

Estrategias para la Repotenciación Eléctrica de una Instalación Industrial en Baja Tensión

David Ortega Rincón y Mellys María Silva Peña

Trabajo de Grado para optar por el título de Ingeniero Electricista

Director

Manuel José Ortiz Rangel

Magister en Ingeniería Eléctrica

Codirector

Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga

Doctor en Ingeniería Eléctrica

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

Bucaramanga

2021

### **Dedicatoria**

A mi madre Myriám por su entrega, amor, inspiración, darme siempre el mejor ejemplo y ser mi motivación.

A mi hermano Darío por las experiencias vividas y el apoyo moral recibido.

A mi familia por ser un apoyo incondicional en todo momento.

A mis profesores del colegio Ángel Suarez y Carlos Díaz por inspirarme y mostrarme una forma distinta de ver el mundo.

A mis amigos Pacho, Samir, Mellys, Raúl, Fabián, Cristian, Aleja y Oscar Galvis por todos los buenos momentos en nuestros años de formación en la E3T.

*David Ortega Rincón*

### **Dedicatoria**

El agradecimiento de este proyecto va dirigido primero a Dios ya que sin su bendición y su amor todo hubiera sido difícil de lograr.

A mi madre Elvis Peña y mi padre Luis Silva por darme la vida, sus palabras de aliento, su ejemplo para enfrentar la vida con una actitud positiva y mucho amor, mis hermanos Luis Antonio y Jesús Manuel por su compañía y afecto.

A mi amado perrito Toty por ser mi compañía incondicional y consentirme en los momentos más difíciles.

A mis amigos, Samir Ospino, Francisco Castro, David Ortega, Raúl Guerrero, Johan Fuentes, Oscar Galvis, Renzo Manosalva, Willinton Rivero, Jorge Paternina, por su paciencia, dedicación, consejos y sacarme una sonrisa cada día.

A mi otra familia Francy Flórez, Amparo García, Danilo Pinzón por aconsejarme, ayudarme durante todo este camino, espero seguir contando con ustedes.

Los quiero mucho, gracias por sus afectos tan sinceros, por compartir su conocimiento, alegrías y tristezas, la ayuda que me han brindado ha sido sumamente importante para culminar este proyecto con éxito, espero que Dios nos siga bendiciendo y siempre nos mantenga cerca.

*Mellys María Silva Peña.*

### **Agradecimientos**

A nuestro director Manuel José Ortiz Rangel, nuestro codirector Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga, el ingeniero Jorge Mario Paternina y el ingeniero Javier Danilo Aranda Pinzón por su dedicación, tiempo, compromiso y transmitirnos sus conocimientos para el desarrollo de este trabajo de grado.

Al Sr. Alberto Rincón Mantilla y al personal de la empresa Servipozos de Colombia Ltda. por recibirnos amablemente en sus instalaciones y compartir su tiempo y experiencia con nosotros.

A los docentes de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones por todas sus enseñanzas.

A la Universidad Industrial de Santander por darnos las herramientas para formarnos como ingenieros.

*David Ortega Rincón  
Mellys María Silva Peña*

**Tabla de Contenido**

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	13
1 Generalidades del Trabajo de Grado.....	15
1.1 Planteamiento del Problema .....	15
1.2 Justificación .....	16
1.3 Objetivos .....	17
2 Consideraciones para la Repotenciación .....	18
2.1 Metodología .....	18
2.2 Inspección Visual de Instalaciones Eléctricas .....	19
2.3 Factores de Riesgo Eléctrico más Comunes .....	20
2.4 Decisiones y Acciones para Controlar el Nivel de Riesgo .....	23
2.5 Normas Técnicas Aplicables.....	24
2.5.1 Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) .....	24
2.5.2 Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) .....	25
2.5.3 Código Eléctrico Colombiano, Norma NTC 2050.....	26
2.5.4 Normas para el Cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución de la ESSA .....	27
2.6 Información sobre la Empresa Metalmecánica.....	28
2.7 Iluminación .....	30
2.8 Sistema de Puesta a Tierra .....	30
2.9 Protección contra Rayos .....	31
3 Levantamiento de Información .....	32

3.1	Planos Arquitectónicos y Eléctricos .....	32
3.2	Diagramas Unifilares .....	34
3.3	Alimentación.....	34
3.4	Rutas de Distribución de Baja Tensión.....	35
3.4.1	Ruta de Distribución 1.....	36
3.4.2	Ruta de Distribución 2.....	37
3.4.3	Ruta de Distribución 3.....	38
3.5	Tableros de Distribución de Baja Tensión.....	38
3.6	Carga Instalada en la Empresa.....	40
3.7	Sistema de Puesta a Tierra .....	44
3.8	Sistema de Protección contra Rayos .....	44
3.9	Consumo de Energía de la Empresa .....	44
3.10	Estado de la Iluminación.....	45
3.11	Registro Fotográfico .....	46
4	Diagnóstico .....	47
4.1	Fichas de Diagnóstico Eléctrico.....	47
4.2	Análisis de Resultados .....	49
4.3	Revisión de Documentos Técnicos .....	54
5	Requerimientos del Cliente para la Repotenciación .....	54
5.1	Conexión de Nuevas Cargas a la Instalación.....	55
5.2	Sistema de Apantallamiento .....	57
5.3	Repotenciación de la Infraestructura de Iluminación .....	58
5.4	Reducción del Riesgo Eléctrico .....	59

5.5	Ampliación de la Parte Administrativa de la Empresa .....	59
6	Definición de las Especificaciones de la Repotenciación.....	59
6.1	Reevaluación de la Capacidad del Transformador de Distribución.....	60
6.2	Propuestas de Mejoramiento y Ampliación.....	62
6.3	Veredicto.....	63
7	Entregables del Trabajo de Grado.....	65
8	Conclusiones .....	66
	Referencias Bibliográficas .....	67

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Localización de la Empresa Metalmecánica. ....	28
Figura 2. Proceso de Inspección de Tuberías.....	29
Figura 3. Vista del Transformador Instalado en la Empresa. ....	35
Figura 4. Placa del Transformador Trifásico de 45 kVA Existente.....	35
Figura 5. Ubicación de las Rutas de Distribución y de los Tableros de Distribución de Baja Tensión.....	36
Figura 6. Vista Exterior de la Caja de Protecciones. ....	37
Figura 7. Cajas de Paso de Baja Tensión Averiadas.....	37
Figura 8. Localización de los Equipos Eléctricos en la Empresa. ....	43
Figura 9. Iluminación Exterior Nocturna. ....	46
Figura 10. Anomalías Totales Encontradas. ....	51
Figura 11. Anomalías de Alto Riesgo.....	52
Figura 12. Anomalías de Riesgo Medio. ....	53
Figura 13. Anomalías de Bajo Riesgo. ....	53
Figura 14. Ubicación de los Equipos Proyectados en la Empresa. ....	56
Figura 15. Mapa de ISO-Niveles Cerámicos para Colombia (Área de 30 km x30 km) – 1999.	58

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Factores de Riesgo Eléctrico más Comunes.....	20
Tabla 2. Decisiones y Acciones para Controlar el Nivel de Riesgo.....	23
Tabla 3. Equipos Utilizados para Medir Longitudes.....	33
Tabla 4. Tableros de Distribución de Baja Tensión Existentes.....	38
Tabla 5. Equipos Trifásicos Instalados.....	41
Tabla 6. Equipos Bifásicos de Dos Hilos Instalados.....	42
Tabla 7. Equipos Monofásicos Instalados.....	42
Tabla 8. Carga de Tomacorrientes e Iluminación de Toda la Empresa.....	43
Tabla 9. Consumos de Energía Activa de la Empresa en kWh en Seis Meses Diferentes del Año 2020.....	45
Tabla 10. Anomalías Técnicas Encontradas en la Instalación.....	50
Tabla 11. Anomalías de Alto Riesgo.....	51
Tabla 12. Anomalías de Riesgo Medio.....	52
Tabla 13. Anomalías de Bajo Riesgo.....	53
Tabla 14. Equipos Proyectados.....	55
Tabla 15. Perfil de Operación de los Equipos Existentes y Proyectados.....	60
Tabla 16. Propuestas de Mejoramiento y Crecimiento.....	63
Tabla 17. Contenido de los Entregables del Trabajo de Grado.....	65

## **Lista de Apéndices**

Los apéndices están adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS

Apéndice A. Documentos

Apéndice B. Planos

Apéndice C. Fichas de diagnóstico

Apéndice D. Fichas técnicas

Apéndice E. Concepto técnico

Apéndice F. Registro fotográfico

## Resumen

**Título:** Estrategias para la Repotenciación Eléctrica de una Instalación Industrial en Baja Tensión \*

**Autor:** David Ortega Rincón, Mellys María Silva Peña \*\*

**Palabras Clave:** Baja Tensión, Diagnóstico, Instalaciones eléctricas, Normativa, Repotenciación

### Descripción:

El presente trabajo de grado propone la formulación de alternativas de mejoramiento de las instalaciones eléctricas de una empresa del sector metalmecánico, orientadas a ajustar las instalaciones eléctricas a las normas técnicas vigentes y a acondicionarlas para la introducción de nuevas cargas. Dichas alternativas se fundamentan en el diagnóstico de las instalaciones existentes en función del cumplimiento del marco reglamentario vigente y la expectativa de mejoramiento y/o crecimiento del cliente acorde con sus planes de expansión. Las alternativas serán comparadas y evaluadas para elegir la que mejor solucione la problemática de la empresa metalmecánica.

Inicialmente, se realizará una serie de visitas técnicas visuales a la empresa con el propósito de inspeccionar sus instalaciones eléctricas y recolectar información en formato físico y digital sobre su sistema eléctrico con el fin de elaborar un reporte de anomalías técnicas del sistema eléctrico de la empresa que permita conocer el estado de la infraestructura eléctrica existente, además en la visita técnica se identificarán las necesidades de mejoramiento y expansión requeridas por el cliente; posteriormente, se formularán las alternativas para el mejoramiento de las instalaciones eléctricas de la empresa atendiendo a los hallazgos previos en el contexto del marco normativo actual; finalmente, serán aplicados criterios de evaluación en cuanto a costos estimados de inversión, espacios técnicos requeridos, confiabilidad del sistema eléctrico, capacidad de crecimiento del sistema eléctrico y facilidad de mantenimiento para elegir la alternativa más conveniente para la empresa metalmecánica.

---

\* Trabajo de Grado.

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director: Manuel José Ortiz Rangel. Magister en Ingeniería Eléctrica. Codirector: Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga. Doctor en Ingeniería Eléctrica.

### Abstract

**Title:** Strategies for Electrical Repowering of a Low Voltage Industrial Installation \*

**Author:** David Ortega Rincón, Mellys María Silva Peña \*\*

**Key Words:** Low Voltage, Diagnosis, Electrical Installations, Regulations, Repowering

#### Description:

This degree work proposes the formulation of alternatives for the improvement of electrical installations of a company in the metalworking sector, aimed at adjusting electrical installations to current technical standards and conditioning them for the introduction of new loads. Said alternatives are based on the diagnosis of existing electrical installations based on compliance with the current regulatory framework and the client's expectation of improvement and/or growth in accordance with his expansion plans. The alternatives will be compared and evaluated to choose the one that best solves the problems of the metalworking company.

Initially, a series of visual technical visits will be made to the company in order to inspect its electrical installations and collect information in physical and digital format about its electrical system in order to prepare a report of technical anomalies of the electrical system of the company that It allows to know the state of the existing electrical infrastructure, in addition, in the technical visit, the needs for improvement and expansion required by the client will be identified; Subsequently, the alternatives for the improvement of the electrical installations of the company will be formulated, taking into account the previous findings in the context of the current regulatory framework; Finally, evaluation criteria will be applied in terms of estimated investment costs, required technical spaces, reliability of the electrical system, capacity for growth of the electrical system and ease of maintenance to choose the most convenient alternative for the metalworking company.

---

\* Degree Work

\*\* Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering. Director: Manuel José Ortiz Rangel. Master in Electrical Engineering. Codirector: Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga. Doctor in Electrical Engineering.

## Introducción

Una instalación eléctrica siempre tiene un riesgo asociado, pero existen medidas de protección y prevención que hacen posible disminuir o eliminar los niveles de riesgo, permitiendo así hacer uso de la electricidad y desarrollar trabajos donde se vean involucrados equipos eléctricos de forma segura. Las normas técnicas indican los lineamientos para minimizar o eliminar los niveles de riesgo y así construir instalaciones eléctricas seguras para las personas, los animales, la vegetación, el medio ambiente y los equipos eléctricos que se conecten al sistema que, además, ofrezcan un buen servicio a los usuarios que hacen uso de ellas, satisfaciendo las exigencias de calidad el servicio, confiabilidad, fiabilidad técnica y eficiencia económica.

Las condiciones de la instalación donde no se cumpla lo establecido en las normas técnicas vigentes se denominan “anomalías técnicas”, “desviaciones de los reglamentos técnicos” o “no conformidades con los reglamentos técnicos” y según su índole pueden ser de menor riesgo o suponer un riesgo inminente, en este último caso las probabilidades de que ocurra un accidente eléctrico son altas porque las personas o equipos se encuentran desprotegidos a los efectos nocivos de la electricidad, así que se deben identificar y corregir con prioridad las anomalías eléctricas de alto riesgo y, posteriormente, las de demás para garantizar seguridad y comodidad a las personas que hagan uso de la instalación.

La carga eléctrica instalada es la suma de las potencias nominales de todos los equipos conectados al sistema eléctrico, mientras que la capacidad instalada es la suma de las potencias nominales de los transformadores y generadores que suministran energía y de la potencia instantánea máxima que pueda suministrar el operador de red. La capacidad instalada en la mayoría

de las instalaciones es menor a la carga instalada porque no se hace uso de todas las cargas conectadas al sistema simultáneamente. Por lo cual para los diseñadores de instalaciones eléctricas es indispensable conocer la demanda máxima que corresponde a la máxima potencia instantánea que puede requerir la instalación, así que la capacidad instalada no debe ser menor que la demanda máxima. Si se hiciera un aumento de carga significativo en una instalación, aumentando los requerimientos energéticos se hace necesario reevaluar la capacidad instalada y la infraestructura eléctrica existente.

En este contexto, se propondrá una estrategia de mejoramiento y expansión para una empresa metalmecánica, ubicada en Sabana de Torres, con el objetivo ajustar la instalación a las normas técnicas vigentes: RETIE, NTC 2050, Norma ESSA y RETILAP y conectar nuevas cargas proyectadas al sistema. Se definirán las especificaciones de la repotenciación de la instalación eléctrica y se cuantificarán los costos de inversión aproximados.

Este documento se encuentra dividido en seis capítulos: el primer capítulo, expone las generalidades del trabajo de grado; en el segundo capítulo, se presentan los fundamentos técnicos y legales en los cuales se fundamenta el trabajo de grado; en el tercer capítulo, se muestran los hallazgos encontrados durante las visitas técnicas a la empresa metalmecánica; el cuarto capítulo, muestra los resultados del reporte técnico de anomalías elaborado como resultado de las visitas técnicas; en el quinto capítulo, se presentan los requerimientos del cliente en cuanto a mejoramiento y crecimiento de la instalación eléctrica y finalmente, en el sexto capítulo se presentan las alternativas de mejoramiento y crecimiento propuestas por los autores y se selecciona la que se mejor se adapta a las necesidades de la empresa.

## **1 Generalidades del Trabajo de Grado**

### **1.1 Planteamiento del Problema**

Cuando se introducen nuevas cargas a las instalaciones eléctricas a lo largo de los años se produce un aumento de la demanda que conlleva a superar la capacidad de suministro para la cual se realizó el diseño inicialmente (ENEL X COLOMBIA, s.f.), dejando la instalación eléctrica existente operando con restricciones, lo cual causa que se presenten fallas eléctricas y limitaciones de la capacidad de producción. En el caso de las empresas es común que se introduzcan nuevas máquinas y equipos debido a la expansión de la empresa por lo que la infraestructura eléctrica inicial (transformador, tableros, protecciones, conductores) requiere de una reevaluación de su capacidad y ajustarse a la nueva normativa.

En Colombia las instalaciones deben estar acorde con el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2013), el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2010), la NTC 2050 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas, 2020) y con la norma del operador de red correspondiente, en el caso de Santander: la Norma ESSA (Electrificadora de Santander S. A. ESP, 2005), dado a que el no cumplimiento de las normas técnicas atenta contra los seres humanos y los equipos eléctricos. Las instalaciones eléctricas que llevan varios años de operación pueden no cumplir con los requerimientos establecidos por la normativa vigente, si no se hace una revisión oportuna a la instalación con el fin de identificar necesidades de mejoramiento y expansión de la infraestructura eléctrica existente.

Servipozos de Colombia Ltda. es una empresa ubicada en Sabana de Torres, Santander, la cual opera desde 1991 ofreciendo servicios de inspección y metalmecánica, principalmente a la industria petrolera (Servipozos de Colombia Ltda., s.f.). En aras de garantizar la seguridad y continuidad del suministro energético, el presente trabajo de investigación pretende identificar aspectos a mejorar en su sistema eléctrico, tales como: proyectar un aumento de la demanda, corregir posibles anomalías técnicas, mejorar la iluminación, etc., para proponer alternativas que sean convenientes para la empresa para en el futuro realizar las mejoras necesarias de manera oportuna para mantener la instalación en condiciones óptimas de funcionamiento, según los requerimientos establecidos por la normativa actual.

## **1.2 Justificación**

Actualmente, la energía eléctrica es fundamental en el desarrollo de muchas actividades del ser humano, siendo un recurso clave para el desarrollo de las actividades productivas. Así, para los usuarios industriales mantener el suministro eléctrico cobra mayor importancia porque detener las actividades productivas supone perder tiempo y dinero. Además, estos usuarios pueden desarrollar sus actividades en ambientes con cierto riesgo eléctrico y contar con equipos complejos y costosos, lo que implica que sus instalaciones deben brindar mayor nivel de seguridad y flexibilidad para proteger a las personas que trabajen o transiten por el lugar y a las máquinas eléctricas.

Realizar un diagnóstico periódico a las instalaciones eléctricas es conveniente para una empresa porque éste permitirá emitir un concepto técnico en aras de garantizar el adecuado

funcionamiento de la instalación y plantear oportunamente soluciones para corregir posibles anomalías técnicas y proyectar un crecimiento a futuro de la instalación de ser necesario.

En el presente trabajo de grado se pretende dar una solución técnica a una empresa metalmeccánica que desea identificar oportunidades de mejoramiento y crecimiento de su infraestructura eléctrica con el propósito de garantizar seguridad y confiabilidad en el desarrollo de sus actividades productivas, atendiendo a criterios de costo de inversión, espacio requerido, confiabilidad, capacidad de crecimiento y facilidad de mantenimiento para elegir la opción más apropiada para la empresa.

### **1.3 Objetivos**

El objetivo general del presente trabajo de grado es plantear estrategias para la repotenciación de una instalación eléctrica tipo industrial en baja tensión con el propósito de corregir posibles anomalías y ampliar el sistema eléctrico, teniendo en cuenta la normativa vigente.

Los objetivos específicos que dan cumplimiento al objetivo general propuesto son los siguientes:

- Realizar el diagnóstico de la infraestructura eléctrica existente en una empresa metalmeccánica para elaborar un reporte de anomalías técnicas en el contexto del marco reglamentario vigente.
- Identificar las expectativas del cliente en cuanto a la necesidad de crecimiento y/o mejoramiento de la instalación eléctrica.
- Formular alternativas de mejoramiento de las instalaciones eléctricas en función de criterios de costo de inversión, espacio requerido, confiabilidad, capacidad de crecimiento y facilidad

de mantenimiento.

## 2 Consideraciones para la Repotenciación

### 2.1 Metodología

El desarrollo del presente trabajo de grado requiere de actividades de recolección de información, diseño y documentación que muestran la aplicación de conocimientos teórico-prácticos propios de nuestra profesión y que conducen al cumplimiento de los objetivos planteados anteriormente, de esta manera, el proceso se divide en cinco (5) etapas:

**1. Recopilación de información de la empresa:** Realizar visitas técnicas con el fin de hacer una inspección visual en las instalaciones de la empresa Servipozos de Colombia Ltda. con el propósito de conocer las condiciones de la infraestructura eléctrica actual e identificar los requerimientos del cliente para la repotenciación del sistema eléctrico;

**2. Revisión de la normativa vigente:** Realizar una revisión de la normativa vigente para instalaciones eléctricas industriales, para efectos de este trabajo de investigación se considerará el RETIE, la NTC 2050, el RETILAP y la norma del operador de red;

**3. Reporte de anomalías técnicas:** Construir un reporte de posibles anomalías técnicas presentes en la instalación en base a los hallazgos encontrados en la visita técnica, teniendo en cuenta las normas técnicas vigentes.

**4. Planteamiento de alternativas:** Proponer alternativas para la modernización del sistema eléctrico de la empresa Servipozos de Colombia Ltda., en función de criterios de costo de

inversión, espacio requerido, confiabilidad, capacidad de crecimiento y facilidad de mantenimiento, teniendo en cuenta la información obtenida en los ítems anteriores. Las alternativas serán comparadas y se elegirá la más conveniente para la empresa.

**5. Documentación:** Todas las etapas serán documentadas para evidenciar el trabajo realizado en cada una de ellas, con el fin de construir el libro final.

## **2.2 Inspección Visual de Instalaciones Eléctricas**

La inspección visual de instalaciones eléctricas es una revisión mediante la observación con el propósito de buscar evidencias objetivas (registro fotográfico) con el fin de verificar si la instalación cumple con las normas técnicas vigentes y así determinar su conformidad. A raíz del aumento del consumo de energía eléctrica y los riesgos asociados a esta es necesario garantizar un adecuado funcionamiento de las instalaciones eléctricas para prevenir accidentes y pérdidas económicas.

La inspección visual permite hacer una idea globalizada de la instalación y de las condiciones físicas en que esta se encuentre desde el punto de arranque hasta los equipos de uso final, teniendo en cuenta la infraestructura eléctrica existente como tableros de distribución de baja tensión, canalizaciones, sistema de puesta a tierra, tomacorrientes, iluminación, máquinas eléctricas, acometidas, cajas de paso eléctricas, etc. Además, se revisarán los documentos técnicos que sean entregados por la empresa metalmecánica con el propósito caracterizar la instalación eléctrica. De esta manera se elaborará un reporte de anomalías técnicas de la empresa, usando fichas de diagnóstico eléctrico.

### 2.3 Factores de Riesgo Eléctrico más Comunes

Por regla general, todas las instalaciones eléctricas tienen implícito un riesgo y ante la imposibilidad de controlarlos todos en forma permanente, se seleccionaron algunos factores, que al no tenerlos presentes ocasionan la mayor cantidad de accidentes.

El tratamiento preventivo de la problemática del riesgo de origen eléctrico obliga a saber identificar y valorar las situaciones irregulares, antes de que suceda algún accidente. Por ello, es necesario conocer claramente el concepto de riesgo; a partir de ese conocimiento, del análisis de los factores que intervienen y de las circunstancias particulares, se tendrán criterios objetivos que permitan detectar la situación de riesgo y valorar su grado de peligrosidad. Identificado el riesgo, se han de seleccionar las medidas preventivas aplicables (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2013, pág. 46).

En la tabla 1 se muestran algunos de los factores de riesgo eléctrico más comunes, sus posibles causas y algunas medidas de protección.

**Tabla 1.**

*Factores de Riesgo Eléctrico más Comunes.*

Factor de Riesgo	Descripción
Arcos Eléctricos	<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>

Factor de Riesgo	Descripción
	<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>
Ausencia de Electricidad (en Determinados Casos)	<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>
Contacto Directo	<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>
Contacto Indirecto	<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>
Cortocircuito	<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>
Electricidad Estática	<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>
Equipo Defectuoso	<p><b>Posibles Causas:</b> Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.</p>

Factor de Riesgo	Descripción
	<p><b>Medidas de Protección:</b> Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.</p>
Rayos	<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>
Sobrecarga	<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>
Tensión de Contacto	<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>
Tensión de Paso	<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>

Fuente: RETIE

## 2.4 Decisiones y Acciones para Controlar el Nivel de Riesgo

El RETIE en su artículo 9 muestra las decisiones y acciones aplicables a los niveles de riesgo para minimizarlo las cuales se muestran en la tabla 2.

**Tabla 2.**

*Decisiones y Acciones para Controlar el Nivel de Riesgo.*

Color	Nivel de Riesgo	Decisiones a Tomar y Control	Para Ejecutar los Trabajos
	Muy alto	<b>Inadmisible</b> para trabajar. Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo.  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. 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).	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

Color	Nivel de Riesgo	Decisiones a Tomar y Control	Para Ejecutar los Trabajos
		Requiere permiso de trabajo.	establecido.
	Bajo	<b>Asumirlo.</b> Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP.  No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: <input type="checkbox"/> ¿Qué puede salir mal o fallar? <input type="checkbox"/> ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? <input type="checkbox"/> ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

Fuente: RETIE

## 2.5 Normas Técnicas Aplicables

Las normas técnicas promueven la seguridad para las personas y los equipos, por tanto, los diseñadores de instalaciones eléctricas deben conocerlas y aplicarlas. Las normas eléctricas consultadas para la elaboración del presente trabajo de grado son de obligatorio cumplimiento en el departamento de Santander, a continuación, se describe cada una de ellas.

### 2.5.1 Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE)

Según el artículo 1 del RETIE:

El objeto fundamental de este reglamento es establecer las medidas tendientes a garantizar la seguridad de las personas, de la vida tanto animal como vegetal y la preservación del medio ambiente; previniendo, 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 (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2013, pág. 8).

### ***2.5.2 Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP)***

De acuerdo con la sección 100 del RETILAP:

El presente Reglamento Técnico tiene por objeto fundamental establecer los requisitos y medidas que deben cumplir los sistemas de iluminación y alumbrado público, tendientes a garantizar: los niveles y calidades de la energía lumínica requerida en la actividad visual, la seguridad en el abastecimiento energético, la protección del consumidor

y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos originados, por la instalación y uso de sistemas de iluminación.

El reglamento establece las reglas generales que se deben tener en cuenta en los sistemas de iluminación interior y exterior, y dentro de estos últimos, los de alumbrado público en el territorio colombiano, inculcando el uso racional y eficiente de energía (URE) en iluminación. En tal sentido señala las exigencias y especificaciones mínimas para que las instalaciones de iluminación garanticen la seguridad y confort con base en su buen diseño y desempeño operativo, así como los requisitos de los productos empleados en las mismas.

El reglamento 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 los sistemas de iluminación interior y exterior, cumplan con los siguientes objetivos legítimos:

- La seguridad nacional en términos de garantizar el abastecimiento energético mediante uso de sistemas y productos que apliquen el Uso Racional de Energía.
- La protección de la vida y la salud humana.
- La protección de la vida animal y vegetal.
- La prevención de prácticas que puedan inducir a error al usuario.
- La protección del Medio Ambiente (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2010, pág. 11).

### **2.5.3 Código Eléctrico Colombiano, Norma NTC 2050**

Según el artículo 90 de la NTC 2050:

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.

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 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas, 2020, pág. 17).

Este código es publicado por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC) y corresponde a una traducción de la norma estadounidense NEC. La Superintendencia de Industria y Comercio lo oficializó en 1987 mediante la resolución 1936 y desde entonces es de obligatorio cumplimiento en Colombia.

#### ***2.5.4 Normas para el Cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución de la ESSA***

Su objetivo es:

Establecer la metodología, exigencias, especificaciones y características mínimas, necesarias para el cálculo y diseño de los sistemas de distribución e instalaciones eléctricas internas que satisfagan los requisitos impuestos para la fiabilidad técnica, la eficiencia económica de las instalaciones, la seguridad y calidad del servicio.

Igualmente, es un instrumento técnico legal para la Empresa Electrificadora de Santander S.A. E.S.P., que permite garantizar que el diseño de instalaciones eléctricas cumpla con los objetivos legítimos del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas que son:

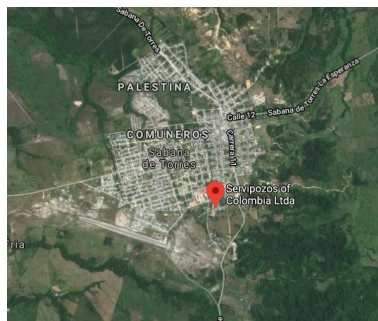
- La protección de la vida y salud humana.
- La protección de la vida animal o vegetal.
- La preservación del medio ambiente.
- La prevención de prácticas que puedan inducir a error al usuario (Electrificadora de Santander S. A. ESP, 2005, pág. 1).

## 2.6 Información sobre la Empresa Metalmecánica

Servipozos de Colombia Ltda. es una empresa privada de servicios metalmecánicos con más de veinte años de experiencia que tiene como misión satisfacer la necesidad de inspección, mediante ensayos no destructivos, mantenimiento y reparación de tuberías, equipos e infraestructura de la industria petrolera, minera y agrícola (Servipozos de Colombia Ltda, s.f.). El 28 de agosto de 2007 obtiene la certificación ISO 9001 – 2000 de gestión de calidad, mediante el certificado N° CO07/2067. La empresa se encuentra localizada en Sabana de Torres como se muestra en la figura 1.

### Figura 1.

*Localización de la Empresa Metalmecánica.*



*Fuente: Google Maps*

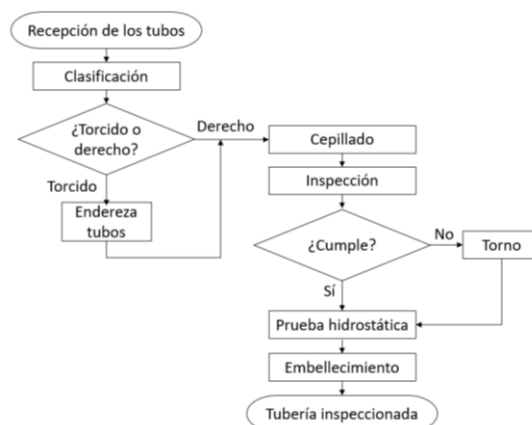
Actualmente, la empresa se encuentra en un proceso de adecuación de sus instalaciones eléctricas con el propósito de iniciar un contrato con una reconocida empresa del sector petrolero. Para la entrada de dicho contrato en vigor la empresa deberá haber ajustado sus instalaciones a la norma técnica vigente para así cumplir con requerimientos mínimos de seguridad y confiabilidad, además deberá repotenciar el sistema eléctrico, dado a que se introducirán nuevas cargas.

El cumplimiento de las actividades misionales de la empresa implica diferentes procesos como mecanizado de piezas metálicas, soldadura, limpieza e inspección de tuberías que requiere hacer uso de máquinas eléctricas como tornos metalmecánicos, limadora, soldadores, equipos de inspección electromagnética, hidrolavadora, caldera eléctrica entre otros.

La figura 2 muestra cómo es en general el proceso de inspección de tuberías metálicas utilizadas en la industria petrolera. Este proceso se divide en etapas las cuales requieren del uso de equipos específicos, según sea el caso puede requerirse de equipos adicionales.

### Figura 2.

Proceso de Inspección de Tuberías.



## **2.7 Iluminación**

Dada la importancia de la iluminación para el desarrollo de las actividades diarias del ser humano se deben identificar las necesidades en este ámbito del lugar a iluminar, dado a que las necesidades de iluminación varían según las actividades propias de cada sitio. Se debe buscar la comodidad de las personas que ocupen los espacios, siempre haciendo un uso racional de la energía. Se toma como referente la tabla 410.1 del RETILAP donde se indican los niveles máximos y mínimos de iluminancia según el tipo de trabajo que se desarrolle en el sitio.

## **2.8 Sistema de Puesta a Tierra**

Toda instalación eléctrica, excepto donde la norma técnica indique expresamente lo contrario, tiene que disponer de un Sistema de Puesta a Tierra (SPT), para evitar que personas en contacto con la misma, tanto en el interior como en el exterior, queden sometidas a tensiones de paso, de contacto o transferidas, que superen los umbrales de soportabilidad del ser humano cuando se presente una falla. La exigencia de puestas a tierra para instalaciones eléctricas cubre el sistema eléctrico como tal y los apoyos o estructuras metálicas que ante una sobretensión temporal, puedan desencadenar una falla permanente a frecuencia 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 (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2013, pág. 65).

## **2.9 Protección contra Rayos**

La protección externa en una edificación tiene como objetivo interceptar los impactos directos de rayo que se dirijan a la estructura, incluyendo aquellos que impacten al costado de ésta, para conducir de manera segura la corriente de rayo desde el punto de impacto a tierra. El sistema de protección externo está compuesto por tres elementos principales:

- Sistema de captación encargado de realizar la interceptación del impacto del rayo. El sistema de captación puede ser compuesto por cualquier combinación de los siguientes elementos: bayonetas (incluyendo mástiles autosoportados), cables colgantes y mallas de conductores.
- Sistema de conductores bajantes, encargado de conducir de manera adecuada y segura la corriente rayo al sistema de puesta a tierra. El sistema de bajantes se compone de los conductores o varillas metálicas que conectan el sistema de captación con el sistema de puesta a tierra.

- Sistema de puesta a tierra, encargado de dispersar y disipar adecuadamente en el terreno la corriente de rayo. El sistema de puesta tierra corresponde a un arreglo de electrodos y conductores enterrados en el suelo (Instituto Colombiano de Normas Técnicas, 2008).

### **3 Levantamiento de Información**

Los días 23, 24 y 25 de octubre de 2020 se realizaron las visitas técnicas a la empresa Servipozos de Colombia Ltda. con el propósito de recolectar información sobre su infraestructura eléctrica, cumpliendo con lo estipulado en el primer objetivo específico del trabajo de grado. Se realizó una inspección visual por los espacios de la empresa y se tomó un registro fotográfico del sitio como recurso para la elaboración del diagnóstico y una evidencia de la realización de la visita al lugar. En el apéndice A se presenta el archivo en formato PDF “Solicitud de visita técnica”, donde se muestra la comunicación dirigida a la empresa solicitando el acceso a sus instalaciones los días de la visita y el archivo en formato PDF “Formato de visita técnica”, donde se detallan las actividades realizadas en los tres días de la visita técnica. A continuación, se documentan todos los hallazgos:

#### **3.1 Planos Arquitectónicos y Eléctricos**

Se envió una solicitud de información técnica a la empresa Servipozos de Colombia Ltda. con el propósito de obtener información sobre el estado de la infraestructura eléctrica presente en la empresa, dicha solicitud se muestra en el archivo en formato PDF “Solicitud de información técnica”, ubicado en el apéndice A, como respuesta a la solicitud de información técnica la empresa

manifiesta que no posee planos arquitectónicos ni eléctricos mediante una carta que se muestra en el archivo en formato PDF “Respuesta a solicitud de información técnica”, ubicado en el apéndice A. Por lo tanto, una de las actividades realizadas durante la visita técnica fue medir el predio y las edificaciones de la empresa con el propósito de obtener la distribución arquitectónica y modulación de espacios donde se encuentra la infraestructura eléctrica de la planta de producción, esta actividad está reportada en el formato de visita técnica (ver archivo en formato PDF “Formato de visita técnica” en el apéndice A). Las mediciones se realizaron utilizando un distanciómetro digital y un decámetro, los cuales se muestran en la tabla 3, para elaborar los planos arquitectónicos y eléctricos de la empresa posteriormente utilizando la herramienta de dibujo AutoCAD.

Se elaboró un plano eléctrico de las instalaciones existentes (ver archivo en formato PDF “Plano eléctrico” en el apéndice B) el cual muestra las rutas de distribución en baja tensión existentes en la empresa. También se elaboraron planos eléctricos del edificio de dos plantas donde operan las oficinas administrativas de la empresa. En el apéndice B se presenta el plano eléctrico del piso 1 (ver archivo en formato PDF “Edificio oficinas piso 1 (actual)”) y del piso 2 (ver archivo en formato PDF “Edificio oficinas piso 2 (actual)”).

### **Tabla 3.**

*Equipos Utilizados para Medir Longitudes.*



Fuentes: (De Máquinas y Herramientas, 2014) y (Decámetro, s.f.)

### **3.2 Diagramas Unifilares**

El diagrama unifilar de la instalación fue solicitado a la empresa como se puede apreciar en la solicitud de información técnica, mostrada en el archivo en formato PDF “Solicitud de información técnica”, ubicado en el apéndice A”, ante esta solicitud la empresa notifica que no cuenta con diagramas unilaterales de sus instalaciones como se puede ver en la carta mostrada en el archivo en formato PDF “Respuesta a solicitud de información técnica”, ubicado en el apéndice A. Dada la importancia del diagrama unifilar para caracterizar la instalación eléctrica porque permite visualizar la configuración de la instalación y la distribución de los circuitos en los tableros de distribución de baja tensión se procedió a elaborar el diagrama unifilar de la instalación utilizando la herramienta de dibujo AutoCAD con las observaciones realizadas durante la visita técnica, en el cual se muestran las acometidas, tableros de distribución de baja tensión, protecciones y cargas. Dicho diagrama unifilar servirá como punto de partida para proponer estrategias que conlleven a mejorar la instalación eléctrica existente. El diagrama unifilar elaborado por los autores se presenta en el archivo en formato PDF, “Diagrama unifilar”, ubicado en el apéndice B.

### **3.3 Alimentación**

La empresa cuenta con su propio transformador aéreo trifásico con relación de transformación 13200/220 V de 45 kVA (ver figura 3) que se alimenta de una derivación de la red de media tensión que pasa a 0.2 km de la empresa. El transformador se ubica en el patio 1 y desde allí alimenta los dos patios de la empresa. La placa del transformador se muestra en la figura 4.

**Figura 3.**

*Vista del Transformador Instalado en la Empresa.*

**Figura 4.**

*Placa del Transformador Trifásico de 45 kVA Existente.*

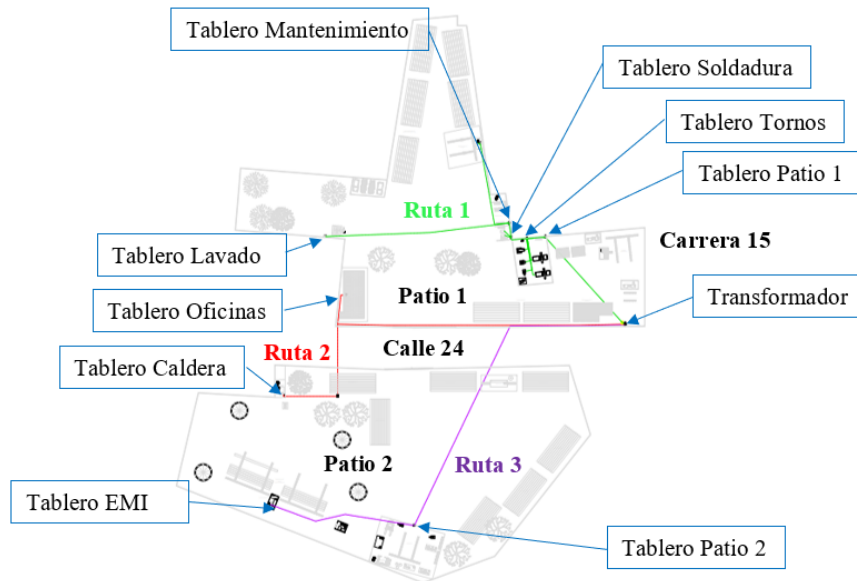


### 3.4 Rutas de Distribución de Baja Tensión

En la empresa existen tres rutas de distribución que arrancan en el transformador como se puede apreciar en la figura 5, las cuales alimentan los dos patios de la empresa. Durante la visita técnica se hizo un recorrido por cada una de ellas con la finalidad de identificar la infraestructura eléctrica existente.

**Figura 5.**

*Ubicación de las Rutas de Distribución y de los Tableros de Distribución de Baja Tensión.*



### 3.4.1 Ruta de Distribución 1

La ruta de distribución 1 es mostrada en la figura 5, donde se puede apreciar que arranca en el transformador y llega por medio de un conductor subterráneo al tablero del patio 1 desde donde se derivan dos ductos, uno de ellos alimenta el tablero de máquinas; el otro, se ramifica para alimentar el tablero de soldadura y el de mantenimiento. Finalmente, el tablero de mantenimiento alimenta el tablero de lavado y el equipo de cepillado exterior de tuberías. Dado a que no existen diagramas unifilares y los conductores no eran visibles no fue posible determinar su calibre. Justo debajo del transformador existe una caja de protecciones metálica amarilla (ver figura 6). Esta caja no cuenta con una chapa de seguridad, en su lugar tiene una cuerda, tampoco existe señalización de riesgo eléctrico ni marcación de distancias de seguridad, Además, en su interior las protecciones no están etiquetadas y los conductores están expuestos (ver fichas de diagnóstico eléctrico en el apéndice C).

**Figura 6.**

*Vista Exterior de la Caja de Protecciones.*

**3.4.2 Ruta de Distribución 2**

La ruta de distribución 2 se deriva del transformador hasta llegar a una caja de derivación desde la cual comienza la acometida del edificio de oficinas. El conductor continúa subterráneo a través de la calle para llegar al tablero de la caldera como se puede apreciar en la figura 5. Justo debajo del transformador se puede apreciar una caja metálica donde se encuentra el pin de corte (ver figura 3). En el trayecto entre el transformador y el punto de derivación se encuentra una caja de paso abierta, sin señalización y con conductores expuestos como se aprecia en la figura 7.

**Figura 7.**

*Cajas de Paso de Baja Tensión Averiadas.*



### 3.4.3 Ruta de Distribución 3



Esta ruta arranca en el transformador desde donde sale el conductor XLPE que continua subterráneo a través de la calle para llegar al tablero del patio 2, de donde se alimenta el tablero ubicado en la cápsula del equipo de inspección electromagnética (EMI) como se puede apreciar en la figura 5. Dado a que los conductores no son visibles y la empresa no posee diagramas unifilares de la instalación no fue posible determinar el calibre del conductor.




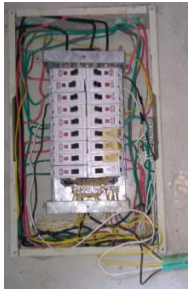
### 3.5 Tableros de Distribución de Baja Tensión




La empresa metalmecánica cuenta con nueve tableros de distribución de baja tensión los cuales son mostrados en la tabla 4.

**Tabla 4.**

*Tableros de Distribución de Baja Tensión Existentes.*

Tablero	Registro Fotográfico	Comentarios
Patio 1		El gabinete alberga dos totalizadores, no cuenta con señalización de riesgo eléctrico ni delimitación de distancias de seguridad, la carcasa no está aterrizada, las protecciones no están etiquetadas, no hay chapa de seguridad, hay conductores expuestos y desordenados, la llegada y la salida al tablero se hacen por la parte inferior del gabinete, usando tubería de PVC expuesta, además los interruptores están envejecidos.
Máquinas metalmecánicas		Este tablero es trifásico, los circuitos están parcialmente etiquetados, no hay chapa de seguridad, los interruptores están envejecidos, existen puestos de reserva, la entrada y salida al tablero se hace por la parte inferior del gabinete, usando tubería PVC expuesta, no existe diagrama unifilar del

Tablero	Registro Fotográfico	Comentarios
Soldadura		<p>tablero. Existe una señal de riesgo eléctrico cerca al tablero.</p> <p>Este tablero es trifásico de 12 puestos, existe una señal de riesgo eléctrico cerca al tablero, los conductores están expuestos y desordenados, no se cumple el código de colores, las protecciones no están etiquetadas, no hay barraje de tierra ni de neutro, la entrada y salida al tablero se hace por la parte inferior del gabinete, usando tubería PVC expuesta, existen puestos de reserva, el gabinete no cuenta con una puerta de seguridad y no existe un diagrama unifilar del tablero.</p>
Mantenimiento		<p>Este tablero es trifásico de 18 puestos, cuenta con señalización del riesgo eléctrico, las protecciones no están etiquetadas, no existen puestos de reserva, la entrada y salida al tablero se hace por la parte inferior del gabinete, usando tubería PVC expuesta y no existe un diagrama unifilar del tablero.</p>
Zona de lavado		<p>El tablero no cuenta con señalización del riesgo eléctrico, los conductores están aglomerados y expuestos, la llegada y la salida al tablero se hacen por medio de cable encauchetado, las protecciones no están etiquetadas, no hay barraje de tierra ni de neutro, el gabinete es muy pequeño para albergar todos los elementos que contiene, no se cumple el código de colores, no existe un diagrama unifilar, además el gabinete de este tablero no cuenta con una puerta de seguridad.</p>
Oficinas		<p>Este tablero tiene 18 puestos, los conductores están desorganizados y expuestos, no hay señalización de riesgos eléctricos, los circuitos no están etiquetados, se exceden los niveles de llenado de los ductos, no existen puestos de reserva, no existe diagrama unifilar del tablero, además el gabinete no se dispone de una puerta de seguridad.</p>

Tablero	Registro Fotográfico	Comentarios
Caldera		<p>Este tablero es trifásico de 18 puestos, no cuenta con señalización del riesgo eléctrico, existen puestos de reserva, la entrada y salida al tablero se hace por la parte inferior del gabinete, usando tubería PVC expuesta, se aprecia un totalizador expuesto y no existe diagrama unifilar del tablero.</p>
Patio 2		<p>Este tablero es trifásico de 18 puestos, no cuenta con señalización de riesgo eléctrico, la carcasa metálica que alberga el gabinete y el gabinete del tablero no está aterrizados, las protecciones están parcialmente etiquetadas, se aprecia un totalizador expuesto que se alimenta por medio cable XLPE sin canalizar y que posteriormente alimenta el tablero y una protección trifásica expuesta que es una continuación del tablero, hay conductores expuestos, existen puestos de reserva, los interruptores están envejecidos, además no existe diagrama unifilar del tablero.</p>
EMI		<p>Este tablero se encuentra adentro de la capsula del equipo EMI, tiene ocho circuitos, tiene circuitos de reserva, está instalado de forma horizontal, no cuenta con señalización del riesgo eléctrico, las protecciones no están etiquetadas, la carcasa no está aterrizada y no existe un diagrama unifilar del tablero.</p>

### 3.6 Carga Instalada en la Empresa

Durante la visita técnica fueron inspeccionados los equipos eléctricos fijos instalados en la empresa metalmecánica con consumos de energía significativos. Se revisaron los datos de placa de cada equipo y el historial de vida de equipos del archivo de la empresa con el objetivo de determinar su consumo de energía eléctrica, ubicación, tipo de alimentación (trifásica, bifásica de dos hilos o monofásica), marca y modelo. Las tablas 5, 6 y 7 muestran los equipos trifásicos, bifásicos y monofásicos, respectivamente. Algunos equipos fueron fabricados en la misma

empresa o no son comercializados en el mercado pero son impulsados por un motor eléctrico comercial, así que se registraron los datos del motor eléctrico en las tablas. En algunos casos no fue posible establecer todos los datos porque el equipo no poseía una placa de información técnica o esta se encontraba ilegible, en este caso se estimó el consumo de energía de acuerdo con la capacidad amperimétrica de las protecciones. Las fichas técnicas existentes de los equipos instalados se presentan en el apéndice D.

**Tabla 5.**

*Equipos Trifásicos Instalados.*

Número	Equipo	Marca	Modelo	Carga [kW]
1	Equipo de Hardbanding	Lincoln Electric	DC - 600	35
2	Tornos	Mashstroy	C10T-1121	11.2
		Mashstroy	C10MS10-1406	11.2
3	Sierra eléctrica	Sabi	SH-260	2.2
4	Cepillo x 24"	Cincinnati	24" Standard	5.2
5	Taladro de banco	-	-	4.5
6	Hidrolavadora eléctrica	-	-	5.2
7	Motobomba sumergible	Pedrollo	RX 5	1.1
8	Carretes de inspección	Siemens	1LA7 135-6YA70	7.4
		Siemens	1LA7 135-6YA70	7.4
		Siemens	1LA7 135-6YA70	7.4
9	Prensa eléctrica	-	-	22.3
10	Equipo de soldadura	Bambozzi	TDC-450ED	19
		Lincoln Electric	DC-600	17
11	Equipo de soldadura	Lincoln Electric	AC/DC 250	23
		Infra	MI 3-600	28.6
12	Compresor	Wayne	2060 SDD	3.7
13	Compresor	Wayne	2060 SDD	3.7
14	Caldera	Continental	E72A40C-G	4
15	Motobomba trifásica	Ignacio	TE-300TW	2.2
		Gómez IHM		
<b>Total</b>				<b>221.3</b>

**Tabla 6.***Equipos Bifásicos de Dos Hilos Instalados.*

Número	Equipo	Marca	Modelo	Carga [kW]
16	Registrador de presión	-	-	1
17	Equipo de cepillado de tuberías	-	-	1.5
18	Motobomba eléctrica	Pedrollo	CPm 650	1.1
19	Aires acondicionados (oficinas)	LG	VM242CE NC2	1.78
		LG	VM242CE NC2	1.78
		Samsung	AR24TRHQBURN CB	2.411
<b>Total</b>				<b>9.571</b>

**Tabla 7.***Equipos Monofásicos Instalados.*

Número	Equipo	Marca	Modelo	Carga [kW]
20	Equipo EMI	-	-	1.8
21	Esmeriles	Surtek	EB606	0.56
		Black and Decker	BG-10	0.56
22	Aire acondicionado (EMI)	Samsung	AW08N0AE	0.9
23	Impresoras	Kyocera	M2035DN/L	0.97
		Epson	L380	0.3
		Epson	L380	0.3
24	Equipos de computo	HP	20-C423LA	0.3
		HP	20-C423LA	0.3
		HP	20-C423LA	0.3
		HP	20-C423LA	0.3
<b>Total</b>				<b>6.59</b>

Además, se estimó la carga de todos los tomacorrientes (bifásicos y monofásicos) instalados en la empresa donde se conectan cargas que no son fijas como taladros de mano y pulidoras de acuerdo con el valor de las protecciones amperimétricas de los circuitos. La carga de iluminación se estimó sumando la carga de todas las luminarias instaladas en la empresa. Los resultados se muestran en la tabla 8.

**Tabla 8.**

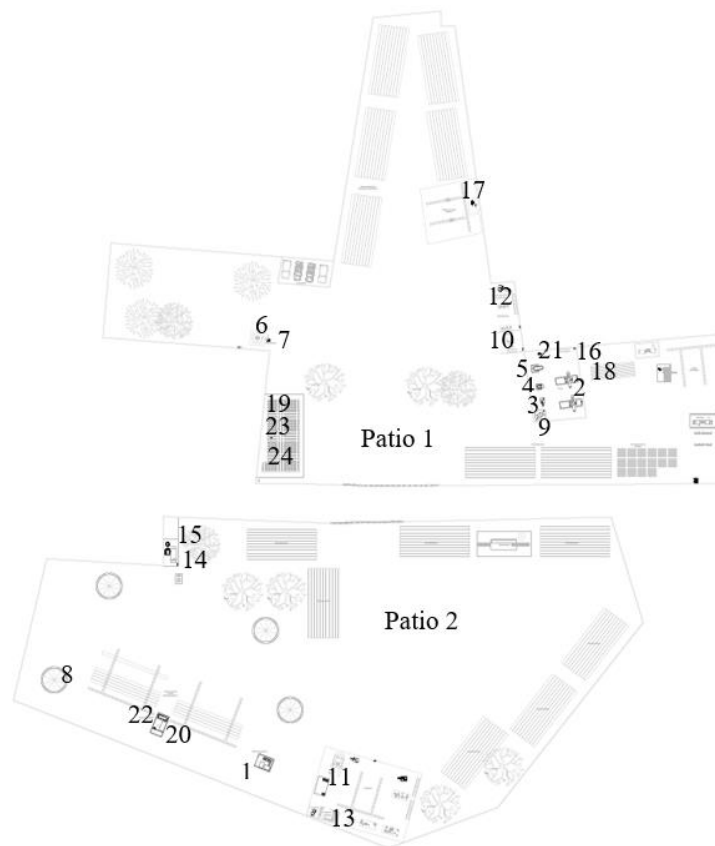
*Carga de Tomacorrientes e Iluminación de Toda la Empresa.*

Tipo	Carga [kW]
Iluminación	7.1
Tomacorrientes	36.3
<b>Total</b>	<b>43.4</b>

De las tablas 5, 6, 7 y 8 se halla la carga total instalada en la empresa la cual fue 281 kW. La ubicación de los equipos instalados en la empresa se muestra en la figura 8 donde se ubican los números de los equipos en las tablas 3, 4 y 5 en el plano de planta de la empresa, cuando un mismo número relaciona varios equipos significa que estos se encuentran en la misma zona.

**Figura 8.**

*Localización de los Equipos Eléctricos en la Empresa.*



### **3.7 Sistema de Puesta a Tierra**

La empresa no cuenta con una malla de puesta a tierra en su lugar se utilizan electrodos de puesta a tierra para aterrizar los tableros y equipos, aunque no todos los tableros y equipos están aterrizados lo cual supone un riesgo para los seres humanos y los equipos en caso de que falle el aislamiento o se presenten fallas eléctricas, dado a que las personas quedan expuestas a las tensiones de contacto, en caso de tocar accidentalmente partes energizadas sin aterrizar.

### **3.8 Sistema de Protección contra Rayos**

Durante la visita técnica no se evidenciaron puntas captadoras, ni bajantes, ni conductores de enlace, ni puentes de conexión equipotencial de un sistema de puesta a tierra. Es decir que las instalaciones de la empresa no cuentan con un sistema de apantallamiento que dirija las elevadas corrientes de las descargas atmosféricas a tierra de forma segura. Esto representa un riesgo para las personas, la edificación y los equipos.

### **3.9 Consumo de Energía de la Empresa**

Las facturas de energía fueron solicitadas a la empresa como se aprecia en el archivo en formato PDF “Solicitud de información técnica”, ubicado en el apéndice A, ante la solicitud la empresa facilitó las facturas de energía de seis meses no consecutivos del año 2020, las cuales se presentan en el archivo en formato PDF “Facturas de energía”, ubicado en el apéndice A.

El análisis de los consumos de energía aportará información del sistema eléctrico a la hora de proponer alternativas técnicas para el mejoramiento y crecimiento de la instalación eléctrica.

Los consumos de energía de la empresa muestran que la empresa no consume la totalidad de su capacidad instalada de 45 kVA durante las 8 o 12 horas de jornada laboral de lunes a sábado (durante algunos períodos de tiempo también labora los domingos), ya que todos los equipos instalados no son utilizados simultáneamente ni todos los días. El promedio de los kWh consumidos en seis meses es 2082 (ver tabla 9), muy inferior a los 16200 kVAh que podría suministrar el alimentador si se requirieran 45 kVA durante 12 horas diarias por 30 días, suponiendo una utilización total de la capacidad instalada durante un mes. Por tanto, se debe determinar si el transformador actual permitiría un aumento de carga, aunque si puedo haber momentos en el mes donde se requieran los 45 kVA, pero este consumo no es sostenido. Las facturas muestran que en algunos meses la empresa hizo pagos por concepto de energía reactiva, aunque no muestra los kVAr consumidos en dichos meses.

**Tabla 9.**

*Consumos de Energía Activa de la Empresa en kWh en Seis Meses Diferentes del Año 2020.*

Mes	Activa [kWh]
Marzo	2791
Abril	2540
Junio	2543
Agosto	1740
Septiembre	1500
Octubre	1380
<b>Promedio</b>	<b>2082</b>

### 3.10 Estado de la Iluminación

Durante la visita técnica se evidenció que algunas zonas de la empresa no poseen luminarias o no poseen suficientes ya que algunas se encuentran averiadas. Algunas zonas como el parqueadero no cuentan con iluminación y en otras como la fachada, bodegas, patios y archivo,

ésta no es suficiente. Además, la iluminación en los tableros de distribución tampoco es suficiente. Cuando comienza a anochecer se observó la falta de iluminación porque en muchos espacios se dificulta continuar con las actividades normales y muchas veces se trabaja horas extra para cumplir con las fechas de entrega de los trabajos. Esta situación cierra la posibilidad de ampliar la jornada laboral en horario nocturno y supone un riesgo para la salud visual. La figura 9 muestra fotografías tomadas en la empresa en horas de la noche.

### **Figura 9.**

*Iluminación Exterior Nocturna.*



### **3.11 Registro Fotográfico**

Toda la visita técnica quedó documentada por medio de un registro fotográfico, donde se puede apreciar detalladamente los hallazgos encontrados. Las fotografías tomadas durante la visita técnica se presentan en el apéndice F, donde se encuentran un total de 136 fotografías en formato JPG.

## 4 Diagnóstico

En las instalaciones de la empresa existen muchas desviaciones de los reglamentos técnicos para instalaciones eléctricas algunas de las cuales fueron clasificadas como de alto riesgo según el artículo 9 del RETIE, debidas al desconocimiento de la norma y la falta de mantenimientos de la instalación. Se identificaron muchas oportunidades de mejoramiento que permitirán minimizar los niveles de riesgo, brindando mayor seguridad a los seres humanos y a la infraestructura eléctrica. En este capítulo se muestran los resultados del reporte de anomalías técnicas elaborado tras la visita técnica visual a la empresa metalmecánica, cumplimiento con el primer objetivo específico del trabajo de grado para lo cual se hizo una revisión de las normas técnicas y se elaboraron fichas de diagnóstico eléctrico de los espacios de la empresa metalmecánica.

### 4.1 Fichas de Diagnóstico Eléctrico

Las fichas de diagnóstico del sistema eléctrico permiten conocer el estado actual de la infraestructura eléctrica de un espacio determinado a través de una inspección visual en campo. Los componentes de una ficha de diagnóstico son:

- Información general: indica datos básicos sobre el espacio inspeccionado como localización de la instalación, nombre del espacio, área del espacio, uso de la instalación y la infraestructura eléctrica existente en el espacio (tableros de distribución, iluminación, tomacorrientes, rutas de canalización, transformador).
- Diagnóstico: describe el estado actual de la instalación eléctrica.
- Pronóstico: describe lo que podría suceder si el diagnóstico evidencia un mal estado operativo

o incumplimiento de normas técnicas y la instalación continúa funcionando en esas condiciones.

- Control del diagnóstico: indica el procedimiento a seguir para corregir las anomalías técnicas identificadas en el diagnóstico en caso de haberse hallado alguna, en caso de que se trate de anomalías que supongan riesgo inminente para las personas o equipos se deberá hacer los ajustes lo más pronto posible.
- Referente técnico por anomalías: cita los reglamentos técnicos que se están incumpliendo en caso de haberse encontrado anomalías técnicas en la instalación.
- Registro fotográfico: muestra imágenes de las anomalías técnicas identificadas en el diagnóstico.
- Recomendaciones adicionales: propone alternativas de mejoramiento y crecimiento que exceden las sugerencias realizadas en el control al diagnóstico. El dueño o responsable de la instalación puede decir si acata las recomendaciones adicionales.

Las anomalías técnicas encontradas en la empresa se presentan mediante diez (10) fichas de diagnóstico que abarcan todos los espacios de la empresa que actualmente están siendo utilizados para el desarrollo de las actividades propias de la industria metalmeccánica y las labores administrativas. Las fichas de diagnóstico del sistema eléctrico se presentan en el apéndice C. Para la comprensión de las fichas técnicas se debe tener en cuenta el diagrama unifilar en el archivo en formato PDF “Diagrama unifilar” y el plano eléctrico en el archivo en formato PDF “Plano eléctrico”, ambos ubicados en el apéndice B. Los espacios de la empresa inspeccionados fueron:

1. Punto de arranque y tablero del patio 1
2. Zona de máquinas metalmeccánicas
3. Zona de pruebas hidrostáticas

4. Zonas de soldadura, mantenimiento y compresor del patio 1
5. Máquina limpia tubos, parqueadero y zona de lavado
6. Edificio de oficinas
7. Cajas de paso eléctricas de baja tensión
8. Tablero del patio 2 y zona de soldadura
9. Equipo EMI y carretes de inspección
10. Iluminación exterior nocturna

#### **4.2 Análisis de Resultados**

Las fichas de diagnóstico eléctrico (ver apéndice C) reportan 159 anomalías eléctricas debidas al no cumplimiento del RETIE, el RETILAP, la Norma ESSA y la NTC 2050. Estas anomalías fueron clasificadas según el nivel de riesgo (alto, medio, bajo) que suponían para la integridad de las personas, los bienes de la empresa, el medio ambiente y la reputación de la empresa:

- Alto riesgo: cuando la instalación carezca de las medidas de protección frente a condiciones donde se comprometa la salud o la vida de personas o pueda afectar la instalación (incendio, explosión).
- Riesgo medio: aquella condición que no represente un peligro inminente, pero existen posibilidades de que pueda ocasionar lesiones (incapacidad menor a un día y sin secuelas) a las personas o pérdidas económicas (daño la infraestructura eléctrica).
- Bajo riesgo: cuando se ve afectado el rendimiento laboral o de alguna manera la instalación no ofrece un buen servicio a las personas que hacen uso de ella.

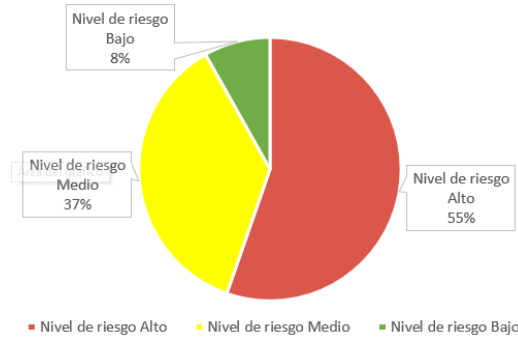
Para esta clasificación se consideran los factores de riesgo asociados a cada anomalía (mostrados en la tabla 1) y las consecuencias negativas en personas, económicas, ambientales y de la imagen de la empresa que podrían causar, tomando el caso más crítico entre los tipos de las pérdidas posibles como propone el RETIE en su artículo 9, una vez determinado el nivel de riesgo se deberán seguir las recomendaciones mostradas en la tabla 2, según sea el caso.

La tabla 10 muestra el número de anomalías técnicas según el nivel de riesgo reportadas en cada ficha de diagnóstico, el total de anomalías reportadas en cada ficha y el total de anomalías según el nivel de riesgo reportadas en toda la instalación. Del total de anomalías 88 son de alto riesgo, 58 de riesgo medio y 13 de bajo riesgo como se ve en la figura 10.

**Tabla 10.**

*Anomalías Técnicas Encontradas en la Instalación.*

Ficha	Nivel de riesgo			Total
	Alto	Medio	Bajo	
1	11	8	0	19
2	3	6	0	9
3	4	6	1	11
4	10	3	3	16
5	13	7	1	21
6	8	1	3	12
7	19	16	0	35
8	13	6	1	20
9	7	5	0	12
10	0	0	4	4
<b>Total</b>	<b>88</b>	<b>58</b>	<b>13</b>	<b>159</b>

**Figura 10.***Anomalías Totales Encontradas.*

A continuación, se presentan las anomalías según el nivel de riesgo alto, medio y bajo más comunes en la instalación como se ve las tablas 11, 12 y 13, respectivamente. Estas tablas muestran las anomalías, el reglamento técnico que se está incumpliendo y el número de veces que se repite la anomalía en la instalación, además la información también se presenta de manera visual en las figuras 11, 12 y 13 donde se indica el porcentaje de cada anomalía encontrada con respecto al total de anomalías encontradas del mismo nivel de riesgo. Los números en la primera columna de las tablas 11, 12 y 13 sirven para relacionar la anomalía reportada en las figuras 11, 12 y 13, respectivamente.

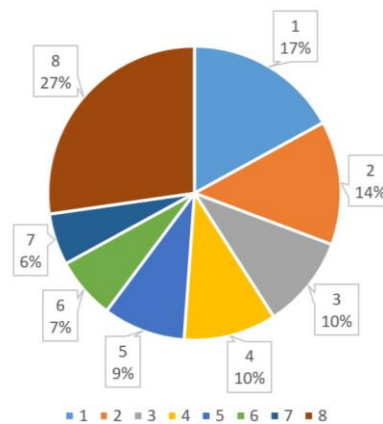
**Tabla 11.***Anomalías de Alto Riesgo.*

Número	Anomalía	Referente Técnico	Frecuencia
1	Carcasas metálicas de gabinetes de tableros y de máquinas sin aterrizar	RETIE - 27.4.2	15
2	Conductores expuestos en tableros de distribución	NTC 2050 - 408.3	12
3	Tableros sin señalización del riesgo eléctrico o delimitación de distancias de seguridad	RETIE - 13.4	9
4	Interruptores de protecciones sin etiquetar	NTC 2050 - 110.22	9

Número	Anomalía	Referente Técnico	Frecuencia
5	Gabinetes de tableros y cajas sin tapa de seguridad	RETIE - 20.23.1.1 NTC 2050 - 314.28.3	8
6	Tableros de distribución sin diagrama unifilar	RETIE - 20.23.1.4	6
7	Tomacorrientes convencionales en zonas húmedas	RETIE - 27.4.1	5
8	Otras		24
<b>Total</b>			<b>88</b>

**Figura 11.**

*Anomalías de Alto Riesgo.*

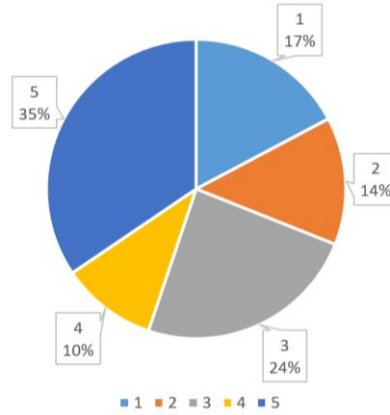
**Tabla 12.**

*Anomalías de Riesgo Medio.*

Número	Anomalía	Referente Técnico	Frecuencia
1	Uso de tubería PVC no embebida	RETIE - 20.6.1.2	10
2	Uso de conductores no canalizados	RETIE - 20.2	14
3	No cumplimiento de código de colores	RETIE - 20.23.1.3	8
4	Cajas y encerramientos no aptos para uso exterior a la intemperie.	NTC 2050 - 312.2	6
5	Otras		20
<b>Total</b>			<b>58</b>

**Figura 12.**

*Anomalías de Riesgo Medio.*



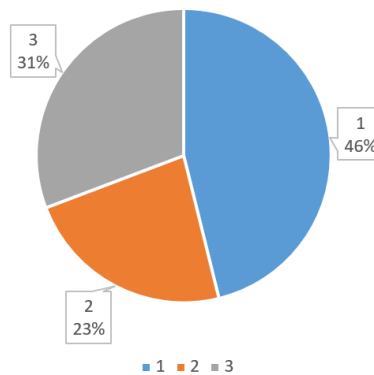
**Tabla 13.**

*Anomalías de Bajo Riesgo.*

Número	Anomalía	Referente Técnico	Frecuencia
1	Iluminación deficiente	NTC 2050 – 110.26	6
2	Tableros sin puestos de reserva	Norma ESSA - 3.1.4	3
3	Otras		4
<b>Total</b>			<b>13</b>

**Figura 13.**

*Anomalías de Bajo Riesgo.*



### **4.3 Revisión de Documentos Técnicos**

Tras la solicitud de información técnica a la empresa que se reporta en los archivos en formato PDF “Solicitud de información técnica” y “Respuesta a solicitud de información técnica”, ubicados en el apéndice A y la revisión del historial de vida de los equipos existentes en la empresa que se reporta en el documento en formato PDF “Formato de vista técnica”, también ubicado en el apéndice A se pudo apreciar que:

- No existen planos eléctricos ni diagrama unifilar de la instalación.
- No existen cuadros de cargas de los tableros de distribución en baja tensión.
- No existen responsables legales del diseño de la instalación.
- No existe un plan de mantenimiento de la infraestructura eléctrica (tableros, acometidas, canalizaciones, ductos y transformador).
- No existe un documento que muestre la medida de la resistividad en el terreno.
- No existen memorias de cálculo del diseño eléctrico existente.
- En el historial de vida de los equipos no están incluidos todos los equipos que posee la empresa, además algunos equipos están incluidos, pero no existe información sobre los mantenimientos preventivos y correctivos que les han realizados desde que fueron adquiridos por la empresa.

## **5 Requerimientos del Cliente para la Repotenciación**

La empresa metalmecánica se encuentra en un proceso de mejoramiento y expansión de su sistema eléctrico con el propósito de iniciar para mediados del 2021 un contrato que ya le fue adjudicado por 8 años con una importante empresa del sector petrolero, requiriendo ajustar su

instalación a la norma técnica vigente para minimizar el riesgo eléctrico para las personas y la instalación e introducir nuevos equipos eléctricos con el fin de expandir su capacidad de producción. En la reunión con el cliente durante la visita técnica, la cual está reportada en el apéndice A (ver archivo en formato PDF “Formato de visita técnica”), él manifestó que requiere:

### 5.1 Conexión de Nuevas Cargas a la Instalación

Se pretende conectar nuevos equipos eléctricos al sistema, los cuales son mostrados en la tabla 14. Se ampliará la zona de máquinas metalmecánicas del patio 1, donde se ubicarán más máquinas pesadas. Además, se introducirán nuevos equipos de soldadura, compresores y un nuevo equipo de cepillado de tubos. La distribución de todos los equipos proyectados se muestra en la figura 14 donde se muestran los equipos proyectados en color azul. Las fichas técnicas de estos equipos proyectados se muestran en el apéndice D.

**Tabla 14.**

*Equipos Proyectados.*

Número	Equipo	Modelo	Cantidad	Alimentación	Potencia [kW]	Total [kW]
1	Torno de roscado de tubos	Q1313	1	Trifásica	7.5	7.5
2	Torno de roscado de tubos	Q1221	2	Trifásica	11	22
3	Torno de roscado de tubos	Q1327	1	Trifásica	22	22
4	Taladro radial	Z3050 x 16/1	1	Trifásica	5.5	5.5
5	Sierra eléctrica	G5027	1	Trifásica	2.2	2.2
6	Fresadora de bancada fija	XA7150	1	Trifásica	7.5	7.5
7	Equipo de soldadura MIG	CV400	2	Trifásica	21	42

Número	Equipo	Modelo	Cantidad	Alimentación	Potencia [kW]	Total [kW]
8	Equipo de soldadura multiprocesos	DC600	1	Trifásica	30	30
9	Compresor 2 etapas	E230ME500-500	1	Trifásica	3.7	3.7
10	Motor (Equipo de cepillado de tubos)	1LF31824YK	1	Bifásica	2.2	2.2
<b>Total</b>						<b>144.6</b>

**Figura 14.**

*Ubicación de los Equipos Propuestos en la Empresa.*



Estos equipos suponen un aumento de la carga instalada de 144.6 kW (ver tabla 14) lo cual hace necesario reevaluar la capacidad del transformador de 45 kVA existente, para determinar si

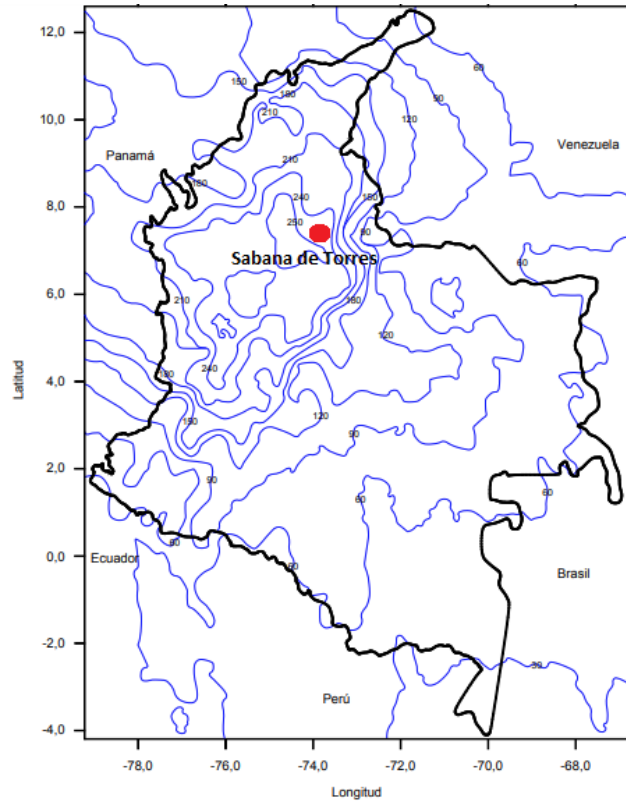
este podrá alimentar las nuevas cargas, en caso de que el transformador actual sea insuficiente se requerirá dimensionar uno nuevo.

## **5.2 Sistema de Apantallamiento**

Se requiere dimensionar un sistema de apantallamiento para proteger a las personas, equipos y estructuras de posibles descargas atmosféricas, dado a que Sabana de Torres es un lugar donde son muy comunes las tormentas eléctricas (ver figura 15). Incluso, se han reportado descargas atmosféricas en árboles en el predio de la empresa, dado que este era el punto más alto de la zona en el momento del impacto del rayo, estos rayos hasta el momento no han ocasionado daños a las personas que se encontraban en el lugar, ni a las máquinas, ni a la estructura; aunque dichos árboles si fueron afectados por la descarga eléctrica. Esto crea un antecedente sobre descargas atmosféricas en la zona y abre la posibilidad a posibles impactos de rayos en el futuro, lo cual puede ocasionar pérdidas humanas y materiales, de no existir un sistema de apantallamiento capaz de recibir la descarga y conducirla de forma segura a tierra.

**Figura 15.**

*Mapa de ISO-Niveles Cerámicos para Colombia (Área de 30 km x30 km) – 1999.*



Nota: Elaborado por el convenio Universidad Nacional de Colombia e Interconexión Eléctrica S.A. ESP, con base en el Sistema de Información de Descargas de ISA S.A. ESP.

### **5.3 Repotenciación de la Infraestructura de Iluminación**

Se requiere realizar un diseño de iluminación en los patios y oficinas que responda a las necesidades propias de las actividades que se realizan en cada área, teniendo en cuenta lo establecido en la norma técnica, fomentando el ahorro energético y las nuevas tecnologías en cuanto a luminarias. Dado a que como se evidenció en la visita técnica el sistema de iluminación actual se encuentra deteriorado.

#### **5.4 Reducción del Riesgo Eléctrico**

Como se expuso en el capítulo anterior la empresa presenta varias anomalías técnicas en sus instalaciones eléctricas, de las cuales algunas son de alto riesgo porque no existen medidas de protección a factores de riesgo eléctrico como ausencia de electricidad, contactos directos e indirectos y cortocircuito, así que se debe adecuar la instalación eléctrica a las normas técnicas vigentes para minimizar los niveles de riesgo en la empresa.

#### **5.5 Ampliación de la Parte Administrativa de la Empresa**

Se introducirán nuevos puestos de trabajo en la parte administrativa lo cual implica rediseñar la instalación eléctrica de esta zona, teniendo en cuenta los nuevos requerimientos de tomacorrientes e iluminación. En el apéndice B se presenta el plano eléctrico proyectado del piso 1 (ver archivo en formato PDF “Edificio oficinas piso 1 (proyectado)”) y del piso 2 (ver archivo en formato PDF “Edificio oficinas piso 2 (proyectado)”).

### **6 Definición de las Especificaciones de la Repotenciación**

En este capítulo se consideran todos los hallazgos previos para definir las especificaciones de la solución técnica que responda mejor a las necesidades de la empresa metalmecánica. Se comparan cuatro (4) propuestas de mejoramiento y crecimiento de la instalación de las cuales se elegirá la más conveniente para la empresa. Se elaboran planos proyectados de la repotenciación y se cuantificarán los costos de inversión aproximados.

### 6.1 Reevaluación de la Capacidad del Transformador de Distribución

Para reevaluar la capacidad del transformador de distribución de 45 kVA existente se consideró las cargas existentes en la empresa mostradas en las tablas 5, 6, 7 y 8 y las cargas proyectadas mostradas en la tabla 14. La empresa metalmecánica no utiliza todas sus cargas simultáneamente sino según sea necesario para ejecutar su proceso de inspección que consta de varios subprocesos como muestra la figura 2 por lo tanto es evidente que para las necesidades de esta empresa la demanda máxima es menor a la carga instalada. La empresa labora de lunes a sábado 8 horas diarias (a veces se requiere laborar los domingos), así que dividiendo las horas aproximadas de funcionamiento de las máquinas por las horas laboradas en un mes (se asumen 240 horas) se calculó un factor de trabajo para cada carga. La tabla 15 muestra que la carga instalada en la empresa será de 426 kW cuando se instalen los equipos proyectados y que la suma de todas las cargas instaladas bajo el factor de trabajo calculado es 90 kW, este valor es la demanda máxima de la empresa, por lo tanto se elige un transformador de 112,5 kVA por ser el valor comercial de transformador más cercano por encima de la demanda máxima calculada, dado a que el transformador seleccionado está muy por encima de la demanda máxima la instalación tendrá capacidad instalada de reserva en caso de una que se introduzcan más cargas en el futuro.

**Tabla 15.**

*Perfil de Operación de los Equipos Existentes y Proyectados.*

Equipo	Modelo	Carga [kW]	Factor de Trabajo	Potencia bajo el Factor de Trabajo [kW]
Equipo de Hardbanding	DC - 600	35	0,15	5,25
Tornos	C10T-1121	11,2	0,25	2,8
	C10MS10-1406	11,2	0,25	2,8
Sierra eléctrica	SH-260	2,2	0,25	0,55

Equipo	Modelo	Carga [kW]	Factor de Trabajo	Potencia bajo el Factor de Trabajo [kW]
Cepillo x 24"	24" Standard	5,2	0,25	1,3
Taladro de banco	-	4,5	0,25	1,125
Hidrolavadora eléctrica	-	5,2	0,25	1,3
Motobomba sumergible	RX 5	1,1	0,1	0,11
Carretes de inspección	1LA7 135-6YA70	7,4	0,1	0,74
	1LA7 135-6YA70	7,4	0,1	0,74
	1LA7 135-6YA70	7,4	0,1	0,74
Prensa eléctrica	-	22,3	0,2	4,46
Equipo de soldadura	TDC-450ED	19	0,15	2,85
	DC-600	17	0,15	2,55
	AC/DC 250	23	0,15	3,45
	MI 3-600	28,6	0,15	4,29
Compresor	2060 SDD	3,7	0,3	1,11
	2060 SDD	3,7	0,3	1,11
Caldera	E72A40C-G	4	0,2	0,8
Motobomba trifásica	TE-300TW	2,2	0,2	0,44
Registrador de presión	-	1	0,8	0,8
Equipo de cepillado de tuberías	-	1,5	0,9	1,35
Motobomba eléctrica	CPm 650	1,1	0,2	0,22
Aires acondicionados (oficinas)	VM242CE NC2	1,78	1	1,78
	VM242CE NC2	1,78	1	1,78
	AR24TRHQBURN CB	2,411	1	2,411
Equipo EMI	-	1,8	0,7	1,26
Esmeriles	EB606	0,56	0,3	0,168
	BG-10	0,56	0,3	0,168
Aire acondicionado (EMI)	AW08N0AE	0,9	0,7	0,63
Impresoras	M2035DN/L	0,97	0,2	0,194

Equipo	Modelo	Carga [kW]	Factor de Trabajo	Potencia bajo el Factor de Trabajo [kW]
	L380	0,3	0,2	0,06
	L380	0,3	0,2	0,06
	20-C423LA	0,3	1	0,3
Equipos de computo	20-C423LA	0,3	1	0,3
	20-C423LA	0,3	1	0,3
	20-C423LA	0,3	1	0,3
	20-C423LA	0,3	1	0,3
Torno de roscado de tubos	Q1313	7,5	0,25	1,875
	Q1221	11	0,25	2,75
	Q1221	11	0,25	2,75
	Q1327	22	0,25	5,5
Taladro radial	Z3050 x 16/1	5,5	0,25	1,375
Sierra eléctrica	G5027	2,2	0,25	0,55
Fresadora de bancada fija	XA7150	7,5	0,25	1,875
Equipo de soldadura MIG	CV400	21	0,15	3,15
	CV400	21	0,15	3,15
Equipo de soldadura multiprocesos	DC600	30	0,15	4,5
Compresor 2 etapas	E230ME500-500	3,7	0,3	1,11
Motor	1LF31824YK	2,2	0,9	1,98
	Iluminación	7,1	0,1	0,71
	Tomacorrientes	36,3	0,2	7,26
<b>Total</b>		425,461		89,131

## 6.2 Propuestas de Mejoramiento y Ampliación

Se plantearon cuatro (4) propuestas de mejoramiento y ampliación para la instalación eléctrica de la empresa metalmecánica (ver tabla 16) que satisfacen los requerimientos del cliente y garantizan el desarrollo de las actividades misionales de la empresa. Los planos proyectados de cada alternativa se encuentran en la carpeta “Alternativas”, ubicada en el apéndice E. Estas

propuestas fueron comparadas de acuerdo con criterios de costos estimados de inversión, espacios técnicos requeridos, confiabilidad del sistema eléctrico, capacidad de crecimiento del sistema eléctrico y facilidad de mantenimiento para elegir la propuesta más conveniente para la empresa. En el archivo en formato PDF “Concepto técnico”, ubicado en el apéndice E, se muestra a detalle las ventajas y desventajas de cada propuesta técnica en cuanto a los criterios mencionados.

**Tabla 16.**

*Propuestas de Mejoramiento y Crecimiento.*

<b>Infraestructura Eléctrica</b>	<b>Propuesta 1</b>	<b>Propuesta 2</b>	<b>Propuesta 3</b>	<b>Propuesta 4</b>
Trasformador Trifásico de 13.2kV/220V de 112,5 kVA	Aéreo	Aéreo	Pad Mounted	Pad Mounted
Sistema de Puesta a Tierra del Transformador	Electrodos	Electrodos	Malla de puesta a tierra	Malla de puesta a tierra
Redimensionamiento de Acometidas, Tableros de Distribución en Baja Tensión y Ductería.	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudio de Iluminación	Sí	Sí	Sí	Sí
Sistema de Apantallamiento	Sí	Sí	Sí	Sí
TGBT	1	2	1	2
Grupo Electrónico 8500 W	No	No	Sí	Sí

### 6.3 Veredicto

Después de analizar las ventajas y desventajas de cada propuesta se decidió que la empresa debe implementar la propuesta No. 2 por las razones descritas a continuación:

**Costos estimados de inversión:** El uso de un transformador aéreo en vez de un pad mounted reduce los costos del nuevo transformador en un 54% (ver apéndice E), además se reduce el costo del sistema de puesta a tierra del transformador que implica más complejidad en el caso

de transformadores pad mounted. La empresa puede instalar el transformador aéreo en el mismo lugar ocupado por el transformador actual pero se recomienda construir un encerramiento alrededor del punto de arranque para impedir el acceso de personal no autorizado. Existe espacio suficiente para instalar el transformador aéreo, además este no generaría contaminación visual en la zona.

**Espacios técnicos requeridos:** La instalación del nuevo transformador aéreo no abarca un área significativa, aunque se recomienda construir un encerramiento alrededor del punto de arranque, además se requiere de un área menor para construir el sistema de puesta a tierra del transformador. La empresa dispone del espacio suficiente para ubicar un TGBT en cada patio.

**Facilidad de mantenimiento:** Los mantenimientos del transformador aéreo son más rápidos y económicos, además la instalación de dos TGBT simplifica las rutinas de mantenimiento debido a la menor concentración de protecciones y equipos en cada uno de ellos.

**Confiabilidad del sistema eléctrico:** La instalación de dos TGBT aumentan la confiabilidad del sistema, además se garantiza la conexión de cargas futuras, en caso de que se requiera de nuevo conectar más equipos al sistema. La empresa podría contemplar la instalación de un grupo electrógeno, aunque la confiabilidad de la red local es buena.

**Capacidad de crecimiento del sistema eléctrico:** La existencia de dos TGBT facilita la incorporación de protecciones para nuevas cargas, además la distribución de la carga en dos acometidas principales se hace para evitar que el sistema se sobrecargue.

## 7 Entregables del Trabajo de Grado

Los apéndices están adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS

La tabla 17 muestra el contenido de cada carpeta.

**Tabla 17.**

*Contenido de los Entregables del Trabajo de Grado.*

<b>Nombre de la Carpeta</b>	<b>Contenido</b>
<b>Documentos</b>	Solicitud de visita técnica (PDF) Formato de vista técnica (PDF) Solicitud de información técnica (PDF) Respuesta a solicitud de información técnica (PDF) Facturas de energía (PDF)
<b>Planos</b>	Plano eléctrico (PDF) Diagrama unifilar (PDF) Plano arquitectónico actual piso 1 (PDF) Plano arquitectónico actual piso 2 (PDF) Plano arquitectónico proyectado piso 1 (PDF) Plano arquitectónico proyectado piso 2 (PDF)
<b>Fichas de diagnóstico</b>	Ficha de diagnóstico 1 (PDF) Ficha de diagnóstico 2 (PDF) Ficha de diagnóstico 3 (PDF) Ficha de diagnóstico 4 (PDF) Ficha de diagnóstico 5 (PDF) Ficha de diagnóstico 6 (PDF) Ficha de diagnóstico 7 (PDF) Ficha de diagnóstico 8 (PDF) Ficha de diagnóstico 9 (PDF) Ficha de diagnóstico 10 (PDF)
<b>Fichas técnicas</b>	Fichas técnicas de equipos existentes (Carpeta) Fichas técnicas de equipos proyectados (Carpeta)
<b>Concepto técnico</b>	Concepto técnico (PDF) Alternativas (Carpeta)
<b>Registro fotográfico</b>	136 fotografías en formato JPG

## 8 Conclusiones

Como resultado de las visitas técnicas visuales realizadas en las instalaciones de la empresa se encontraron 159 anomalías técnicas en su sistema eléctrico las cuales fueron clasificadas según el nivel de riesgo eléctrico, según el artículo 9 del RETIE (ver tabla 10). Del total de anomalías 88 son de alto riesgo, 58 de riesgo medio y 13 de bajo riesgo (ver figura 10). Estos hallazgos evidencian la necesidad de ajustar la instalación a las normas técnicas actuales en pro de proteger la integridad de las personas y de la infraestructura eléctrica.

Se debe agregar que durante las visitas técnicas realizadas al cliente se identificaron sus expectativas de mejoramiento y expansión de la instalación eléctrica con el propósito de formular estrategias para su adecuación, permitiendo incrementar su actividad productiva.

Finalmente, se propusieron cuatro (4) alternativas técnicas que respondían a la problemática de la empresa (ver tabla 16) de las cuales se determinó que la alternativa No. 2 es la más adecuada para las necesidades de la empresa (ver capítulo 6). De modo que se da cumplimiento a los objetivos propuestos, estableciendo una solución técnica para el problema de investigación planteado. Adicionalmente, este trabajo de investigación permitió a los autores aplicar y reforzar conocimientos adquiridos en su proceso de formación como ingenieros.

### Referencias Bibliográficas

De Máquinas y Herramientas. (6 de Noviembre de 2014). *Introducción al medidor de distancia a láser*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2020, de <https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/introduccion-al-medidor-de-distancia-a-laser>

Decámetro. (s.f.). Recuperado el 20 de Noviembre de 2020, de [http://cdn.coordiutil.com/imagen-decametro\\_20metros-1666643-800-600-1-75.jpg](http://cdn.coordiutil.com/imagen-decametro_20metros-1666643-800-600-1-75.jpg)

Electrificadora de Santander S. A. ESP. (2005). Normas para el Cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución.

ENEL X COLOMBIA. (s.f.). *Aumentos de carga*. Recuperado el 27 de Septiembre de 2020, de <https://www.enelx.com/co/es/para-las-empresas/productos/soluciones-de-energia-y-proyectos-electricos/aumento-de-carga-electrica>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas. (2008). Norma Técnica Colombiana NTC 4552-3. Bogotá, Colombia.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas. (2020). Código Eléctrico Colombiano - NTC 2050. Colombia: Carvajal.

Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (2010). Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público. Colombia.

Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (2013). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas. Colombia.

Servipozos de Colombia Ltda. (s.f.). *Misión - visión*. Recuperado el 27 de Septiembre de 2020, de <http://servipozos.com.co/nosotros/mision-vision>

Servipozos de Colombia Ltda. (s.f.). *Quiénes somos*. Recuperado el 27 de Septiembre de 2020, de <http://servipozos.com.co/nosotros/quienes-somos>