

IMPLEMENTACIÓN DE UNA METODOLOGIA EFICIENTE PARA EL PROCESO DE  
CERTIFICACION DE CONFORMIDAD RETIE EN LA EMPRESA METALPAR S.A.S



Modalidad de grado: PASANTIA

Director Interno: Oscar David Florez Cediel

Director Externo: Loren Emilce Perdomo Houghton

Presentado por:

Javier Fernando Pacheco Ochoa

Código: 20122007054

Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
Facultad de Ingeniería  
Ingeniería Eléctrica  
2019

## **RESUMEN**

El presente proyecto de grado fue ejecutado bajo la modalidad de pasantía en la empresa METALPAR S.A.S, entidad de procedencia netamente huilense encargada de prestar servicios de construcción de obras civiles, mecánicas y eléctricas especialmente al sector petrolero de nuestro país, siendo entonces un bastión importante para el sector de hidrocarburos en Colombia, logrando así por la exigencia que ello confiere una alta calidad y profesionalismo en cada uno de los procedimientos de ingeniería elaborados, con soluciones en diseño, fabricación y puesta en marcha de oleoductos, gasoductos, líneas de flujo, plantas de generación entre otros.

Bajo este contexto METALPAR S.A.S que siempre ha entregado soluciones eficientes debía ahora mismo tener una metodología que incorporara a sus instalaciones base Neiva y taller de prefabricado un diagnóstico y ejecución en cuanto a la conformidad con el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE.

Para dar inicio a lo anterior en primera medida se hizo un levantamiento de las redes eléctricas que presenta tanto las oficinas como el taller de prefabricado para así empezar a dimensionar el sistema eléctrico y los diseños que al momento de la construcción se planearon ya que no se poseía información de ninguno de estos aspectos que debían ser la pauta para empezar con el trabajo a realizar, seguidamente se empezaron a realizar inspecciones de las instalaciones así como la verificación de conformidades y no conformidades con el reglamento y se empezó a estructurar un procedimiento detallado y metodológico que destacara a METALPAR S.A.S como un caso de estudio ideal para este tipo de procedimientos.

Entonces así, en procura siempre de encontrar soluciones y cumplimientos se llevaron a cabo todos los procedimientos necesarios para que la empresa tuviese un estimado de que tanto estaba acogida a la norma y que tanto le hacía falta, para poder así llegar a valores cuantitativos de inversión en cuanto al mejoramiento de sus instalaciones y que trajera consigo una certificación de conformidad con el reglamento técnico de instalaciones eléctricas.

**Palabras Clave:** Calidad, Profesionalismo, Conformidad, Levantamiento, Metodológico, Reglamento, instalaciones, eléctricas.

## **ABSTRACT**

The present project of degree was executed under the modality of internship in the company METALPAR SAS, entity of purely Huilense origin in charge of providing services of construction of civil, mechanical and electrical works especially to the oil sector of our country, being then an important bastion for the hydrocarbons sector in Colombia, thus achieving the requirement that this confer a high quality and professionalism in each of the engineering procedures developed, with solutions in design, manufacture and commissioning of pipelines, gas pipelines, flow lines, plants of generation among others.

Under this context, METALPAR S.A.S, which has always delivered efficient solutions, must now have a methodology that incorporates into its Neiva base installations and a prefabricated workshop a diagnosis and execution in terms of compliance with the RETIE electrical installations technical regulation.

To start the above, first of all, an electrical network survey was carried out that presents both the offices and the prefabricated workshop to start sizing the electrical system and the designs that were planned at the time of construction. had information of none of these aspects that should be the guideline to start the work to be done, then began to perform inspections of the facilities as well as verification of compliance and non-conformities with the regulation and began to structure a detailed procedure and methodology that highlights METALPAR SAS as an ideal case study for this type of procedure.

So, always trying to find solutions and fulfillment, all the necessary procedures were carried out so that the company had an estimate of how much it was accepted to the norm and that it needed so much, in order to reach quantitative investment values. regarding the improvement of its facilities and that it would bring a certification in accordance with the technical regulation of electrical installations.

**Keywords:** Quality, Professionalism, Conformity, Survey, Regulation, installations, electrical.

## GLOSARIO

La siguiente terminología es expuesta para mayor facilidad de entendimiento del lector y obtener una mejor contextualización con el tema tratado en el documento, los mismos términos y otros cuantos más son encontrados en el RETIE 2013 y la NTC 2050.

- **Acometida:** Derivación de la red local del servicio respectivo, que llega hasta el registro de corte del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general. En aquellos casos en que el dispositivo de corte esté aguas arriba del medidor, para los efectos del presente reglamento, se entenderá la acometida como el conjunto de conductores y accesorios entre el punto de conexión eléctrico al sistema de uso general y los bornes de salida del equipo de medición.
- **Aislador:** Elemento de mínima conductividad eléctrica, diseñado de tal forma que permita dar soporte rígido o flexible a conductores o a equipos eléctricos y aislarlos eléctricamente de otros conductores o de tierra.
- **Análisis de riesgos:** Conjunto de técnicas para identificar, clasificar y evaluar los factores de riesgo. Es el estudio de consecuencias nocivas o perjudiciales, vinculadas a exposiciones reales o potenciales.
- **Apantallamiento Eléctrico:** Método utilizado para la mitigación del riesgo contra descargas atmosféricas siguiendo la norma NTC 4552-2.
- **Armónico:** Componente sinusoidal de la tensión (o de la corriente) cuya frecuencia es múltiplo de la frecuencia de la onda fundamental. Los armónicos son esencialmente el resultado de los equipos electrónicos actuales
- **Canaletas:** Tubería metálicas o plásticos que al conectarse de forma correcta proporcionan al cable una mayor protección en contra de interferencias electromagnéticas- Para que las canaletas protejan a los cables de dichas perturbaciones es indispensable la óptima instalación y la conexión perfecta en sus extremos.
- **Calibración:** Diagnostico sobre las condiciones de operación de un equipo de edición y los ajustes, si son necesarios, para garantizar la precisión y exactitud de las medidas que con el mismo se generan.
- **Cárcamo:** Canalización hecha en el suelo para brindar un camino entre dos puntos donde se ubican los conductores eléctricos.
- **Cargabilidad:** Limite térmico dado en capacidad de corriente, para líneas de transporte de energía, transformadores, etc.
- **Certificación:** Procedimiento mediante el cual un organismo expide por escrito o por un sello de conformidad, que un producto, un proceso o servicio cumple un reglamento técnico o unas normas de fabricación.
- **Certificado de conformidad:** Documento emitido conforme a las reglas de un sistema de certificación, en el cual se puede confiar razonablemente que un producto, proceso o

servicio es conforme con un reglamento técnico, una norma, especificación técnica u otro documento normativo específico.

- **Conduleta:** Parte independiente de un sistema de conductos o tuberías que permite acceder, a través de tapa o tapas removibles, al interior del sistema en el punto de unión de dos o más secciones del sistema o en un terminal del mismo. No se consideran cuerpos de conduit las cajas de paso como las FS y FD o más grandes, de metal fundido o de chapa.
- **Conformidad:** Cumplimiento de un producto, proceso o servicio frente a uno o varios requisitos o prescripciones.
- **Corriente nominal:** Es la corriente que se debe suministrar para que una unidad funcione en su punto de funcionamiento nominal, es decir, para su punto óptimo de rendimiento.
- **Diagrama unifilar:** Representación gráfica de una instalación eléctrica donde se indican las características de la misma por medio de símbolos.
- **Distancia de seguridad:** Distancia mínima alrededor de un equipo eléctrico o de conductores energizados, necesaria para garantizar que no habrá accidente por acercamiento de personas, animales, estructuras o de otros equipos
- **Electroductos:** Ductos metálicos que reemplazan a los cables, contienen conductores desnudos o aislados de cobre o aluminio, en forma de barras. Estos son fabricados para cada proyecto y luego son ensamblados en la obra. Un electroducto lleva una tensión mucho más alta y por consiguiente debe ser protegido. Por esta razón, los conductores están aislados con un revestimiento epóxido y cubiertos con una envoltura para evitar un contacto accidental.
- **Enclavamiento:** Es un aseguramiento de una condición de estado, colocado en un control eléctrico, con el propósito de impedir que se puedan presentar al menos 2 condiciones al mismo tiempo.
- **Equipotencialidad:** Principio que debe ser aplicado ampliamente en sistemas de puesta a tierra. Indica que todos los puntos deben estar aproximadamente al mismo potencial.
- **Evaluación de la conformidad:** Procedimiento utilizado, directa o indirectamente, para determinar que se cumplen los requisitos o prescripciones pertinentes de los reglamentos técnicos o normas.
- **Factor de potencia:** Relación entre la potencia activa (kW) y la potencia aparente (kVA) del mismo sistema eléctrico o parte de él.
- **Inspección:** Conjunto de actividades tales como medir, examinar, ensayar o comparar con requisitos establecidos, una o varias características de un producto o instalación eléctrica, para determinar su conformidad.
- **Manual metodológico:** Documento donde se muestra de forma organizada la información relacionada con un tema en cuestión, teniendo en cuenta recomendaciones las cuales se pueden cumplir siguiendo la metodología planteada en el manual.

- **Organismo de inspección:** Entidad que ejecuta actividades de medición, ensayo o comparación con un patrón o documento de referencia de un proceso, un producto, una instalación o una organización y confrontar los resultados con los requisitos especificados.
- **Fusibles:** Componente cuya función es abrir, por la fusión de uno o varios de sus componentes, el circuito en el cual esta insertado.
- **Operador de red:** Empresa de servicios públicos encargada de la planeación, de la expansión y de las inversiones, operación y mantenimiento de todo o parte de un sistema de transmisión regional o un sistema de distribución local.
- **Potencia nominal:** Máxima potencia útil que una máquina eléctrica es capaz de entregar ininterrumpidamente sin deteriorarse. La carga correspondiente a la potencia nominal se llama, naturalmente, carga nominal.
- **Subestación:** Conjunto único de instalaciones, equipos eléctricos y obras complementarias, destinado a la transferencia de energía eléctrica, mediante la transformación de potencia.
- **Telurometro:** Instrumento para la medida directa de distancias, basado en el principio de la determinación del tiempo empleado por una onda electromagnética en recorrer, ida y vuelta, la distancia que se desea medir.
- **Tensión de contacto:** Diferencia de potencial que durante una falla se presenta entre una estructura metálica puesta a tierra y un punto de la superficie del terreno a una distancia de un metro. Esta distancia horizontal es equivalente a la máxima que se puede alcanzar al extender un brazo.
- **Tensión de paso:** Diferencia de potencial que durante una falla se presenta entre dos puntos de la superficie del terreno, separados por una distancia de un paso aproximadamente un metro).
- **Tensión de transferida:** Es un caso especial de tensión de contacto, donde un potencial es conducido hasta un punto remoto respecto a la subestación o a una puesta a tierra.
- **Totalizador:** Disyuntor, interruptor automático, breaker o pastilla, es un aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad es mayor que la soportada por el circuito.
- **Trazabilidad:** aquellos procedimientos preestablecidos y autosuficientes que permiten conocer el histórico, la ubicación y la trayectoria de un producto, lote o en un momento dado, a través de herramientas determinadas.
- **Tubería conduit:** tubería metálica o plástica usada para contener y proteger los conductores eléctricos usados en las instalaciones.
- **Uso final:** Son aquellas instalaciones que están alimentadas por una red de distribución o por una fuente de energía propia y tienen como objeto permitir la entrega de la energía eléctrica al usuario.

## Tabla de contenido

|   |    |
|---|----|
| <b>1. INTRODUCCION</b> .....  | 8  |
| <b>2. DEFINICION DEL PROBLEMA</b> .....   | 9  |
| <b>3. OBJETIVOS</b> .....   | 10 |
| <b>3.1 OBJETIVO GENERAL</b> .....   | 10 |
| <b>3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS</b> .....  | 10 |
| <b>4. REVISION NORMATIVA</b> .....  | 11 |
| <b>4.1 NORMATIVIDAD</b> .....   | 11 |
| <b>4.1.1 NTC-2050</b> .....   | 11 |
| <b>4.1.1.1 Objetivo</b> .....   | 11 |
| <b>4.1.1.2 Alcance</b> .....  | 12 |
| <b>4.1.2 RETIE</b> .....  | 12 |
| <b>5. REVISION Y/O ELABORACION DE MEMORIAS DE CALCULO Y PLANOS</b> ... 14   |    |
| <b>5.1 DISEÑO DETALLADO</b> .....   | 14 |
| <b>5.2 Diseño Simplificado</b> .....  | 15 |
| <b>5.3 REALIZACION DE PLANOS Y MEMORIAS DE CALCULO PARA LAS<br/>INSTALACIONES DE METALPAR S.A.S</b> .....   | 17 |
| <b>5.3.1 ANÁLISIS Y CUADROS DE CARGAS INICIALES Y FUTURAS, INCLUYENDO<br/>ANÁLISIS DE FACTOR DE POTENCIA Y ARMÓNICOS.</b> .....                       | 17 |
| <b>5.3.3 ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO</b> .....  | 22 |
| <b>5.3.4 DIMENSIONAMIENTO DEL TRANSFORMADOR</b> .....   | 23 |
| <b>5.3.5 ANALISIS DEL NIVEL DE RIESGO ANTE DESCARGAS ATMOSFERICAS<br/>Y MEDIDAS DE PROTECCION</b> .....   | 24 |
| <b>5.3.6ANÁLISIS DE RIESGOS DE ORIGEN ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA<br/>MITIGARLOS</b> .....   | 30 |
| <b>5.3.7 ANALISIS DEL NIVEL DE TENSION REQUERIDO</b> .....  | 37 |
| <b>5.3.8 CALCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNETICOS</b> .....  | 37 |
| <b>5.3.9 CALCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA</b> .....   | 38 |
| <b>5.3.10 CALCULO ECONOMICO DE LOS CONDUCTORES, TENIENDO EN<br/>CUENTA FACTORES DE PERDIDAS, CARGAS RESULTANTES Y COSTOS DE<br/>LA ENERGÍA.</b> ..... | 41 |
| <b>5.3.11 DIMENSIONAMIENTO DE DUCTOS</b> .....  | 43 |
| <b>5.3.12 CALCULO DE PERDIDAS DE ENERGIA</b> .....  | 44 |
| <b>5.3.13 CÁLCULO MECÁNICO DE ESTRUCTURAS Y DE ELEMENTOS DE<br/>SUJECIÓN DE EQUIPOS.</b> .....  | 44 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 5.3.14 | <b>CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTES. EN BAJA TENSIÓN SE PERMITE LA COORDINACIÓN CON LAS CARACTERÍSTICAS DE LIMITACIÓN DE CORRIENTE DE LOS DISPOSITIVOS SEGÚN IEC 60947-2.....</b> | 44 |
| 5.3.14 | <b>CÁLCULOS DE CANALIZACIONES (TUBO, DUCTOS, CANALETAS Y ELECTRODUCTOS) Y VOLUMEN DE ENCERRAMIENTOS (CAJAS, TABLEROS, CONDULETAS, ETC.).....</b>   | 46 |
| 5.3.15 | <b>CÁLCULO DE REGULACIÓN O CAÍDA DE TENSIÓN .....</b>  | 47 |
| 5.3.16 | <b>CÁLCULOS DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA, TENIENDO EN CUENTA LA REGULACIÓN. ....</b>   | 47 |
| 5.3.17 | <b>DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD EN ACOMETIDAS DE BT.....</b>  | 48 |
| 6.     | <b>ASPECTOS PREVIOS A LA VISITA.....</b>   | 49 |
| 6.1    | <b>INGENIEROS INSPECTORES ACREDITADOS Y CERTIFICADOS .....</b>   | 49 |
| 6.2    | <b>DECLARACION DE CUMPLIMIENTO RETIE.....</b>  | 49 |
| 6.3    | <b>FORMATO PARA DICTAMEN DE INSPECCION .....</b>   | 50 |
| 7.     | <b>INSPECCION REALIZADA.....</b>   | 52 |
| 8.     | <b>SOLUCION A PRINCIPALES NO CONFORMIDADES.....</b>  | 61 |
| 9.     | <b>DISEÑO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....</b>  | 67 |
| 10.    | <b>ANALISIS DE RESULTADOS, PRODUCTOS, ALCANCES E IMPACTOS DEL TRABAJO DE GRADO, DE ACUERDO CON EL PLAN DE TRABAJO. ....</b>  | 75 |
| 10.1   | <b>ANALISIS DE RESULTADOS .....</b>  | 75 |
| 10.2   | <b>ALCANCES E IMPACTOS DE LA PASANTIA.....</b>   | 76 |
| 10.2.1 | <b>ALCANCES.....</b>   | 76 |
| 10.2.2 | <b>IMPACTOS DE LA PASANTIA .....</b>   | 76 |
| 11.    | <b>EVALUACION Y CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE LA PASANTIA<br/>77</b>  |    |
| 12.    | <b>CONCLUSIONES .....</b>  | 79 |
| 13.    | <b>BIBLIOGRAFIA .....</b>  | 80 |
| 14.    | <b>ANEXOS.....</b>   | 77 |



## 1. INTRODUCCION

Hoy día Colombia se encuentra catalogado como uno de los grandes países energéticamente hablando, debido a su amplia variedad de recursos y a su robusta matriz energética en donde el agua es principal protagonista casi con un 70% de participación, pero este es solo el comienzo de un largo recorrido que finaliza en hogares, comercio, industria entre otras instalaciones llamadas de uso final, y para mantener siempre bases sólidas de principio a fin lo ideal es que cada instalación eléctrica posea la debida certificación de conformidad con el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE).

El reglamento técnico de instalaciones eléctricas, creado bajo la resolución 18 0398 del año 2004 por el ministerio de minas y energía fija todo tipo de condiciones técnicas que garanticen la seguridad en los procesos de Generación, Transmisión, Transformación, distribución y utilización de la energía eléctrica en la república de Colombia [1], asegurando así que todo tipo de instalación en el país independientemente para lo que esté destinada tenga una óptima utilización de la energía y esté preparada para todo tipo de contingencias, manteniendo una alta seguridad tanto para la instalación y en especial para las vidas humanas relacionadas con esta.

Actualmente existen distintas entidades certificadoras de todo tipo de productos e instalaciones, estas entidades hacen más fácil para el usuario estar al día con el reglamento y mantenerse actualizado con los cambios que deba hacer a su empresa, hogar o entidad según las necesidades energéticas que se contemplen. Así mismo, instalaciones que recién se preparan para ser construidas deben ser las que desde diseños y memorias de cálculo se adhieran a la norma y así se logre el cumplimiento reglamentario desde la primera instancia del proyecto. Cabe resaltar que desde extra alta tensión (EAT) hasta baja tensión (BT) y dependiendo la instalación se debe tener siempre certificado RETIE con vigencia, es por esto que los usuarios constantemente están solicitando los servicios de entidades asesoras ya mencionadas para así obtener este tipo de certificaciones de conformidad.

Este proyecto busca establecer una metodología detallada que tanto empresas como personas logren ejecutar en sus instalaciones de uso final como manejo preventivo ante riesgo eléctrico y verificación de cumplimiento RETIE antes de que el ingeniero inspector realice su visita, así como también puede ser una buena guía para estudiantes y profesionales que se quieran adentrar en el tema normativo y sus aplicaciones ya en el campo laboral.

## **2. DEFINICION DEL PROBLEMA**

METALPAR S.A.S es una empresa ubicada en el departamento del Huila dedicada a ofrecer al sector público y privado asistencia en la ejecución de proyectos de Mantenimiento Industrial, Montajes Electromecánicos, Obras Civiles, Control de Impactos Ambientales, Construcción de Líneas de flujo para Oleoductos, Gasoductos e Interventorías, que dentro de su cartera de clientes más representativos incluye a entidades como *Ecopetrol*, *Petrobras*, *Pacific Rubiales Energy* y *Gran Tierra Energy* entre otros, hoy por hoy METALPAR S.A.S no posee la certificación de conformidad con el RETIE por lo que será este el caso de estudio perfecto a trabajar y sobre el que se sentarán las bases del proyecto a realizar por medio de la pasantía, prestándole toda la asesoría para la certificación RETIE tanto en las oficinas principales como en el taller de producción, se busca también con esta inspección detallada encontrar puntos débiles de la instalación en donde se puedan dar diagnósticos de mejora hacia sus equipos o hacia la misma red, buscando siempre la eficiencia en sus instalaciones energéticamente hablando ya que al no poseer el documento reglamentario de conformidad la empresa puede estar incurriendo en algún tipo de incumplimientos de seguridad y fallas con los procesos en la utilización de la energía eléctrica. De esta manera queriendo optimizar la instalación y aprovechando el proceso de certificación se hace necesario plantear una metodología detallada y eficiente con la cual se pueda obtener la certificación de la mejor manera posible, logrando así que una empresa como Metalpar quede al día en el tema de reglamentación vigente y pueda ofrecer un servicio más eficiente y de la misma manera más confiable a sus clientes.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

- Implementar un modelo metodológico eficiente para el proceso de certificación RETIE en la empresa METALPAR S.A.S

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Ejecutar un levantamiento de las redes eléctricas en toda la zona de producción y zona administrativa de la sede principal de METALPAR S.A.S Neiva.
- Verificar si las instalaciones eléctricas cumplen a cabalidad con lo estipulado por el reglamento técnico de instalaciones eléctricas.
- Realizar un diagnóstico informativo detallado del estado en el que se encuentran las instalaciones eléctricas de la empresa tanto en el taller de producción como en las oficinas principales.
- Tomar acciones correctivas de ser necesarias en la instalación eléctrica para cumplir con el RETIE.
- Acompañar el proceso de certificación de la entidad con un profesional competente de ingeniería eléctrica.

## 4. REVISION NORMATIVA

La base fundamental para todo procedimiento es tener la documentación teórica clara de lo que se va a trabajar, comenzar a indagar entre normas y reglamentos enfocados netamente hacia la instalación sobre la cual se realizará el procedimiento de inspección. Es entonces donde el RETIE y la NTC2050 se convierten en principales protagonistas porque es de allí donde se tomará la parte fundamental y los lineamientos bajo los cuales se deberá establecer la inspección.

Luego de que el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE en el año 2005 entrara en vigencia, todas las instalaciones eléctricas nuevas, ampliadas o remodeladas deben acogerse a estos lineamientos y la Super Intendencia de Industria y Comercio (SIC) es la encargada de garantizar el cumplimiento de este Reglamento por lo cual delega en los organismos de inspección acreditados ante la SIC la labor de verificación mediante la herramienta de la inspección.

Basados en lo anterior y para acotar un poco el campo de acción al cual nos vamos a referir es necesario tener claro que para dar inicio a un procedimiento de inspección siempre se deben tener por parte del usuario los planos y memorias de cálculo de diseño eléctrico de la instalación que se quiera inspeccionar, para esto es importante señalar la siguiente información.

### 4.1 NORMATIVIDAD

#### 4.1.1 NTC-2050

Como se mencionó anteriormente esta norma es fundamental para todo tipo de inspección ya que muestra de manera detallada lineamientos, medidas, formas, equipos a utilizar, sus características, entre otros muchos conceptos que se deben tener claros y se pueden consultar allí para aclaraciones y dudas que van surgiendo dentro del proceso a ejecutar. La siguiente información es tomada de la propia norma NTC 2050.

##### 4.1.1.1 Objetivo

El objetivo de la norma está basado en tres principios:

**a) Salvaguardia.** El objetivo de este código es la salvaguardia de las personas y de los bienes contra los riesgos que pueden surgir por el uso de la electricidad.

**b) Provisión y suficiencia.** Este código contiene disposiciones que se consideran necesarias para la seguridad. El cumplimiento de las mismas y el mantenimiento adecuado darán lugar a una instalación prácticamente libre de riesgos, pero no necesariamente eficiente, conveniente o adecuada para el buen servicio o para ampliaciones futuras en el uso de la electricidad.

**c) Intención.** Este código no tiene la intención de marcar especificaciones de diseño ni de ser un manual de instrucciones para personal no calificado. [[2], pág. 27, sección 90]

#### **4.1.1.2 Alcance**

**a) Cobertura.** Este código cubre:

- 1)** Las instalaciones de conductores y equipos eléctricos en o sobre edificios públicos y privados y otras estructuras, incluyendo casas móviles, vehículos de recreo y casas flotantes, y otras instalaciones como patios, parques de atracciones, estacionamientos, otras áreas similares y subestaciones industriales.
- 2)** Instalaciones de conductores y equipos que se conectan con fuentes de suministro de electricidad.
- 3)** Instalaciones de otros conductores y equipos exteriores dentro de la propiedad.
- 4)** Instalaciones de cables y canalizaciones de fibra óptica.
- 5)** Instalaciones en edificaciones utilizadas por las empresas de energía eléctrica, como edificios de oficinas, almacenes, garajes, talleres y edificios recreativos que no formen parte integral de una planta generadora, una subestación o un centro de control. [[2], pág. 27, sección 90]

#### **4.1.2 RETIE**

El reglamento técnico de instalaciones eléctricas establece las medidas para garantizar la seguridad de las personas, de la vida tanto animal como vegetal y la preservación del medio ambiente; minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico. Sin perjuicio del cumplimiento de las reglamentaciones civiles, mecánicas y 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 y equipos, 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.

Para cumplir estos objetivos legítimos, el presente reglamento se basó en los siguientes objetivos específicos:

- Fijar las condiciones para evitar accidentes por contacto directo o indirecto con partes energizadas o por arcos eléctricos.
- Establecer las condiciones para prevenir incendios y explosiones causados por la electricidad.

- Fijar las condiciones para evitar quema de árboles causada por acercamiento a redes eléctricas.
- Establecer las condiciones para evitar muerte de personas y animales causada por cercas eléctricas.
- Establecer las condiciones para evitar daños debidos a sobrecorrientes y sobretensiones.
- Adoptar los símbolos que deben utilizar los profesionales que ejercen la electrotecnia.
- Minimizar las deficiencias en las instalaciones eléctricas.
- Establecer claramente las responsabilidades que deben cumplir los diseñadores, constructores, interventores, operadores, inspectores, propietarios y usuarios de las instalaciones eléctricas, además de los fabricantes, importadores, distribuidores de materiales o equipos y las personas jurídicas relacionadas con la generación, transformación, transporte, distribución y comercialización de electricidad, organismos de inspección, organismos de certificación, laboratorios de pruebas y ensayos.
- Unificar los requisitos esenciales de seguridad para los productos eléctricos de mayor utilización, con el fin de asegurar la mayor confiabilidad en su funcionamiento.
- Prevenir los actos que puedan inducir a error a los usuarios, tales como la utilización o difusión de indicaciones incorrectas o falsas o la omisión del cumplimiento de las exigencias del presente reglamento.
- Exigir confiabilidad y compatibilidad de los productos y equipos eléctricos.
- Exigir requisitos para contribuir con el uso racional y eficiente de la energía y con esto a la protección del medio ambiente y el aseguramiento del suministro eléctrico.
- El reglamento técnico de instalaciones eléctricas aplica a las instalaciones eléctricas, a los productos utilizados en ellas y a las personas que las intervienen.
- Es necesario definir algunos términos que ayudarán a definir el campo de aplicación y de esta manera utilizar de manera correcta a la norma. [[1] pág. 8, artículo 1]

Los fundamentos expuestos anteriormente a cerca de la normatividad son solo algunos de los cuales tienen estos documentos, más adelante se encontrarán otro tipo de normas un poco más específicas dependiendo el tema a tratar a las cuales también se les debe dar cumplimiento. Cabe resaltar que es clave la lectura de todo tipo de documentos que involucren la instalación ya sea Comercial, industrial o domiciliaria.

## **5. REVISION Y/O ELABORACION DE MEMORIAS DE CALCULO Y PLANOS**

El reglamento técnico de instalaciones eléctricas en su artículo 10 menciona los requerimientos generales que para el diseño de las instalaciones eléctricas se deben tener en cuenta, apoyados en ese artículo se evidenciará la información sobre los estudios, planos y cálculos necesarios para que la instalación de uso final.

### **5.1 DISEÑO DETALLADO**

El Diseño detallado debe ser ejecutado por profesionales de la ingeniería cuya especialidad esté relacionada con el tipo de obra a desarrollar y la competencia otorgada por su matrícula profesional, conforme a las Leyes 51 de 1986 y 842 de 2003. Las partes involucradas con el diseño deben atender y respetar los derechos de autor y propiedad intelectual de los diseños. La profundidad con que se traten los temas dependerá de la complejidad y el nivel de riesgo asociado al tipo de instalación y debe contemplar los ítems que le apliquen de la siguiente lista:

- a.** Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.
- b.** Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.
- c.** Análisis de cortocircuito y falla a tierra.
- d.** Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.
- e.** Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.
- f.** Análisis del nivel tensión requerido.
- g.** Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 14.1
- h.** Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.
- i.** Cálculo del sistema de puesta a tierra.
- j.** Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.
- k.** Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma IEC 60909, IEEE 242, capítulo 9 o equivalente.
- l.** Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos.
- m.** Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A.
- n.** Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.).

- o.** Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.
- p.** Cálculos de regulación.
- q.** Clasificación de áreas.
- r.** Elaboración de diagramas unifilares.
- s.** Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.
- t.** Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.
- u.** Establecer las distancias de seguridad requeridas.
- v.** Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.
- w.** Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.

**Nota 1.** La profundidad con que se traten los ítems dependerá del tipo de instalación, para lo cual debe aplicarse el juicio profesional del responsable del diseño.

**Nota 2.** El diseñador deberá hacer mención expresa de aquellos ítems que a su juicio no apliquen.

**Nota 3.** Para un análisis de riesgos de origen eléctrico, el diseñador debe hacer una descripción de los factores de riesgos potenciales o presentes en la instalación y las recomendaciones para minimizarlos. [[1] pág. 49, artículo 10]

## **5.2 Diseño Simplificado**

El diseño simplificado podrá ser realizado por ingeniero o tecnólogo de la especialidad profesional acorde con el tipo de instalación y que esté relacionada con el alcance de la matrícula profesional. Igualmente, el técnico electricista que tenga su certificación de competencia en diseño eléctrico otorgada en los términos de la Ley 1264 de 2008, podrá realizar este tipo de diseño.

El diseño simplificado se aplica para los siguientes casos:

**a)** Instalaciones eléctricas de vivienda unifamiliar o bifamiliares y pequeños comercios o pequeñas industrias de capacidad instalable mayor de 7 kVA y menor o igual de 15 kVA, tensión no mayor a 240 V, no tengan ambientes o equipos especiales y no hagan parte de edificaciones multifamiliares o construcciones consecutivas objeto de una misma licencia o permiso de construcción que tengan más de cuatro cuentas del servicio de energía y se especifique lo siguiente:

- Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.
- Diseño del sistema de puesta a tierra.
- Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes.
- Cálculos de canalizaciones y volumen de encerramientos (tubos, ductos, canaletas, electroductos).



- Cálculos de regulación.
- Elaboración de diagramas unifilares.
- Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.
- Establecer las distancias de seguridad requeridas.

**b)** Ramales de redes aéreas rurales de hasta 50 kVA y 13,2 kV, por ser de menor complejidad. El diseño simplificado debe basarse en especificaciones predefinidas por el operador de red y cumplir lo siguiente:

- Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.
- Diseño de puesta a tierra.
- Protecciones contra sobrecorriente y sobretensión.
- Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.
- Especificar las distancias mínimas de seguridad requeridas.
- Definir tensión mecánica máxima de conductores y templetes.

El diseño simplificado debe ser suscrito por el profesional competente responsable de la construcción de la instalación eléctrica o quien la supervise, con su nombre, apellidos, número de cédula de ciudadanía y número de la matrícula profesional de conformidad con la ley que regula el ejercicio de la profesión. Dicho diseño debe ser entregado al propietario de la instalación. [[1] pág. 50, artículo 10]

### 5.3 REALIZACION DE PLANOS Y MEMORIAS DE CALCULO PARA LAS INSTALACIONES DE METALPAR S.A.S

METALPAR S.A.S empresa donde se ejecutaron las pasantías y por ende el caso de estudio en cuestión no contaba con ningún tipo de diseño eléctrico ni plano con el cual se pudiese iniciar el proceso de inspección, entonces lo siguiente que se hizo fue realizar un levantamiento de las instalaciones eléctricas de la empresa para comenzar a reunir todas las características de la instalación, elaborar los planos, diagramas unifilares y memorias de cálculo de lo existente.

Cabe resaltar que es un proceso poco común ya que este tipo de requisitos siempre se deben cumplir desde el diseño de la estructura y no elaborarlos ya cuando todo está construido sin embargo el levantamiento nos permite encontrar diferentes características de donde se pueden analizar cuadros de cargas, diagramas, tipos de conductores, corrientes nominales, topología y ubicación de los tableros entre otras cosas que serían consignadas en el siguiente procedimiento realizado para la empresa METALPAR S.A.S.

#### 5.3.1 ANÁLISIS Y CUADROS DE CARGAS INICIALES Y FUTURAS, INCLUYENDO ANÁLISIS DE FACTOR DE POTENCIA Y ARMÓNICOS.

La empresa incluye cargas mixtas, por tanto, se debe tener en cuenta el factor de potencia debido a las cargas inductivas que presenta la instalación. Realizando el análisis se estima que el factor de potencia se encuentra entre 0,88 y 0,9.

| <b>RESUMEN DE CUENTAS</b>                             |                      |
|---|----------------------|
| <b>CARGA TOTAL<br/>INSTALADA</b>                      | <b>CARGA<br/>KVA</b> |
| <i>CARGA DIVERSIFICADA DE<br/>TOMAS E ILUMINACIÓN</i> | 19,79                |
| <i>CARGA DIVERSIFICADA DE<br/>ZONA TALLER</i>         | 46,85                |
| <b>CARGA TOTAL</b>                                    | 66,64                |

*Tabla 1. Resumen de cuentas  
Fuente: Autor*

Al observar el cuadro anterior se tiene una carga instalada total de 66,64 kVA, a continuación, se anexan los cuadros de carga de cada uno de los tableros de circuitos presentes en la edificación.

Siguiendo lo indicado en el Std IEEE 519 de 1992, las principales fuentes de armónicos para una instalación eléctrica son:

- Convertidores.
- Hornos de arco.
- Compensador de VAR estático.

- Inversores monofásicos.
- Inversores trifásicos.
- Controles de fase electrónicos.
- Cicloconvertidores.
- Variadores de modulación con ancho de pulso.

Las instalaciones de oficinas en la empresa Metalpar S.A.S no cuentan con este tipo de cargas, por lo tanto, los efectos provocados por armónicos son despreciables.

A continuación, se muestran los cuadros de cargas y planos elaborados gracias al levantamiento ejecutado, los nombres de los tableros fueron asignados por el autor según su ubicación.

| TABLERO DE DISTRIBUCIÓN T.D. (TRIFASICO) 208/120 V |  |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |   |                        |   |                      |  |                |          |
|--|--|-------|---|---|------------------------|----|----|----|----|----|-----------------------------|----------|---|------------------------|---|----------------------|--|----------------|----------|
| CIRCUITO   | DESCRIPCIÓN  | FASES |   |   | SALIDAS DE ILUMINACIÓN |    |    |    |    |    | SALIDAS PARA TOMACORRIENTES |          |   | POTENCIA CIRCUITO (VA) | CALCULO DE PROTECCIONES Y ALIMENTADORES |                      |  |                |          |
|  |  | R     | S | T | L1                     | VA | L2 | VA | L3 | VA | ∅                           | Cantidad | Potencia [VA]   |                        | CORRIENTE NOMINAL [A]                   | ALIMENTADOR THHN-AWG | PROTECCIÓN                             |                |          |
|  |  |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |   |                        |   |                      |  |                |          |
| 1  | TOMAS OFICINA 8  | X     |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 1∅  | 9                      | 180                                     | 1620                 | 13,50                                  | 2X12+10(F+N+T) | 1 X 20 A |
| 2  | TOMAS OFICINA 7  |       | X |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 1∅  | 2                      | 180                                     | 360                  | 3,00                                   | 2X12+10(F+N+T) | 1 X 15 A |
| 3  | TOMAS COCINA+HALL  |       |   | X |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 1∅  | 5                      | 180                                     | 900                  | 7,50                                   | 2X12+10(F+N+T) | 1 X 20 A |
| 4  | TOMAS OFICINAS 5-6   | X     |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 1∅  | 3                      | 180                                     | 540                  | 4,50                                   | 2X12+10(F+N+T) | 1 X 20 A |
| 5  | TOMAS SALA 2+SALA JUNTAS   |       | X |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 1∅  | 8                      | 180                                     | 1440                 | 12,00                                  | 2X12+10(F+N+T) | 1 X 20 A |
| 6  | TOMAS OFICINAS 4   |       |   | X |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 1∅  | 6                      | 180                                     | 1080                 | 9,00                                   | 2X12+10(F+N+T) | 1 X 20 A |
| 7  | TOMAS OFICINA 3  | X     |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 1∅  | 2                      | 180                                     | 360                  | 3,00                                   | 2X12+10(F+N+T) | 1 X 15 A |
| 8  | TOMAS OFICINA 2+CELADOR  |       | X |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 1∅  | 6                      | 180                                     | 1080                 | 9,00                                   | 2X12+10(F+N+T) | 1 X 20 A |
| 9  | TOMAS OFICINA 1  |       |   | X |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 1∅  | 4                      | 180                                     | 720                  | 6,00                                   | 2X12+10(F+N+T) | 1 X 20 A |
| 10   | TOMAS SALA 1   | X     |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 1∅  | 2                      | 180                                     | 360                  | 3,00                                   | 2X12+10(F+N+T) | 1 X 15 A |
| 11   | ILUMINACIÓN OFICINA 8+BODEGA   |       | X |   | 4                      | 48 | 1  | 5  |    |    |                             |          | 1∅  |                        |   | 197                  | 1,64                                   | 2X12+10(F+N+T) | 1 X 15 A |
| 12   | ILUMINACIÓN OFICINA 7+COCINA+BAÑO+HALL+OFICINA 1+PASILLO+SALA2+OFICINAS 2-3-4+OFICINAS 5-6+SALA JUNTAS+SALA1 |       |   | X | 15                     | 48 | 3  | 18 | 3  | 12 |                             |          | 1∅  |                        |   | 810                  | 6,75                                   | 2X12+10(F+N+T) | 1 X 20 A |
| 13   | AIRE ACONDICIONADO   | X     | X |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 2∅  |                        |   | 2300                 | 11,06                                  | 2X12+10(F+T)   | 2 x 30 A |
| 14   | AIRE ACONDICIONADO   |       | X | X |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 2∅  |                        |   | 2300                 | 11,06                                  | 2X12+10(F+T)   | 2 X 40 A |
| 15   | AIRE ACONDICIONADO   | X     |   | X |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 2∅  |                        |   | 1000                 | 4,81                                   | 2X12+10(F+T)   | 2 x 30 A |
| 16   | AIRE ACONDICIONADO   | X     | X |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 2∅  |                        |   | 1000                 | 4,81                                   | 2X12+10(F+T)   | 2 X 40 A |
| 17   | AIRE ACONDICIONADO   |       | X | X |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 2∅  |                        |   | 1000                 | 4,81                                   | 2X12+10(F+T)   | 2 x 30 A |
| 18   | AIRE ACONDICIONADO   | X     |   | X |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 2∅  |                        |   | 1000                 | 4,81                                   | 2X12+10(F+T)   | 2 x 30 A |
| 19   | AIRE ACONDICIONADO   | X     | X |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 2∅  |                        |   | 1000                 | 4,81                                   | 2X12+10(F+T)   | 2 x 30 A |
| 20   | AIRE ACONDICIONADO   | X     | X | X |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 3∅  |                        |   | 1000                 | 2,78                                   | 3X12+10(F+T)   | 3 X 20 A |
| TOTAL ELEMENTOS                                    |  |       |   |   | 19                     | 4  |    | 3  |    |    |                             |          | 47  |                        |   | 20067                | TABLERO TRIFASICO COMERCIAL DE 36 CTOS |                |          |
|  |  |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | VA  |                        |   |                      |  |                |          |
|  |  |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | CARGA TOTAL INSTALADA DE ILUMINACIÓN Y TOMAS  |                        |   |                      |  | 9467           |          |
|  |  |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | CARGA TOTAL DIVERSIFICADA DE ACUERDO CON LA NTC 2050 ILUMINACIÓN Y TOMAS 220-11     |                        |   |                      |  | 20067          |          |
|  |  |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | CARGA TOTAL INSTALADA PARA AIRE ACONDICIONADO                                       |                        |   |                      |  | 10600          |          |
|  |  |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | CARGA TOTAL DIVERSIFICADA DE ACUERDO CON LA NTC 2050 PARA AIRE ACONDICIONADO 440-60 |                        |   |                      |  | 10600          |          |
|  |  |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | CARGA TOTAL INSTALADA   |                        |   |                      |  | 20067          |          |

Tabla 2. Cuadro de cargas tablero T.D  
Fuente: Autor

| TABLERO CENTRAL (BIFASICO) 208/120  |   |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               |                        |   |                      |  |                |          |
|---|---|-------|---|---|------------------------|----|----|----|----|----|-----------------------------|----------|---------------|------------------------|---|----------------------|--|----------------|----------|
| CIRCUITO  | DESCRIPCIÓN   | FASES |   |   | SALIDAS DE ILUMINACIÓN |    |    |    |    |    | SALIDAS PARA TOMACORRIENTES |          |               | POTENCIA CIRCUITO (VA) | CALCULO DE PROTECCIONES Y ALIMENTADORES |                      |  |                |          |
|   |   | R     | S | T | L1                     | VA | L2 | VA | L3 | VA | Ø                           | Cantidad | Potencia [VA] |                        | CORRIENTE NOMINAL [A]                   | ALIMENTADOR THHN-AWG | PROTECCIÓN                             |                |          |
|   |   |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               |                        |   |                      |  |                |          |
| 1   | TOMAS OFICINAS 9-10-11-12+PASILLO                       | X     |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 1Ø            | 13                     | 180                                     | 2340                 | 19,5                                   | 2X12+10(F+N+T) | 1 X 20 A |
| 2   | ILUMINACIÓN OFICINAS 9-10-11                            |       | X |   | 4                      | 48 |    |    |    |    |                             |          | 1Ø            |                        |   | 192                  | 1,60                                   | 2X12+10(F+N+T) | 1 X 15 A |
| 3   | ILUMINACIÓN PASILLO                                     |       |   | X |                        |    | 4  | 5  |    |    |                             |          | 1Ø            |                        |   | 20                   | 0,17                                   | 2X12+10(F+N+T) | 1 X 15 A |
| 4   | AIRE ACONDICIONADO                                      | X     |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 1Ø            |                        |   | 1200                 | 10,00                                  | 2X12+10(F+T)   | 2 X 20 A |
| 5   | AIRE ACONDICIONADO                                      |       | X |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 1Ø            |                        |   | 1200                 | 10,00                                  | 2X12+10(F+T)   | 2 X 20 A |
| 6   | AIRE ACONDICIONADO                                      | X     |   | X |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 1Ø            |                        |   | 1200                 | 10,00                                  | 2X12+10(F+T)   | 2 X 20 A |
| 7   | AIRE ACONDICIONADO                                      |       | X |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 1Ø            |                        |   | 1000                 | 8,33                                   | 2X12+10(F+T)   | 2 X 20 A |
| TOTAL ELEMENTOS   |   |       |   |   | 4                      | 4  |    |    |    |    |                             |          | 13            |                        |   | 7152                 | TABLERO BIFASICO COMERCIAL DE 12 CTOS  |                |          |
|   |   |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               |                        |   | VA                   |  |                |          |
| CARGA TOTAL INSTALADA DE ILUMINACIÓN Y TOMAS  |   |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               |                        |   | 2552                 |  |                |          |
| CARGA TOTAL DIVERSIFICADA DE ACUERDO CON LA NTC 2050 ILUMINACIÓN Y TOMAS 220-11     |   |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               |                        |   | 2552                 |  |                |          |
| CARGA TOTAL INSTALADA PARA AIRE ACONDICIONADO                                       |   |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               |                        |   | 4600                 |  |                |          |
| CARGA TOTAL DIVERSIFICADA DE ACUERDO CON LA NTC 2050 PARA AIRE ACONDICIONADO 440-60 |   |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               |                        |   | 4600                 |  |                |          |
| CARGA TOTAL INSTALADA   |   |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               |                        |   | 7152                 |  |                |          |
| TABLERO SUR (TRIFASICO) 208/120   |   |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               |                        |   |                      |  |                |          |
| CIRCUITO  | DESCRIPCIÓN   | FASES |   |   | SALIDAS DE ILUMINACIÓN |    |    |    |    |    | SALIDAS PARA TOMACORRIENTES |          |               | POTENCIA CIRCUITO (VA) | CALCULO DE PROTECCIONES Y ALIMENTADORES |                      |  |                |          |
|   |   | R     | S | T | L1                     | VA | L2 | VA | L3 | VA | Ø                           | Cantidad | Potencia [VA] |                        | CORRIENTE NOMINAL [A]                   | ALIMENTADOR THHN-AWG | PROTECCIÓN                             |                |          |
|   |   |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               |                        |   |                      |  |                |          |
| 1   | ILUMINACIÓN Y TOMAS OFICINA 13                          | X     |   |   | 4                      | 18 |    |    |    |    |                             |          | 1Ø            | 4                      | 180                                     | 792                  | 6,6                                    | 2X12+10(F+N+T) | 1 X 20 A |
| 2   | TOMAS AUDITORIO   |       | X |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               | 6                      | 180                                     | 1080                 | 9,00                                   | 2X12+10(F+N+T) | 1 X 20 A |
| 3   | ILUMINACIÓN Y TOMAS BAÑOS+PASILLO+OFICINA 14+15+ALMACEN |       |   | X | 10                     | 15 | 4  | 48 | 6  | 70 |                             |          | 1Ø            | 11                     | 180                                     | 2742                 | 22,85                                  | 2X10+10(F+N+T) | 1 X 30 A |
| 5   | ILUMINACIÓN AUDITORIO + ARCHIVO ILUMINACION Y TOMAS     |       | X |   | 8                      | 18 | 4  | 5  | 4  | 75 |                             |          | 1Ø            |                        |   | 464                  | 3,87                                   | 2X12+10(F+N+T) | 1 X 15 A |
| 6   | AIRE ACONDICIONADO                                      | X     | X |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 2Ø            |                        |   | 1000                 | 4,81                                   | 2X12+10(F+N+T) | 2 X 20 A |
| 7   | AIRE ACONDICIONADO                                      |       | X | X |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 2Ø            |                        |   | 1000                 | 4,81                                   | 2X12+10(F+N+T) | 2 X 30 A |
| 8   | AIRE ACONDICIONADO                                      | X     |   | X |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 2Ø            |                        |   | 1000                 | 4,81                                   | 2X12+10(F+N+T) | 2 X 15 A |
| 9   | AIRE ACONDICIONADO                                      | X     | X |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 2Ø            |                        |   | 1000                 | 4,81                                   | 2X12+10(F+N+T) | 2 X 20 A |
| TOTAL ELEMENTOS   |   |       |   |   | 22                     | 8  |    |    | 10 |    |                             |          | 21            |                        |   | 9078                 | TABLERO TRIFASICO COMERCIAL DE 12 CTOS |                |          |
|   |   |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               |                        |   | VA                   |  |                |          |
| CARGA TOTAL INSTALADA DE ILUMINACIÓN Y TOMAS  |   |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               |                        |   | 5078                 |  |                |          |
| CARGA TOTAL DIVERSIFICADA DE ACUERDO CON LA NTC 2050 ILUMINACIÓN Y TOMAS 220-11     |   |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               |                        |   | 5078                 |  |                |          |
| CARGA TOTAL INSTALADA PARA AIRE ACONDICIONADO                                       |   |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               |                        |   | 4000                 |  |                |          |
| CARGA TOTAL DIVERSIFICADA DE ACUERDO CON LA NTC 2050 PARA AIRE ACONDICIONADO 440-60 |   |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               |                        |   | 4000                 |  |                |          |
| CARGA TOTAL INSTALADA   |   |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               |                        |   | 9078                 |  |                |          |

Tabla 3. Cuadro de cargas tablero central y tablero sur  
Fuente: Autor

| TABLERO UPS (TRIFASICO) 208/120   |                        |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               |                        |                              |                      |                                       |                |          |
|---|------------------------|-------|---|---|------------------------|----|----|----|----|----|-----------------------------|----------|---------------|------------------------|------------------------------|----------------------|---------------------------------------|----------------|----------|
| CIRCUITO  | DESCRIPCIÓN            | FASES |   |   | SALIDAS DE ILUMINACIÓN |    |    |    |    |    | SALIDAS PARA TOMACORRIENTES |          |               | POTENCIA CIRCUITO (VA) | PROTECCIONES Y ALIMENTADORES |                      |                                       |                |          |
|   |                        | R     | S | T | L1                     | VA | L2 | VA | L3 | VA | ∅                           | Cantidad | Potencia [VA] |                        | CORRIENTE NOMINAL [A]        | ALIMENTADOR THHN-AWG | PROTECCIÓN                            |                |          |
|   |                        |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               |                        |                              |                      |                                       |                |          |
| 1   | TOMAS REGULADAS ZONA 1 | X     |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 1∅            | 15                     | 180                          | 2700                 | 22,5                                  | 2X10+8(F+N+T)  | 1 X 30 A |
| 2   | TOMAS REGULADAS ZONA 2 |       | X |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 1∅            | 9                      | 180                          | 1620                 | 13,5                                  | 2X12+10(F+N+T) | 1 X 20 A |
| 3   | TOMAS REGULADAS ZONA 3 |       |   | X |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 1∅            | 8                      | 180                          | 1440                 | 12                                    | 2X12+10(F+N+T) | 1 X 20 A |
| 4   | TOMAS REGULADAS ZONA 4 | X     |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 1∅            | 10                     | 180                          | 1800                 | 15                                    | 2X12+10(F+N+T) | 1 X 20 A |
| 5   | TOMAS REGULADAS ZONA 5 |       | X |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 1∅            | 5                      | 180                          | 900                  | 7,5                                   | 2X12+10(F+N+T) | 1 X 20 A |
| TOTAL ELEMENTOS   |                        |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               | 47                     |                              | 8460                 | TABLERO TRIFASICO COMERCIAL DE 6 CTOS |                |          |
|   |                        |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               | VA                     |                              |                      |                                       |                |          |
| CARGA TOTAL INSTALADA DEILUMINACIÓN Y TOMAS                                     |                        |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               | 8460                   |                              |                      |                                       |                |          |
| CARGA TOTAL DIVERSIFICADA DE ACUERDO CON LA NTC 2050 ILUMINACIÓN Y TOMAS 220-11 |                        |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               | 8460                   |                              |                      |                                       |                |          |
| CARGA TOTAL INSTALADA   |                        |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               | 8460                   |                              |                      |                                       |                |          |

Tabla 4. Cuadro de cargas tablero UPS

Fuente: Autor

| TABLERO C.C. (TRIFASICO) 208/120  |                    |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               |                        |   |                      |                                       |                |          |
|---|--------------------|-------|---|---|------------------------|----|----|----|----|----|-----------------------------|----------|---------------|------------------------|---|----------------------|---------------------------------------|----------------|----------|
| CIRCUITO  | DESCRIPCIÓN        | FASES |   |   | SALIDAS DE ILUMINACIÓN |    |    |    |    |    | SALIDAS PARA TOMACORRIENTES |          |               | POTENCIA CIRCUITO (VA) | CALCULO DE PROTECCIONES Y ALIMENTADORES |                      |                                       |                |          |
|   |                    | R     | S | T | L1                     | VA | L2 | VA | L3 | VA | ∅                           | Cantidad | Potencia [VA] |                        | CORRIENTE NOMINAL [A]                   | ALIMENTADOR THHN-AWG | PROTECCIÓN                            |                |          |
|   |                    |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               |                        |   |                      |                                       |                |          |
| 1   | CUARTO UPS         | X     |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 1∅            | 4                      | 180                                     | 720                  | 6                                     | 2X12+10(F+N+T) | 1 X 20 A |
| 2   | TRANSFERENCIA UPS  | X     |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 2∅            |                        |   | 500                  | 2,40                                  | 2X12+10(F+T)   | 2 x 30 A |
| 3   | UPS                |       | X | X |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 2∅            |                        |   | 2000                 | 9,62                                  | 2X12+10(F+T)   | 2 x 30 A |
| 4   | AIRE ACONDICIONADO | X     | X |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 2∅            |                        |   | 1500                 | 7,21                                  | 2X12+10(F+T)   | 2 X 30 A |
| TOTAL ELEMENTOS   |                    |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               | 4                      |   | 4720                 | TABLERO TRIFASICO COMERCIAL DE 6 CTOS |                |          |
|   |                    |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               | VA                     |   |                      |                                       |                |          |
| CARGA TOTAL INSTALADA DEILUMINACIÓN Y TOMAS                                     |                    |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               | 4720                   |   |                      |                                       |                |          |
| CARGA TOTAL DIVERSIFICADA DE ACUERDO CON LA NTC 2050 ILUMINACIÓN Y TOMAS 220-11 |                    |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               | 4720                   |   |                      |                                       |                |          |
| CARGA TOTAL INSTALADA   |                    |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               | 4720                   |   |                      |                                       |                |          |

Tabla 5. Cuadro de cargas tablero C:C

Fuente: Autor

| TABLERO T.X.1 (TRIFASICO) 208/120   |                              |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               |                        |   |                      |            |
|---|------------------------------|-------|---|---|------------------------|----|----|----|----|----|-----------------------------|----------|---------------|------------------------|---|----------------------|------------|
| CIRCUITO  | DESCRIPCIÓN                  | FASES |   |   | SALIDAS DE ILUMINACIÓN |    |    |    |    |    | SALIDAS PARA TOMACORRIENTES |          |               | POTENCIA CIRCUITO (VA) | CALCULO DE PROTECCIONES Y ALIMENTADORES |                      |            |
|   |                              | R     | S | T | L1                     | VA | L2 | VA | L3 | VA | ∅                           | Cantidad | Potencia [VA] |                        | CORRIENTE NOMINAL [A]                   | ALIMENTADOR THHN-AWG | PROTECCIÓN |
|   |                              |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               |                        |   |                      |            |
| 1   | REFLECTOR                    | X     |   |   | 1                      | 50 |    |    |    |    | 1∅                          |          |               | 50                     | 0,42                                    | 2X12+10(F+N+T)       | 1 X 20 A   |
| 2   | REFLECTOR                    |       | X |   | 1                      | 50 |    |    |    |    | 1∅                          |          |               | 50                     | 0,42                                    | 2X12+10(F+N+T)       | 1 X 20 A   |
| 3   | ILUMINACION ALMACEN MECANICO |       |   | X | 2                      | 75 |    |    |    |    | 1∅                          |          |               | 150                    | 1,25                                    | 2X12+10(F+N+T)       | 1 X 20 A   |
| 4   | ILUMINACION BODEGA 1         | X     |   |   | 2                      | 75 |    |    |    |    | 1∅                          |          |               | 150                    | 1,25                                    | 2X12+10(F+N+T)       | 1 X 20 A   |
| 5   | ILUMINACION BODEGA 2         |       | X |   | 2                      | 75 |    |    |    |    | 1∅                          |          |               | 150                    | 1,25                                    | 2X12+10(F+N+T)       | 1 X 20 A   |
| TOTAL ELEMENTOS   |                              |       |   |   | 8                      |    |    |    |    |    |                             |          |               | 550                    | TABLERO TRIFASICO COMERCIAL DE 6 CTOS   |                      |            |
|   |                              |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               | VA                     |   |                      |            |
| CARGA TOTAL INSTALADA DEILUMINACIÓN Y TOMAS                                     |                              |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               | 550                    |   |                      |            |
| CARGA TOTAL DIVERSIFICADA DE ACUERDO CON LA NTC 2050 ILUMINACIÓN Y TOMAS 220-11 |                              |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               | 550                    |   |                      |            |
| CARGA TOTAL INSTALADA   |                              |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               | 550                    |   |                      |            |

Tabla 6. Cuadro de cargas tablero T.X.1

Fuente: Autor

| TABLERO T.X.3 (TRIFASICO) 208/120   |                 |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               |                        |   |                      |            |
|---|-----------------|-------|---|---|------------------------|----|----|----|----|----|-----------------------------|----------|---------------|------------------------|---|----------------------|------------|
| CIRCUITO  | DESCRIPCIÓN     | FASES |   |   | SALIDAS DE ILUMINACIÓN |    |    |    |    |    | SALIDAS PARA TOMACORRIENTES |          |               | POTENCIA CIRCUITO (VA) | CALCULO DE PROTECCIONES Y ALIMENTADORES |                      |            |
|   |                 | R     | S | T | L1                     | VA | L2 | VA | L3 | VA | ∅                           | Cantidad | Potencia [VA] |                        | CORRIENTE NOMINAL [A]                   | ALIMENTADOR THHN-AWG | PROTECCIÓN |
|   |                 |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               |                        |   |                      |            |
| 2,3,4   | SALIDA ESPECIAL | X     | X | X |                        |    |    |    |    |    | 3∅                          | 1        | 7000          | 7000                   | 19,43                                   | 3X8+8(F+T)           | 3 X 50 A   |
| 1   | TOMA 1∅         | X     |   |   |                        |    |    |    |    |    | 1∅                          | 1        | 180           | 180                    | 1,5                                     | 2X12+10(F+N+T)       | 1 X 15 A   |
| TOTAL ELEMENTOS   |                 |       |   |   | 0                      |    |    |    |    |    |                             | 2        |               | 7180                   | TABLERO TRIFASICO COMERCIAL DE 6 CTOS   |                      |            |
|   |                 |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               | VA                     |   |                      |            |
| CARGA TOTAL INSTALADA DEILUMINACIÓN Y TOMAS                                     |                 |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               | 7180                   |   |                      |            |
| CARGA TOTAL DIVERSIFICADA DE ACUERDO CON LA NTC 2050 ILUMINACIÓN Y TOMAS 220-11 |                 |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               | 7180                   |   |                      |            |
| CARGA TOTAL INSTALADA   |                 |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               | 7180                   |   |                      |            |

Tabla 7. Cuadro de cargas tablero T.X.3

Fuente: Autor

| CIRCUITO  | DESCRIPCIÓN                 | FASES |   |   | SALIDAS DE ILUMINACIÓN |    |    |    |    |    | SALIDAS PARA TOMACORRIENTES |          |               | POTENCIA CIRCUITO (VA) | CALCULO DE PROTECCIONES Y ALIMENTADORES |                      |            |
|---|-----------------------------|-------|---|---|------------------------|----|----|----|----|----|-----------------------------|----------|---------------|------------------------|---|----------------------|------------|
|   |                             | R     | S | T | L1                     | VA | L2 | VA | L3 | VA | Ø                           | Cantidad | Potencia [VA] |                        | CORRIENTE NOMINAL [A]                   | ALIMENTADOR THHN-AWG | PROTECCIÓN |
|   |                             |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               |                        |   |                      |            |
| 3,4,5   | SALIDA ESPECIAL 3Ø BODEGA 3 | X     | X | X |                        |    |    |    |    |    | 3Ø                          | 1        | 6500          | 6500                   | 18,04                                   | 2X8+8(F+N+T)         | 3 X 50 A   |
| 6,7,8   | SALIDA ESPECIAL 3Ø BODEGA 3 | X     | X | X |                        |    |    |    |    |    | 3Ø                          | 1        | 6500          | 6500                   | 18,04                                   | 2X8+8(F+N+T)         | 3 X 50 A   |
| 9,10,11   | SALIDA ESPECIAL 3Ø BODEGA 3 | X     | X | X |                        |    |    |    |    |    | 3Ø                          | 1        | 6500          | 6500                   | 18,04                                   | 2X8+8(F+N+T)         | 3 X 50 A   |
| 15,16,17  | SALIDA ESPECIAL 3Ø BODEGA 3 | X     | X | X |                        |    |    |    |    |    | 3Ø                          | 1        | 6500          | 6500                   | 18,04                                   | 2X8+8(F+N+T)         | 3 X 50 A   |
| 2   | TOMA 1Ø BODEGA 3            | X     |   |   |                        |    |    |    |    |    | 1Ø                          | 1        | 180           | 180                    | 1,5                                     | 2X12+10(F+N+T)       | 1 X 15 A   |
| 12  | TOMA 1Ø BODEGA 3            |       | X |   |                        |    |    |    |    |    | 1Ø                          | 1        | 180           | 180                    | 1,5                                     | 2X12+10(F+N+T)       | 1 X 15 A   |
| 13  | TOMA 1Ø BODEGA 3            |       |   | X |                        |    |    |    |    |    | 1Ø                          | 1        | 180           | 180                    | 1,5                                     | 2X12+10(F+N+T)       | 1 X 15 A   |
| 14  | TOMA 1Ø BODEGA 3            | X     |   |   |                        |    |    |    |    |    | 1Ø                          | 1        | 180           | 180                    | 1,5                                     | 2X12+10(F+N+T)       | 1 X 15 A   |
| 1   | ILUMINACION BODEGA 3        |       | X |   | 3                      | 75 |    |    |    |    | 1Ø                          |          |               | 225                    | 1,875                                   | 2X12+10(F+N+T)       | 1 X 15 A   |
| TOTAL ELEMENTOS   |                             |       |   |   | 3                      |    |    |    |    |    |                             | 8        |               | 26945                  | TABLERO TRIFASICO COMERCIAL DE 6 CTOS   |                      |            |
|   |                             |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | VA            |                        |   |                      |            |
| CARGA TOTAL INSTALADA DEILUMINACIÓN Y TOMAS                                     |                             |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 26945         |                        |   |                      |            |
| CARGA TOTAL DIVERSIFICADA DE ACUERDO CON LA NTC 2050 ILUMINACIÓN Y TOMAS 220-11 |                             |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 26945         |                        |   |                      |            |
| CARGA TOTAL INSTALADA   |                             |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 26945         |                        |   |                      |            |

Tabla 8. Cuadro de cargas tablero T.X.4

Fuente: Autor

| TABLERO T.X.2 (TRIFASICO) 208/120   |                 |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               |                        |   |                      |            |
|---|-----------------|-------|---|---|------------------------|----|----|----|----|----|-----------------------------|----------|---------------|------------------------|---|----------------------|------------|
| CIRCUITO  | DESCRIPCIÓN     | FASES |   |   | SALIDAS DE ILUMINACIÓN |    |    |    |    |    | SALIDAS PARA TOMACORRIENTES |          |               | POTENCIA CIRCUITO (VA) | CALCULO DE PROTECCIONES Y ALIMENTADORES |                      |            |
|   |                 | R     | S | T | L1                     | VA | L2 | VA | L3 | VA | Ø                           | Cantidad | Potencia [VA] |                        | CORRIENTE NOMINAL [A]                   | ALIMENTADOR THHN-AWG | PROTECCIÓN |
|   |                 |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          |               |                        |   |                      |            |
| 5,6   | SALIDA ESPECIAL | X     | X |   |                        |    |    |    |    |    | 2Ø                          | 1        | 5000          | 5000                   | 24,04                                   | 2X8+8(F+T)           | 2 X 30 A   |
| 1   | TOMA 1Ø         |       |   | X |                        |    |    |    |    |    | 1Ø                          | 1        | 180           | 180                    | 1,5                                     | 2X12+10(F+N+T)       | 1 X 20 A   |
| 2,3,4   | SALIDA ESPECIAL | X     | X | X |                        |    |    |    |    |    | 3Ø                          | 1        | 7000          | 7000                   | 19,43                                   | 3X8+8(F+T)           | 3 X 50 A   |
| TOTAL ELEMENTOS   |                 |       |   |   | 0                      |    |    |    |    |    |                             | 3        |               | 12180                  | TABLERO TRIFASICO COMERCIAL DE 6 CTOS   |                      |            |
|   |                 |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | VA            |                        |   |                      |            |
| CARGA TOTAL INSTALADA DEILUMINACIÓN Y TOMAS                                     |                 |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 12180         |                        |   |                      |            |
| CARGA TOTAL DIVERSIFICADA DE ACUERDO CON LA NTC 2050 ILUMINACIÓN Y TOMAS 220-11 |                 |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 12180         |                        |   |                      |            |
| CARGA TOTAL INSTALADA   |                 |       |   |   |                        |    |    |    |    |    |                             |          | 12180         |                        |   |                      |            |

Tabla 9. Cuadro de cargas tablero T.X.3

Fuente: Autor

**Nota:** Los planos de diseño eléctricos se encuentran como anexos.



Para el presente caso las cargas a diversificar corresponden a las cargas presentes en la oficina, donde el factor de diversificación será de 0,4 según la recomendación de la NTC2050; en el caso de la zona taller y bodegas se tomará un factor del 100% debido a uso de equipos especiales.

| <b>CARGA TOTAL INSTALADA</b>                      | <b>CARGA KVA</b> |
|---|------------------|
| <i>CARGA DIVERSIFICADA DE TOMAS E ILUMINACIÓN</i> | 19,79            |
| <i>CARGA DIVERSIFICADA DE ZONA TALLER</i>         | 46,85            |
| <b>CARGA TOTAL</b>                                | <b>66,64</b>     |

La carga total de diseño según norma NTC 2050 será de 66,64 kVA

### 5.3.3 ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO

El nivel de tensión al que funcionará el proyecto será a 120/208V, y no aplica la coordinación de aislamiento ya que esta se debe realizar para proyectos por encima de los 52 kv es decir en alta tensión, sin embargo, se realiza el siguiente análisis rápido comparando la tensión de alimentación del transformador, pese a que este no está involucrado en el diseño.

El estándar IEC 60071-1 muestra una tabla en la que se evidencia los niveles básicos de aislamiento al impulso (BIL) estandarizados por IEC según la tensión de servicio.

| Tensión nominal del sistema | Tensión máxima entre fases | Nivel de aislam. Al impulso | K . A 2.000 m s.n.m | TCF NORMA I BIL 0.961 | TCF DISEÑO TCF NORM | Distancia mínima fase tierra (cm) |               | Distancia mínim fase tierra DIN VDE 0101 IEC 71 |                |
|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------------|---------------|---|----------------|
| $U_N$ [Kv]                  | $U_m$ [Kv]                 | BIL o BLS [Kv]              | &                   | [Kv]                  | [Kv]                | $K_a = 1$                         | $K_a = 0.893$ | FF > 1.4 N[cm]                                  | FF < 1.4 S[cm] |
| A                           | B                          | C                           | D                   | E                     | F                   | G                                 | H             | I   | J              |
| 3                           | 3.6                        | 45                          | 0.893               | 46.8                  | 52.4                | 8.51                              | 9.53          | 15  | 15             |
| 6                           | 7.2                        | 60                          | 0.893               | 62.4                  | 69.9                | 11.35                             | 12.71         | 15  | 15             |
| 10                          | 12                         | 75                          | 0.893               | 78                    | 87.4                | 14.19                             | 15.89         | 15  | 15             |
| 15                          | 17.5                       | 95                          | 0.893               | 98.8                  | 110.6               | 17.97                             | 20.12         | 16  | 15             |
| 20                          | 24                         | 125                         | 0.893               | 130                   | 145.6               | 23.65                             | 26.48         | 21.5  | 16             |
| 30                          | 36                         | 170                         | 0.893               | 176.8                 | 198                 | 32.16                             | 36.02         | 32.5  | 27             |
| 45                          | 52                         | 250                         | 0.893               | 260                   | 291.2               | 47.3                              | 52.97         | 52  | 43             |
| 60                          | 72.5                       | 325                         | 0.893               | 338                   | 378.5               | 61.49                             | 68.86         | 70  | 58             |
| 88                          | 100                        | 380                         | 0.893               | 395                   | 442.3               | 71.89                             | 80.51         | 87  | 73             |
| 88-110                      | 100-123                    | 450                         | 0.893               | 468                   | 524.1               | 85.14                             | 95.34         | 95  | 80             |
| 110-132                     | 123-145                    | 550                         | 0.893               | 572                   | 640.5               | 104.1                             | 116.53        | 110   | 95             |
| 132-150                     | 145-170                    | 650                         | 0.893               | 676                   | 757                 | 123                               | 137.71        | 135   | 110            |
| 150                         | 170                        | 750                         | 0.893               | 780                   | 873.5               | 141.9                             | 158.9         | 155   | 135            |
| 220                         | 245                        | 825                         | 0.893               | 858                   | 961                 | 156.1                             | 174.79        | 175   | 155            |
| 220                         | 245                        | 900                         | 0.893               | 936                   | 1048.2              | 170.3                             | 190.68        | 190   | 170            |
| 220-275                     | 245-300                    | 1050                        | 0.893               | 1092                  | 1222.8              | 198.6                             | 222.46        | 220   | 185            |
| 275-330                     | 300-362                    | 850                         | 0.893               | 884                   | 990                 | *223                              | 250           | 245   | 205            |
| 330-380                     | 362-420                    | 950                         | 0.893               | 988                   | 1106.4              | *269                              | 301           | 270   | 240            |
| 380                         | 420                        | 1050                        | 0.893               | 1093                  | 1222.8              | *317                              | 355           | 310   | 290            |
| 500                         | 525                        | 1175                        | 0.893               | 1223                  | 1368.4              | *383                              | 429           | 430   | 410            |
| 700                         | 765                        | 1550                        | 0.893               | 1613                  | 1806.3              | *608                              | 681           | 625   |                |

*Tabla 10. Niveles básicos de aislamiento  
Fuente: Autor*

Para el caso de la red de media tensión de Electrohuila se tiene un nivel de 13.2 kV, quedando dentro del rango de 15 kV y según la tabla el BIL mínimo para los equipos a utilizar en la red, el valor TCF (tensión crítica de flameo) es un dato que se ha obtenido en forma experimental que presenta una probabilidad de flameo del 50%, por eso se toma el valor normalizado de diseño teniendo en cuenta factores de seguridad

En las redes de distribución en niveles de 13.2 kV, se toma un BIL de 110.6 kV para diseño como lo muestra la tabla.

Para calcular la tensión de servicio del descargador se toma la tensión máxima entre fases 17.5 kV y un factor de seguridad KI que según este mismo estándar para tensiones por debajo de 52 kV debe ser de 1.4

Según la ecuación

$$TDS = \frac{17,5kV}{\sqrt{3}} \times 1,4 = 14,14kV$$

De las especificaciones técnicas de los pararrayos de óxido de zinc con dispositivos de desconexión y envolvente polimérica para 25 kV y 10 kA de condensa la tensión de servicio es de hasta 25 kV y el BIL es de 130 kV, por otro lado, para los transformadores de distribución se consultaron los catálogos de los fabricantes y mostraron BIL para tensiones 11.4kV y 13.2 kV de 95 kV hasta de 150 kV.

Con todo lo anterior se evidencia que los equipos seleccionados para el diseño cumplen con los requisitos mínimos de aislamiento para la tensión requerida, cabe aclarar que no se especifica la marca ya que el desarrollo de la obra no es el alcance del diseño y depende de las decisiones del ingeniero responsable de la misma y el dueño del proyecto, sin embargo, en estas memorias quedan consignados los valores mínimos de aislamiento requeridos.

#### **5.3.4 DIMENSIONAMIENTO DEL TRANSFORMADOR**

Para el dimensionamiento del transformador, se tiene en cuenta las recomendaciones de la NTC 2050, en lo referente a los factores de demanda, para alumbrado y equipo menor, para calefacción de los equipos las cargas presentes en la oficina, donde el factor de diversificación será de 0,4 según la recomendación; en el caso de la zona taller y bodegas se tomará un factor del 100% debido a uso de equipos especiales.

Lo cual indica que la carga demandada es de 66,64 KVA teniendo en cuenta esto se puede establecer que el transformador es de 75 KVA. Tensión primaria = 13.200 Voltios, tensión secundaria 208-120 Voltios, conexión DY5, 60 Hz, Inominal = 208,17 Amperios. Impedancia 3,5%, refrigerado en aceite dieléctrico.

### **5.3.5 ANALISIS DEL NIVEL DE RIESGO ANTE DESCARGAS ATMOSFERICAS Y MEDIDAS DE PROTECCION**

Para dar cumplimiento a lo estipulado en el artículo 16.1 del reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIIE) se procede a hacer la evaluación en cuanto al nivel de riesgo ante descargas atmosféricas tipo rayo adoptando la metodología presentada por las normas NTC 4552 e IEC 62305-2.

Cabe mencionar que la evaluación del Nivel de Riesgo contra descargas atmosféricas, comprende:

- Posibilidad de pérdidas Humanas
- Pérdidas del suministro de energía y otros servicios esenciales.
- Pérdidas o graves daños de bienes.
- Perdida cultural.
- Nivel Ceraunico (incidencias de descargas atmosféricas).
- Perdidas económicas
- Tipo de suministro eléctrico
- Influencias ambientales
- Líneas de otros servicios aéreos (posibles fallos en los equipos eléctricos o electrónicos)
- Líneas de otros servicios enterrados (posibles fallos en los equipos eléctricos o electrónicos)
- Medidas de protección existentes (SPCR y Protección sobretensiones)

Para esta evaluación es indispensable conocer lo que se desea proteger, definir las zonas a proteger y las posibles pérdidas en la estructura y acometidas.

El procedimiento está dividido en 3 partes:

Densidad de Descargas a Tierra (DDT) y Corriente pico absoluta promedio ( $I_{abs}$ )

| Ciudad        | Latitud | Longitud | Densidad promedio |
|---------------|---------|----------|-------------------|
| Barranquilla  | 10,9    | -74,8    | 1                 |
| Cartagena     | 10,5    | -75,5    | 2                 |
| Corozal       | 9,3     | -75,3    | 3                 |
| El Banco      | 9,1     | -74,0    | 10                |
| Magangue      | 9,3     | -74,8    | 5                 |
| Montería      | 8,8     | -75,9    | 2                 |
| Quibdo        | 5,7     | -76,6    | 9                 |
| Santa Marta   | 11,1    | -74,2    | 2                 |
| Tumaco        | 1,8     | -78,8    | 1                 |
| Turbo         | 8,1     | -76,7    | 5                 |
| Valledupar    | 10,4    | -73,3    | 2                 |
| Riohacha      | 11,5    | -72,9    | 2                 |
| Armenia       | 4,5     | -75,8    | 2                 |
| Barranca      | 7,0     | -73,8    | 7                 |
| Bogota        | 4,7     | -74,2    | 1                 |
| Bucaramanga   | 7,1     | -73,1    | 1                 |
| Cali          | 3,6     | -76,4    | 1                 |
| Cúcuta        | 7,9     | -72,5    | 1                 |
| Girardot      | 4,3     | -74,8    | 5                 |
| Ibaqué        | 4,4     | -75,2    | 2                 |
| Ipiales       | 0,8     | -77,6    | 1                 |
| Manizales     | 5,0     | -75,5    | 2                 |
| Medellín      | 6,1     | -75,4    | 1                 |
| Neiva         | 3,0     | -75,3    | 1                 |
| Ocaña         | 8,3     | -73,4    | 2                 |
| Pasto         | 1,4     | -77,3    | 1                 |
| Pereira       | 4,8     | -75,7    | 4                 |
| Popayán       | 2,4     | -76,6    | 1                 |
| Remedios      | 7,0     | -74,7    | 12                |
| Villavicencio | 4,2     | -73,5    | 1                 |
| Bagre         | 7,8     | -75,2    | 12                |
| Samaná        | 5,4     | -74,8    | 9                 |

Tabla 11. Densidad de descargas a tierra para algunas ciudades de Colombia

Fuente: [4] NTC 4552

Según la tabla la densidad de descargas a tierra en la ciudad de Neiva es de 1, lo que equivale al número de descargas a tierra por año.

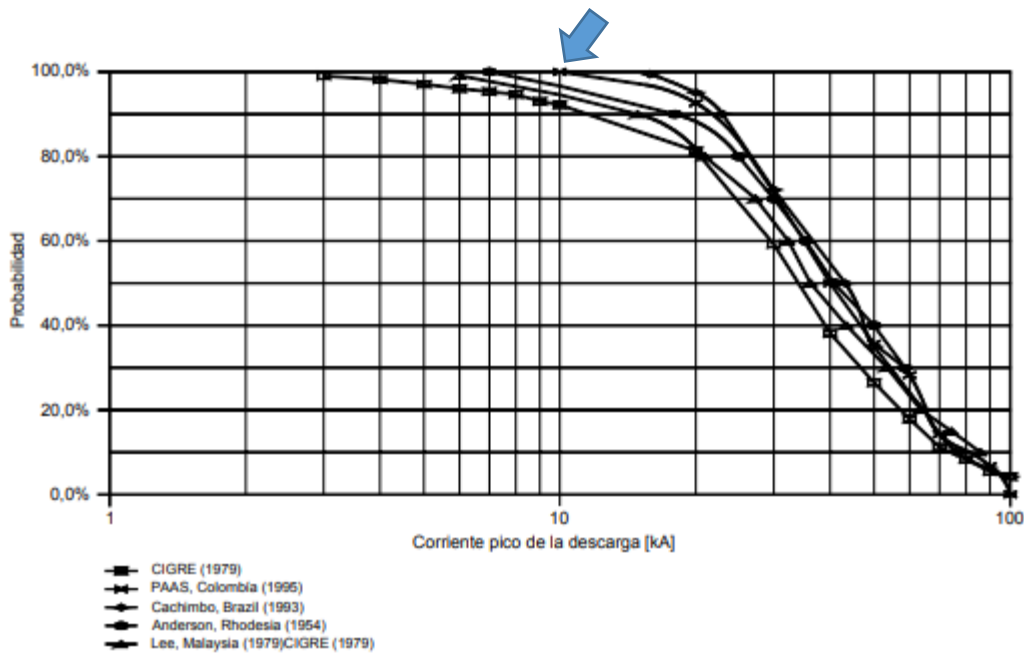


Imagen 1. Curva de probabilidad acumulada de corriente de retorno negativa, comparativa entre países ubicados en zonas templadas y zonas tropicales.

Fuente: [4] NTC 4552-1.

La corriente pico absoluta promedio resulta de la siguiente grafica tomada de la norma NTC4552 resultado de mediciones en diferentes escenarios y países en donde se encuentra que la corriente pico que se puede tomar para nuestro país es de 10kA tomada en valores máximos del 100%.

| Densidad de descargas a tierra [Descargas/km <sup>2</sup> -año] | Corriente pico absoluta promedio [kA] |                |           |
|---|---------------------------------------|----------------|-----------|
|   | 40 ≤ Iabs                             | 20 ≤ Iabs < 40 | Iabs < 20 |
| 30 ≤ DDT  |                                       |                |           |
| 15 ≤ DDT < 30   |                                       |                |           |
| 5 ≤ DDT < 15  |                                       |                |           |
| DDT < 5   |                                       |                |           |

Tabla 12. Indicadores de parámetros del rayo

Fuente: NTC4552

Severos

Altos

Medios

Bajos

Como se evidencia en la tabla el indicador de parámetros del rayo para la ubicación geográfica en la que se encuentra la empresa es bajo.

## **Indicador de gravedad**

El indicador de Gravedad es la suma de todos los Subindicadores relacionados con el tipo de estructura, el uso, la altura y el área de la misma, así como se indica a continuación.

$$I_g = I_{uso} + IT + IAA$$

*I<sub>uso</sub>* = Subindicador relacionado con el uso de la estructura

*IT* = Subindicador relacionado con el tipo de estructura

*IAA* = Subindicador relacionado con la altura y el área de la estructura

| Clasificación de estructuras | Ejemplos de estructura  | Indicador |
|------------------------------|---|-----------|
| A                            | Teatros, centros educativos, iglesias, supermercados, centros comerciales, áreas deportivas al aire libre, parques de diversión, aeropuertos, hospitales, prisiones | 40        |
| B                            | Edificios de oficinas, hoteles, viviendas, grandes industrias, áreas deportivas cubiertas.  | 30        |
| C                            | Pequeñas y medianas industrias, museos, bibliotecas, sitios históricos y arqueológicos  | 20        |
| D                            | Estructuras no habitadas  | 0         |

Tabla 13. Subindicador relacionado con el uso de la estructura

Fuente: NTC4552

| Tipo de estructura | Indicador |
|--------------------|-----------|
| No metálica        | 40        |
| Mixta              | 20        |
| Metálica           | 0         |

Tabla 14. Subindicador relacionado con el tipo de estructura

Fuente: NTC4552

| Altura y área de la estructura          | Indicador |
|---|-----------|
| Área menor a 900 m <sup>2</sup>         |           |
| Altura menor a 25 m                     | 5         |
| Altura mayor o igual a 25 m             | 20        |
| Área mayor o igual a 900 m <sup>2</sup> |           |
| Altura menor a 25 m                     | 10        |
| Altura mayor o igual a 25 m             | 20        |

Tabla 15. Subindicador relacionado con la altura y el área de la estructura

Fuente: NTC4552

$$IG = 20 + 20 + 5$$

$$IG = 45$$

| Resultado de la suma de subindicadores de estructura | Indicador de Gravedad |
|--|-----------------------|
| 0 a 35   | Leve                  |
| 36 a 50  | <b>Baja</b>           |
| 51 a 65  | Media                 |
| 66 a 80  | Alta                  |
| 81 a 100   | Severa                |

*Tabla 16. Resultado indicador de gravedad  
Fuente: NTC4552*

El índice de gravedad para las oficinas junto con el taller de la empresa METALPAR S.A.S es de 45 por lo tanto se clasifica como una instalación con un nivel bajo ante descargas de tipo atmosférico.

### **Matriz de Riesgo**

Con el fin de evaluar el nivel de riesgo de tipo eléctrico, se puede aplicar la siguiente matriz para la toma de decisiones (Tabla 7). El método a seguir para cualquier caso, es el siguiente:

- Definir el factor de riesgo que se quiere evaluar.
- Definir si el riesgo es real o potencial
- Determinar las consecuencias para las personas, económicas, ambientales y de imagen de la empresa. Esto se estima dependiendo del caso en particular que se analiza.
- Buscar el punto de cruce dentro de la matriz correspondiente a la consecuencia (1, 2, 3, 4, 5) y a la frecuencia determinada (A, B, C, D, E): esta será la valoración de riesgo para cada clase Repetir el proceso para la siguiente clase hasta que cubra todas las posibles pérdidas.
- Tomar el caso más crítico de los cuatro puntos de cruce, el cual será la categoría o nivel del riesgo.
- Tomar las decisiones o acciones, según lo indicado en la tabla x.

| RIESGO A EVALUAR:                       | ELECTROCUTAR por <u>DESCARGA ATMOSFERICA</u> (al) o (en) <u>RAYO</u> |   |                                  |                            |   |          |       |       |       |          |
|---|--|---|----------------------------------|----------------------------|---|----------|-------|-------|-------|----------|
|   | EVENTO O EFECTO<br>(Ej: Quemaduras)                                  | FACTOR DE RIESGO (CAUSA)<br>(Ej: Arco eléctrico)      | FUENTE<br>(Ej: Celda de 13,8 KV) |                            |   |          |       |       |       |          |
| POTENCIAL                               | <input checked="" type="checkbox"/>                                  | REAL  | <input type="checkbox"/>         |                            |   |          |       |       |       |          |
| CONSUECINAS                             | En personas  | Económicas  | Ambientales                      | En la imagen de la empresa | E | D        | C     | B     | A     |          |
|   | Una o más muertes  | Daño grave en infraestructura. Interrupción regional. | Contaminación irreparable        | Internacional              | 5 | Medio    | ALTO  | ALTO  | ALTO  | MUY ALTO |
|   | Incapacidad parcial permanente                                       | Daños mayores. Salida de Subestación                  | Contaminación mayor              | Nacional                   | 4 | Medio    | Medio | Medio | ALTO  | ALTO     |
|   | Incapacidad temporal (<1 día)  | Daños severos. Interrupción temporal                  | Contaminación localizada         | Regional                   | 3 | BAJO     | Medio | Medio | Medio | ALTO     |
|   | Lesión menor (sin incapacidad)                                       | Daños importantes. Interrupción breve                 | Efecto menor                     | Local                      | 2 | BAJO     | BAJO  | Medio | Medio | Medio    |
|   | Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)                      | Daños leves. No interrupción                          | Sin efecto                       | Interna                    | 1 | MUY BAJO | BAJO  | BAJO  | BAJO  | Medio    |
| Evaluador: _____ MP: _____ Fecha: _____ |  |   |                                  |                            |   |          |       |       |       |          |

Tabla 17. Matriz de niveles de riesgo  
Fuente: RETIE

| COLOR       | NIVEL DE RIESGO | DECISIONES A TOMAR Y CONTROL  | PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS   |
|-------------|-----------------|---|--|
| Rojo        | Muy alto        | <b>Inadmisible para trabajar.</b> Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo.<br><br>Requiere permiso especial de trabajo.   | Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).                                  |
| Rosado      | Alto            | <b>Minimizarlo.</b> Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP.<br><br>Requiere permiso especial de trabajo. | El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.  |
| Amarillo    | Medio           | <b>Aceptarlo.</b> Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP).<br><br>Requiere permiso de trabajo                 | El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.   |
| Verde       | Bajo            | <b>Asumirlo.</b> Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP.<br><br>No requiere permiso especial de trabajo.  | El líder del trabajo debe verificar: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué puede salir mal o fallar?</li> <li>• ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle?</li> <li>• ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?</li> </ul> |
| Verde claro | Muy bajo        | Vigilar posibles cambios  | No afecta la secuencia de las actividades.   |

Tabla 18. Decisiones y acciones para controlar riesgos  
Fuente: RETIE



En la matriz de riesgo (tabla 17) se logra analizar que el nivel de riesgo para las instalaciones de METALPAR S.A.S es bajo por lo que las acciones y procedimientos a seguir se deben seguir según lo que indica la tabla 18, dándole así el cumplimiento necesario al RETIE.

De acuerdo al nivel de riesgo del SIPRA se debe seguir las siguientes acciones recomendadas como se indica en la siguiente tabla

| Nivel de riesgo       | Acciones recomendadas                     |
|-----------------------|---|
| NIVEL DE RIESGO BAJO  | SPI para acometidas aéreas                |
|                       | Cableados y PT según NTC 2050 – IEEE 1100 |
| NIVEL DE RIESGO MEDIO | SPI                                       |
|                       | Cableados y PT según NTC 2050 – IEEE 1100 |
|                       | SPE                                       |
| NIVEL DE RIESGO ALTO  | SPI                                       |
|                       | Cableados y PT según NTC 2050 – IEEE 1100 |
|                       | SPE                                       |
|                       | Plan de prevención y contingencia         |

Tabla 19. Acciones recomendadas según el nivel de riesgo  
Fuente: NTC4552(Principios generales)

**Nota:** Al tener un nivel de riesgo bajo, la instalación no necesita la implementación de un sistema de protección externo contra rayos por lo que se tomarán las medidas necesarias desde el sistema de protección interno de la instalación, los cableados y el sistema de puesta tierra de la misma.

Es conveniente que en la construcción se implementen conexiones equipotenciales de la estructura (Se recomienda aterrizar la estructura metálica) con el sistema de puesta a tierra de servicios.

### 5.3.6 ANÁLISIS DE RIESGOS DE ORIGEN ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS

Para conformidad con el capítulo 9 del RETIE se presenta el análisis de riesgos de origen eléctrico y su respectiva evaluación.



**Nivel de riesgo:** Equivale a grado de riesgo. Es el resultado de la valoración conjunta de la probabilidad de ocurrencia de los accidentes, de la gravedad de sus efectos y de la vulnerabilidad del medio [1].

Se entenderá que una instalación eléctrica es de PELIGRO INMINENTE o de ALTO RIESGO, cuando carezca de las medidas de protección frente a condiciones donde se comprometa la salud o la vida de personas, tales como: ausencia de la electricidad, arco eléctrico, contacto directo e indirecto con partes energizadas, rayos, sobretensiones, sobrecargas, cortocircuitos, tensiones de paso, contacto y transferidas que excedan límites permitidos [1]

Vale la pena recordar que es mucho más común que los accidentes eléctricos ocurran en espacios con cargas de baja y media tensión, no solo por contacto directo con electricidad sino por equipos que no están correctamente cableados y que se convierten en transmisores de energía, por eso, más que evitar multas y sanciones, es importante exigir a técnicos e ingenieros que elaboren las conexiones eléctricas de tal forma que cumplan con todos los parámetros exigidos por la norma.

De acuerdo al numeral 9.2.1 de la resolución 9 0708 de 30 de agosto de 2013, mediante la cual se expide el RETIE, se presenta el análisis de Riesgo eléctrico conforme a las matrices que se presentan a continuación. Los riesgos asociados, según el RETIE (Versión revisada y actualizada) se pueden observar en el gráfico 2. Además, de los riesgos por arco eléctrico y ausencia de electricidad, se pueden presentar otros riesgos adicionales descritos en este mismo gráfico. Cuyas características se describen en la columna de la derecha de la matriz; el modelo resume la definición, causa y generalidades de las medidas de protección posibles (Medidas de manejo).

En el siguiente gráfico se muestran algunos de los factores de riesgo más comunes, sus posibles causas y algunas medidas de protección:

|   |  |
|---|--|
|   | <p style="text-align: center;"><b>ARCOS ELÉCTRICOS.</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores con carga, apertura de transformadores de corriente, apertura de transformadores de potencia con carga sin utilizar equipo extintor de arco, apertura de transformadores de corriente en secundarios con carga, manipulación indebida de equipos de medida, materiales o herramientas olvidadas en gabinetes, acumulación de óxido o partículas conductoras, descuidos en los trabajos de mantenimiento.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta.</p> |
|  | <p style="text-align: center;"><b>AUSENCIA DE ELECTRICIDAD (EN DETERMINADOS CASOS)</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Apagón o corte del servicio, no disponer de un sistema ininterrumpido de potencia - UPS, no tener plantas de emergencia, no tener transferencia. Por ejemplo: Lugares donde se exijan plantas de emergencia como hospitales y aeropuertos.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Disponer de sistemas ininterrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática.</p>  |

|   |  |
|---|--|
|    | <p style="text-align: center;"><b>CONTACTO DIRECTO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Establecer distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble aislamiento.</p>   |
|    | <p style="text-align: center;"><b>CONTACTO INDIRECTO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.</p>  |
|    | <p style="text-align: center;"><b>CORTOCIRCUITO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos defectuosos.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.</p>   |
|   | <p style="text-align: center;"><b>ELECTRICIDAD ESTÁTICA</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Unión y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eliminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos.</p>   |
|  | <p style="text-align: center;"><b>EQUIPO DEFECTUOSO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.</p>   |
|  | <p style="text-align: center;"><b>RAYOS</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Fallas en: el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topología de cableados. Además suspender actividades de alto riesgo, cuando se tenga personal al aire libre.</p>   |
|  | <p style="text-align: center;"><b>SOBRECARGA</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos, no controlar el factor de potencia.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Uso de Interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con cortacircuitos, cortacircuitos, fusibles bien dimensionados, dimensionamiento técnico de conductores y equipos, compensación de energía reactiva con banco de condensadores.</p> |

|   |  |
|---|--|
|  | <p align="center"><b>TENSIÓN DE CONTACTO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.</p>                           |
|  | <p align="center"><b>TENSIÓN DE PASO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas, retardo en el despeje de la falla,</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.</p> |

*Imagen 2. Factores de riesgo eléctrico más comunes*

*Fuente: RETIE*

A continuación, se evaluarán los factores de riesgo que se consideran presentes en las instalaciones eléctricas de la empresa Metalpar S.A.S, este proceso se llevara a cabo por medio de la matriz de riesgos presentada en el RETIE artículo 9 y las decisiones y acciones para controlar el riesgo se tomaran de acuerdo a la tabla 10, también dispuesta en el reglamento técnico de instalaciones eléctricas.

|   |                                     |   |   |                            |                                  |                          |                           |  |  |          |
|---|-------------------------------------|---|---|----------------------------|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|--|--|----------|
| RIESGO A EVALUAR:                               | Quemadura                           | por   | Contacto directo                                | (al) o (en)                | Tablero distribución             |                          |                           |  |  |          |
|   | EVENTO O EFECTO<br>(Ej: Quemaduras) |   | FACTOR DE RIESGO (CAUSA)<br>(Ej: Aro eléctrico) |                            | FUENTE<br>(Ej: Celda de 13.8 kV) |                          |                           |  |  |          |
| POTENCIAL <input checked="" type="checkbox"/>   |                                     | REAL <input type="checkbox"/>                         |   |                            | FRECUENCIA                       |                          |                           |  |  |          |
| CONSECUENCIAS                                   | En personas                         | Económicas  | Ambientales                                     | En la imagen de la empresa | E                                | D                        | C                         | B  | A  |          |
|   |                                     |   |   |                            | No ha ocurrido en el sector      | Ha ocurrido en el sector | Ha ocurrido en la Empresa | Sucede varias veces al año en la Empresa | Sucede varias veces al mes en la Empresa |          |
|   | Una o más muertes                   | Daño grave en infraestructura. Interrupción regional. | Contaminación irreparable                       | Internacional              | 5                                | MEDIO                    | ALTO                      | ALTO                                     | ALTO                                     | MUY ALTO |
|   | Incapacidad parcial permanente      | Daños mayores. Salida de Subestación                  | Contaminación mayor                             | Nacional                   | 4                                | MEDIO                    | MEDIO                     | MEDIO                                    | ALTO                                     | ALTO     |
|   | Incapacidad temporal >1 día         | Daños severos. Interrupción temporal                  | Contaminación localizada                        | Regional                   | 3                                | BAJO                     | MEDIO                     | MEDIO                                    | MEDIO                                    | ALTO     |
|   | Lesión menor (sin incapacidad)      | Daños importantes. Interrupción breve                 | Efecto menor                                    | Local                      | 2                                | BAJO                     | BAJO                      | MEDIO                                    | MEDIO                                    | MEDIO    |
| Molestia funcional (afecta rendimiento laboral) | Daños leves. No interrupción        | Sin efecto  | Interna   | 1                          | MUY BAJO                         | BAJO                     | BAJO                      | BAJO                                     | MEDIO                                    |          |
| Evaluador: _____ MP: _____ Fecha: _____         |                                     |   |   |                            |                                  |                          |                           |  |  |          |

*Tabla 20. Matriz de niveles de riesgo*

*Fuente: RETIE*

**POSIBLES CAUSAS:** Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad.

**MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Establecer distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble aislamiento.

|                   |   |   |                           |                            |                |                             |                          |                           |  |  |
|-------------------|---|---|---------------------------|----------------------------|----------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|--|--|
| RIESGO A EVALUAR: |   | MUERTE  |                           | por                        | Corto Circuito |                             | (al) o (en)              | Líneas MT                 |  |  |
|                   |   | EVENTO O EFECTO                                       |                           | FACTOR DE RIESGO (CAUSA)   |                |                             | FUENTE                   |                           |  |  |
|                   |   | (Ej: Quemaduras)                                      |                           | (Ej: Aro eléctrico)        |                |                             | (Ej: Celda de 13.8 kV)   |                           |  |  |
|                   |   | POTENCIAL   |                           | REAL                       |                | FRECUENCIA                  |                          |                           |  |  |
|                   |   | X   |                           |                            |                |                             |                          |                           |  |  |
| CONSECUENCIAS     | En personas                                     | Económicas  | Ambientales               | En la imagen de la empresa |                | E                           | D                        | C                         | B  | A  |
|                   |   |   |                           |                            |                | No ha ocurrido en el sector | Ha ocurrido en el sector | Ha ocurrido en la Empresa | Sucede varias veces al año en la Empresa | Sucede varias veces al mes en la Empresa |
|                   | Una o más muertes                               | Daño grave en infraestructura. Interrupción regional. | Contaminación irreparable | Internacional              | 5              | MEDIO                       | ALTO                     | ALTO                      | ALTO                                     | MUY ALTO                                 |
|                   | Incapacidad parcial permanente                  | Daños mayores. Salida de Subestación                  | Contaminación mayor       | Nacional                   | 4              | MEDIO                       | MEDIO                    | MEDIO                     | ALTO                                     | ALTO                                     |
|                   | Incapacidad temporal (>1 día)                   | Daños severos. Interrupción temporal                  | Contaminación localizada  | Regional                   | 3              | BAJO                        | MEDIO                    | MEDIO                     | MEDIO                                    | ALTO                                     |
|                   | Lesión menor (sin incapacidad)                  | Daños importantes. Interrupción breve                 | Efecto menor              | Local                      | 2              | BAJO                        | BAJO                     | MEDIO                     | MEDIO                                    | MEDIO                                    |
| SA                | Molestia funcional (afecta rendimiento laboral) | Daños leves. No interrupción                          | Sin efecto                | Interna                    | 1              | MUY BAJO                    | BAJO                     | BAJO                      | BAJO                                     | MEDIO                                    |
| Evaluador: _____  |   | MP: _____   |                           |                            | Fecha: _____   |                             |                          |                           |  |  |

Tabla 21. Matriz de niveles de riesgo  
Fuente: RETIE

**POSIBLES CAUSAS:** Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos defectuosos.

**MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.

|   |   |   |                           |                                |                               |                             |                                  |                           |  |  |  |  |  |  |
|---|---|---|---------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------|--|--|--|--|--|--|
| RIESGO A EVALUAR:                       | DESCARGA  |   | por                       | ELECTRICIDAD ESTÁTICA          |                               | (al) o (en)                 | TABLERO DISTRIBUCION             |                           |  |  |  |  |  |  |
|   | EVENTO O EFECTO<br>(Ej: Quemaduras)             |   |                           | (CAUSA)<br>(Ej: Aro eléctrico) |                               |                             | FUENTE<br>(Ej: Celda de 13.8 kV) |                           |  |  |  |  |  |  |
| POTENCIAL <input type="checkbox"/>      |   |   |                           |                                | REAL <input type="checkbox"/> |                             |                                  |                           |  | FRECUENCIA                               |  |  |  |  |
| CONSECUENCIAS                           | En personas                                     | Económicas  | Ambientales               | En la imagen de la empresa     |                               | E                           | D                                | C                         | B  | A  |  |  |  |  |
|   |   |   |                           |                                |                               | No ha ocurrido en el sector | Ha ocurrido en el sector         | Ha ocurrido en la Empresa | Sucede varias veces al año en la Empresa | Sucede varias veces al mes en la Empresa |  |  |  |  |
|   | Una o más muertes                               | Daño grave en infraestructura. Interrupción regional. | Contaminación irreparable | Internacional                  | 5                             | MEDIO                       | ALTO                             | ALTO                      | ALTO                                     | MUY ALTO                                 |  |  |  |  |
|   | Incapacidad parcial permanente                  | Daños mayores. Salida de Subestación                  | Contaminación mayor       | Nacional                       | 4                             | MEDIO                       | MEDIO                            | MEDIO                     | ALTO                                     | ALTO                                     |  |  |  |  |
|   | Incapacidad temporal (>1 día)                   | Daños severos. Interrupción temporal                  | Contaminación localizada  | Regional                       | 3                             | BAJO                        | MEDIO                            | MEDIO                     | MEDIO                                    | ALTO                                     |  |  |  |  |
|   | Lesión menor (sin incapacidad)                  | Daños importantes. Interrupción breve                 | Efecto menor              | Local                          | 2                             | BAJO                        | BAJO                             | MEDIO                     | MEDIO                                    | MEDIO                                    |  |  |  |  |
|   | Molestia funcional (afecta rendimiento laboral) | Daños leves. No interrupción                          | Sin efecto                | Interna                        | 1                             | MUY BAJO                    | BAJO                             | BAJO                      | BAJO                                     | MEDIO                                    |  |  |  |  |
| Evaluador: _____ MP: _____ Fecha: _____ |   |   |                           |                                |                               |                             |                                  |                           |  |  |  |  |  |  |

Tabla 22. Matriz de niveles de riesgo  
Fuente: RETIE

**POSIBLES CAUSAS:** Unión y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante.

**MEDIDAS DE PROTECCIÓN:** Sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eliminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos.

|   |  |   |                           |   |            |                             |                                  |                           |  |  |
|---|--|---|---------------------------|---|------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------|--|--|
| RIESGO A EVALUAR:                       | Daño en líneas cableado                                    |   | por                       | Sobrecarga                                      |            | (al) o (en)                 | Equipos Taller                   |                           |  |  |
|   | EVENTO O EFECTO<br>(Ej: Quemaduras)                        |   |                           | FACTOR DE RIESGO (CAUSA)<br>(Ej: Aro eléctrico) |            |                             | FUENTE<br>(Ej: Celda de 13.8 kV) |                           |  |  |
|   | POTENCIAL  | <input checked="" type="checkbox"/>                   | REAL                      | <input type="checkbox"/>                        | FRECUENCIA |                             |                                  |                           |  |  |
| CONSECUENCIAS                           | En personas  | Económicas  | Ambientales               | En la imagen de la empresa                      |            | E                           | D                                | C                         | B  | A  |
|   |  |   |                           |   |            | No ha ocurrido en el sector | Ha ocurrido en el sector         | Ha ocurrido en la Empresa | Sucede varias veces al año en la Empresa | Sucede varias veces al mes en la Empresa |
|   | Una o más muertes  | Daño grave en infraestructura. Interrupción regional. | Contaminación irreparable | Internacional                                   | 5          | MEDIO                       | ALTO                             | ALTO                      | ALTO                                     | MUY ALTO                                 |
|   | Incapacidad parcial permanente                             | Daños mayores. Salida de Subestación                  | Contaminación mayor       | Nacional  | 4          | MEDIO                       | MEDIO                            | MEDIO                     | ALTO                                     | ALTO                                     |
|   | Incapacidad temporal (>1 día)                              | <del>Daños severos. Interrupción temporal</del>       | Contaminación localizada  | Regional  | 3          | BAJO                        | <del>MEDIO</del>                 | MEDIO                     | MEDIO                                    | ALTO                                     |
|   | Lesión menor (sin incapacidad)                             | Daños importantes. Interrupción breve                 | Efecto menor              | Local   | 2          | BAJO                        | BAJO                             | MEDIO                     | MEDIO                                    | MEDIO                                    |
|   | <del>Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)</del> | Daños leves. No interrupción                          | <del>Sin efectos</del>    | Interna   | 1          | MUY BAJO                    | BAJO                             | BAJO                      | BAJO                                     | MEDIO                                    |
| Evaluador: _____ MP: _____ Fecha: _____ |  |   |                           |   |            |                             |                                  |                           |  |  |

Tabla 23. Matriz de niveles de riesgo  
Fuente: RETIE

En el siguiente cuadro se muestran las medidas a tomar y los trabajos que se deben ejecutar ante el nivel de riesgo obtenido en los cuadros anteriores según el reglamento técnico de instalaciones eléctricas.

| COLOR | NIVEL DE RIESGO | DECISIONES A TOMAR Y CONTROL  | PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS  |
|-------|-----------------|---|---|
|       | Muy alto        | <b>Inadmisibles para trabajar.</b> Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo.<br><br>Requiere permiso especial de trabajo.  | Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).   |
|       | Alto            | <b>Minimizarlo.</b> Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP.<br><br>Requiere permiso especial de trabajo. | El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.   |
|       | Medio           | <b>Aceptarlo.</b> Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP).<br><br>Requiere permiso de trabajo.                | El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.  |
|       | Bajo            | <b>Asumirlo.</b> Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP.<br><br>No requiere permiso especial de trabajo.  | El líder del trabajo debe verificar:<br><br><ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué puede salir mal o fallar?</li> <li>• ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle?</li> <li>• ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?</li> </ul> |
|       | Muy bajo        | Vigilar posibles cambios  | No afecta la secuencia de las actividades.  |

Tabla 24. Medidas frente al nivel de riesgo.  
Fuente: RETIE

### 5.3.7 ANALISIS DEL NIVEL DE TENSION REQUERIDO

El nivel de tensión del proyecto en baja tensión es 120 – 208 Voltios, en vista que es la tensión normalizada por el operador de red ELECTROHUILA S.A. E.S.P. perteneciente al nivel 1 según la norma NTC 1340.

| Clasificación (Nivel) <sup>1</sup> | Nivel de tensión                              | Tensión nominal (V)                    |   | Tensión máxima (% de la nominal) | Tensión mínima (% de la nominal) |
|------------------------------------|---|--|---|----------------------------------|----------------------------------|
|                                    |   | Sistema trifásico de 3 o 4 conductores | Sistema monofásico de 2 o 3 conductores |                                  |                                  |
|                                    |   | -                                      | 120                                     |                                  |                                  |
|                                    |   | 120/208                                | -                                       |                                  |                                  |
| Baja tensión (Nivel 1)             | Hasta 1 000 V                                 | -                                      | 120/240                                 |                                  |                                  |
|                                    |   | 127/220                                | -                                       |                                  |                                  |
|                                    |   | 220                                    | -                                       |                                  |                                  |
|                                    |   | 277/480                                | -                                       |                                  |                                  |
|                                    |   | 480                                    | -                                       |                                  |                                  |
|                                    |   | 4 160                                  | -                                       |                                  |                                  |
|                                    |   | -                                      | 7 620                                   |                                  |                                  |
|                                    |   | 11 100                                 |   |                                  |                                  |
| Media tensión (Niveles 2 y 3)      | Mayor o igual a 1 000 V y menor a 62 000 V.   | 13 200                                 | -                                       | +5                               | -10                              |
|                                    |   | 13 800                                 | -                                       |                                  |                                  |
|                                    |   | 34 500                                 | -                                       |                                  |                                  |
|                                    |   | 44 000                                 | -                                       |                                  |                                  |
|                                    |   | 57 500                                 | -                                       |                                  |                                  |
| Alta tensión (Nivel 4)             | Mayor o igual a 62 000 V y menor a 230 000 V. | 66 000                                 | -                                       |                                  |                                  |
|                                    |   | 115 000                                | -                                       |                                  |                                  |
|                                    |   | 230 000                                | -                                       |                                  |                                  |
| Extra alta tensión (Nivel 4)       | Mayor a 230 000 V                             | 500 000                                | -                                       | +10                              | -10                              |

NOTA 1 Estos niveles corresponden a la regulación CREG 025/95

Tabla 25. Niveles de tensión  
Fuente: NTC 1340

### 5.3.8 CALCULO DE CAMPOS ELECTROMAGNETICOS

No aplica. Solo se calcula cuando hay redes cercanas superiores a los 57,5KV.

No se requiere cálculo de campos electromagnéticos según RETIE Art.14 Sección 14.4: “para redes de distribución y uso final, el valor de exposición al público debe medirse a partir de las distancias de seguridad, donde se tenga la posibilidad de permanencia prolongada de personas (hasta 8 horas) o en zonas de amplia circulación del público.”



### **5.3.9 CALCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA**

Toda instalación eléctrica debe disponer de un Sistema de Puesta a Tierra (SPT), de tal forma que cualquier punto del interior o exterior, normalmente accesible a personas que puedan transitar o permanecer allí, no estén sometidos a tensiones de paso, de contacto o transferidas, que superen los umbrales de soportabilidad del ser humano cuando se presente una falla.

La exigencia de puestas a tierra para instalaciones eléctricas cubre el sistema eléctrico como tal y los apoyos o estructuras que ante una sobretensión temporal, puedan desencadenar una falla permanente a frecuencia industrial, entre la estructura puesta a tierra y la red.

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.

Las funciones de un sistema de puesta a tierra son:

- Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos.
- Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente las fallas.
- Servir de referencia común al sistema eléctrico.
- Conducir y disipar con suficiente capacidad las corrientes de falla, electrostática y de rayo.
- Transmitir señales de RF en onda media y larga.
- Realizar una conexión de baja resistencia con la tierra y con puntos de referencia de los equipos.
- Se debe tener presente que el criterio fundamental para garantizar la seguridad de los seres

humanos, es la máxima energía eléctrica que pueden soportar, debida a las tensiones de paso, de contacto o transferidas y no el valor de resistencia de puesta a tierra tomado aisladamente. Sin embargo, un bajo valor de la resistencia de puesta a tierra es siempre deseable para disminuir la máxima elevación de potencial GPR por sus siglas en inglés (Ground Potential Rise).

La máxima tensión de contacto aplicada al ser humano (o a una resistencia equivalente de  $1000 \Omega$ ), está dada en función del tiempo de despeje de la falla a tierra, de la resistividad del suelo y de la corriente de falla. [1]

#### **Requisitos generales del SPT.**

- 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.
- 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.

- 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.
- 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.
- No se permite el uso de aluminio en los electrodos de las puestas a tierra.
- 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 el siguiente gráfico:

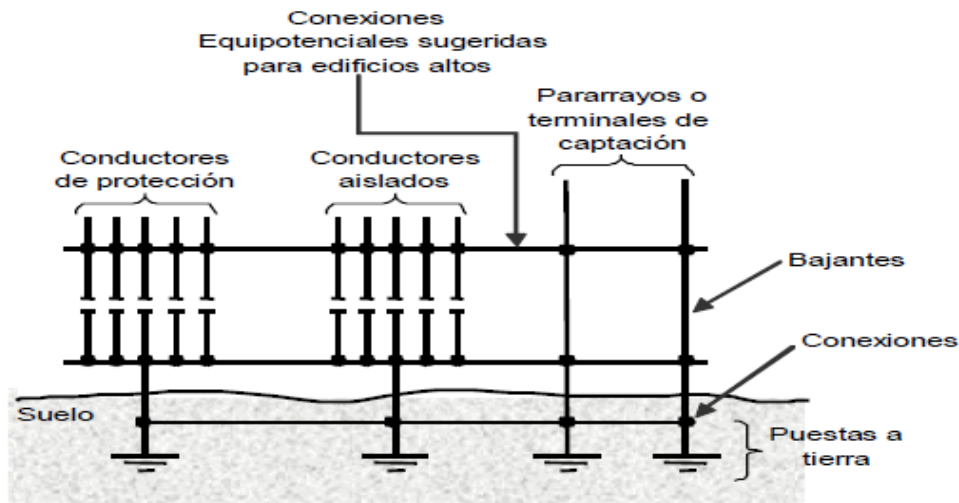


Imagen 3. Conexión SPT  
Fuente: RETIE

### 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 25, adoptados de las normas técnicas IEC 60364-4-442, ANSI/IEEE 80, NTC 2050 y NTC 4552.

El cumplimiento de estos valores de resistencia de puesta a tierra no libera al diseñador y constructor de garantizar que las tensiones de paso, contacto y transferidas aplicadas al ser humano en caso de una falla a tierra no superen las máximas permitidas. [1]

| APLICACIÓN  | VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA |
|---|---|
| Estructuras y torrecillas metálicas de líneas o redes 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 $\Omega$                                       |
| Punto neutro de acometida en baja tensión.                                | 25 $\Omega$                                       |
| Redes para equipos electrónicos o sensibles                               | 10 $\Omega$                                       |

*Tabla 26. Valores máximos de resistencia de puesta a tierra  
Fuente: RETIE*

Cuando existan altos valores de resistividad del terreno, elevadas corrientes de falla a tierra o prolongados tiempos de despeje de las mismas, se deberán tomar las siguientes medidas

para no exponer a las personas a tensiones por encima de los umbrales de soportabilidad del ser humano:

- i. Hacer inaccesibles zonas donde se prevea la superación de los umbrales de soportabilidad para seres humanos y disponer de señalización en las zonas críticas.
- ii. Instalar pisos o pavimentos de gran aislamiento.
- iii. Aislar todos los dispositivos que puedan ser sujetados por una persona.
- iv. Establecer conexiones equipotenciales en las zonas críticas.
- v. Aislar el conductor del electrodo de puesta a tierra a su entrada en el terreno.
- vi. Disponer de señalización en las zonas críticas donde pueda actuar personal calificado, siempre que éste cuente con las instrucciones sobre el tipo de riesgo y esté dotado de los elementos de protección personal aislantes.

Para el sistema de puesta a tierra, según la norma CODENSA AE 280, “En una caja o armario de medidores, se llamará “sistema de electrodo de conexión a tierra”, al conjunto de los siguientes elementos: El conductor desnudo o con aislamiento de color verde o verde amarillo, (o en su defecto con marcación en las partes visibles con pintura, con cinta o con rótulos adhesivos de color verde para la conexión a tierra), el barraje a tierra y el electrodo de puesta a tierra”, se dispone de un conductor de tierra N° 8 conectado del barraje de tierra de la caja de medidores ya calculado a un electrodo de 2,4 m ubicado en caja de inspección

30 x 30 cms (de acuerdo a norma AE 281 elementos de puesta a tierra en baja tensión), que se encuentra en la parte externa del predio.

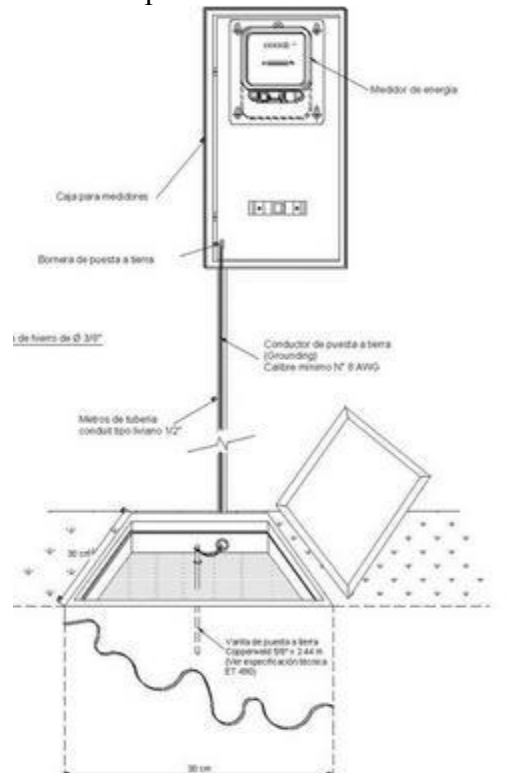


Imagen 4. Disposición del sistema de puesta a tierra  
Fuente: Norma Codensa AE280

### 5.3.10 CALCULO ECONOMICO DE LOS CONDUCTORES, TENIENDO EN CUENTA FACTORES DE PERDIDAS, CARGAS RESULTANTES Y COSTOS DE LA ENERGÍA.

Para el proyecto se tiene una carga de diseño de 66,64 kW para lo cual tenemos una corriente nominal de 184,97 A teniendo en cuenta un factor de seguridad de 25% se tiene una corriente de 231,21 A, por esto en la acometida principal se tiene cable de Aluminio aislado calibre 4/0.

El cálculo económico de conductores es un estudio que se realiza con el fin de establecer en términos de dinero las pérdidas de energía debidas a la resistencia propia de cada conductor. Dichas pérdidas son calculadas mediante la siguiente ecuación.

Para el cálculo económico del conductor de baja tensión se tiene en cuenta un valor de Kw/h de 412 pesos, precios comerciales.

$$E = R \times I_{max}^2 \times \Delta t$$

Entonces

$$E = \rho \times \frac{l}{s} \times I_{max}^2 \times \Delta t$$

La norma especifica las resistividades del cobre y el aluminio a 20°C, con los siguientes valores:  $18.35 \times 10^{-9} \Omega m$  para Cu, y  $30.3 \times 10^{-9} \Omega m$  para Al.

El cálculo de pérdidas se realizará para ambos materiales y se verá que conductor es más económico en cuestión de pérdidas.

En el caso del Cobre

$$E = 18.35 \times 10^{-9} \Omega m \times \frac{3 m}{107,2 mm^2} \times 184,97 A^2 \times 1 \text{ hora}$$

$$E = 1,75 wh$$

$$\text{Perdida en \$ por dia} = 24 \times E \times \$w = 24 \times 1,75 \times 0,412 = \$17,304$$

Ahora en el caso del Aluminio

$$E = 30.3 \times 10^{-9} \Omega m \times \frac{3 m}{107,2 mm^2} \times 184,97 A^2 \times 1 \text{ hora}$$

$$E = 2,90 wh$$

$$\text{Perdida en \$ por dia} = 24 \times E \times \$w = 24 \times 45,32 \times 0,412 = \$28,68$$

En las siguientes tablas se observa el cálculo de pérdidas por día en cada tramo del proyecto usando ambos materiales para encontrar la diferencia económica entre uno y otro, se recomiendo utilizar los conductores de cobre en esta instalación, sin embargo, esta decisión recae sobre el propietario y el ingeniero responsable de la instalación.

| Conductor de cobre |             |               |               |                       |                        |                               |                |                     |                       |
|--------------------|-------------|---------------|---------------|-----------------------|------------------------|-------------------------------|----------------|---------------------|-----------------------|
| Tramo              | Carga (kVA) | Distancia (m) | Corriente (A) | Resistividad material | Calibre conductor THWN | Area m <sup>2</sup> conductor | I <sup>2</sup> | Energia disipada(w) | Perdida en \$ por día |
| TRAFO-TGA          | 66,64       | 3             | 184,97        | 1,84E-08              | 4/0 AWG Cu             | 0,001072                      | 34213,90       | 1,76                | 17,37                 |
| TGA-TD             | 20,06       | 20            | 55,69         | 1,84E-08              | 2 AWG Cu               | 0,000336                      | 3101,38        | 3,39                | 33,50                 |
| TGA-TS             | 9,07        | 12            | 25,17         | 1,84E-08              | 6 AWG Cu               | 0,000133                      | 633,53         | 1,05                | 10,37                 |
| TGA-TX3            | 7,18        | 36            | 19,92         | 1,84E-08              | 2 AWG Cu               | 0,000336                      | 396,81         | 0,78                | 7,71                  |

Tabla 27. Pérdidas para conductor de cobre

Fuente: Autor

| Conductor de Aluminio |             |               |               |                       |                        |                               |                |                     |                       |
|-----------------------|-------------|---------------|---------------|-----------------------|------------------------|-------------------------------|----------------|---------------------|-----------------------|
| Tramo                 | Carga (kVA) | Distancia (m) | Corriente (A) | Resistividad material | Calibre conductor THWN | Area m <sup>2</sup> conductor | I <sup>2</sup> | Energia disipada(w) | Perdida en \$ por día |
| TRAFO-TGA             | 66,64       | 3             | 184,97        | 3,03E-08              | 4/0 AWG AL             | 0,001072                      | 34213,90       | 2,90                | 28,69                 |
| TGA-TD                | 20,06       | 20            | 55,69         | 3,03E-08              | 2 AWG AL               | 0,000336                      | 3101,38        | 5,59                | 55,31                 |
| TGA-TS                | 9,07        | 12            | 25,17         | 3,03E-08              | 6 AWG AL               | 0,000133                      | 633,53         | 1,73                | 17,13                 |
| TGA-TX3               | 7,18        | 36            | 19,92         | 3,03E-08              | 2 AWG AL               | 0,000336                      | 396,81         | 1,29                | 12,74                 |

Tabla 28. Pérdidas para conductor de Aluminio

Fuente: Autor

### 5.3.11 DIMENSIONAMIENTO DE DUCTOS

El diámetro interno de los tubos debe estar de acuerdo al número de conductores que se introducirán en ellos, ya que, como lo indica la NTC 2050 se deben tener en cuenta el porcentaje de ocupación de los conductores en el tubo

La Selección de la Tubería EMT se Realizó bajo el artículo 310-16 hasta 19, Norma NTC 2050, Aplicando los Factores de corrección por Agrupamiento y Temperatura (Tabla 310-16, NTC 2050). Así mismo se aplicó el requerimiento de conductores en tubos de PVC de la tabla C9 de la NTC 2050.

| Letras de tipo      | Sección transversal del conductor |           | Tamaño comercial mm pulgadas |      |      |        |        |      |        |      |        |       |       |       |
|---------------------|-----------------------------------|-----------|------------------------------|------|------|--------|--------|------|--------|------|--------|-------|-------|-------|
|                     | mm <sup>2</sup>                   | AWG kcmil | 16 ½                         | 21 ¾ | 27 1 | 36 1 ¼ | 41 1 ½ | 53 2 | 63 2 ½ | 78 3 | 91 3 ½ | 103 4 | 129 5 | 155 6 |
| RH                  | 2,08                              | 14        | 4                            | 8    | 13   | 23     | 32     | 55   | 79     | 123  | 166    | 215   | 341   | 490   |
|                     | 3,30                              | 12        | 3                            | 6    | 10   | 19     | 26     | 44   | 63     | 99   | 133    | 173   | 274   | 394   |
| RHH, RHW, RHW-2     | 2,08                              | 14        | 3                            | 5    | 9    | 17     | 23     | 39   | 56     | 88   | 118    | 153   | 243   | 349   |
|                     | 3,30                              | 12        | 2                            | 4    | 7    | 14     | 19     | 32   | 46     | 73   | 98     | 127   | 202   | 290   |
| RH, RHH, RHW, RHW-2 | 5,25                              | 10        | 1                            | 3    | 6    | 11     | 15     | 26   | 37     | 59   | 79     | 103   | 163   | 234   |
|                     | 8,36                              | 8         | 1                            | 1    | 3    | 6      | 8      | 13   | 19     | 31   | 41     | 54    | 85    | 122   |
|                     | 13,29                             | 6         | 1                            | 1    | 2    | 4      | 6      | 11   | 16     | 24   | 33     | 43    | 68    | 98    |
|                     | 21,14                             | 4         | 1                            | 1    | 1    | 3      | 5      | 8    | 12     | 19   | 26     | 33    | 53    | 77    |
|                     | 26,66                             | 3         | 0                            | 1    | 1    | 3      | 4      | 7    | 11     | 17   | 23     | 29    | 47    | 67    |
|                     | 33,62                             | 2         | 0                            | 1    | 1    | 3      | 4      | 6    | 9      | 14   | 20     | 25    | 41    | 58    |
|                     | 42,20                             | 1         | 0                            | 1    | 1    | 1      | 2      | 4    | 6      | 9    | 13     | 17    | 27    | 38    |
|                     | 53,50                             | 1/0       | 0                            | 0    | 1    | 1      | 1      | 3    | 5      | 8    | 11     | 15    | 23    | 33    |
|                     | 67,44                             | 2/0       | 0                            | 0    | 1    | 1      | 1      | 3    | 4      | 7    | 10     | 13    | 20    | 29    |
|                     | 85,02                             | 3/0       | 0                            | 0    | 1    | 1      | 1      | 3    | 4      | 6    | 8      | 11    | 17    | 25    |
|                     | 107,21                            | 4/0       | 0                            | 0    | 0    | 1      | 1      | 2    | 3      | 5    | 7      | 9     | 15    | 21    |
|                     | 126,67                            | 250       | 0                            | 0    | 0    | 1      | 1      | 1    | 2      | 4    | 5      | 7     | 11    | 16    |
|                     | 152,01                            | 300       | 0                            | 0    | 0    | 1      | 1      | 1    | 2      | 3    | 5      | 6     | 10    | 14    |
|                     | 177,34                            | 350       | 0                            | 0    | 0    | 1      | 1      | 1    | 1      | 3    | 4      | 5     | 9     | 13    |
|                     | 202,68                            | 400       | 0                            | 0    | 0    | 0      | 1      | 1    | 1      | 3    | 4      | 5     | 8     | 12    |
|                     | 253,35                            | 500       | 0                            | 0    | 0    | 0      | 1      | 1    | 1      | 2    | 3      | 4     | 7     | 10    |
| 304,02              | 600                               | 0         | 0                            | 0    | 0    | 0      | 1      | 1    | 1      | 3    | 3      | 6     | 8     |       |
| 354,69              | 700                               | 0         | 0                            | 0    | 0    | 0      | 1      | 1    | 1      | 2    | 3      | 5     | 7     |       |
| 380,02              | 750                               | 0         | 0                            | 0    | 0    | 0      | 1      | 1    | 1      | 2    | 3      | 5     | 7     |       |
| 405,36              | 800                               | 0         | 0                            | 0    | 0    | 0      | 1      | 1    | 1      | 2    | 3      | 4     | 7     |       |
| 506,70              | 1000                              | 0         | 0                            | 0    | 0    | 0      | 1      | 1    | 1      | 1    | 2      | 4     | 5     |       |
| 633,38              | 1250                              | 0         | 0                            | 0    | 0    | 0      | 0      | 1    | 1      | 1    | 1      | 3     | 4     |       |
| 760,05              | 1500                              | 0         | 0                            | 0    | 0    | 0      | 0      | 1    | 1      | 1    | 1      | 2     | 4     |       |
| 886,73              | 1750                              | 0         | 0                            | 0    | 0    | 0      | 0      | 0    | 1      | 1    | 1      | 2     | 3     |       |
| 1013,4              | 2000                              | 0         | 0                            | 0    | 0    | 0      | 0      | 0    | 1      | 1    | 1      | 1     | 3     |       |

Tabla 29. Tabla C9

Fuente: NTC 2050.

### 5.3.12 CALCULO DE PERDIDAS DE ENERGIA

La potencia eléctrica que se pierde en una línea, debido al paso de corriente eléctrica por el conductor de la misma, solo se hace referencia a la potencia activa consumida por el conductor de la línea (la que no llega al receptor), por lo que para el cálculo de la misma se deberá tener en cuenta tanto la resistencia del conductor de la línea, como la corriente que circula por el mismo. No se contempla la pérdida de energía debido a los efectos armónicos y factor de potencia.

En la línea trifásica, al existir tres conductores de línea, la potencia activa total perdida en la línea, se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$\Delta P = 3R(IL)$$

Donde:

$\Delta P$ : Pérdida de potencia [W]

R: Resistencia del conductor de línea [ $\Omega$ ]

IL: Intensidad de línea máxima prevista [A]

### 5.3.13 CÁLCULO MECÁNICO DE ESTRUCTURAS Y DE ELEMENTOS DE SUJECIÓN DE EQUIPOS.

No aplica para el proyecto ya que se utilizarán las estructuras exigidas por el operador de red, las cuales ofrecen la rigidez necesaria para garantizar el buen funcionamiento de la instalación y el material a utilizar debe ser certificado para que cumplan con los requerimientos del operador de red

### 5.3.14 CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTES. EN BAJA TENSIÓN SE PERMITE LA COORDINACIÓN CON LAS CARACTERÍSTICAS DE LIMITACIÓN DE CORRIENTE DE LOS DISPOSITIVOS SEGÚN IEC 60947-2

| Calibre conductor | Número de circuitos | Tramo    | Carga (kVA) | Distancia (Km) | Corriente (A) | Corriente 125% (A) | Protección |
|-------------------|---------------------|----------|-------------|----------------|---------------|--------------------|------------|
| 4/0 AWG Cu        | 1                   | TRAFO-AE | 66,64       | 0,003          | 184,97        | 231,21             | 3x200      |

Tabla 30. Valores utilizados para cálculo de la protección

Fuente: Autor.

Para la selección de las protecciones de baja tensión se tiene en cuenta la carga, para escoger el conductor y con base en la corriente que soporta el conductor se escoge la protección, es decir en nuestro caso particular la carga de 66,64 KVA y una tensión de 208V tiene una corriente nominal de 184,97 A, por tal motivo se escoge un conductor de Cobre 4/0 AWG en red trenzada y una protección de 3x200A, la cual está protegiendo la acometida en caso de un cortocircuito o una sobrecarga. Por último, se escoge una protección con ICC=50 KA, teniendo en cuenta que según la norma NTC 819 el transformador de 75 KVA debe tener una

impedancia de cortocircuito de 3,5 %, da como corriente de cortocircuito aproximadamente 39,62 kA, con lo cual garantizamos que la protección se accione en caso de cortocircuito sin afectar su aislamiento y continúe funcionando después del despeje de la falla.

$$I_{nom} = \frac{S}{\sqrt{3} \times E2}$$

$$I_{nom} = \frac{75000}{\sqrt{3} \times 208} = 184,97 \text{ A}$$

$$\text{Factor multiplicador } (M) = \frac{100}{Z\%} = \frac{100}{3,5\%} = 28,57$$

$$I_{ccSecundario} = M \times I_{nom} = 28,57 \times 184,97 = 5,28 \text{ kA}$$

$$I_{ccPrimario} = I_{ccSec} \times \frac{E2}{E1} = 5,28 \text{ kA} \times \frac{208}{13200} = 83,2 \text{ A}$$

Para la selección apropiada de protecciones en baja tensión se debe cumplir con las siguientes recomendaciones, de acuerdo a la norma IEC60947.

Las protecciones para la empresa tendrán las siguientes características:

Protección Principal TGA:

Protección Categoría de Empleo A.

In (Corriente Nominal) = 3X200A (monopolar)

IR (Corriente de Regulación) = No Aplica

Icu (Corriente de Corto Ultimo) = 50 KA

Protección Principal TD:

Protección Categoría de Empleo A.

In (Corriente Nominal) = 3X50A (monopolar)

IR (Corriente de Regulación) = No Aplica

Icu (Corriente de Corto Ultimo) = 25 KA

Protección principal TX3:

Protección Categoría de Empleo A.

In (Corriente Nominal) = 3X160A (monopolar)



IR (Corriente de Regulación) = No Aplica

Icu (Corriente de Corto Ultimo) = 80 KA

Protección Principal TX2:

Protección Categoría de Empleo A.

In (Corriente Nominal) = 3X80A (monopolar)

IR (Corriente de Regulación) = No Aplica

Icu (Corriente de Corto Ultimo) = 40kA

**5.3.14 CÁLCULOS DE CANALIZACIONES (TUBO, DUCTOS, CANALETAS Y ELECTRODUCTOS) Y VOLUMEN DE ENCERRAMIENTOS (CAJAS, TABLEROS, CONDULETAS, ETC.).**

| Cable de BT seleccionado | In Cable (A) | Cable de BT equivalente | Selección de ducto | Porcentaje de ocupación |
|--------------------------|--------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|
| 3x4/0+1x4/0 Cu           | 325          | 3X4/0+4/0 Cu            | 1Ø3"               | 24,9%                   |

*Tabla 31. Valores utilizados para cálculo del porcentaje de utilización de ductos  
Fuente: Autor.*

Como se indica en el cuadro anterior se utilizará un ducto de 3" para alojar el conductor hasta el cárcamo del armario de medidores proyectados, se evidencia que se cumple con el máximo de 40% de ocupación como lo exige la norma y el operador de red.

En el dimensionamiento de las tuberías, se ha buscado prever la factibilidad de cualquier eventualidad futura, que requiera adicionar cableado o realambrar a conductores mayores en la misma tubería, por lo cual los dimensionamientos no han quedado en el límite recomendado por la norma.

Para calcular la fracción de ocupación del tubo, se realiza la sumatoria de las áreas exteriores de los conductores alojadas en el interior de la tubería y se divide por el área interior del tubo.

Acometida 3x4/0+4/0+1/0T Cu AWG en ducto EMT de 3"

$$\text{Porcentaje de ocupación} = \frac{4 \times 107,2 \text{mm}^2 + 53,49 \text{mm}^2}{1935 \text{mm}^2} \times 100\% = 24,9\%$$

El porcentaje de la sección transversal en tubería con el llenado de conductores no es mayor del 40%.

### 5.3.15 CÁLCULO DE REGULACIÓN O CAÍDA DE TENSIÓN

Al ser un sistema trifásico, la regulación se calcula de la siguiente manera:

$$AV\% = \frac{\sqrt{3} * I * (R\cos\phi + X\text{Sen}\phi)}{V}$$

$$AV\% = \frac{KVA * L * (R\cos\phi + X\text{Sen}\phi)}{10(Kv)^2}$$

$$\text{Como } K = \frac{(R\cos\phi + X\text{Sen}\phi)}{10(Kv)^2}$$

$$AV\% = KVA * L * K$$

| Tramo     | Carga (kVA) | Distancia (Km) | Corriente (A) | Momento Electrico (kVA-m) | Calibre conductor THWN | K (%/kVA-m) | Regulacion Parcial % | Regulacion Total % |
|-----------|-------------|----------------|---------------|---------------------------|------------------------|-------------|----------------------|--------------------|
| TRAFO-TGA | 66,64       | 0,003          | 184,97        | 0,19992                   | 4/0 AWG Cu             | 0,0007      | 0,00013              | 0,00013            |
| TGA-TD    | 20,06       | 0,02           | 55,69         | 0,4012                    | 2 AWG Cu               | 0,0021      | 0,00084              | 0,00097            |
| TGA-TS    | 9,07        | 0,012          | 25,17         | 0,10884                   | 6 AWG Cu               | 0,0052      | 0,00056              | 0,00154            |
| TGA-TX3   | 7,18        | 0,036          | 19,92         | 0,25848                   | 2 AWG Cu               | 0,0021      | 0,00054              | 0,00208            |

*Tala 32. Calculo de regulación por tramos de la instalación*

*Fuente: Autor*

En la tabla anterior se evidencia que se cumple con el requisito del operador de red en el cual exige el 3% como máximo de caída de tensión desde los bornes de transformador.

### 5.3.16 CÁLCULOS DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA, TENIENDO EN CUENTA LA REGULACIÓN.

| Tramo     | Carga (kVA) | Corriente (A) | Voltaje (V) | Calibre conductor THWN | Regulación | Perdidas (W) | Ductos |
|-----------|-------------|---------------|-------------|------------------------|------------|--------------|--------|
| TRAFO-TGA | 66,64       | 184,97        | 208         | 4/0 AWG Cu             | 0,00013    | 5,061        | 3"     |
| TGA-TD    | 20,06       | 55,69         | 208         | 2 AWG Cu               | 0,00084    | 9,759        | 2"     |
| TGA-TS    | 9,07        | 25,17         | 208         | 6 AWG Cu               | 0,00056    | 2,951        | 2"     |
| TGA-TX3   | 7,18        | 19,92         | 208         | 2 AWG Cu               | 0,00054    | 2,249        | 2"     |

*Tala 33. Calculo de pérdidas teniendo en cuenta regulación*

*Fuente: Autor*

Se evidencia que las pérdidas de energía se encuentran en un rango de (2 a 10) W, las cuales son aceptables, demostrando que el conductor se encuentra bien dimensionado.

### 5.3.17 DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD EN ACOMETIDAS DE BT

Los conductores y la tubería de la acometida deben mantener una distancia mínima de 20 cm a cualquier tubería o punto de conexión de los servicios de agua y/o gas.

Para el proyecto se deben tener las siguientes distancias de seguridad y así garantizar la seguridad de las personas, animales y vida vegetal en la cercanía de la construcción del proyecto, así mismo como de las edificaciones aledañas si aplica.

Como vamos a tener red de baja tensión a un nivel de 120/208V, se debe tener en cuenta la siguiente información

| DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD EN ZONAS CON CONSTRUCCIONES  |                                  |               |
|--|----------------------------------|---------------|
| Descripción  | Tensión nominal entre fases (kV) | Distancia (m) |
| Distancia vertical "a" sobre techos y proyecciones, aplicable solamente a zonas de muy difícil acceso a personas y siempre que el propietario o tenedor de la instalación eléctrica tenga absoluto control tanto de la instalación como de la edificación (Figura 13.1). | 44/34,5/33                       | 3,8           |
|  | 13,8/13,2/11,4/7,6               | 3,8           |
|  | <1                               | 0,45          |
| Distancia horizontal "b" a muros, balcones, salientes, ventanas y diferentes áreas independientemente de la facilidad de accesibilidad de personas. (Figura 13.1)  | 66/57,5                          | 2,5           |
|  | 44/34,5/33                       | 2,3           |
|  | 13,8/13,2/11,4/7,6               | 2,3           |
|  | <1                               | 1,7           |
| Distancia vertical "c" sobre o debajo de balcones o techos de fácil acceso a personas, y sobre techos accesibles a vehículos de máximo 2,45 m de altura. (Figura 13.1)   | 44/34,5/33                       | 4,1           |
|  | 13,8/13,2/11,4/7,6               | 4,1           |
|  | <1                               | 3,5           |
|  | 115/110                          | 6,1           |
| Distancia vertical "d" a carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular. (Figura 13.1) para vehículos de más de 2,45 m de altura.   | 66/57,5                          | 5,8           |
|  | 44/34,5/33                       | 5,6           |
|  | 13,8/13,2/11,4/7,6               | 5,6           |
|  | <1                               | 5             |

Igualmente, en instalaciones construidas bajo criterio de la norma IEC 60364, para tensiones mayores de 1 kV, se deben tener en cuenta y aplicar las distancias de la IEC 61936 -1.

Únicamente se permite el paso de conductores por encima de construcciones (distancia vertical "a") cuando el tenedor de la instalación eléctrica tenga absoluto control, tanto de la instalación eléctrica como de las modificaciones de la edificación o estructura de la planta. Entendido esto como la administración, operación y mantenimiento, tanto de la edificación como de la instalación eléctrica.

En ningún caso se permitirá el paso de conductores de redes o líneas del servicio público, por encima de edificaciones donde se tenga presencia de personas.

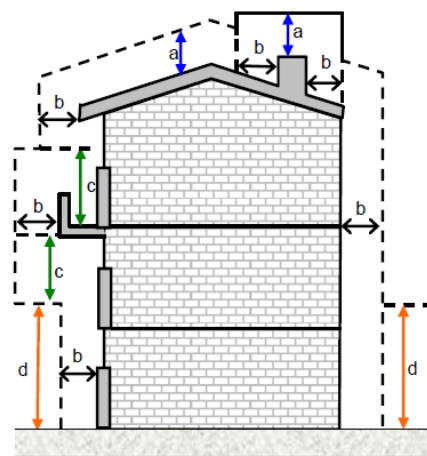


Figura 13.1. Distancias de seguridad en zonas con construcciones

Imagen 5. Distancias de seguridad.

Fuente: RETIE

## 6. ASPECTOS PREVIOS A LA VISITA

### 6.1 INGENIEROS INSPECTORES ACREDITADOS Y CERTIFICADOS

El ingeniero inspector debe hacer una verificación de la matrícula profesional tanto del diseñador como del constructor de dicha obra, ya que son los directamente responsables de la instalación. Todo proceso RETIE lo exige y debe dársele cumplimiento verificando si las matrículas se encuentran registradas en el Consejo Profesional Nacional de Ingenierías Eléctrica, Mecánica y Profesiones afines si son ingenieros y si son técnicos en el Consejo Nacional de Técnicos Electricistas.

### 6.2 DECLARACION DE CUMPLIMIENTO RETIE

Este documento otorga toda la responsabilidad de la obra a entregar al diseñador y constructor de la instalación eléctrica que en ocasiones puede ser la misma persona. Es un documento utilizado por tramo, es decir, uno por el uso final, uno por distribución de baja y media tensión y otro por subestación, ya que existe la posibilidad que el constructor o diseñador no sean el mismo en todas las partes de la obra eléctrica.

La declaración de cumplimiento debe ser diligenciada y suscrita en el siguiente formato que se encuentra en el RETIE [[1] pág. 200, artículo 10]

#### MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA

#### DECLARACIÓN DE CUMPLIMIENTO DEL

REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS No \_\_\_\_\_

Yo \_\_\_\_\_ mayor de edad, identificado con la CC. No. \_\_\_\_\_, en mi condición de \_\_\_\_\_ (ingeniero, tecnólogo o técnico), portador de la matrícula profesional No. \_\_\_\_\_, declaro bajo la gravedad del juramento, que \_\_\_\_\_ la \_\_\_\_\_ instalación descripción \_\_\_\_\_, localizada en (dirección) \_\_\_\_\_, del municipio de \_\_\_\_\_, de propiedad de \_\_\_\_\_, CC. No. o NIT \_\_\_\_\_, cuya construcción estuvo a mi cargo, cumple con todos y cada uno de los requisitos que le aplican establecidos en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, Incluyendo los de producto que verifique con los certificados de conformidad que examiné y el análisis visual de aspectos relevantes del producto.

(1) (solo si requiere diseño detallado) Igualmente, declaro que la construcción de la instalación eléctrica se ciñe al diseño efectuado por el(los) ingeniero(s) :

\_\_\_\_\_ con matrícula(s) profesional(es) #(s) \_\_\_\_\_ diseño que hace parte de la memoria de la instalación y se reflejan en la construcción de la instalación y los planos finales que suscribo y hacen parte integral de esta declaración.

O

(2) (No aplica cuando requiera diseño detallado) Declaro que la instalación no requiere de diseño detallado y para la construcción me basé en especificaciones generales de construcción de este tipo de instalaciones, las cuales sintetizo en el esquema y memoria de construcción que suscribo con mi firma y adjunto como anexo de la presente declaración.

En constancia se firma en la ciudad de \_\_\_\_\_ el  
\_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_

Firma

\_\_\_\_\_

Dirección domicilio \_\_\_\_\_ Teléfono

\_\_\_\_\_

Observaciones: Incluye justificación técnica de desviación de algún requisito de norma o del diseño, siempre que la desviación no afecte la seguridad.

### **6.3 FORMATO PARA DICTAMEN DE INSPECCION**

Este formato es utilizado para diferente tipo de inspecciones y varía en cada una de ellas dependiendo si es para líneas de transmisión, subestaciones, sistemas de distribución e instalaciones de uso final. El caso de METALPAR está por ende incluido en las instalaciones de uso final y el formato apropiado sería el siguiente tomado del reglamento técnico de instalaciones eléctricas [[1] pág. 205, artículo 10]

Este formato nos da los aspectos detallados a tener en cuenta que la instalación de uso final debe cumplir, en cuanto a diseño, distancias mínimas, sistema de puesta a tierra, protecciones, documentación entre otros aspectos.

## Anexo General Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE

REPÚBLICA DE COLOMBIA  
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA  
DICTAMEN DE INSPECCIÓN Y VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO DEL RETIE

| A IDENTIFICACIÓN DEL ORGANISMO DE INSPECCIÓN  |  |   |                                     |                                      |   |
|---|--|---|-------------------------------------|--------------------------------------|---|
| Lugar y fecha de expedición: _____  | Dictamen No. _____                               |   |                                     |                                      |   |
| Nombre Organismo de Inspección: _____   | Resolución de Acreditación: _____                |   |                                     |                                      |   |
| NI. Organismo de Inspección: _____  | Teléfono: _____                                  |   |                                     |                                      |   |
| Dirección domicilio: _____  |  |   |                                     |                                      |   |
| B IDENTIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE USO FINAL OBJETO DEL DICTAMEN                     |  |   |                                     |                                      |   |
| Localización: _____   | Múltiplo: _____                                  | Dirección: _____  | Barrio o sector: _____              |                                      |   |
| Tipo de servicio: _____   | Público: <input type="checkbox"/>                | Residencial: <input type="checkbox"/>   | Comercial: <input type="checkbox"/> | Industrial: <input type="checkbox"/> | Especial - tipo: <input type="checkbox"/> |
| Cap. Instalada (kVA ó kW): _____  | Tensión (kV): _____                              | Fases: <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 | Año de terminación: _____           |                                      |   |
| C. IDENTIFICACIÓN DE PROFESIONALES COMPETENTES RESPONSABLES DE LA INSTALACIÓN                     |  |   |                                     |                                      |   |
| Diseñador: _____  | Mat. Prof. No. _____                             |   |                                     |                                      |   |
| Interventor (si lo hay): _____  | Mat. Prof. No. _____                             |   |                                     |                                      |   |
| Responsable construcción: _____   | Mat. Prof. No. _____                             |   |                                     |                                      |   |
| D. ASPECTOS EVALUADOS   |  |   |                                     |                                      |   |
| ITEM  | REQUISITO ESENCIAL                               | ASPECTO A EVALUAR   | APLICA                              | CUMPLE                               | NO CUMPLE                                 |
| 1   |  | Plano(s) de Instalación y Esquemas  |                                     |                                      |   |
| 2   |  | Análisis de Riesgo de Origen Eléctrico*   |                                     |                                      |   |
| 3   | Diseño Eléctrico                                 | Especificaciones Técnicas, Memorias de Cálculo*   |                                     |                                      |   |
| 4   |  | Matrículas Profesionales de personas calificadas  |                                     |                                      |   |
| 5   | Campos   | Valores de campos electromagnéticos.  |                                     |                                      |   |
| 6   | Distancias                                       | Distancias de seguridad.  |                                     |                                      |   |
| 7   | Iluminación                                      | Iluminación que regule el dictamen de RETILAP   |                                     |                                      |   |
| 8   | Protecciones                                     | Accesibilidad a todos los dispositivos de protección*                                   |                                     |                                      |   |
| 9   |  | Funcionamiento del corte automático de alimentación*                                    |                                     |                                      |   |
| 10  |  | Selección de conductores*   |                                     |                                      |   |
| 11  |  | Selección de dispositivos de protección contra sobrecorrientes*                         |                                     |                                      |   |
| 12  |  | Selección de dispositivos de protección contra sobretensiones.                          |                                     |                                      |   |
| 13  | Protección contra rayos                          | Evaluación del nivel de riesgo*   |                                     |                                      |   |
| 14  |  | Implementación de la protección   |                                     |                                      |   |
| 15  | Sistema de puesta a tierra                       | Continuidad de los conductores de tierra y conexiones equipotenciales*                  |                                     |                                      |   |
| 16  |  | Corrientes en el sistema de puesta a tierra*  |                                     |                                      |   |
| 17  |  | Resistencia de puesta a tierra*   |                                     |                                      |   |
| 18  | Señalización                                     | Identificación de Tableros y Circuitos*   |                                     |                                      |   |
| 19  |  | Identificación de canalizaciones*   |                                     |                                      |   |
| 20  |  | Identificación de conductores de fases, neutro y tierra*                                |                                     |                                      |   |
| 21  |  | Diagramas, Esquemas, Avisos y Señales.  |                                     |                                      |   |
| 22  | Documentación Final                              | Memoria del Proyecto.   |                                     |                                      |   |
| 23  |  | Plano(s) de lo construido   |                                     |                                      |   |
| 24  |  | Certificaciones de productos*   |                                     |                                      |   |
| 25  | Otros  | Bomba contra incendios.   |                                     |                                      |   |
| 26  |  | Compatibilidad térmica de equipos y materiales.   |                                     |                                      |   |
| 27  |  | Ejecución de las conexiones*  |                                     |                                      |   |
| 28  |  | Ensayos funcionales*  |                                     |                                      |   |
| 29  |  | Materiales acordes con las condiciones ambientales*                                     |                                     |                                      |   |
| 30  |  | Protección contra arcos internos  |                                     |                                      |   |
| 31  |  | Protección contra electrocución por contacto directo*                                   |                                     |                                      |   |
| 32  |  | Protección contra electrocución por contacto indirecto*                                 |                                     |                                      |   |
| 33  |  | Resistencia de aislamiento*   |                                     |                                      |   |
| 34  |  | Sistemas de emergencia  |                                     |                                      |   |
| 35  | Sujeción mecánica de elementos de la instalación |   |                                     |                                      |   |
| 36  | Ventilación de equipos.                          |   |                                     |                                      |   |
| Nota: * Items a verificar en instalaciones de vivienda y pequeños comercios                       |  |   |                                     |                                      |   |
| E. OBSERVACIONES, MODIFICACIONES Y ADVERTENCIAS ESPECIALES  |  |   |                                     |                                      |   |
|   |  |   |                                     |                                      |   |
| F. RELACIÓN DE ANEXOS   |  |   |                                     |                                      |   |
|   |  |   |                                     |                                      |   |
| G. RESULTADO DE LA INSPECCIÓN   |  |   |                                     |                                      |   |
| RESULTADO: Aprobada <input type="checkbox"/> No aprobada <input type="checkbox"/>                 |  |   |                                     |                                      |   |
| Nombre del director técnico - Organismo de Inspección: _____ Mat. Prof. _____ Firma y sello _____ |  |   |                                     |                                      |   |
| Nombre y Apellidos del Inspector: _____ Mat. Prof. _____ Firma _____                              |  |   |                                     |                                      |   |

*Imagen 6. Formato dictamen de inspección para uso final.  
Tomado: RETIE 2013*

## 7. INSPECCION REALIZADA

Antes de iniciar la inspección es importante tener claridad sobre cuáles deben ser los elementos necesarios para un buen proceso de inspección, estos son:

- Parafiscal donde se especifique el pago oportuno de riesgos laborales (ARL) y servicio de atención médica (EPS).
- Elementos de protección personal (EPP) como botas dieléctricas, casco y guantes.
- Equipos de medida y cámara fotográfica.
- Memorias y planos de la instalación eléctrica.
- Acta de visita.

**Nota:** Por intereses específicos de la empresa METALPAR, la inspección se hizo con énfasis en análisis de riesgo eléctrico, aunque los ingenieros inspectores también evaluaron otros aspectos de no conformidad que se consignaran en el siguiente cuadro. En los anexos se encontrarán las fotografías de mediciones y no conformidades.

La inspección fue realizada por la empresa ENERGY CONSULTING GROUP con sede en la ciudad de Neiva quienes ejecutaron el procedimiento de inspección satisfactoriamente. A continuación, se presenta un cuadro en el que se relacionan los ítems de inspección y su estado de cumplimiento según la norma.

| ACOMETIDAS Y ALIMENTADORES   | RETIE / NTC2050        | C | NC | NA |
|--|------------------------|---|----|----|
| Revisar el cálculo de la carga de la acometida y determinar el calibre mínimo de los conductores de la acometida.  | 220, 230-42            | X |    |    |
| Verificar que los medios de desconexión de la acometida y los dispositivos de protección contra sobre corriente estén localizados en el exterior o interior, lo más cerca posible del punto de entrada de los conductores de la acometida. | 230-70, 230-91         | X |    |    |
| Verificar que haya accesibilidad, distancias de trabajo y espacios dedicados adecuados alrededor del equipo de la acometida.   | 110-32, 230-91, 240-24 | X |    |    |
| Verificar que los métodos de alambrado de la entrada de la acometida sean adecuados y que tengan soporte y protección contra daños.  | 230-43, 230-50, 230-51 | X |    |    |

| <b>REQUISITOS DE PRODUCTOS</b>   | Art 8. –<br>Art. 17                          |   |   |  |
|--|--|---|---|--|
| <b>REQUISITOS GENERALES</b>  | Secc. 110                                    |   |   |  |
| Verificar que las instalaciones hayan sido hechas de acuerdo con las instrucciones incluidas en la certificación o rotulado de los materiales de los equipos | Art 8.2 –<br>Art 17 /<br>90-7, 110-3, 110-21 |   | X |  |
| Verificar que los conductores utilizados sean de cobre, a no ser que se indique otra cosa.   | Secc.<br>110-5                               | X |   |  |
| Verificar que las capacidades nominales de interrupción sean adecuadas para las condiciones de la instalación.   | Art. 8.2 /<br>Secc.<br>110-9                 |   | X |  |
| Revisar partes rotas o dañadas y contaminación por materiales extraños.  | Secc.<br>110-12                              | X |   |  |
| Revisar en el equipo, que su montaje sea seguro y que el espacio de ventilación sea adecuado.  | Secc.<br>110-13                              | X |   |  |
| Revisar el uso apropiado y capacidades nominales de empalmes y terminaciones.  | Art. 8.2 /<br>Secc.<br>110-14 (a)<br>y (b)   | X |   |  |
| Verificar las capacidades nominales de temperatura de las terminaciones.   | Secc.<br>110-14 (c)                          | X |   |  |
| Verificar espacios de trabajo, espacios dedicados y altura adecuados alrededor del equipo.   | Secc.<br>110-16<br>(a), (e) y<br>(f)         | X |   |  |
| Revisar partes rotas o dañadas y contaminadas por materiales extraños  | / Secc.<br>110-12                            | X |   |  |
| Revisar en el equipo, que su montaje sea seguro  | / Secc.<br>110-13                            | X |   |  |
| Verificar espacios de trabajo y altura adecuadas alrededor del equipo  | / Secc.<br>110-16                            | X |   |  |
| Verificar el espacio de trabajo y el espacio dedicado.   | / Secc.<br>110-16                            | X |   |  |
| Verificar la instalación de equipos certificados para determinar el cumplimiento con las instrucciones del fabricante  | / Secc.<br>110-3                             | X |   |  |
| Poseen certificado de conformidad de producto  | Art 8.2 -<br>Art. 17                         |   | X |  |



| <b>CANALIZACIONES</b>   | Art<br>17.11.2               |          |           |           |
|---|------------------------------|----------|-----------|-----------|
| Verificar que las tuberías eléctricas no metálicas plegables, corrugadas de sección circular, deben ir ocultas dentro de cielorrasos, cielos falsos, pisos, muros o techos, siempre y cuando los materiales tengan una resistencia al fuego de mínimo 15 minutos. | Art.<br>17.11.2              |          | X         |           |
| Verificar que los espacios entre elementos que soporten tuberías no metálicas no sean mayores a los expuestos en este artículo.   | Art.<br>17.11.2              | X        |           |           |
| Verificar que las canalizaciones que se encuentren expuestas o a la vista esté marcado con franjas de color naranja.  | Art.<br>17.11.2              |          | X         |           |
| <b>TUBERIA ELECTRICA METALICA (EMT)</b>   | / Secc.<br>348               |          |           |           |
| Verificar el número de conductores en una tubería según la tabla 1 del capítulo 9.  | / Secc.<br>348-6             | X        |           |           |
| Verificar que las tuberías estén apoyadas como mínimo cada 3,0 m  | 348-12                       | X        |           |           |
| Verificar el tamaño de la tubería eléctrica.  | / Secc.<br>348-5             | X        |           |           |
| <b>ILUMINACIÓN</b>  | <b>Cap. II /<br/>Art. 16</b> | <b>C</b> | <b>NC</b> | <b>NA</b> |
| <b>Diseño</b>   | Art. 16.1                    |          |           |           |
| Verificar nivel acorde con la tarea del área  | Art. 16.1                    | X        |           |           |
| Fuentes luminosas del color adecuado y que aseguren una apropiada reproducción de los colores   | Art. 16.1                    | X        |           |           |
| Eliminar causas de deslumbramiento  | Art. 16.1                    | X        |           |           |
| Verificar que exista el suministro ininterrumpido para iluminación en sitios donde la falta de esta pueda originar riesgos para la vida de las personas, como áreas críticas y en los medios de egreso para evacuación.   | Art. 16.1<br>a)              |          | X         |           |
| Verificar que no se utilicen lámparas de descarga con encendido retardado en circuitos de iluminación de emergencia.  | Art. 16.1<br>b)              | X        |           |           |
| Verificar que el alumbrado de emergencia equipado con grupos de baterías debe permanecer mínimo 60 minutos después que se interrumpa el servicio eléctrico normal.  | Art. 16.1<br>c)              |          | X         |           |

|   |                        |          |           |           |
|---|------------------------|----------|-----------|-----------|
| Verificar que los niveles de luminancia de acuerdo a lo establecido en la Tabla 25  | Art. 16.1 f)           | X        |           |           |
| Verificar las partes energizadas expuestas en los aparatos de alumbrado de porcelana, deben estar debidamente ocultas y ubicadas de modo que no sea probable que los alambres entren en contacto con ellas. Entre las partes energizadas y el plano de montaje del aparato debe quedar un espacio de 13mm como mínimo | 410-46, 410-3          | X        |           |           |
| Verificar que en conjunto, las tapas ornamentales y las cajas de salida deben dejar un espacio adecuado para instalar adecuadamente los conductores de los aparatos y sus dispositivos de conexión.   | 410-10 , 410-39        | X        |           |           |
| Verificar que los aparatos y equipos de alumbrado se deben poner a tierra de acuerdo con lo que establece la parte E de esta sección.   | 410-17                 |          | X         |           |
| Verificar que se pongan a tierra las partes conductivas expuestas de los aparatos y equipos de alumbrado directamente sujetos o alambrados a salidas alimentadas por un método de alambrado que proporcione una puesta a tierra de equipos.   | 410-18 a)              |          | X         |           |
| Verificar que todos los aparatos de alumbrado que funcionen con balastos o transformadores deben estar claramente rotulados con sus parámetros eléctricos nominales y el nombre del fabricante, marca comercial u otro medio adecuado de identificación.  | 410-35 a)              |          | X         |           |
| Verificar que los valores eléctricos nominales deben incluir la tensión y la frecuencia así como la capacidad de corriente nominal de la unidad, incluido el balasto, transformador o autotransformador.  | 410-35 b)              | X        |           |           |
| Verificar que todo el alambrado esté libre de cortacircuitos y contactos a tierra. Antes de conectar el circuito, se debe comprobar si se cumplen estos requisitos.   | 410-45                 | X        |           |           |
| Verificar que las portabombillas instaladas en lugares húmedos o mojados deben ser del tipo a prueba de intemperie.   | 410-49                 | X        |           |           |
| <b>TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN</b>   | <b>RETIE / NTC2050</b> | <b>C</b> | <b>NC</b> | <b>NA</b> |
| Revisar el cálculo de las cargas de los alimentadores y verificar que los conductores tengan el calibre y las características nominales adecuadas.  | 220, 310-15            |          | X         |           |
| Verificar que los tableros de distribución tengan capacidad nominal y protección adecuadas  | 220, 384-14, 384-      |          | X         |           |

|  |                            |          |           |           |
|--|----------------------------|----------|-----------|-----------|
|  | 16                         |          |           |           |
| Verificar que haya accesibilidad, espacios de trabajo y espacios dedicados adecuados alrededor de los tableros de distribución.  | 110-32,<br>240-24          | X        |           |           |
| Verificar que haya por lo menos el número mínimo de dispositivos de protección contra sobrecorriente y circuitos.  | 210-19,<br>210-20          | X        |           |           |
| Revisar los tableros de distribución de alambrado y artefactos en cuanto a la capacidad para circuitos y a circuitos excesivos.  | 384-14,<br>384-15          |          | X         |           |
| Verificar que los conductores puestos a tierra (neutro) del alimentador estén aislados y separados de los conductores de puesta a tierra de equipos y de los encerramientos puestos a tierra.        | 250-27,<br>310-2           |          | X         |           |
| Verificar que los tableros de distribución estén puestos a tierra mediante un conductor (o conductores) de puesta a tierra de equipos adecuados y dimensionados apropiadamente.                      | 384-20                     |          | X         |           |
| <b>PROTECCIÓN CONTRA RAYOS</b>   | <b>RETIE /<br/>NTC2050</b> | <b>C</b> | <b>NC</b> | <b>NA</b> |
| Verificar que, en diseño del sistema de protección contra rayos, se basó en una evaluación del nivel de riesgo específica para el área de la instalación.  | Art. 18.1                  | X        |           |           |
| Verificar que el diseño se realiza aplicando el método electrogeométrico.  | Art. 18.2                  |          |           | X         |
| Verificar que si una parte conductora que conforma el sistema de puesta a tierra está a menos de 1,8m de una bajante de pararrayos, debe ser unida a ella.   | Art. 18.3.2                |          |           | X         |
| Verificar que cualquier elemento metálico de la estructura que se encuentre expuesto al impacto del rayo, es tratado como un terminal de captación.  | Art. 42.3                  |          |           | X         |
| Verificar que las bajantes deben ser al menos dos, terminar en un electrodo de puesta a tierra, separadas como mínimo 10m y siempre buscando que se localicen en la parte externa de la edificación. | Art. 18.3.2                |          |           | X         |
| Verificar que la puesta a tierra de protección contra rayos cumpla con los requisitos el Artículo 15 del RETIE, especialmente en cuanto a materiales e interconexión.                                | Art. 18.3.3                |          |           | X         |
| Verificar que haya una evaluación del nivel de riesgo de exposición al rayo.   | Artículo<br>o 18.1         | X        |           |           |
| Verificar que haya un diseño de apantallamiento contra rayos.  | Artículo<br>o 18.2         |          |           | X         |

| <b>SISTEMA DE PUESTA A TIERRA</b>   | <b>RETIE / NTC2050</b>                        | <b>C</b> | <b>NC</b> | <b>NA</b> |
|---|---|----------|-----------|-----------|
| Determinar cuáles electrodos de puesta a tierra se encuentran disponibles y verificar que estén conectados equipotencialmente para conformar un sistema de electrodos de puesta a tierra.   | 250-81  |          | <b>X</b>  |           |
| Verificar que los electrodos fabricados tengan el tamaño, tipo e instalación adecuados.   | 250-81, Artículo 15°(2) (RETIE )              |          | <b>X</b>  |           |
| Verificar que no existan empalmes en los conductores del electrodo de puesta a tierra, a no ser que sea mediante soldadura exotérmica o conectores de compresión certificados, que estén protegidos y que cualquier encerramiento metálico esté conectado equipotencialmente y sea eléctricamente continuo.   | 250-75, 250-92 (c)                            |          | <b>X</b>  |           |
| Verificar el dimensionamiento adecuado del conductor o conductores del electrodo de puesta a tierra.  | 250-93, 250-94, Artículo 15°(3.3) RETIE       |          | <b>X</b>  |           |
| Verificar el tipo, la protección y la accesibilidad apropiados de las conexiones del electrodo de puesta a tierra.  | 250-26 (c), 250-112, Artículo 15°(2) (RETIE ) |          | <b>X</b>  |           |
| Verificar que el puente de conexión equipotencial principal en el tablero de acometida, esté instalado y que sea del calibre y tipo adecuados.  | 250-53 (b), 250-79                            |          | <b>X</b>  |           |
| Verificar que los sistemas de tubería metálica interior estén conectados equipotencialmente, que los puentes de conexión equipotencial estén dimensionados en forma apropiada y que se garantice la continuidad alrededor de los dispositivos removibles.   | 250-70 (a) y (b), 250-72, 250-75, 250-77      |          | <b>X</b>  |           |
| Verificar que las canalizaciones y encerramientos de la acometida estén conectados equipotencialmente de manera adecuada.   | 250-56, 250-75, 250-77, 250-114               |          | <b>X</b>  |           |
| Revisar que en la instalación interna, el conductor neutro y el conductor de puesta a tierra estén aislados entre sí, y verificar que sólo estén unidos con un puente equipotencial en el origen de la instalación y antes de los dispositivos de corte, y que dicho puente equipotencial principal esté ubicado lo más cerca posible de la acometida o el transformador. | 250-23  |          | <b>X</b>  |           |

|  |           |  |   |  |
|--|-----------|--|---|--|
| Verificar que los valores máximos de la resistencia de puesta a tierra están de acuerdo con los mostrados en la Tabla 24 del RETIE | Art. 15.4 |  | X |  |
|--|-----------|--|---|--|

| <b>REQUISITOS AREAS GENERALES</b>   | <b>RETIE / NTC2050</b>          | <b>C</b> | <b>NC</b> | <b>NA</b> |
|---|---------------------------------|----------|-----------|-----------|
| Verificar la colocación de las cajas previstas para estar a nivel con las superficies terminadas combustibles y no combustibles.  | 370-20                          | X        |           |           |
| Verificar que tomacorrientes y placas frontales estén colocados adecuadamente en las paredes.   | 410-56                          |          | X         |           |
| Verificar que no haya aberturas (espacios libres) alrededor de las cajas de salida en las paredes.  | 370-21                          | X        |           |           |
| Verificar que no haya espacios abiertos en las placas frontales de los paneles de distribución  | 110-12                          | X        |           |           |
| Verificar que las terminaciones de los conductores y los métodos de empalme sean compatibles con los materiales de los conductores.   | 110-14                          | X        |           |           |
| Verificar que los tomacorrientes estén conectados equipotencialmente a las cajas metálicas y que los tomacorrientes, interruptores y placas frontales metálicas estén puestos a tierra. | 250-74                          |          | X         |           |
| Verificar la polaridad de los dispositivos y accesorios.  | 200-11, 410-23,                 | X        |           |           |
| Verificar los dispositivos de empalme en los conductores de puesta a tierra de equipos dentro de las cajas y las conexiones equipotenciales a las cajas metálicas.                      | 250-74, 250-114                 | X        |           |           |
| Verificar que las capacidades nominales de los dispositivos sean compatibles con las capacidades nominales del circuito y de los equipos.   | 210-21, 210-24                  | X        |           |           |
| Verificar el uso adecuado de los conectores y accesorios y la protección de los cables.   | 300-15                          | X        |           |           |
| Verificar que haya pasamuros o protección equivalente para los cables 4 AWG o mayores, que ingresan a cajas y otros encerramientos.   | 300-4 (f), 370-42               | X        |           |           |
| Verificar que las aberturas que no se emplean en las cajas y otros encerramientos estén cerradas.   | 110-12, 370-18, 373-5           |          | X         |           |
| Verificar la instalación de los equipos certificados para determinar el cumplimiento de las instrucciones del fabricante.   | 110-3 (b), Artículo 17° (RETIE) | X        |           |           |

|   |                                 |          |           |           |
|---|---------------------------------|----------|-----------|-----------|
| Verificar que haya medios de desconexión tanto en artefactos conectados en forma permanente como en los conectados con cordón y clavija.  | 422 (c)                         | X        |           |           |
| Verificar que los circuitos para equipos mecánicos tengan el calibre del conductor y la protección contra sobrecorriente correctos.   | 422, 424, 430 y 440             | X        |           |           |
| Verificar que los conductores cumplan con el código de colores. 31  | 310-12, Artículo 11°(4) (RETIE) |          | X         |           |
| Verificar que las canalizaciones cumplan con el uso permitido y la instalación adecuada.  | 341 a 351                       |          | X         |           |
| Verificar la compatibilidad de los dispositivos de protección contra sobrecorriente con los conductores (terminales, capacidades nominales y capacidades de corriente).   | 240-3, 110-14, 310-15           | X        |           |           |
| <b>CLAVIJAS Y TOMACORRIENTES</b>  | <b>RETIE / NTC2050</b>          | <b>C</b> | <b>NC</b> | <b>NA</b> |
| <b>REQUISITOS DE INSTALACIÓN</b>  | 17.5                            |          |           |           |
| Verificar que los tomacorrientes instalados en lugares húmedos deben tener un grado de encerramiento IP (o su equivalente NEMA), adecuado para la aplicación y condiciones ambientales que se esperan y deben identificar este uso. | 17.5.1 a)                       | X        |           |           |
| Verificar que se deben instalar los tomacorrientes de tal forma que el terminal de neutro quede arriba en las instalaciones horizontales  | 17.5.1 d)                       | X        |           |           |
| Verificar que los tomacorrientes deben instalarse de acuerdo con el nivel den tensión de servicio, tipo de uso y la configuración para el cual fue diseñado   | 17.5.1 f)                       | X        |           |           |
| <b>REQUISITOS DE PRODUCTO</b>   |                                 |          |           |           |
| Verificar que los contactos macho (clavija) y hembra (tomacorriente) deben ser diseñados y fabricados de tal forma que garanticen una correcta conexión eléctrica.  | 17.5.2 a)                       | X        |           |           |
| Verificar que los tomacorrientes estén instalados con su respectiva placa, tapa o cubierta destinada a evitar el contacto directo con partes energizadas  | 17.5.2 d)                       | X        |           |           |
| Verificar que las clavijas y tomacorrientes tengan el correcto rotulado.  | 17.5.2 l)                       |          | X         |           |
| Verificar que los tomacorrientes tipo GFCI cumplan con los requisitos estipulados en la norma.  | 17.5.2 o)                       |          | X         |           |
| <b>INSTALACIÓN</b>  |                                 |          |           |           |

|  |           |   |   |   |
|--|-----------|---|---|---|
| Verificar que las tapas frontales metálicas deben ser de metal ferroso y tener un espesor no menos a 0,76mm o metal no ferroso y espesor no menor a 1mm.Las tapas frontales metálicas se deben poner a tierra. | 410-56 d) | X |   |   |
| Verificar que los tomacorrientes, conectores y clavijas con polo a tierra, deben llevar un polo de tierra fijo, además de los polos normales del circuito.   | 410-58 a) |   | X |   |
| Verificar que los tomacorrientes, adaptadores, conectores y clavijas con polo a tierra deben disponer de un medio para conectar al polo a tierra un conductor de puesta a tierra.                              | 410-58 b) | X |   |   |
| Verificar que un terminal de puesta a tierra o un dispositivo del tipo con polo a tierra no se deben utilizar para otros fines.  | 410-58 c) |   |   | X |
| Verificar que las clavijas, conectores de cordón y tomacorrientes del tipo con polo a tierra, deben estar diseñados de modo que la conexión con la puesta a tierra se haga antes del resto de las conexiones   | 410-58 d) |   | X |   |

*Tabla 34. Inspección realizada en METALPAR S.A.S  
Fuente: Autor*

**Nota:** En los anexos se encuentra el registro fotográfico de las no conformidades encontradas.

Ya que en la visita se encontraron no conformidades lo que hace el ingeniero inspector es consignar todo en registro fotográfico y registrar las no conformidades en un informe para en la segunda visita revisar que se hayan corregido y se empiece a valorar la factibilidad de estar totalmente certificado RETIE.

## 8. SOLUCION A PRINCIPALES NO CONFORMIDADES

- Tuberías eléctricas plegables no metálicas a la intemperie

Usos no permitido, No se deben usar las tuberías eléctricas no metálicas en lugares expuestos, excepto lo permitido en los artículos en edificaciones de más de tres pisos, tuberías eléctricas no metálicas plegables, corrugadas de sección circular, deben ir ocultas dentro de cielorrasos, cielos falsos, pisos, muros o techos ,siempre y cuando los materiales constructivos usados tengan una asistencia al fuego de mínimo 15 minutos, o menos si se tiene un sistema contra incendio de regaderas automática en toda la edificación. Se debe utilizar tubería conduit tipo metálico EMT.



*Imagen 7. Registro fotográfico no conformidad*

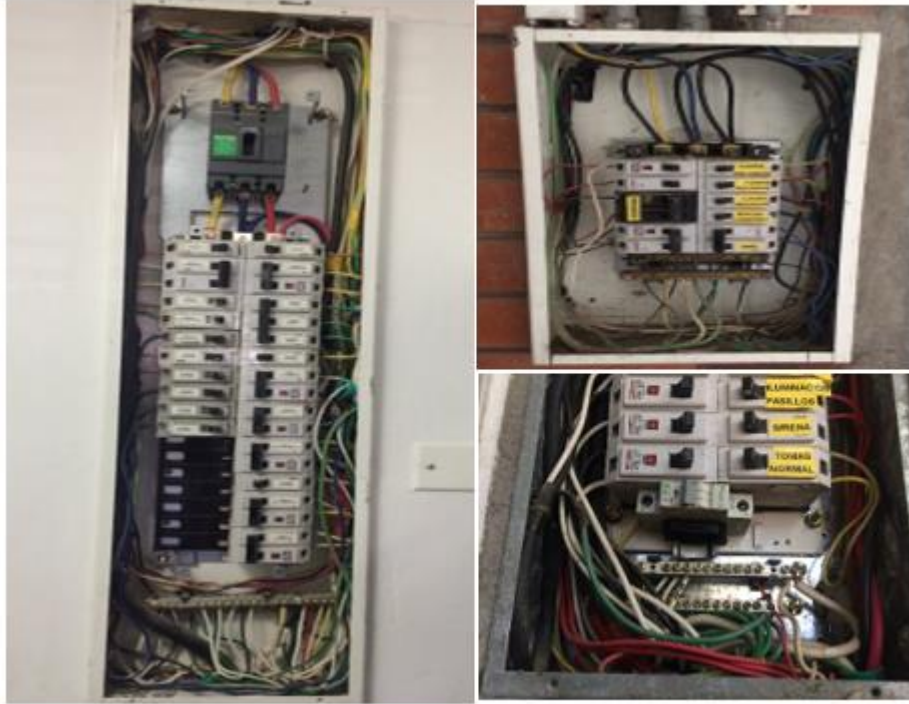
- Ausencia de iluminación de emergencia.

Instalar iluminación de emergencia en pasillos y salidas de emergencia, así como también en partes especiales cercanas a los tableros teniendo en cuenta que a los circuitos de alumbrado de emergencia no deben conectarse otros artefactos ni bombillas que no sean los específicas del sistema de emergencia, ya que el suministro de la energía debe ser tal que, si falla el suministro normal a la edificación o grupo de edificaciones afectadas, o dentro de ellas, el suministro de fuerza de emergencia, el alumbrado de emergencia o ambos, estarán disponibles dentro del tiempo necesario para esas aplicaciones, pero no debe demorar más de 10 segundos.



- Ausencia de mantenimiento en tableros eléctricos

Se debe realizar mantenimiento locativo en todos los tableros de la instalación ya que presentan suciedad y residuos que pueden causar un alto riesgo de origen eléctrico, así como origen de corrosión.



*Imagen 8. Registro fotográfico no conformidad*

- Ausencia y mal estado de señalización

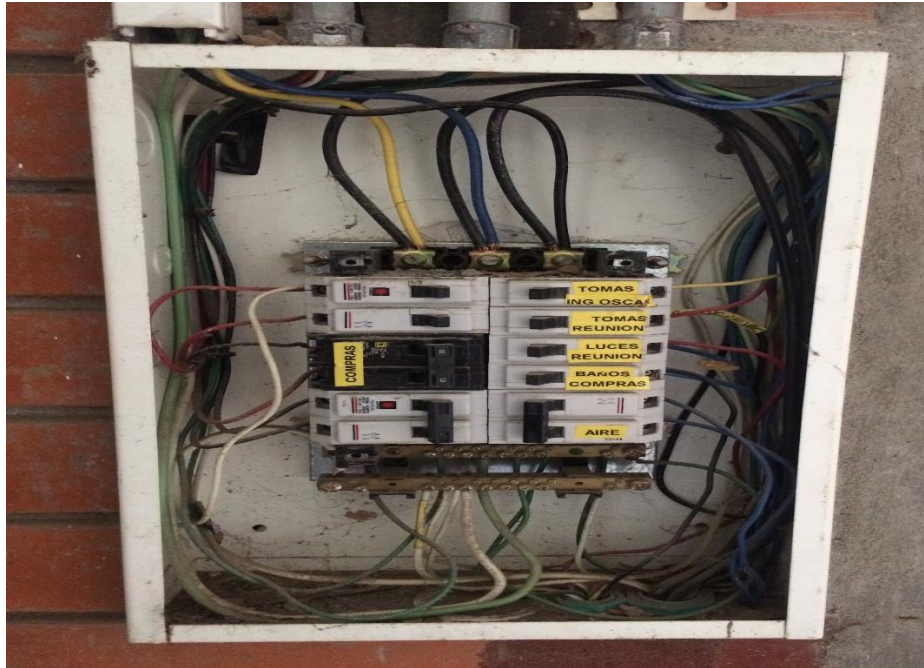
Se debe colocar señalización de riesgo eléctrico en tableros faltantes y hacer cambios en donde ya estas se encuentren desgastadas y no visibles.



*Imagen 9. Registro fotográfico no conformidad*

- Uso no adecuado de código de colores.

Se debe hacer uso del código de colores, fases amarillo, azul y rojo neutro blanco y tierra en verde o desnudo de acuerdo al caso que aplique, tal como se especifica en la Tabla 6.5 Código de colores para conductores c.a. del RETIE 2013.



*Imagen 10. Registro fotográfico no conformidad*

- Tableros a la intemperie

Se deben cubrir tableros y partes energizadas que se encuentren expuestas al sol y al agua para evitar todo tipo de accidente y corrosión que se pueda presentar en las partes de la instalación.



*Imagen 11. Registro fotográfico no conformidad*

- Falta de coordinación de protecciones en circuitos.

Ejemplo: En circuito del tablero central un conductor número 10 THWN con protección de 40 Amp, para este conductor la protección máxima debe ser de 30 Amp de acuerdo a lo establecido en el artículo 20.2.9 literal F del RETIE. Se debe realizar cambio de la protección dependiendo también de la capacidad del circuito en mención.



*Imagen 11. Registro fotográfico no conformidad*

- Identificación de tableros

Se debe instalar diagramas unifilares de la instalación en los tableros y rotular los conductores de acuerdo a la NTC2050 sección 200-10.



*Imagen 12. Registro fotográfico no conformidad*

- Ausencia de tomas GFCI en cocina

Se debe instalar tomas GFCI en toda instalación que presente humedad o este expuesta en lugares como cocina y baño.



*Imagen 13. Registro fotográfico no conformidad*

- Presencia de gases y líquidos inflamables cerca a tablero eléctrico.

Se debe retirar del sitio todo tipo de gas o líquido inflamable que este ubicado cerca de un tablero eléctrico energizado y/o a equipos que también lo estén.



*Imagen 14. Registro fotográfico no conformidad*

- Equipotencializar estructuras

Teniendo en cuenta los sistemas de puesta a tierra independientes en el numeral 6.4 se recomienda aplicar el RETIE en su artículo 15.1 y mediante la figura 15.1 del mismo es muy claro al dictar que: Para un mismo edificio o estructura se deben interconectar todas las puestas a tierra de los mismos, es decir, aquellas partes del sistema de puesta a tierra que están bajo el nivel del terreno y diseñadas para cada aplicación particular. Al no existir un sistema de puesta a tierra en la empresa las partes de la estructura puestas a tierra no presentan puente equipotencial.



*Imagen 15. Registro fotográfico no conformidad*

- Ausencia de un sistema de puesta a tierra.

La instalación de METALPAR S.A.S no presenta un sistema de puesta a tierra lo cual es una falta demasiado grave para la entidad y sobre todo para la protección de las personas que la habitan, así que se debe realizar y ejecutar el diseño y construcción de una malla de puesta a tierra cumpliendo todos los requisitos expuestos en el artículo 15 del RETIE. En este documento se presenta un diseño realizado para que sea aplicable a la empresa y se logre corregir esta no conformidad.

## 9. DISEÑO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Metalpar S.A.S cuenta con un transformador de distribución en poste el cual presenta las características mostradas en la figura 1.

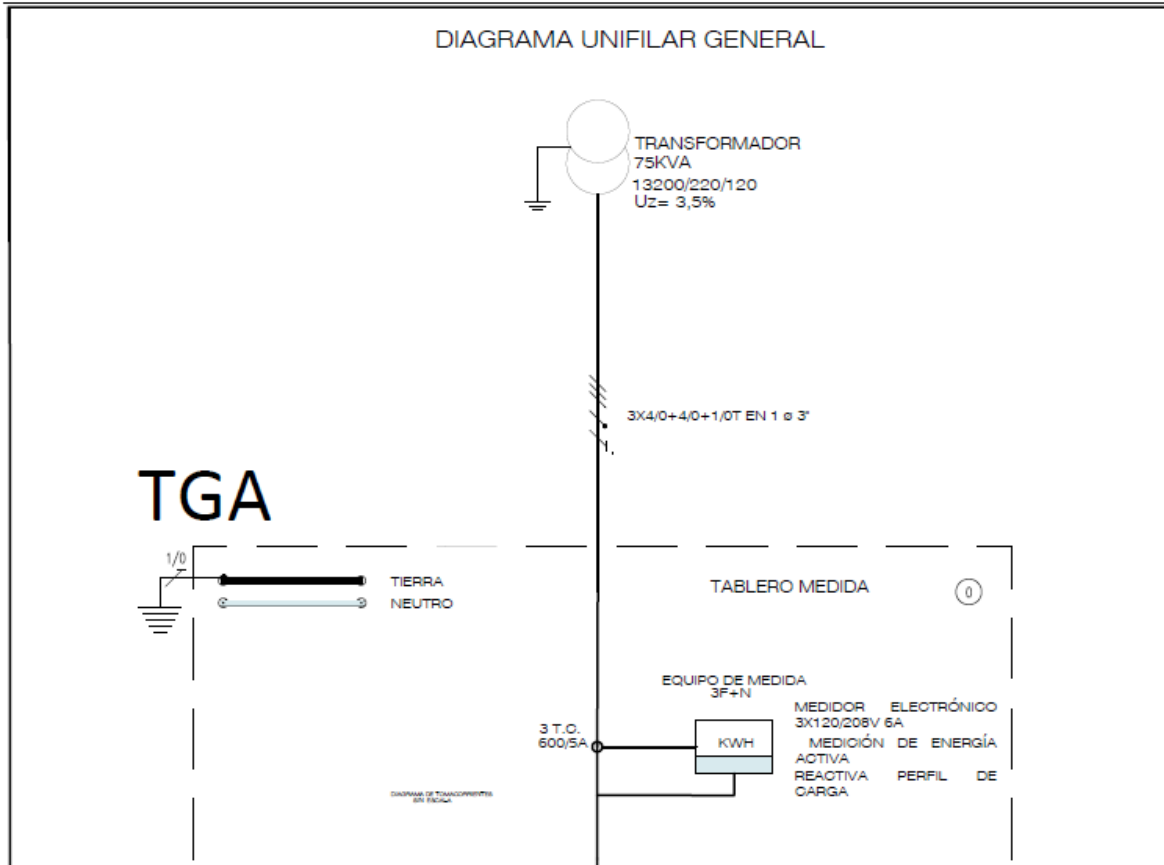


Grafico 7. Diagrama reducido al transformador  
Fuente: Autor

De acuerdo con el sistema mostrado anteriormente se procede a realizar los cálculos de corrientes de corto circuito. El cálculo se realiza manualmente. Primero se calcula la corriente de corto en pu, tomando como base un voltaje de 1 pu y el dato de la impedancia del transformador en pu, por medio de la siguiente ecuación:

$$I_{cc} = \frac{1}{U_z}$$

$$I_{cc} = \frac{1}{3,5\%} = 28,571 \text{ pu}$$

A continuación, se calcula el valor de la corriente base de corto en baja tensión:

$$I_{ccBT} = I_{BT} * I_{cc}$$

Siendo:

$$I_{BT} = \frac{75\text{kVA}}{\sqrt{3} * 208\text{V}} = 208,18 \text{ A}$$

Reemplazando:

$$I_{CC_{BT}} = 208,18 * 28,571 = 5,95 \text{ kA}$$

Teniendo en cuenta la tolerancia de impedancia del transformador que es del  $\pm 7,5\%$  se calculará la corriente mínima y máxima de corto circuito posibles dentro de estos rangos:

$$I_{CC_{\max}} = \frac{1}{0,035(1 - 7,5\%)} = 30,88 \text{ pu}$$

$$I_{CC_{\min}} = \frac{1}{0,035(1 + 7,5\%)} = 26,57 \text{ pu}$$

$$I_{CC_{BT_{\max}}} = 208,18 * 30,88 = 6,43 \text{ kA}$$

$$I_{CC_{BT_{\min}}} = 208,18 * 26,57 = 5,53 \text{ kA}$$

Según la norma IEEE C57 12.00-2000 sección 7, el transformador que se está analizando y que está asociado a la subestación entra en la categoría I, por lo cual se recomienda que para este tipo de transformadores el tiempo de despeje debe ser no mayor a **2 segundos**.

| Category       | Single phase (kVA) | Three phase (kVA) |
|----------------|--------------------|-------------------|
| I <sup>a</sup> | 5 to 500           | 15 to 500         |
| II             | 501 to 1667        | 501 to 5000       |
| III            | 1668 to 10 000     | 5001 to 30 000    |
| IV             | Above 10 000       | Above 30 000      |

Tabla 33. Categorías para los Transformadores según la norma IEEE C57 12.00-2000.

### Voltaje de Paso y Voltaje de Contacto

Para el diseño del sistema de puesta a tierra se analizarán las situaciones de tensión de paso y contacto. Se realizará un cálculo de los límites de estas tensiones, los cuales no deben ser superados por la tensión de la malla de puesta a tierra, lo que aseguraría que el diseño es acertado. Se utilizará la metodología propuesta por la IEEE 80.

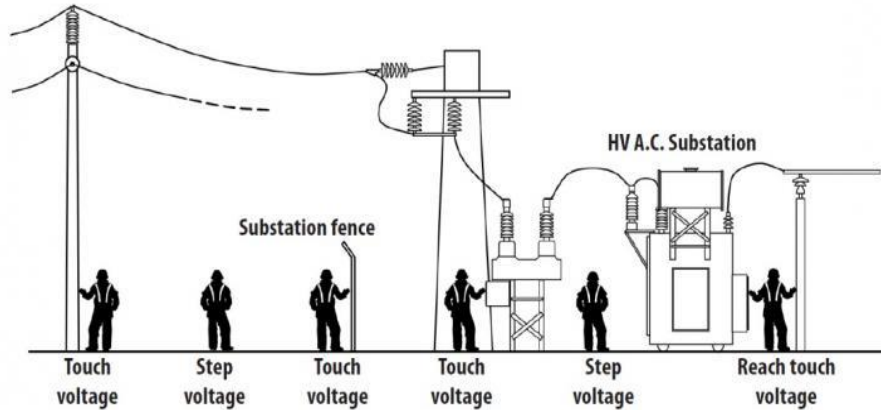


Grafico 8. Tipos de tensiones provocadas por fallas a tierra.

Con respecto al cálculo, se tomará como base una **resistencia del cuerpo de 1kΩ** y un peso estándar de una persona de **70kg**.

La ecuación de tensión de paso para las condiciones mencionadas es:

$$E_{\text{paso}} = (1000 + 6C_s\rho_s) \frac{0,157}{\sqrt{t_s}} \quad (3)$$

La ecuación de tensión de contacto para las mismas condiciones es:

$$E_{\text{contacto}} = (1000 + 1,5C_s\rho_s) \frac{0,157}{\sqrt{t_s}} \quad (4)$$

Para el diseño se tomarán los siguientes valores:

- Resistividad del terreno ( $\rho$ ) : 30Ω.m.
- Tiempo de falla de 0,5 segundos.
- Resistividad superficial de la gravilla ( $\rho_s$ ): 3000 Ω\*m.
- Espesor de la capa superficial (Gravilla) ( $h_s$ ) : 0,1 m.

Para determinar el valor de  $C_s$  se utiliza la siguiente ecuación, que incluye en efecto de una capa superficial de material en el suelo:

$$C_s = 1 - \frac{0,09 \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)}{2h_s + 0,09}$$

$$C_s = 0,307$$

De acuerdo a esto, los valores de tensión de paso y contacto son:

$$E_{\text{paso}} = 1,449 \text{ kV}$$

$$E_{\text{contacto}} = 528,77 \text{ V}$$



Estos valores sirven como referencia, ya que el cálculo de las tensiones de contacto y de paso con el diseño de la malla no deben sobrepasar los calculados.

### Dimensionamiento de Conductores

Con los datos obtenidos de las corrientes de corto, se puede hallar el área de los conductores del sistema de puesta a tierra de la subestación. Para esto se usarán las formulas presentadas en la norma IEEE Std 80-2000, que trata del tema concerniente a los sistemas de protección de puesta a tierra en las subestaciones de corriente alterna AC. La siguiente ecuación determina el área de los conductores de la puesta a tierra:

$$A_{kcmil} = \frac{I_{cc}}{\sqrt{\left(\frac{TCAP * 10^4}{t_c \alpha_r \rho_r}\right) \ln\left(\frac{K_o + T_m}{K_o + T_a}\right)}}$$

Los parámetros de la ecuación anterior, tomada de la sección 11 de norma IEEE 80 dependen del material de los conductores, del nivel de falla de corto circuito y del tiempo de duración de este. Para este análisis se tomará como material constitutivo de los conductores el cobre, mas especifico el **cobre templado-fuerte (hard-drawn)**, y según la tabla 1 de la norma IEEE 80, los parámetros para este tipo de material son los siguientes:

| Descripción                             | Conductividad [%] | Alfa r (a 20°C) | Ko (1/ao) | Temp. fusión [°C] | ro r [micro ohm/cm] | TCAP [J/cm³/°C] |
|---|-------------------|-----------------|-----------|-------------------|---------------------|-----------------|
| Alambre de cobre blando recocido        | 100               | 0,00393         | 234       | 1083              | 1,7241              | 3,422           |
| Alambre de cobre duro comercial         | 97                | 0,00381         | 242       | 1084              | 1,7774              | 3,422           |
| Alambre de acero recubierto de cobre    | 40                | 0,00378         | 245       | 1084/1300         | 4,397               | 3,846           |
| Alambre de acero recubierto de cobre    | 30                | 0,00378         | 245       | 1084/1300         | 5,862               | 3,846           |
| Alambre de aluminio EC comercial        | 61                | 0,00403         | 228       | 657               | 2,862               | 2,556           |
| Alambre de aleación de aluminio 5005    | 53,5              | 0,00353         | 263       | 660               | 3,2226              | 2,598           |
| Alambre de aleación de aluminio 6201    | 52,5              | 0,00347         | 268       | 660               | 3,284               | 2,598           |
| Alambre de acero recubierto de aluminio | 20,3              | 0,0036          | 258       | 660/1300          | 8,4805              | 2,67            |
| Acero galvanizado                       | 8,5               | 0,0032          | 293       | 419/1300          | 20,1                | 3,931           |
| Acero inoxidable 304                    | 2,4               | 0,0013          | 749       | 1400              | 72                  | 4,032           |

Tabla 34. Constantes para cada material  
Fuente: IEEE 80

En nuestro diseño se utilizará el cobre recocido, entonces:

$$A_{kcmil} = \frac{6,43}{\sqrt{\left(\frac{3,42 * 10^4}{0,5 * 0,00393 * 1,72}\right) \ln\left(\frac{234 + 1083}{234 + 40}\right)}} = 16,13mm^2$$

El área 10,31 mm<sup>2</sup>, corresponde a un conductor de calibre menor al 6 AWG. El siguiente cuadro es tomado de la norma NTC2050, sección 250-94.

| Sección del mayor conductor de entrada a la acometida o sección equivalente de conductores en paralelo. |                                 | Sección del conductor al electrodo de tierra. |                             |
|---|---------------------------------|---|-----------------------------|
| Cobre   | Aluminio revestido de cobre     | Cobre   | Aluminio revestido de cobre |
| 2 o menos   | 1/0 o menos                     | 8   | 6                           |
| 1 o 1/0   | 2/0 o 3/0                       | 6   | 4                           |
| 2/0 o 3/0   | 4/0 o 250 Kcmils a 500 Kcmils   | 4   | 2                           |
| Más de 3/0 a 350 kcmils   | Más de 250 Kcmils a 500 Kcmils  | 2   | 1/0                         |
| Más de 350 kcmils a 600 Kcmils  | Más de 500 Kcmils a 900 Kcmils  | 1/0   | 3/0                         |
| Más de 600 Kcmils a 1100 Kcmils   | Más de 900 Kcmils a 1750 Kcmils | 2/0   | 4/0                         |
| Más de 1100 Kcmils  | Más de 1750 Kcmils              | 3/0   | 250 Kcmils                  |

Tabla 35. Selección del conductor

Seleccionamos un conductor de calibre 4 AWG de cobre desnudo, para que soporte holgadamente los esfuerzos mecánicos de una falla donde la protección no opere satisfactoriamente y para que no obstante los efectos de corrosión, siempre exista una buena tierra.

Procederemos a calcular los valores esperados de nuestro diseño del sistema de puesta a tierra, definiremos los criterios básicos del diseño de la malla, el espaciamiento entre conductores de la malla, número de electrones, cantidad de conductores y profundidad de enterramiento de la malla, con la longitud del conductor y de los electrodos obtenemos la longitud total del sistema de puesta a tierra.

El diseño contempla las celdas de medida, de entrada/salida y la de protección. El área estimada de la subestación es:

$$\text{Área}_{S/E} = 7\text{m} * 2,8\text{m} = 19,6\text{m}^2$$

De acuerdo a las dimensiones anteriores, donde el ancho corresponde a 7m y el largo a 2,8m, se tiene:

- Para la malla, se pondrán conductores cada metro a lo ancho, es decir 8 conductores de 2,8m de longitud.
- Se pondrán conductores cada 1 m a lo largo, es decir 8 conductores de 7m de longitud.
- Se pondrán varillas de puesta a tierra en las 2 periferias más externas de la malla, par un total de 48 varillas de 6,1m cada una.

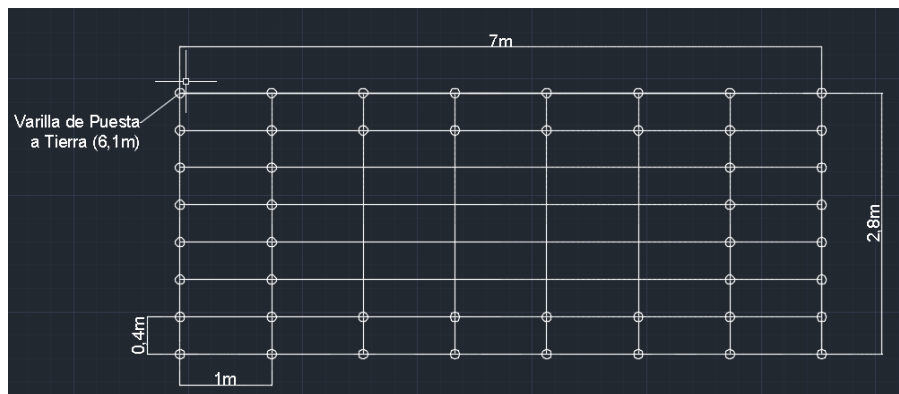


Grafico 8. Vista diseño de la mallade puesta a tierra.

Fuente: Autor

Cuantificando la cantidad de metros de conductor necesarios, tenemos un total de **78,4m de conductor de cobre trenzado templado fuerte (Hard Drawn) de 4 AWG y 292.8m la longitud de los electrodos de puesta a tierra.**

Inicialmente se realiza un cálculo de la resistencia de la malla, con la siguiente ecuación:

$$R_g = \rho \left[ \frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left( 1 + \frac{1}{1 + h\sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right]$$

Donde  $L_T$  es la longitud total de todos los conductores de la malla más la longitud de las varillas de puesta a tierra, es decir **372.2m**, A es el área de la malla, es decir **19,6m<sup>2</sup>** y h es la profundidad de enterramiento de la misma, es decir **0,5m**.

$$R_g = 2,97 \Omega$$

Continuando se calcula la corriente máxima de malla  $I_G$ , teniendo en cuenta los datos de la tabla 10 de la norma IEEE Std 80-2000, para un tiempo de duración de falla de 0,5s, se tiene un factor de disminución **Df de 1**. Además de ello se asumirá el factor de división de corriente **Sf como 0,3**.

$$I_G = S_f * D_f * ICC_{BTmax}$$

$$I_G = 0,3 * 1 * 6,43 = 1,92 \text{ kA}$$

Para calcular la tensión de la malla de PT, se utilizará la siguiente ecuación:

$$E_m = \frac{\rho K_m K_i I_G}{L_M}$$

Donde:

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[ \ln \left[ \frac{D^2}{16hd} + \frac{(D+2h)^2}{8dD} - \frac{h}{4d} \right] + \frac{K_{ii}}{K_h} \ln \left[ \frac{8}{\pi(2n-1)} \right] \right]$$

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}}$$

$$n = n_a n_b n_c n_d$$

$$n_a = \frac{2L_c}{L_p}$$

$$n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4\sqrt{A}}}$$

$$K_i = 0,644 + 0,148n$$

Como se tiene varillas de PT en las esquinas de la malla, el valor de  $K_{ii} = 1$ . Adicionalmente, como se tiene una malla de forma rectangular,  $n_c = n_d = 1$ .

| Característica  | Símbolo        | Valor     |
|---|----------------|-----------|
| Profundidad enterramiento malla                               | h              | 0,5m      |
| Profundidad de referencia                                     | h <sub>0</sub> | 1m        |
| Espaciamiento entre conductores a lo ancho en metros          | D              | 1m        |
| Diámetro del conductor de malla                               | d              | 0,019673m |
| Longitud total del conductor horizontal de la malla en metros | L <sub>c</sub> | 56m       |
| Longitud perimetral de la malla                               | L <sub>p</sub> | 19,6m     |

Tabla 36. Características de la malla de puesta a tierra  
Fuente: Autor

Según los datos anteriores, las constantes son:

$$n_a = 5,714$$

$$n_b = 1,0520$$

$$n = 6,011$$

$$K_h = 1,2247$$

$$K_m = 0,3245$$

$$K_i = 1,5337$$

El cálculo  $L_M$  se realiza con la siguiente ecuación:

$$L_M = L_C + L_R$$

Donde  $L_R$  es la longitud total de las varillas de puesta a tierra, que es **292,8m** y  $L_C$  es la longitud total de los conductores de la malla, que es **78,4m**. Cuando se tiene varillas de PT en la malla, la ecuación 16 queda modificada de la siguiente manera:

$$L_M = L_C + \left[ 1,55 + 1,22 \left( \frac{L_r}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right) \right] L_R$$

Donde  $L_r$  es la longitud de cada una de las varillas en metros,  $L_x$  es la mayor longitud del conductor de malla de forma horizontal y  $L_y$  es la mayor longitud del conductor de malla de forma vertical.

$$L_r = 6,1\text{m}$$

$$L_x = 7\text{m}$$

$$L_y = 2,8\text{m}$$

$$L_M = 821,26\text{m}$$

Finalmente, el valor de la tensión de la malla de puesta a tierra es:

$$E_m = \frac{30(0,3245)(1,5337)(1920)}{821,26} = 34,9 \text{ V}$$

La tensión de la malla, es menor que la tensión de contacto calculada anteriormente.

Ahora se verificará el voltaje de paso, con la siguiente ecuación:

$$E_s = \frac{\rho K_s K_i I_G}{L_s}$$

Donde:

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[ \frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} (1 - 0,5^{(n-2)}) \right]$$

$$L_s = 0,75L_C + 0,85L_R$$

Los valores de las constantes son:

$$K_s = 0,8290$$

$$L_s = 307,68$$

$$E_s = 238,02 \text{ V}$$

El valor de  $E_s$  es mayor que la tensión de paso, por tanto, el diseño realizado es aceptable para las condiciones presentadas de falla, y no necesitara modificaciones a menos de presentarse algún tipo de alteración física.

## **10. ANALISIS DE RESULTADOS, PRODUCTOS, ALCANCES E IMPACTOS DEL TRABAJO DE GRADO, DE ACUERDO CON EL PLAN DE TRABAJO.**

### **10.1 ANALISIS DE RESULTADOS**

Dentro de los estándares que piden diferentes normas, está claro que la empresa METALPAR S.A.S no tiene un cumplimiento total comenzando desde los diseños en su red eléctrica, lo valido para analizar es que se logra poner en contexto la identificación del problema general y se realizan los planos y diseños necesarios para lograr una inspección satisfactoria.

Los planos y diseños eléctricos fueron elaborados acordes con el levantamiento y con cada elemento utilizado en la instalación, así mismo los diagramas unifilares son acordes a lo que se tiene dispuesto físicamente en la empresa, es allí donde desde el diseño se empezaron a encontrar puntos clave de incumplimiento con el RETIE y la NTC2050 ya que se presentaba falta de coordinación de protecciones e incumplimiento con el código de colores entre otras cosas.

Importante rescatar que ante el riesgo eléctrico se tomaron medidas de seguridad como movimientos de materiales inflamables cercanos a tableros eléctricos, así como también se apartaron estructuras que atentaban contra las distancias mínimas de seguridad que se deben tener en zonas perimetrales de tableros y equipos energizados.

El diseño elaborado de la malla de puesta a tierra fue acorde a los parámetros que se deben tener en cuenta según la NTC2050 y el RETIE y quedo a disposición de la empresa el ejecutarlo en el instante que lo desee para solucionar esta no conformidad, que a concepto propio es la más grave de todas.

## **10.2 ALCANCES E IMPACTOS DE LA PASANTIA**

### **10.2.1 ALCANCES**

La pasantía tiene como alcance lograr que la empresa tenga una inspección y evaluación de cumplimiento con la norma técnica colombiana 2050 y el reglamento técnico de instalaciones eléctricas, para saber y evaluar gravedad en las no conformidades que surjan.

La pasantía permite al estudiante adentrarse en temas netamente normativos, de diseño e inspección de redes eléctricas, realizar un levantamiento de instalaciones lo cual es primordial en esta profesión y entregar un concepto a ejecutar basado en el cumplimiento de la norma y en como Metalpar puede convertirse en una empresa portadora de la certificación RETIE.

### **10.2.2 IMPACTOS DE LA PASANTIA**

El impacto fue el adecuado ya que se logró la total evaluación de cumplimiento con la norma de las instalaciones eléctricas de la empresa METALPAR S.A.S, se encontraron no conformidades y se evaluó la manera de resolverlas, se realizó el diseño de un sistema de puesta a tierra a construir que le podrá servir a la empresa de manera permanente.

## 11. EVALUACION Y CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE LA PASANTIA

Para el desarrollo de la pasantía se plantearon diferentes objetivos que serán evaluados en el siguiente cuadro:

| OBJETIVOS   | EVALUCION DE OBJETIVOS  |  |   | EVALUACION FINAL    |
|---|---|--|---|---------------------|
|   | CUMPLIMIENTO DEL OBJETIVO   | CUMPLIMIENTO DEL TIEMPO  | RECURSOS UTILIZADOS   |                     |
| Ejecutar un levantamiento de las redes eléctricas en toda la zona de producción y zona administrativa de la sede principal de METALPAR S.A.S Neiva. | El objetivo se cumplió a cabalidad con la ayuda del personal conocedor de las instalaciones de la empresa y un técnico electricista que tenía conocimientos acerca de la construcción de la instalación. (Cumplido) | El levantamiento se realizó en el tiempo estipulado salvo algunas actividades de recolección de información de equipos por la cual se tuvo que esperar. (Cumplido)                                     | Se utilizaron diferentes recursos de medida dentro de los cuales se encontraban multímetro y amperímetro, también otros materiales como flexómetro y destornilladores (Cumplido)                      | Cumplido Totalmente |
| Verificar si las instalaciones eléctricas cumplen a cabalidad con lo estipulado por el reglamento técnico de instalaciones eléctricas.              | Para el cumplimiento de este objetivo se tuvo realizaron distintas lecturas de normatividad vigente y que estuviera relacionado con instalaciones de uso final. (Cumplido)  | El tiempo utilizado fue el apropiado ya que las lecturas que se debían hacer eran extensas, así como los ejemplos en cuestión que daban una guía favorable ante este tipo de instalaciones. (Cumplido) | El recurso utilizado fue un computador con acceso a internet para buscar toda la normatividad vigente en cuanto al tema de seguridad en instalaciones eléctricas y cumplimiento del RETIE. (Cumplido) | Cumplido Totalmente |



|  |  |  |  |                               |
|--|--|--|--|-------------------------------|
| Realizar un diagnóstico informativo detallado del estado en el que se encuentran las instalaciones eléctricas de la empresa tanto en el taller de producción como en las oficinas principales. | El objetivo estaba muy ligado al levantamiento de las instalaciones y la inspección visual de distancias de seguridad y elementos utilizados en la instalación así que de la mano estos dos se cumplieron satisfactoriamente. (Cumplido) | Se utilizó tiempo del levantamiento con el tiempo del diagnóstico ya que se iban tomando notas correctivas y aclarativas. (Cumplido) | Los recursos utilizados fueron propios como el computador y elementos para escritura y análisis de las distintas instalaciones. (Cumplido)         | Cumplido Totalmente           |
| Tomar acciones correctivas de ser necesarias en la instalación eléctrica para cumplir con el RETIE.  | Las acciones correctivas fueron evidenciadas en este documento e informadas a los directivos de la empresa, la decisión de ejecutarlas quedo totalmente en manos de ellos (No cumplido en su totalidad)                                  | El tiempo que se utilizó cumplió con lo exigido en el cronograma de actividades. (Cumplido)  | Los recursos utilizados continuaron siendo propios y estuvieron bajo responsabilidad total del pasante. (Cumplido)                                 | Cumplido casi en su totalidad |
| Acompañar el proceso de certificación de la entidad con un profesional competente de ingeniería eléctrica.   | El objetivo fue cumplido ya que se acompañó en todo el proceso de inspección, aunque como resultado final no se hubiese tenido la certificación por varias no conformidades (hablando de la primera visita únicamente) (Cumplido)        | El tiempo utilizado fue el transcurrido de la pasantía el cual fue productivo y suficiente para la labor realizada. (Cumplido)       | Los recursos utilizados son los ya mencionados en los objetivos anteriores ya que fue todo lo que se utilizó a lo largo de la pasantía. (Cumplido) | Cumplido Totalmente           |

Tabla 37. Evaluación de objetivos

Fuente: Autor

## **12. CONCLUSIONES**

Para un ingeniero eléctrico recién egresado es importante tener en cuenta y con mucha claridad los temas normativos en los que su trabajo se va a ver inmerso, es por esto que conocer bien la norma es de vital importancia y ponerla en práctica se convierte en el pan de cada día de cada uno de nosotros.

Con la inspección se dan a conocer diferentes no conformidades que pudieron haberse resuelto desde la construcción de la instalación, es por esto que la prioridad siempre debe ser la seguridad de las personas; es por esta razón que desde la etapa de planeación, diseño y hasta su ejecución; el ingeniero responsable deberá certificar el cumplimiento de los parámetros exigidos y reglamentados por las entidades encargadas (RETIE, Empresas Electrificadoras, Ministerio de Minas y Energía, entre otras); al igual que obrar con ética profesional.

Como se evidencia en el documento y así mismo en la inspección METALPAR S.A.S no cuenta con un sistema de puesta tierra lo que atenta contra la seguridad de las personas que permanecen en la instalación, por esto se sugiere ejecutar de la manera más rápida posible el diseño expuesto en este documento.

Al momento de encontrar no conformidades es claro que unas son más relevantes que otras si nos enfocamos a la parte de la seguridad de las personas ante el riesgo eléctrico, pero al final para obtener la certificación de conformidad RETIE se deben haber solucionado absolutamente todas las no conformidades sin importar si son relevantes o no.

Un aspecto a tener en cuenta en este tipo de inspecciones es saber hasta cuanto está dispuesta la empresa a invertir para solucionar las no conformidades ya que al no hacer bien las cosas desde el diseño de la instalación y no asesorarse con un profesional o técnico competente el precio que se debe pagar es bastante considerable y muchas veces las empresas desean dejar a un lado el cumplimiento de la norma para no pagar un precio tan alto.

Es de vital importancia que toda instalación posea unos planos y unas memorias de cálculo de sus instalaciones eléctricas para que la inspección se lleve a cabo satisfactoriamente y el ingeniero inspector tenga bien claro hacia dónde debe dirigir los ítems característicos de la inspección, si no se tienen estos documentos claramente la visita no se podría realizar ni mucho menos el procedimiento de certificación RETIE.

### **13. BIBLIOGRAFIA**

- [1] *Ministerio de Minas y Energía, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, Bogotá, 2013.*
- [2] *INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN, Norma Técnica Colombiana NTC 2050, Bogotá, 1998.*
- [3] *International Electrotechnical Commission, IEC 60071-2. Insulation Co-ordination - Part 1: Application Guide, 30th ed. Geneva, Switzerland, 1996*
- [4] *INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Protección Contra Descargas Atmosféricas (Rayos): Principios Generales. NTC 4552. Bogotá. D.C: El instituto, 2008.*
- [5] *INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN, Norma Técnica Colombiana NTC 1340, Bogotá, 2004.*
- [6] *International Electrotechnical Commission, IEC 62305-2. Protection against lightning - Part 2: Risk management ed, 2006.*
- [7] *CODENSA S.A E.S. P, Generalidades 7.4.3. Medidores utilizados por Codensa, Bogotá, 2011.*
- [8] *ANSI / IEEE Standard 80-2000 Guide for Safety in AC Substations Grounding. (revision de la IEEE Std 80-1986).*