



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**ELÉCTRICA**

**Análisis de indicadores técnicos para mejorar la calidad del servicio eléctrico del alimentador JAE 202 - Jaén – Cajamarca.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTORES:**

Campos Vargas, Jorge Luis (ORCID: 0000-0003-1884-9937)

Hernández Celis, Carlos Daniel (ORCID: 0000-0001-5738-6635)

**ASESOR:**

Mg. Carlos Enrique, Sánchez Huertas (ORCID: 0000-0002-6754-8017)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Generación, Transmisión y Distribución

TRUJILLO – PERÚ

2021

## DEDICATORIA

A mis padres Fidelina y Segundo Arcidio quienes fueron las personas que me motivaron diariamente para seguir de pie luchando por mis metas, brindándome un hogar con mucho amor y paz para concentrarme con totalidad en mis estudios.

A mis hermanas Vivian y Fiorella quienes me alentaban y me brindaban mucho cariño.

**Hernández Celis, Carlos Daniel**

Dedico esta investigación a mi adorada madre Juana Vargas Coronel por sus consejos y apoyo incondicional durante mi etapa universitaria.

También a mi tía María Evita Vargas Coronel por la confianza y el apoyo, alentándome siempre a seguir adelante.

**Campos Vargas, Jorge Luis**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por mantenerme con buena salud y brindarme la fuerza necesaria para seguir adelante.

A mis asesores Ing. Carlos Enrique Sánchez Huertas y el Ing. Jorge Antonio Inciso Vásquez e Ing. Alex Deyvi Tejeda Ponce por guiarme en el desarrollo de mi tesis.

Al Programa Beca Continuidad de Estudios por brindarme el apoyo económico durante los tres últimos ciclos de mi carrera profesional.

**Hernández Celis, Carlos Daniel**

A Dios Todopoderoso por ser la fe y la fuerza que me ha permitido llegar a estos momentos de mi vida.

A mis asesores Ing. Carlos Enrique Sánchez Huertas, Ing. Jorge Antonio Inciso Vásquez e Ing. Alex Deyvi Tejeda Ponce por su orientación durante el proyecto y desarrollo de mi tesis.

**Campos Vargas, Jorge Luis**

## ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	MARCO TEÓRICO .....	4
III.	METODOLOGÍA.....	17
	3.1 Tipo y diseño de investigación .....	17
	3.2 Variables y Operacionalización: .....	17
	3.3 Población y muestra:.....	18
	3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:.....	19
	3.5 Procedimientos: .....	19
	3.6 Método de análisis de datos: .....	21
	3.7 Aspectos éticos: .....	21
IV.	RESULTADOS .....	22
	4.2 Datos del alimentador JAE 202.....	22
	4.3 Análisis de causas de interrupciones más frecuentes del periodo 2016 al 2021 mediante el diagrama de Pareto. ....	25
	4.4 Cálculo e Interpretación de los Indicadores SAIDI, SAFI y Variación de Tensión. ....	33
	4.5 Auditoría energética mediante inspección visual, medición de puestas a tierra y cámara termográfica. ....	45
	4.6 Plan de actividades y procedimiento de seguridad para la ejecución del mantenimiento. ....	53
V.	DISCUSIÓN.....	60
VI.	CONCLUSIONES.....	64
VII.	RECOMENDACIONES .....	66
	ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Tolerancias para indicadores del servicio eléctrico.....	14
<b>Tabla 2</b> Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	19
<b>Tabla 3</b> Características principales del alimentador de media tensión JAE 202..	22
<b>Tabla 4</b> Datos para el cálculo de los indicadores SAIDI, SAIFI, ENS y Compensaciones.....	23
<b>Tabla 5</b> Datos de los lugares de medición de tensión.....	24
<b>Tabla 6</b> Resumen de las causas más frecuentes de interrupciones del periodo año 2016 al año 2021 .....	30
<b>Tabla 7</b> Descripción de causas principales de interrupciones año 2016 al año 2021 .....	31
<b>Tabla 8</b> Evolución semestral de los indicadores de calidad de suministro del AMT JAE 202, periodo año 2016 al año 2021 .....	33
<b>Tabla 9</b> Evolución de la ENS, periodo año 2016 al año 2021 .....	34
<b>Tabla 10</b> Evolución anual de las Compensaciones en el periodo año 2016 al año 2021 .....	35
<b>Tabla 11</b> Consideraciones para cálculo de variación de tensión .....	37
<b>Tabla 12</b> Resultados Mediciones de tensión en el AMT JAE 202 .....	37
<b>Tabla 13</b> Panel fotográfico de deficiencias encontradas en inspección visual .....	45
<b>Tabla 14</b> Panel fotográfico de puestas a tierra con resistencia elevada .....	49
<b>Tabla 15</b> Panel fotográfico de deficiencias encontradas en inspección termográfica .....	50
<b>Tabla 16</b> Procedimiento de seguridad para ejecutar mantenimiento .....	53
<b>Tabla 17</b> Modelo de plan de mantenimiento predictivo.....	54
<b>Tabla 18</b> Propuesta de plan de mantenimiento correctivo .....	56
<b>Tabla 19</b> Proyección de número de interrupciones para el año 2022.....	56
<b>Tabla 20</b> Proyección de datos para el cálculo de indicadores SAIDI y SAIFI .....	56
<b>Tabla 21</b> Resultados de proyección de indicadores SAIDI y SAIFI para el año 2022 .....	56
<b>Tabla 22</b> Cálculo de mejora de los indicadores SAIDI y SAIFI .....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Representación general de un Alimentador de media tensión .....	6
<b>Figura 2</b> Vista de componentes eléctricos en una subestación de distribución .....	6
<b>Figura 3</b> Aisladores de porcelana, poliméricos y de fibra de vidrio .....	7
<b>Figura 4</b> Partes principales del seccionador tipo Cut Out .....	8
<b>Figura 5</b> Diagrama unifilar de instalación de recloser en troncal .....	8
<b>Figura 6</b> Diagrama unifilar de sistema de distribución trifásico a 4 hilos .....	9
<b>Figura 7</b> Representación de medición de tensión .....	10
<b>Figura 8</b> Vista de instalación de reguladores de tensión monofásicos .....	11
<b>Figura 9</b> Diagrama de flujo de procedimientos de la investigación .....	19
<b>Figura 10</b> Diagrama de Pareto de las causas de interrupciones del año 2016, AMT JAE 202 .....	25
<b>Figura 11</b> Diagrama de Pareto de las causas de interrupciones del año 2017, AMT JAE 202 .....	26
<b>Figura 12</b> Diagrama de Pareto de las causas de interrupciones del año 2018, AMT JAE 202 .....	27
<b>Figura 13</b> Diagrama de Pareto de las causas de interrupciones del año 2019, AMT JAE 202 .....	28
<b>Figura 14</b> Diagrama de Pareto de las causas de interrupciones del año 2020, AMT JAE 202 .....	29
<b>Figura 15</b> Diagrama de Pareto de las causas de interrupciones del año 2021, AMT JAE 202 .....	29
<b>Figura 16</b> Evolución semestral del SAIDI y SAIFI, periodo año 2016 al año 2021 .....	33
<b>Figura 17</b> Evolución anual de la ENS, periodo año 2016 al año 2021 .....	35
<b>Figura 18</b> Evolución anual de las Compensaciones, periodo 2016 al año 2021..	36
<b>Figura 19</b> Perfil de voltaje en SED E241006 .....	38
<b>Figura 20</b> Perfil de voltaje en SED E241101 AMT JAE 202 .....	40
<b>Figura 21</b> Perfil de voltaje en SED E241150 AMT JAE 202 .....	41
<b>Figura 22</b> Perfil de voltaje en SED E241340 AMT JAE 202 .....	43

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1</b>	Variación porcentual de tensión .....	14
<b>Ecuación 2</b>	Frecuencia de las interrupciones.....	15
<b>Ecuación 3</b>	Duración de las interrupciones .....	15
<b>Ecuación 4</b>	Energía no suministrada al momento de la interrupción.....	15
<b>Ecuación 5</b>	Compensaciones por interrupciones .....	15
<b>Ecuación 6</b>	Factor E para cálculo de compensaciones .....	16

## RESUMEN

El objetivo principal de la investigación fue realizar un análisis a los indicadores de calidad de servicio eléctrico SAIDI, SAIFI y Variación de tensión del alimentador JAE 202. La finalidad de esta investigación es plantear actividades de mantenimiento para mejorar la calidad del servicio eléctrico. Para ello se plantea la siguiente formulación ¿Cuáles son las actividades de mantenimiento que se deben realizar al alimentador JAE 202 para mejorar la calidad del servicio eléctrico?

La investigación es no experimental transversal descriptiva porque se observaron, analizaron y describieron las causas de la mala calidad del servicio eléctrico en un determinado periodo. Para la recolección de datos, utilizamos la técnica de la observación con la cual se logró identificar el estado actual del alimentador producto de la inspección visual e inspección termográfica y la técnica del análisis documental que nos dio a conocer los datos de interrupciones y caída de tensión.

Llegando a la conclusión que las principales causas de la mala calidad del servicio eléctrico en el alimentador JAE 202 son por deficiencias en las puestas a tierra, temperaturas elevadas en bornes de seccionamientos y transformadores, incumplimiento de faja de servidumbre y caída de tensión por extensión del alimentador.

**Palabras clave:** SAIDI, SAIFI, variación de tensión, servicio eléctrico.

## ABSTRACT

The principal objective of the research was to carry out an analysis of the SAIDI, SAIFI and JAE 202 power supply quality indicators. The purpose of this research is to propose maintenance activities to improve the quality of the electric service. For this, the following formulation is proposed. What are the maintenance activities that must be carried out on the JAE 202 feeder to improve the quality of the electrical service?

The research is non-experimental, cross-sectional and descriptive because the causes of poor quality of electricity service in a given period were observed, analyzed and described. For data collection, we used the observation technique with which it was possible to identify the current state of the feeder as a result of the visual inspection and thermographic inspection and the documentary analysis technique that revealed the data on interruptions and voltage drop.

Reaching the conclusion that the main causes of the poor quality of the electrical service in the JAE 202 feeder are due to deficiencies in the grounding, high temperatures in sectioning and transformer terminals, non-compliance with the easement band and voltage drop due to extension of the feeder.

**Keywords:** SAIDI, SAIFI, voltage variation, quality of electricity service.

## I. INTRODUCCIÓN

Aproximadamente hasta la década de los setenta, los estudios sobre confiabilidad en sistemas eléctricos eran dedicados solamente a los sistemas de generación. Asimismo, a partir de la década de los noventa muchos investigadores empezaron a estudiar la confiabilidad en sistemas de transmisión y distribución, debido a las constantes interrupciones del servicio eléctrico que sufrieron varios países, las cuales les generaron el retraso de sus actividades productivas y grandes pérdidas económicas. Por esta razón empezaron a establecer normativas, métodos y técnicas de cálculo para que se garantice un servicio eléctrico de calidad. También en el 2018, el Banco Mundial estimó que cientos de millones de personas recibían un suministro poco confiable, producto de los factores atmosféricos, operación, demanda y condiciones de los equipos que provocan las interrupciones y fluctuaciones de voltaje en el sistema eléctrico.

A nivel internacional, según *Enterprise Surveys* en el año 2016 las empresas latinoamericanas registraron un promedio de tres interrupciones al mes, las del Sur de Asia cerca de veinticinco interrupciones al mes con duración aproximada de setenta y dos minutos para cada una y las del África subsahariana un menor número de interrupciones, pero con mayor duración. Además, Cheng et al. (2013) señaló que las interrupciones del servicio eléctrico originan grandes pérdidas económicas en un país, por ejemplo, Andersen y Dalgaard (2013) indicaron que el efecto de las interrupciones eléctricas en el crecimiento económico del África subsahariana para el periodo de 1995 al 2007, se evidenció a largo plazo con la reducción del 2.86% del PBI.

A nivel nacional, según el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería Osinermig (2017) las concesionarias públicas con mayor cantidad de sistemas eléctricos rurales que excedieron las tolerancias del número y duración de interrupciones fueron Electro Oriente y Electro Sur Este, con catorce y cincuenta y dos respectivamente y la concesionaria que registró el mayor monto de compensaciones fue Electro Oriente con 1,093,137 de dólares para el segundo semestre del 2016. Esto refleja la poca eficacia de los mantenimientos que se viene realizando a las redes de distribución, tal como lo afirmó Electro Oriente (2019) en su memoria anual que pese a los mantenimiento correctivos y predictivos que se

realizaron, siguen incumpliendo con las tolerancias establecidas para interrupciones y calidad de tensión.

A nivel Local, Electro Oriente S.A. es una concesionaria del sector eléctrico peruano, que su área de influencia es en los departamentos de Loreto, San Martín, Amazonas y Cajamarca. En la provincia de Jaén tiene a cargo 10 alimentadores (JAE101, JAE102, JAE201, JAE202, JAE203, NJA201, NJA202, PUC101, PMH101 Y SQ201) de los cuales el alimentador JAE 202 es el que presenta la mayor parte de los reclamos por fallas según los reportes de interrupciones, lo que afecta en el incremento de los indicadores SAIDI y SAIFI. El alimentador JAE 202 tiene una tensión de línea de 22.9 KV, cuenta con 134 Subestaciones de distribución y con 280.868 km de redes aéreas. Este inicia su salida en la Subestación de transformación ubicada en Miraflores y parte hacia las zonas de Chamaya, Cumba, Lonya y Ocalli donde finaliza su recorrido. Al mismo tiempo la zona del alimentador presenta condiciones climáticas extremas como lluvias torrenciales, selva espesa, animales salvajes y geografía accidentada y por su extensión hace que el tiempo de reposición se incremente debido al tiempo que toma el personal técnico en llegar para solucionar el problema.

Por lo tanto, las constantes interrupciones acontecidas en las localidades del alimentador JAE 202 ha hecho que nos planteemos la siguiente pregunta ¿Cuáles son las actividades de mantenimiento que se deben realizar al alimentador JAE 202 para mejorar la calidad del servicio eléctrico?

El presente trabajo de investigación se justifica en el cumplimiento de la normativa de calidad de los servicios eléctricos para brindar a los usuarios un servicio eléctrico de continuo y sin interrupciones.

Debido a esto la hipótesis se estableció de la siguiente manera: mediante el análisis de los reportes de interrupciones, el análisis de la data de medición de tensión y la auditoría energética con inspección visual y termográfica, se mejorará la calidad del servicio eléctrico del alimentador JAE 202 – Jaén – Cajamarca.

Los propósitos del proyecto de investigación denominado “análisis de indicadores técnicos para mejorar la calidad del servicio eléctrico del alimentador JAE 202 - Jaén - Cajamarca” son: como objetivo general, Realizar un análisis a los indicadores SAIDI, SAIFI y Variación de tensión para mejorar la calidad de servicio eléctrico proponiendo actividades de mantenimiento y como objetivos específicos:

(1) Recolectar datos del alimentador JAE 202 mediante técnica de análisis documental, (2) Determinar las causas de interrupciones más frecuentes del periodo año 2016 al año 2021 mediante el diagrama de Pareto, (3) Calcular e interpretar los indicadores SAIDI, SAIFI y Variación de tensión (4) Realizar una auditoria energética al alimentador JAE 202 mediante inspección visual y termográfica, (5) Elaborar un plan de correctivo junto con un procedimiento de seguridad para la ejecución del mantenimiento.

## II. MARCO TEÓRICO

(Fuentes, 2017) en su tesis para obtener el grado de ingeniero mecánico electricista en la universidad nacional Pedro Ruiz Gallo, tuvo como objetivo general realizar el análisis y evaluación de los Indicadores SAIFI y SAIDI para optimizar la confiabilidad del alimentador MUY202 de Electro Oriente S.A. recolectó el historial anual de interrupciones del sistema NGC Optimus, analizó las causas de las interrupciones mediante el diagrama de Pareto e Ishikawa, logrando determinar que las causas más frecuentes son por condiciones climáticas extremas, vandalismo, colisión de vehículos y distancias mínimas de seguridad.

(Escarcena, 2017) en su tesis para obtener el grado de ingeniero mecánico electricista en la universidad Nacional del Altiplano, tuvo como objetivo general realizar el análisis del nivel de tensión alimentador de 10 KV 5006 de la ciudad de Juliaca. Primeramente, recolectó información sobre las características técnicas del alimentador; luego procedió a realizar las mediciones en campo con un analizador de redes registrando caídas de tensión para el mes de octubre del 2016 de hasta 10.4% y finalmente propuso la compra de reguladores de tensión.

(Saune, 2017) en su tesis para obtener el grado de ingeniero mecánico electricista en la universidad César Vallejo, tuvo como objetivo general optimizar los indicadores de calidad de suministro realizando trabajos de mantenimiento en media tensión en líneas energizadas, para calculó los indicadores SAIFI, SAIDI, ENS y Compensación, después elaboró y ejecutó un programa de mantenimiento (Termografía, efecto corona e inspección minuciosa) a las redes energizadas obteniendo como resultados una reducción del 14% de las compensaciones para el primer semestre del año 2016 y un 91% con respecto al segundo semestre del 2016, lo que significa un ahorro de 17529.69 dólares.

(Osinerming, 2018) en su libro denominado mejores prácticas para el análisis y supervisión de interrupciones en redes eléctricas de distribución primaria, indica que las interrupciones del servicio eléctrico en la zona selva del Perú fueron a causa del 28% de las fallas propias de los equipos, al 12% por descargas atmosféricas, al 10% por fenómenos naturales/ambientales, al 9% por fuertes vientos, al 8% por cortes de emergencia; para los cuales propuso la poda de árboles, la inspección termográfica, la inspección visual, el retiro de elementos extraños y la inspección

de puestas a tierra debido a que su baja resistencia garantizan la disipación de las descargas atmosféricas.

(Cabrera, 2018) en su tesis para obtener el grado de ingeniero mecánico electricista en la Universidad César Vallejo, denominada Mantenimiento predictivo con aplicación de un sistema termográfico para optimizar los indicadores de calidad de suministro en los alimentadores de media tensión Trujillo Nor Oeste, calculó el indicador SAIDI obteniendo un 11.85 horas para el semestre 1 del 2017 y 9.26 horas para el semestre 2 del 2017 en el alimentador TOE 104, también calculó el indicador SAIFI obteniendo 7.65 veces para el semestre 1 del 2017 y 5.32 veces para el semestre 2 del 2017. Finalmente, aplicó un plan de mantenimiento predictivo y obtuvo que para el año 2018 se redujo en un 35% el SAIDI y en un 30% el SAIFI respectivamente a los semestres 1 y 2 del 2017.

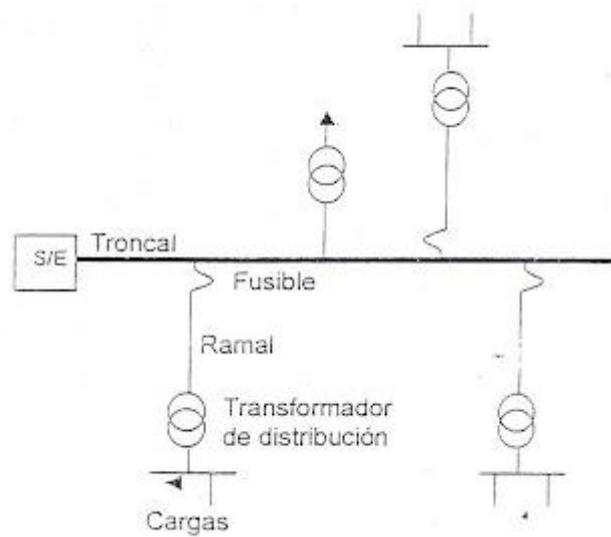
(Cacha y Rosales, 2018) en su tesis para obtener el grado de ingeniero industrial en la Universidad César Vallejo, denominada "Mantenimiento predictivo del alimentador de media tensión TIC295 para mejorar la confiabilidad distrito de Ticapampa, Empresa Hidrandina S.A. - Huaraz 2018", diagnosticaron que el principal problema del alimentador de media tensión son los seccionamientos de línea troncal de las fases R, S y T, debido a las descargas atmosféricas y señalan que el mantenimiento predictivo mejoró la confiabilidad del alimentador de media tensión.

(Chávarry, 2020) en su tesis para obtener el grado de ingeniero mecánico electricista en la universidad César Vallejo, denominada "Análisis de los Indicadores SAIDI y SAIFI para determinar su efecto en la confiabilidad del alimentador de media tensión NAM 001 Hidrandina Cajamarca", concluye que las fallas del alimentador se debe a las condiciones atmosféricas con 49% de las paradas totales y 30.1% de tiempo de reparación de la falla y transitorios con 32% de las paradas totales y 17% de tiempo de reparación de la falla.

Un **alimentador de media tensión** (AMT) comprende un conjunto de componentes eléctricos con el fin de llevar energía eléctrica a las subestaciones de distribución (transformadores que se encuentran en los postes de la ciudad y localidades) las cuales reducen el nivel de tensión para que finalmente llegue al usuario final.

## Figura 1

*Representación general de un Alimentador de media tensión*



*Nota: Elaboración propia.*

Las líneas de distribución de energía eléctrica se encuentran en áreas urbanas y rurales, con los niveles de media tensión (10kV - 22.9kV) y baja tensión (440-220 y 380/220 V) siendo sus principales componentes los conductores, estructuras, aisladores, transformadores, seccionadores y puestas a tierra (CNE Suministro, 2011).

## Figura 2

*Vista de componentes eléctricos en una subestación de distribución*



*Nota:* La figura representa un poste de concreto armado que sostiene a las tres fases del alimentador mediante sus ménsulas, además 3 seccionadores tipo cut out que sirven de conexión hacia los bushings del transformador. Fotografía brindada por *L&H Contratistas - Jaén*.

El **Conductor eléctrico** es un material usualmente en forma de alambre o cable capaz de conducir corriente eléctrica desde un punto inicial hasta un punto final, la temperatura máxima recomendada en conductores es de 75°C (CNE Suministro, 2011).

**La Estructura** es la unidad principal de soporte ya que esta sostiene a los conductores mediante las ménsulas y crucetas, a los equipos de protección y ferretería en general. En distribución usualmente son postes de concreto y madera y los criterios para su evaluación son la rotura, deformaciones y el pandeo o inestabilidad (CNE Suministro 2011).

**Los Aisladores** son componentes de material dieléctrico y tienen la función de aislar a los conductores de la estructura y de soportar las tensiones disruptivas que ejercen las descargas atmosféricas sobre los conductores. Cabe agregar que, si la tensión disruptiva del campo eléctrico es mayor a la nominal del aislador, la conductividad en el aislador aumenta significativamente, generando fugas a tierra. Finalmente se dice que cada aislador tiene su tensión nominal disruptiva y que se forman las cadenas de aisladores para compensar las sobretensiones máximas de 300 kV que pueden presentarse en las líneas de media tensión de la sierra y selva.

### **Figura 3**

*Aisladores de porcelana, poliméricos y de fibra de vidrio*



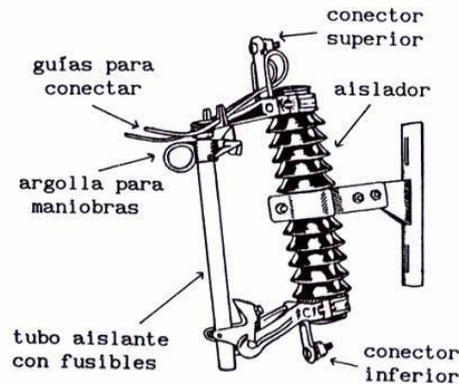
*Nota:* Web de PPC INSULATORS.

**Los seccionadores** se utilizan en redes aéreas para proporcionar protección de sobrecorriente a los transformadores, estos entran en funcionamiento cuando la corriente que pasa por el fusible es superior a su mínima corriente de fusión, por lo tanto, se funde y desconecta la falla. Finalmente se debe tener en

cuenta las conexiones de conductores en sus borneras no deberán superar la temperatura máxima de 75°C.

#### Figura 4

*Partes principales del seccionador tipo Cut Out*

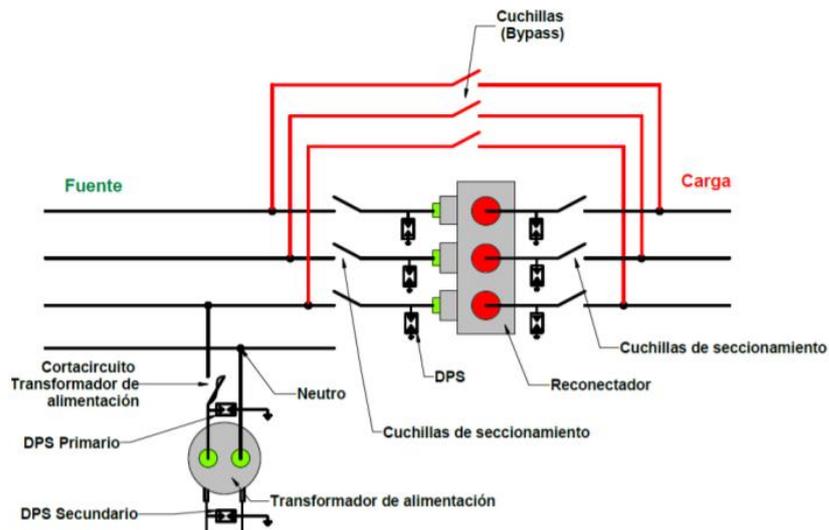


*Nota: Berrio y Riaño, 2007.*

El **Recloser** es un equipo que detecta fallas transitorias de sobrecorrientes, fugas a tierra, variaciones de frecuencia y tensión, etc. en las fases de la línea de media tensión, con el fin de despejarlas y reconectarse automáticamente durante tres veces, pero abre el circuito cuando las fallas son permanentes, es decir en la cuarta vez de despeje se abre y se bloquea (SIOSAC, 2016).

#### Figura 5

*Diagrama unifilar de instalación de recloser en troncal*



*Nota: Ficha técnica SIOSAC.*

El **Interruptor**, es un equipo que sirve para despejar las fallas que se producen aguas debajo de su ubicación. Cabe recalcar que son los únicos equipos que pueden abrir y cerrar el circuito bajo carga normal y en condiciones de fallo.

**El Transformador**, es una máquina electromagnética que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna; está constituido por dos arrollamientos que son fabricados de conductores de cobre y son aislados con papel de clase térmica E (120°) según la norma IEC 60085.

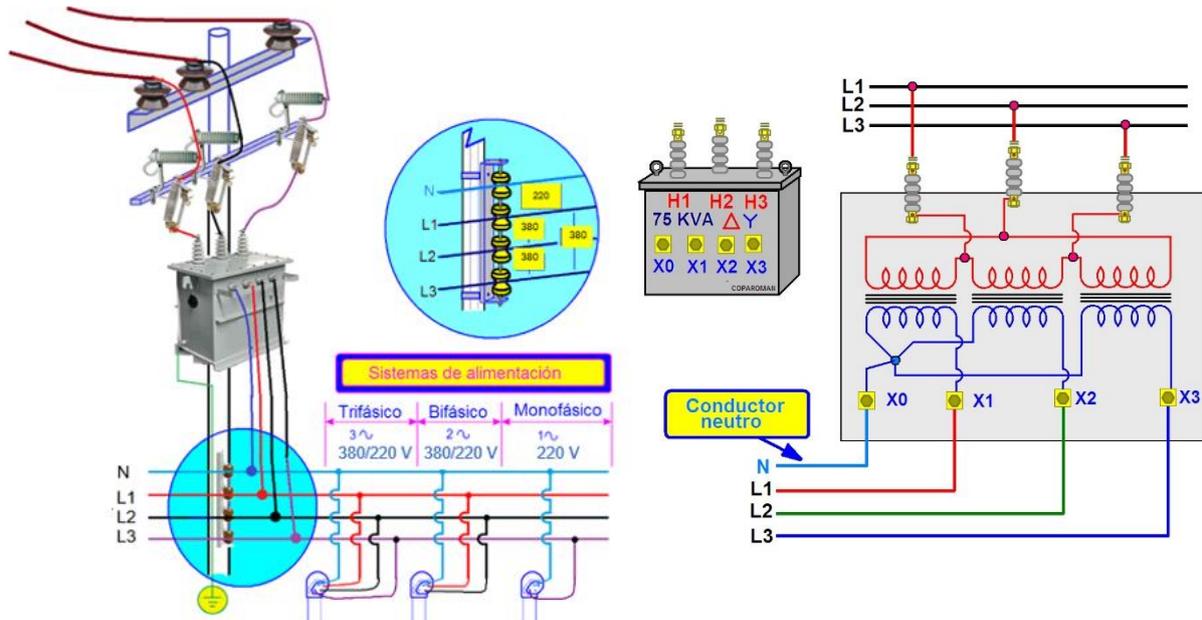
Los tipos de enfriamiento son por circulación natural de aceite y aire (ONAN, KNAN) y circulación natural de aceite con circulación forzada de aire (ONAF). Según la norma IEC 60076-2 (elevación de temperatura en transformadores de potencia parte dos la letra O significa que el punto de inflamación del aceite es menor o igual a 300° y la letra K que el punto de inflamación del aceite es mayor o igual a 300°.

Según la corporación *FONAFE* las empaquetaduras serán de caucho Nitrílico (NBR) el cual tiene un rango de temperatura de operación de -30°C a +115 °C y las de Caucho de flúor (FPM) el cual tiene un rango de temperatura de operación de -30°C a +135 °C.

Para su mantenimiento el fabricante *RT.MX* indica medir la temperatura de operación, verificar estado y fugas de aceite, realizar pruebas de los sistemas de seguridad, verificación de limpieza y ajuste de conectores, verificación de estado de la pintura.

## **Figura 6**

*Diagrama unifilar de sistema de distribución trifásico a 4 hilos*

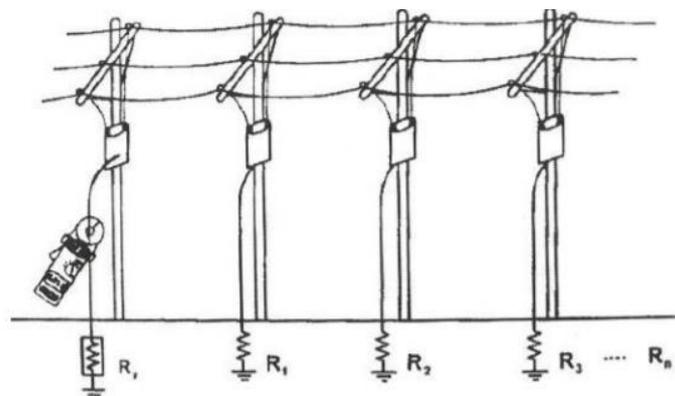


*Nota:* Se representa la conexión de un transformador trifásico, cabe recalcar que existen transformadores bifásicos y monofásicos, las cuales son seleccionados de acuerdo a la carga que se desea alimentar. Paco, 2016.

Las **puestas a tierra** en electrificación rural tienen la finalidad de garantizar una buena operación en los sistemas sin neutro corrido y retorno total por tierra, debido a que las únicas puestas a tierra importantes son la del neutro del transformador de potencia y a la subestación de distribución, de disminuir los efectos por descargas atmosféricas y de despejar las corrientes de fuga (Norma DGE, 2003).

**Figura 7**

*Representación de medición de tensión*



*Nota:* Higuita, 2020.

**El regulador de tensión** es un equipo eléctrico que regula de manera automática el nivel de tensión en las fases de la línea de distribución (ELECTROWERKE). Estos se instalan en cada fase del alimentador y son monofásicos para poder regular la tensión de cada fase por medio de un cambiador de taps de 32 pasos (KOTKOFF Electric, 2021).

### **Figura 8**

*Vista de instalación de reguladores de tensión monofásicos*



*Nota: ELECTROWERKE*

**El pararrayo** es el componente que se encarga de trasladar las tensiones disruptivas de las descargas atmosféricas hacia tierra. Su principio de funcionamiento se basa en detectar una sobretensión en fase, luego en conectarse automáticamente al conductor de tierra, para eliminarla y reconectar la línea mediante la actuación automática del desconectador; pero si es que este se cortocircuita a tierra, ya no se reconectará el servicio eléctrico y se tendrá que cambiar el pararrayo (IBERICA).

**El Tablero de distribución eléctrica** es el centro de carga en donde se encuentran los controles de los equipos de protección de los diferentes circuitos de la instalación.

Una **interrupción** es la falta de energía eléctrica a los usuarios. Al respecto cabe decir que se denomina interrupción a aquellas que duran más de tres minutos y a las que duran menos de tres minutos no se le considera como interrupciones totales de suministro (NTCSE).

**En los tipos de interrupciones** se encuentran las **interrupciones programadas**, aquellas que tienen una fecha de programación y se publica en los medios de comunicación para que el usuario esté al tanto y pueda adaptarse a ese día, mayormente son realizadas para ejecutar actividades de mantenimiento y por expansión de redes y las **interrupciones imprevistas**, aquellas que no son programadas y que suceden por fallas originadas por la misma empresa, por la naturaleza, por terceros como colisión de vehículos con los postes, hurto del cable y actos vandálicos, etc.

El **mantenimiento** es un conjunto de tareas que se le realizan a las maquinarias y componentes de un sistema eléctrico para garantizar el óptimo funcionamiento del proceso productivo (Rey, 2001). En los tipos de mantenimiento se encuentra el mantenimiento correctivo, el cual comprende a las de tareas que se realizan cuando la máquina falla, el mantenimiento preventivo como el conjunto de tareas que se realizan cronológicamente para mantener el funcionamiento de las maquinas; el mantenimiento predictivo en donde se utiliza la inspección visual y equipos modernos de medición para obtener parámetros físicos del funcionamiento de las maquinas sin interrumpir el trabajo de la misma, y finalmente el mantenimiento cero horas en donde se hace una revisión completa a la máquina para dejarla como nueva (García, 2010).

**La auditoría energética** es un procedimiento que conlleva a la eficiencia energética; esta se basa en el análisis de la situación actual de sistemas de consumo de energía, con el fin de detectar las causas que afectan a su buen funcionamiento y proponer alternativas de solución (Morote, 2016). Según la AEC (Asociación Española de Calidad, 2019) para desarrollar el procedimiento de una auditoria energética en primer lugar se recolectará información, en segundo lugar, se realizará mediciones en campo, en tercer lugar, se analizará los datos de las mediciones con la información disponible, en cuarto lugar, se elaborará un plan de acciones que permitan la detención de causas y finalmente se presentará un plan de soluciones a los problemas encontrados.

La **inspección visual**, es una técnica predictiva que se realiza a cualquier cuerpo con el fin de detectar anomalías que afectan a su funcionamiento.

La **inspección termográfica** es una técnica predictiva en donde se utiliza la cámara termográfica para encontrar los puntos calientes en aislamientos, conexiones y componentes de una línea de distribución eléctrica (Prada, 2016).

El **análisis de redes** es una técnica que permite medir parámetros eléctricos como la distorsión armónica, las fluctuaciones de voltaje, la corriente y la potencia de un sistema mediante un analizador de redes (López y Esparza, 2003).

El **diagrama de Pareto** es una técnica de análisis de información que sirve para separar gráficamente las causas más importantes de una problemática, es decir, con este se obtienen las causas que generan el 80% y el 20% de los problemas (IZAR, 2004).

El **análisis documental** consiste en la lectura, interpretación y presentación de la información para la obtención de datos que faciliten el entendimiento del trabajo de investigación (Castillo, 2005).

Las **normativas** que se tomaron en cuenta para mejorar la calidad del servicio eléctrico en el alimentador JAE 202 son:

La **Ley de Concesiones Eléctricas N°25844**.

- Artículo 31 inciso b. toda concesionaria está obligada a conservar sus instalaciones tal y cual fueron diseñadas.

El **Código Nacional de Electricidad – Suministro 2011** establece las reglas para salvaguardar la vida de las personas que están construyendo, operando o dando mantenimiento a una instalación eléctrica.

- Artículo 033. A. el conductor de puesta a tierra debe de ser de material resistente a la corrosión y que no debe presentar cortes ni uniones.
- Artículo 218.A.1. los árboles que se encuentren dentro de la faja de servidumbre de la instalación eléctrica deberán ser podados luego de la coordinación previa con los responsables del cuidado de estos.
- Artículo 017.D. la tolerancia de variación de tensión para sistemas eléctricos rurales de media tensión es de  $\pm 6\%$ .

El **Ministerio de Energía y Minas (MEN)**, Norma DGE “Bases para el Diseño de Líneas y Redes Primarias para Electrificación Rural” señala los siguientes aspectos para la construcción de líneas de 22.9 kV y 22.9/13.2 kV:

- La distancia mínima vertical entre el conductor inferior y los árboles será de 2,50 metros y la distancia radial entre el conductor y los árboles laterales de 0,50 metros.
- Para sistemas sin neutro corrido se debe de colocar una puesta a tierra cada tres estructuras.
- El valor máximo de resistencia en las puestas a tierra de subestaciones trifásicas y monofásicas conectadas entre fases (bifásicas) es de 25 ohmios.

Las normas establecidas por el **Osinermin** que establecen parámetros e indicadores mínimos para evaluar la calidad del servicio eléctrico son:

La **NTCSE** “Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos Urbanos” aprobada por Decreto Supremo N°020-97-EM, aplica para los sistemas típicos de distribución 1, 2 y 3.

La **NTCSER** “Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos Rurales” aprobada por Resolución Directoral N°016-2008-EM/DGE, aplica para los sistemas típicos de distribución 4, 5, 6, y SER.

**Tabla 1**

*Tolerancias para indicadores del servicio eléctrico*

<b>Tolerancias de indicadores</b>		
Variación de tensión	±6%.	Artículo 017.D - CNE
SAIDI Sector típico 5	16 horas/año	Osinermin 2011
SAIFI Sector típico 5	12 veces/año	

*Nota:* Elaboración propia.

Los indicadores técnicos para evaluar la calidad del servicio eléctrico son:

El indicador de **variación de tensión**

**Ecuación 1**

*Variación porcentual de tensión*

$$\Delta V_k = \frac{(V_k - V_N)}{V_N} * 100 \quad [\%] \tag{1}$$

**Donde:**  $\Delta V_k$ : variación porcentual de la tensión.  $V_k$ : tensión promedio medida en las fases del alimentador.  $V_N$ : tensión nominal en las fases del alimentador.

El indicador **SAIFI**, es la frecuencia promedio de las interrupciones en un periodo determinado (Osinergmin, 2011), y se calcula con la siguiente ecuación.

### **Ecuación 2**

*Frecuencia de las interrupciones*

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n U_i}{N} \quad (2)$$

**Donde:**  $U_i$ : cantidad de usuarios afectados en cada interrupción.  $N$ : cantidad de usuarios en el alimentador.

El indicador **SAIDI**, es el tiempo promedio de la interrupción en un determinado tiempo (Osinergmin, 2011), y se calcula con la siguiente ecuación.

### **Ecuación 3**

*Duración de las interrupciones*

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n t_i * U_i}{N} \quad (3)$$

**Donde:**  $t_i$ : duración de cada interrupción.  $U_i$ : cantidad usuarios afectados en cada interrupción.  $N$ : cantidad de usuarios en el alimentador.

Al ocurrir una interrupción del servicio eléctrico se deja de suministrar energía a los usuarios que la sufren, por lo tanto, esta se calcula con la siguiente ecuación.

### **Ecuación 4**

*Energía no suministrada al momento de la interrupción*

$$ENS = \frac{ERS}{(NHS - \sum d_i)} * SAIDI \quad \left[ \frac{kW}{h} \right] \quad (4)$$

**Donde:**  $ERS$ : energía registrada en el periodo.  $NHS$ : número de horas del periodo.  $\sum d_i$ : duración total de interrupciones en el periodo.

Al dejarse de suministrar energía a una cierta cantidad de usuarios, la concesionaria está obligada a devolverla. A este proceso se le denomina **compensaciones** y es el monto que debe descontar la concesionaria a los usuarios afectados del alimentador en sus próximas facturaciones. Se calcula con la siguiente ecuación.

### **Ecuación 5**

*Compensaciones por interrupciones*

$$CI = 0.35 \text{ US\$/kWh} * E * ENS \quad (5)$$

**Ecuación 6**

*Factor E para cálculo de compensaciones*

$$E = \left[ 1 + \left( \frac{SAIFI - SAIFI'}{SAIFI'} \right) + \left( \frac{SAIDI - SAIDI'}{SAIDI'} \right) \right] \quad (6)$$

**Donde:** (') es tolerancia de los indicadores.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

##### **Tipo de investigación:**

El tipo de investigación fue aplicada, debido a que se utilizó antecedentes, teorías y técnicas de recolección de datos como la observación y el análisis documental, para determinar una solución fundamentada a la problemática de la mala calidad del servicio eléctrico en el alimentador JAE 202, producto de las interrupciones y la caída de tensión (RENACYT, 2018).

##### **Diseño de investigación:**

El diseño de investigación fue no experimental transversal descriptiva. No experimental debido a que no se modificó la variable independiente para generar datos con la variación de la variable dependiente, transversal porque se recogerán los datos en un tiempo específico y descriptiva porque las variables se observaron y describieron tal y cual se encontraron en la realidad (Sampieri, 2003).

#### 3.2 Variables y Operacionalización:

**Variable Independiente:** Auditoría Energética.

##### ***Definición conceptual:***

Es un procedimiento que se basa en el análisis de la situación actual de sistemas de consumo de energía, con el fin de detectar las causas que afectan a su buen funcionamiento para proponer alternativas de solución (Morote, 2016).

##### ***Definición operacional:***

Para el desarrollo de la auditoría energética se utilizó los reportes de interrupciones del alimentador JAE 202, la data de medición de la tensión, la inspección visual, las mediciones de puestas a tierra y la inspección termográfica a los componentes y lugares con más frecuencia de fallas.

##### ***Indicadores:***

Las causas y cifras de interrupciones se obtendrán de los reportes del año 2016 al año 2021. Los datos de tensión se obtendrán de la data de medición en voltios (V). La inspección visual se determinará mediante el estado de la línea. Las resistencias de puestas a tierra se medirán mediante una pinza amperimétrica en ohmios ( $\Omega$ ). La inspección termográfica se medirá mediante una cámara termográfica en grados centígrados ( $^{\circ}\text{C}$ ).

**Escala de medición:**

Nominal, de razón y de intervalo respectivamente la presentación de los indicadores.

**Variable Dependiente:** Calidad del Servicio Eléctrico.

**Definición conceptual:**

Es un conjunto de indicaciones, que se exigen en las normas técnicas del sector eléctrico para el diseño, construcción, mantenimiento y supervisión de sistemas eléctricos, con el fin de brindar a los usuarios un suministro eléctrico confiable (Osinergmin, 2011).

**Definición operacional:**

La calidad del servicio eléctrico se midió con los siguientes indicadores: con la variación de nivel de tensión y con la duración, frecuencia, energía no suministrada y compensaciones en interrupciones.

**Indicadores:**

Los indicadores son: la diferencia porcentual de la tensión en porcentaje (%), el SAIDI en horas/año, el SAIFI en nro. de interrupciones/año, la energía no suministrada en las interrupciones (ENS) en KWh y las compensaciones por interrupciones en dólares/año.

**Escala de medición:**

De razón debido a que los valores serán una sola cifra numérica.

**3.3 Población y muestra:****Población:**

Los 10 alimentadores que está a cargo la empresa Electro Oriente S.A. en la provincia de Jaén – Cajamarca.

**Muestra:**

El alimentador JAE 202 en la provincia de Jaén – Cajamarca.

**Muestreo:**

Según Hernández et al, (2003), dice que el tipo de muestreo no probabilístico depende de las características del proyecto de investigación, por lo tanto, el tipo de muestreo de la investigación es no probabilística por conveniencia debido a que la muestra se seleccionó por dos motivos: uno por la disposición de la información y

dos por el apoyo brindado por la empresa Electro Oriente S.A. para realizar la toma de datos en campo.

**Unidad de análisis:**

El alimentador JAE 202 en la provincia de Jaén – Cajamarca.

**3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:**

**Tabla 2**

*Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

<b>TÉCNICA</b>	<b>INSTRUMENTO</b>	<b>VALIDACIÓN</b>
<p><b>Observación:</b></p> <p>Esta técnica nos permitió obtener el estado y temperatura de componentes mediante la inspección visual y termográfica realizada al alimentador JAE 202.</p>	<p><b>Guía de observación de campo:</b></p> <p>En esta guía se detalló los conceptos de inspección y se registró los datos producto de dichas inspecciones.</p>	Por especialista
<p><b>Análisis documental:</b></p> <p>Esta técnica nos permitió obtener información del alimentador JAE 202, mediante los documentos brindados por la empresa.</p>	<p><b>Ficha de registro:</b></p> <p>En esta ficha se registraron los datos necesarios para la investigación, obtenidos de los documentos proporcionados por la empresa.</p>	Por especialista

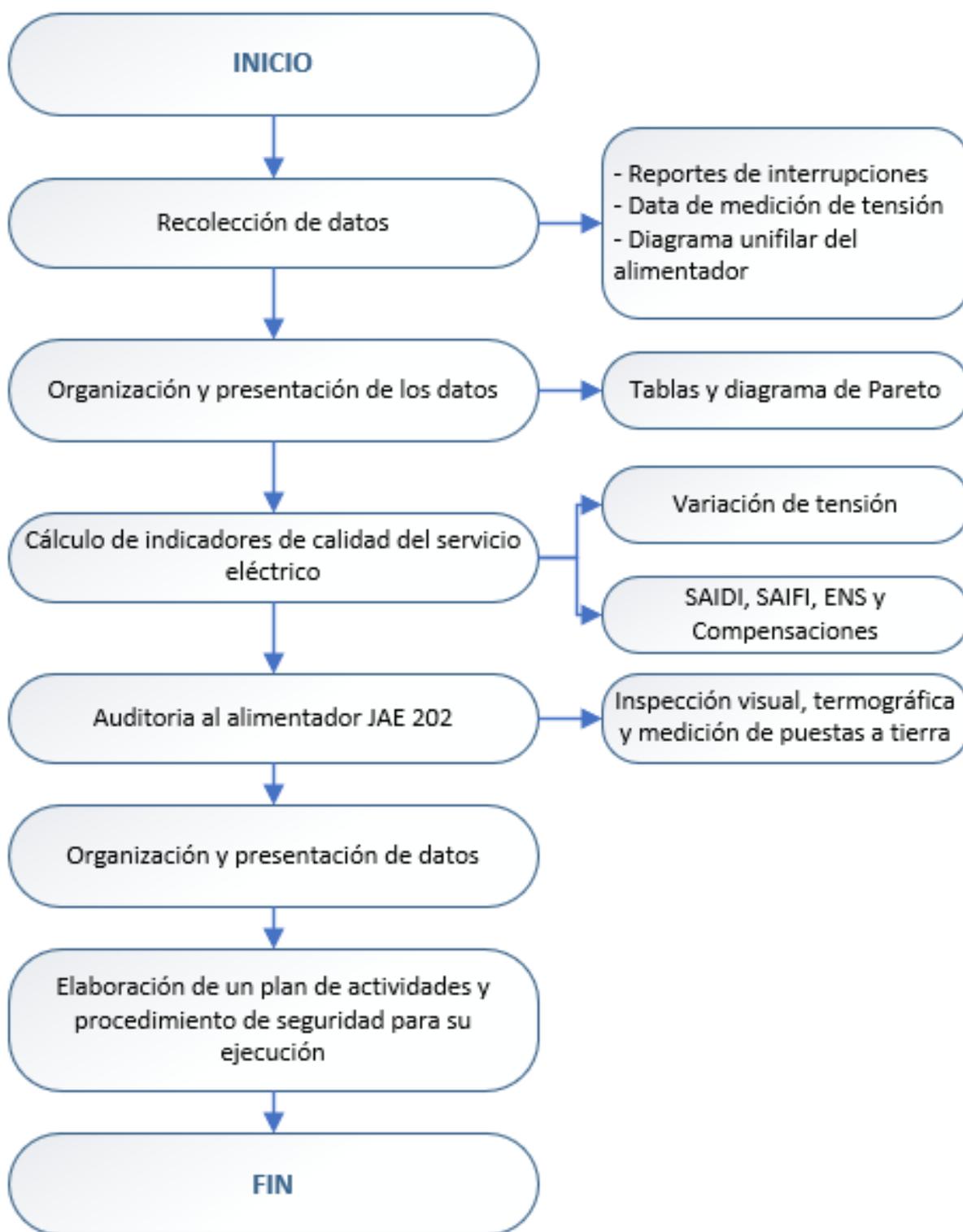
Nota: Elaboración propia

**3.5 Procedimientos:**

Para el desarrollo de la presente investigación se siguieron los procedimientos que se muestran en la Figura 7.

**Figura 9**

Diagrama de flujo de procedimientos de la investigación.



Nota: Elaboración propia.

### **3.6 Método de análisis de datos:**

Los indicadores de calidad de tensión y suministro serán calculados mediante las ecuaciones establecidas por el Osinerming en su normativa de supervisión de sistemas eléctricos rurales y analizados con las tolerancias que establece el Código Nacional de Electricidad y el Osinerming.

Los resultados de temperatura serán interpretados mediante las temperaturas máximas de operación de los conductores y transformadores.

Nos apoyaremos como herramienta de cálculo en el software Excel.

### **3.7 Aspectos éticos:**

La presente investigación se realizó con datos reales, la empresa nos brindó la información necesaria y los equipos de medición para el desarrollo de la investigación. Además, la recopilación de información para los antecedentes y marco teórico se obtuvo de libros, revistas, artículos y proyectos de pregrado. Tal es así que todo lo que no es autoría de los autores se referenció para evitar el plagio.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Datos del alimentador JAE 202.

El alimentador JAE 202 del sistema eléctrico SE2225 Bagua – Jaén Rural, se encuentra ubicado en la provincia de Jaén, en el ámbito de Selva alta al Nororiente, posee un clima cálido todo el año; frecuentes lluvias, con precipitaciones pluviales entre los meses de mayo a setiembre, siendo las principales características las que se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Características principales del alimentador de media tensión JAE 202*

CARACTERÍSTICAS DEL ALIMENTADOR JAE 202	
Concesionario	Electro Oriente S.A.
Sistema eléctrico	Bagua-Jaén Rural
Sector típico	5
Código de alimentador	A2404
Lugares de influencia	Inicia en la subestación de transmisión (SET) ubicada en el sector Miraflores, luego va a Chamaya, Cumba, Lonya y finaliza en el distrito de Ocalli, departamento de Amazonas.
Nivel de tensión	22.9 kV/13.2 kV
Configuración	3ø – fases RST
Frecuencia	60 Hz
Factor de potencia	0.90 (atraso)
SED	255
Longitud de redes	282.86 km
Estructuras	2264
Conductores	Aleación de aluminio (AAAC) de 70, 50, 35, 25 mm <sup>2</sup> .
Aislador de porcelana	Tipo PIN 25 Kv
Aislador polimérico	Tipo suspensión
Recloser	3 unidades
Regulador de tensión	1 unidad
Seccionador unipolar tipo CUT - OUT	36
Puesta a tierra	Electrodo Copperweld.

*Nota:* Electro Oriente S.A.

De los formatos Excel brindados por la concesionaria Electro Oriente S.A. denominados reportes de interrupciones del sistema eléctrico SE2225 Bagua –

Jaén Rural, se filtró la información para el alimentador JAE 202 con código A2404 para obtener los datos iniciales para el cálculo de indicadores SAIDI y SAIFI, siendo estos los que se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 4**

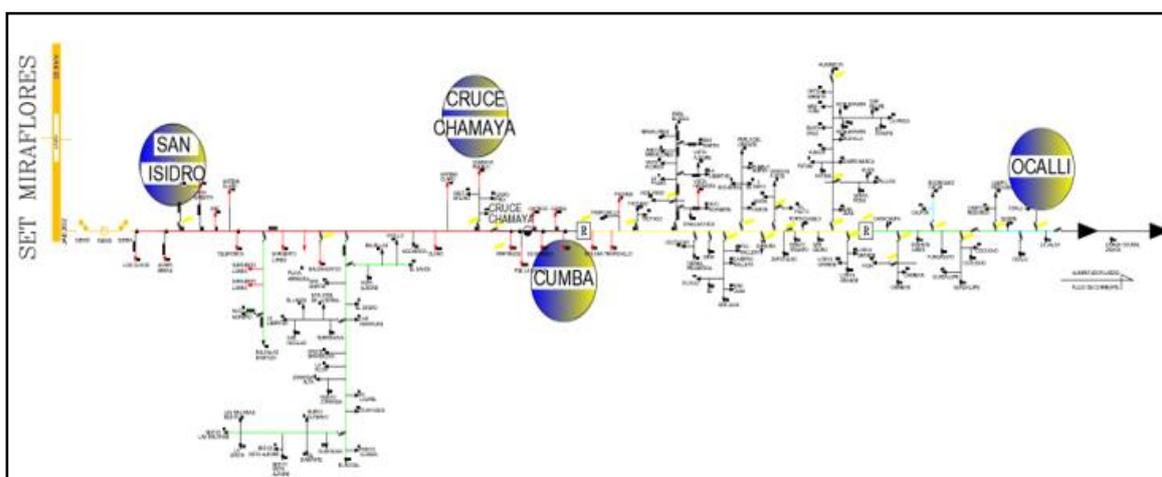
*Datos para el cálculo de los indicadores SAIDI, SAIFI, ENS y Compensaciones*

DATOS PARA EL CÁLCULO DE INDICADORES SAIDI Y SAIFI					
Periodo	Nro. interrupciones	Duración total [horas]	Nro. usuarios afectados	Nro. usuarios en el sistema	Energía no suministrada [MW/h]
2016	45	121:39:30	170868	7222	61.418
2017	30	70:52:00	89350	7244	81.08
2018	33	68:39:43	118173	7276	43.86
2019	18	76:10:00	79442	7292	54.46
2020	51	131:24:00	150133	7321	52.616
2021	27	57:35:43	87779	7336	40.093

*Nota:* Electro Oriente S.A.

**Medición de la tensión con analizador de redes.**

Se obtuvo los datos de la medición de tensión del mes de agosto del 2021 en cuatro puntos del alimentador JAE 202. La tensión fue obtenida para cada fase del sistema con un analizador de redes PQ-Box 100.



*Nota:* Elaboración propia.

Del reporte de medición de tensión en el alimentador JAE 202 se obtuvo 50 valores de voltaje para cada fase RST en cada lugar de medición, los cuales se muestran en anexos y su detalle de ubicación en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Datos de los lugares de medición de tensión*

DATA DE MEDICIÓN DE TENSIÓN	
Nro. de medición	Ubicación
1	Coordenadas UTM, WGS84, ZONA 18, HEMISFERIO SUR. Este: 80787.378 m Norte: 9367495.243 m Caserío: San Isidro SED: E241006
2	Coordenadas UTM, WGS84, ZONA 18, HEMISFERIO SUR. Este: 83864.166 m Norte: 9353210.692 m Distrito: Cruce Chamaya SED: E241101
3	Coordenadas UTM, WGS84, ZONA 18, HEMISFERIO SUR. Este: 90821.762 m Norte: 9346383.962 m Distrito: Cumba SED: E241150
4	Coordenadas UTM, WGS84, ZONA 18, HEMISFERIO SUR. Este: 138433.737 m Norte: 9309681.362 m Distrito: Ocalli SED: E241340

*Nota: Electro Oriente S.A.*

## 4.2 Análisis de causas de interrupciones más frecuentes del periodo año 2016 al año 2021 mediante el diagrama de Pareto.

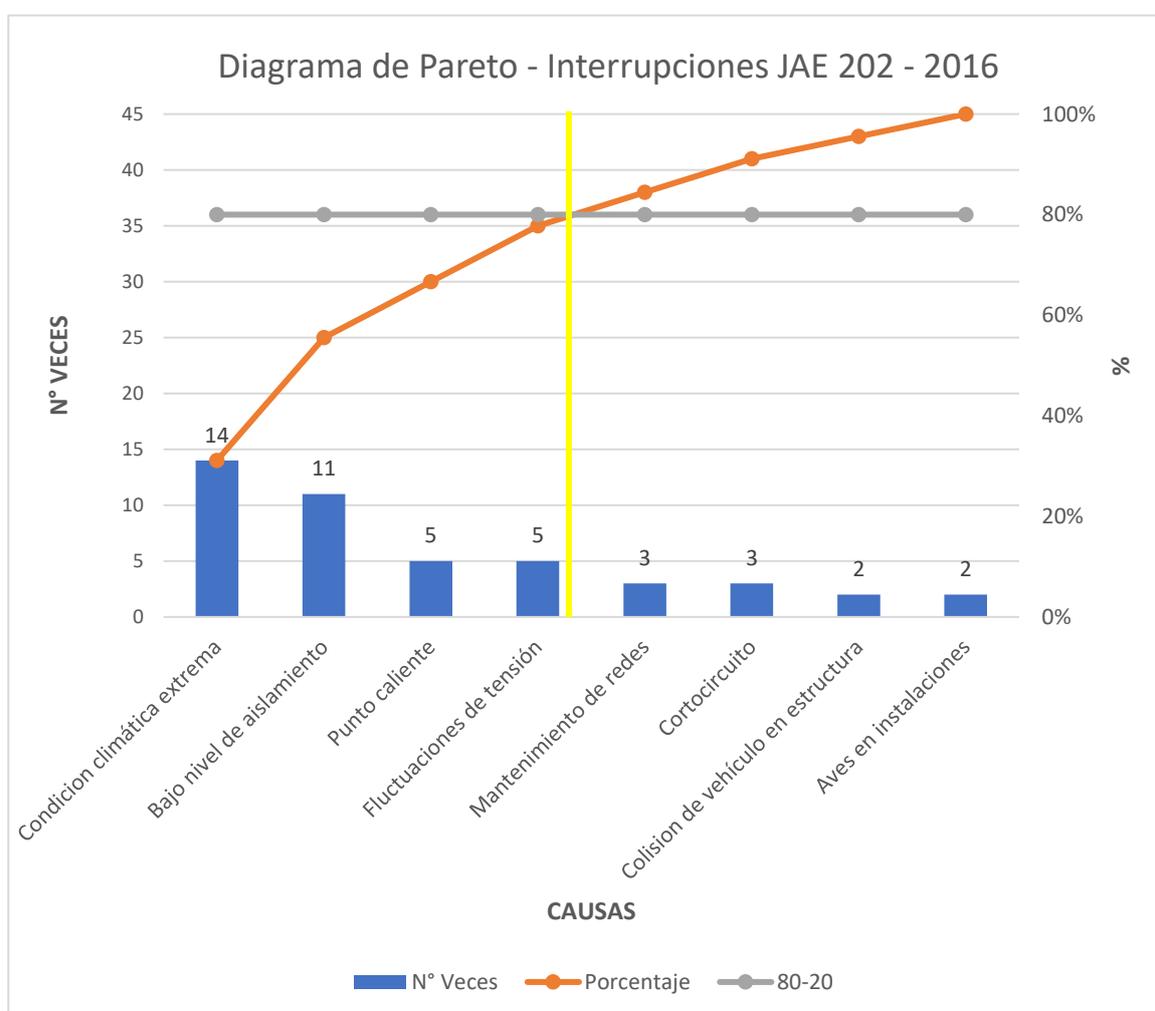
Se analizó las causas más frecuentes que producen las interrupciones del alimentador JAE 202 anualmente del periodo 2016 al año 2021, mediante la técnica del diagrama de Pareto. A continuación, se muestran las causas de fallas más predominantes.

### Análisis de interrupciones año 2016

En el año 2016 las causas de las interrupciones fueron las que se muestran en la Figura 10.

**Figura 10**

*Diagrama de Pareto de las causas de interrupciones del año 2016, AMT JAE 202*



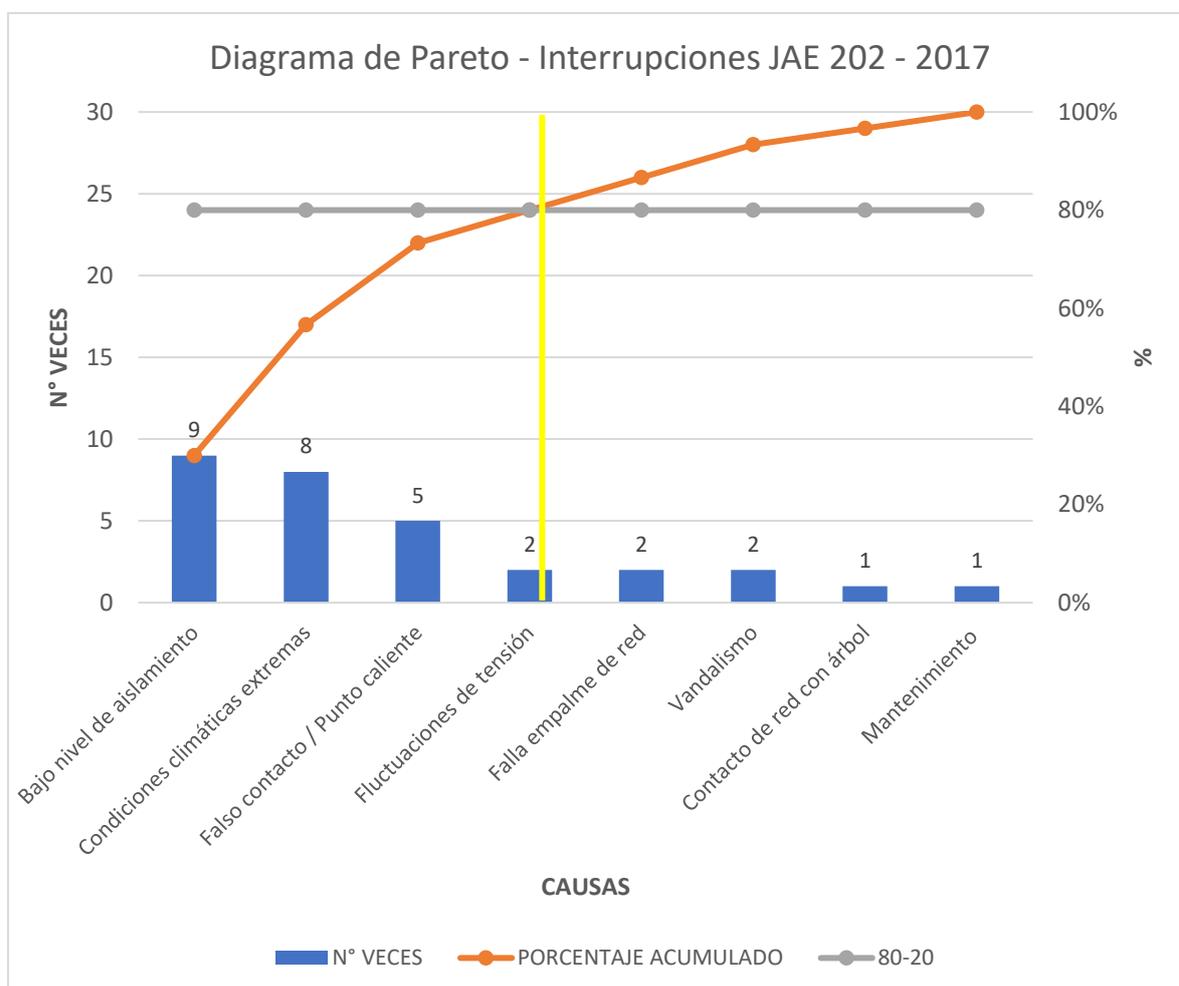
En la Figura 10, se evidenció que las causas que generaron el 80 % de las interrupciones del servicio eléctrico en el año 2016 fueron las condiciones climáticas, el bajo nivel de aislamiento, los puntos calientes y transitorios.

### Análisis de interrupciones año 2017

En el año 2017 las causas de las interrupciones fueron las que se muestran en la Figura 11.

**Figura 11**

*Diagrama de Pareto de las causas de interrupciones del año 2017, AMT JAE 202*



*Nota:* Elaboración propia.

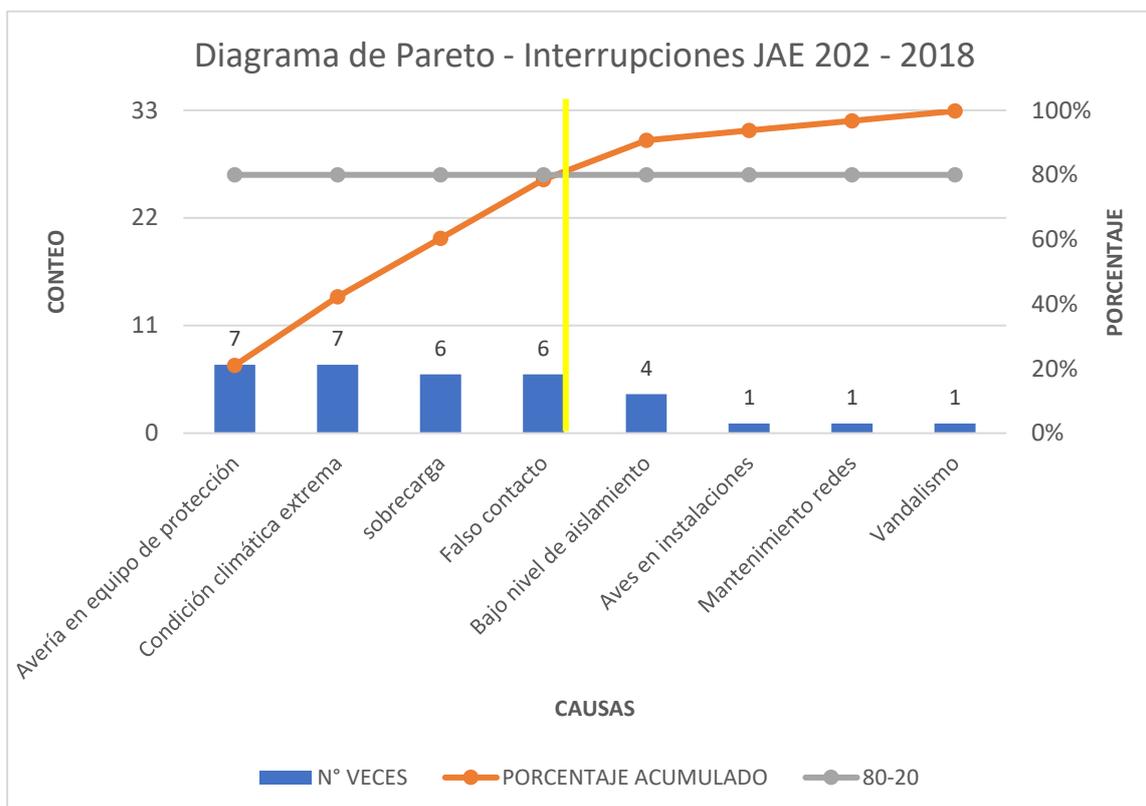
En la Figura 11, se evidenció las causas que generaron el 80% de las interrupciones del servicio eléctrico en el año 2017, las cuales fueron el bajo nivel de aislamiento de los componentes eléctricos, las condiciones climáticas, los falsos contactos, los puntos calientes y las fluctuaciones de voltaje.

## Análisis de interrupciones año 2018

En el año 2018 las causas de las interrupciones fueron las que se muestran en la Figura 12.

### Figura 12

Diagrama de Pareto de las causas de interrupciones del año 2018, AMT JAE 202



Nota: Elaboración propia.

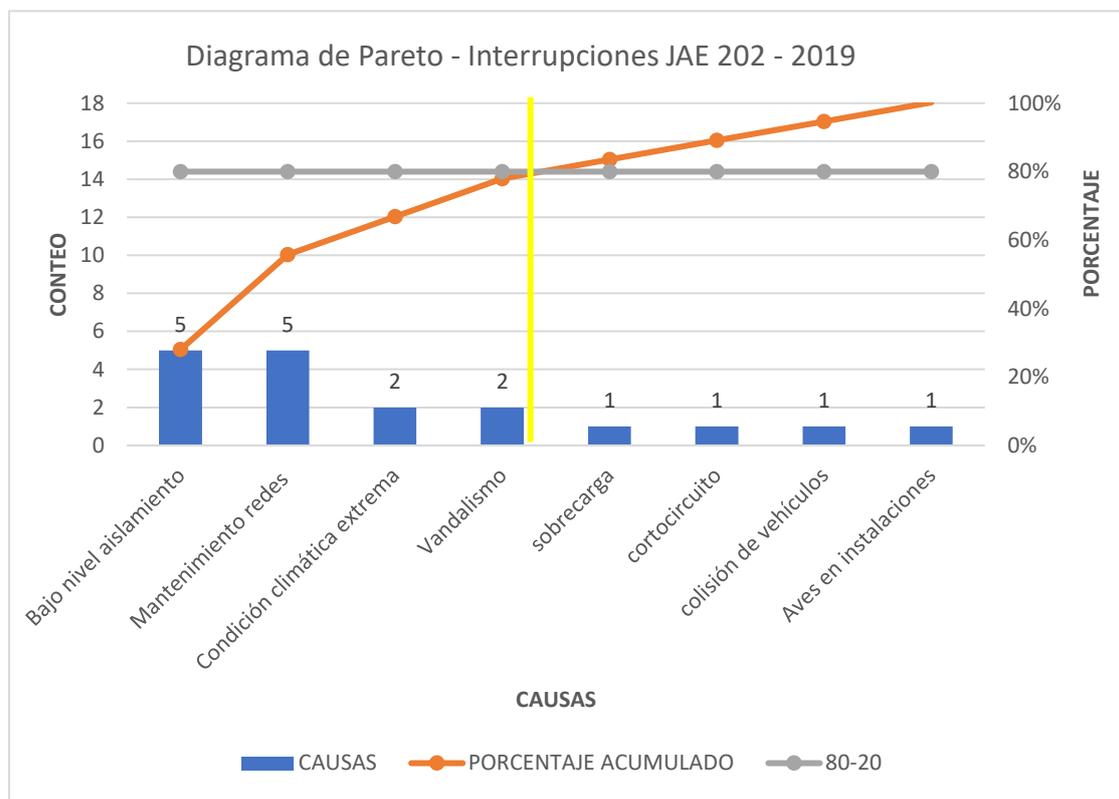
En la Figura 12, se evidenció las causas que generaron el 80% de las interrupciones del servicio eléctrico en el año 2018, las cuales fueron las averías en los equipos de protección, las condiciones climáticas, las sobrecargas y los falsos contactos.

## Análisis de interrupciones año 2019

En el año 2019 las causas de las interrupciones fueron las que se muestran en la Figura 13.

### Figura 13

Diagrama de Pareto de las causas de interrupciones del año 2019, AMT JAE 202



Nota: Elaboración propia.

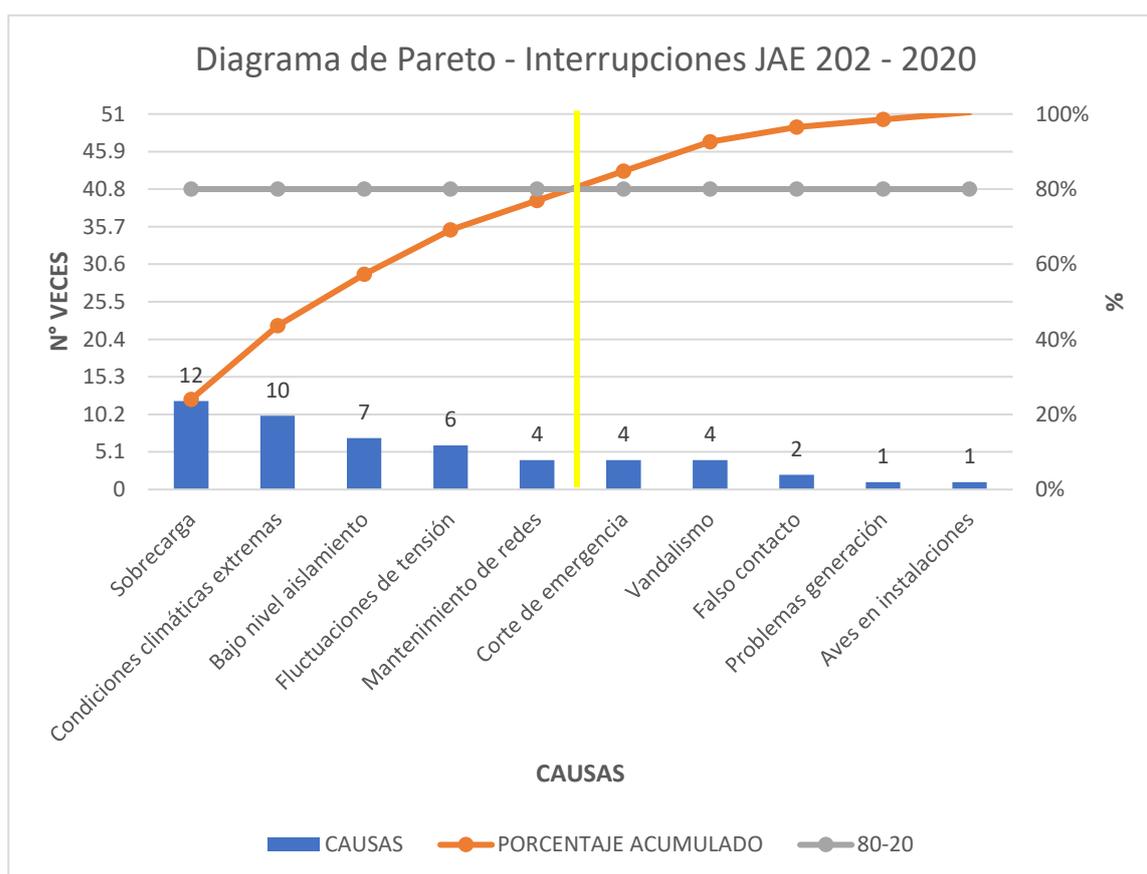
En la figura 13, se evidenció las causas que generaron el 80% de las interrupciones del servicio eléctrico del año 2019, las cuales fueron el bajo nivel de aislamiento, las programaciones de mantenimiento, las condiciones climáticas y el vandalismo.

## Análisis de interrupciones año 2020

En el año 2020 las causas de las interrupciones fueron las que se muestran en la Figura 14.

### Figura 14

Diagrama de Pareto de las causas de interrupciones del año 2020, AMT JAE 202



Nota: Elaboración propia.

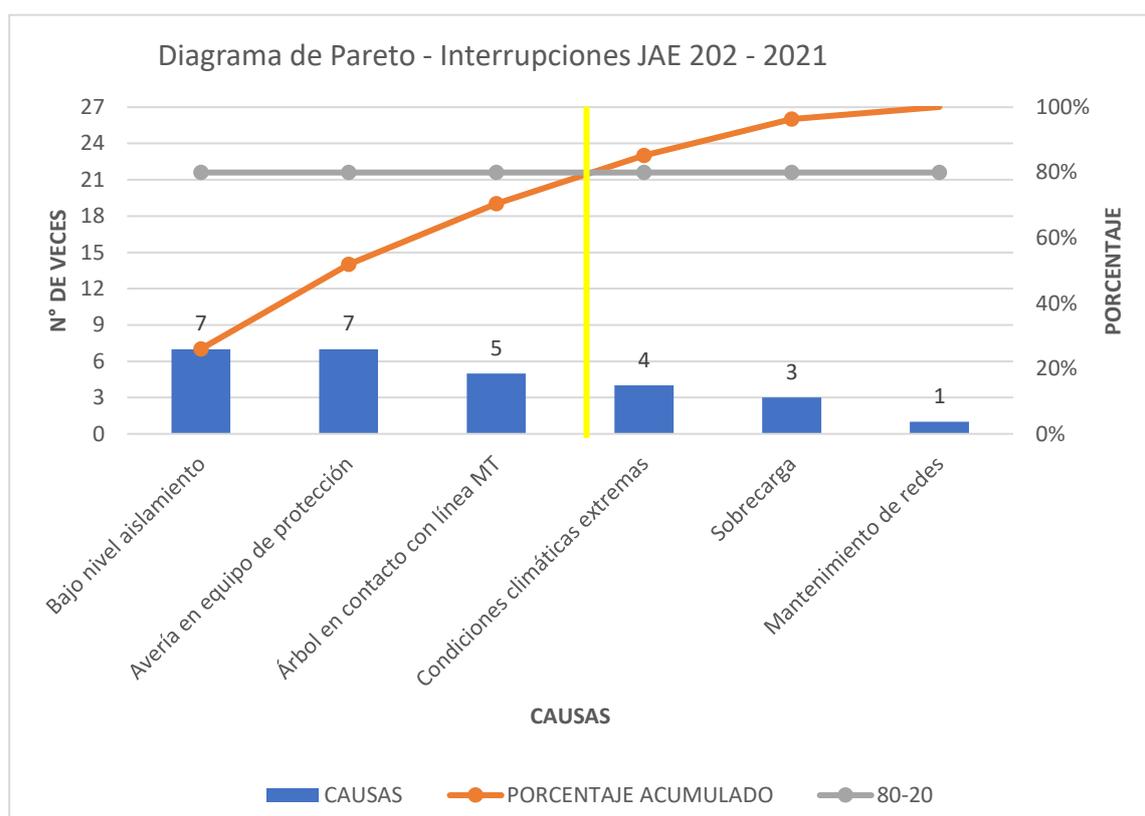
En la Figura 14, se evidenció las causas que generaron el 80% de las interrupciones del servicio eléctrico del año 2020, las cuales fueron las sobrecargas, las condiciones climáticas, el bajo nivel de aislamiento, el deterioro de componentes eléctricos y el mantenimiento de redes.

## Análisis de interrupciones año 2021

En el año 2021 las causas de las interrupciones fueron las que se muestran en la Figura 15.

### Figura 15

*Diagrama de Pareto de las causas de interrupciones del año 2021, AMT JAE 202*



*Nota: Elaboración propia.*

En la Figura 15, se evidenció las causas que generaron el 80% de las interrupciones del servicio eléctrico en el año 2021, las cuales fueron el bajo nivel de aislamiento, las averías en equipos de protección y el contacto de árboles con la línea de media tensión.

Ahora bien, se realizó un resumen de las causas de interrupciones, obteniendo las fallas más predominantes en todo el periodo de estudio, las cuales se muestran en la Tabla 6.

**Tabla 6**

*Resumen de las causas más frecuentes de interrupciones del periodo 2016 al año 2021*

CAUSAS	PERIODO						TOTAL	%
	2016	2017	2018	2019	2020	2021		
Condiciones climáticas extremas	14	8	7	2	10	4	45	21%
Bajo nivel de aislamiento	11	9	4	5	7	7	43	20%
Sobrecargas/ Puntos calientes	5	5	6	1	12	3	32	15%
Fluctuaciones de tensión	5	2			6		13	6%
Mantenimiento redes	3	1	1	5	4	1	15	7%
Otros (vandalismo, aves en instalación, falso contacto, colisión de vehículos, problemas de generación, cortocircuito, etc.)	7	5	15	5	22	12	66	31%
<b>TOTAL</b>	<b>45</b>	<b>30</b>	<b>33</b>	<b>18</b>	<b>51</b>	<b>27</b>	<b>214</b>	<b>100%</b>

*Nota:* Elaboración propia.

En la Tabla 6, se evidenció que para el periodo 2016 al año 2021, las principales causales de las interrupciones del servicio eléctrico fueron las condiciones climáticas extremas con un 21% de incidencia, el bajo nivel de aislamiento con un 20%, las sobrecargas y puntos calientes con un 15%, el mantenimiento de redes con un 7%, las fluctuaciones de tensión con un 6% y otros con un 31%.

A continuación, se muestra las descripciones de las causas de interrupciones

### **Tabla 7**

*Descripción de causas principales de interrupciones 2016 al año 2021*

DESCRIPCIÓN DE INTERRUPCIONES MÁS FRECUENTES	
CAUSAS	DESCRIPCIÓN
Bajo nivel de aislamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Apertura de sistema de Protección por falla a tierra de fases RT.</li> <li>▪ Falla en LT.AT. 138 KV Cutervo - Jaén.</li> <li>▪ Apertura de Recloser por falla a tierra Fase S de M.T. 22.9KV tramo Cuyca-Pucará.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Interrupción de servicio ocasionado por falla a tierra, apertura el interruptor de la barra común de 22.9Kv de la SEP Jaén.</li> <li>▪ Corrosión de componentes eléctricos.</li> </ul>
Sobrecargas/ Puntos Calientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Apertura de Sistema de Protección por problemas de Coordinación de Protección.</li> <li>▪ Corrección de punto caliente en fase R en Bahía de 22.9KV en pórtico de SEP Jaén.</li> <li>▪ Apertura de fusible fase T en seccionamiento en principal de la SEP Miraflores-Jaén.</li> <li>▪ Sin servicio por encontrarse fusible aperturado en MT, se procedió al cambio de fusible en MT quedando normalizado.</li> </ul>
Transitorios	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Apertura de recloser por falla transitoria.</li> <li>▪ Evento transitorio activó sistema de protección recloser, ubicado en SEP Jaén.</li> </ul>
Condiciones climáticas extremas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fuertes vientos ocasionan el rozamiento de rama de árboles con línea de media tensión.</li> <li>▪ Descargas atmosféricas.</li> <li>▪ Lluvias.</li> <li>▪ Línea de M.T. caída fase R entre estructuras 239-240 del alimentador JAE202 en el sector Burga antes de Cumba apertura barra 22.9KV en SEP Jaén.</li> </ul>

*Nota:* Electro Oriente S.A.

### 4.3 Cálculo e Interpretación de los Indicadores SAIDI, SAIFI y Variación de Tensión.

Se realizó el cálculo de los indicadores de calidad de suministro SAIDI y SAIFI, con los datos iniciales (número de interrupciones, duración de interrupciones, energía no suministrada en cada interrupción y el número de usuarios afectados en cada interrupción) obtenidos de los reportes de interrupciones del sistema eléctrico Bagua-Jaén Rural.

En la Tabla 8, se organizó la evolución anual de los indicadores de calidad de suministro para el alimentador JAE 202 durante el periodo del 2016 al año 2021. Los datos iniciales fueron obtenidos en los reportes de interrupciones y calculados con las ecuaciones de cada indicador.

**Tabla 8**

*Evolución semestral de los indicadores de calidad de suministro del AMT JAE 202, periodo 2016 al año 2021*

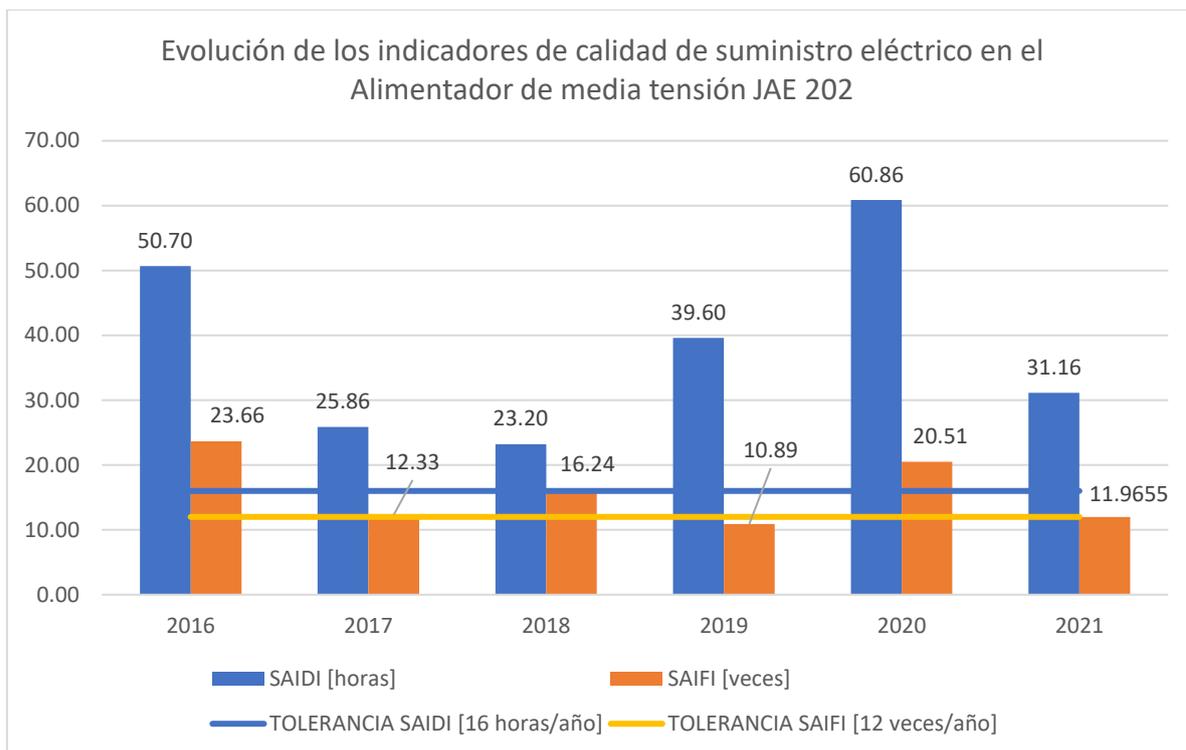
EVOLUCIÓN SEMESTRAL DE LOS INDICADORES DE CALIDAD DE SUMINISTRO DEL AMT JAE 202				
Periodo	SAIDI [Horas]	SAIFI [Veces]	ENS [KW/h]	COMPENSACIONES [dólares]
2016	50.70	23.6594	61418	89000.62
2017	25.86	12.3343	81080	46656.54
2018	23.20	16.2415	43860	27685.37
2019	39.60	10.8944	54460	45421.87
2020	60.86	20.5071	52616	83099.76
2021	31.16	11.9655	40093	27284.19

*Nota:* Elaboración propia.

En la figura 16, se mostró la gráfica de la evolución de los indicadores SAIDI y SAIFI en el alimentador de media tensión JAE 202, durante el periodo 2016 al año 2021.

**Figura 16**

*Evolución semestral del SAIDI y SAIFI, periodo 2016 al año 2021*



*Nota:* Elaboración propia.

En la Figura 16, se evidenció el incremento de duración de las interrupciones (SAIDI) en los tres últimos años del periodo, asimismo el incremento del número de interrupciones en los dos últimos semestres.

A continuación, se muestra los resultados para los indicadores SAIDI, SAIFI, con sus respectivos parámetros (ENS y Compensaciones), calculados anualmente y comparados con la tolerancia que establece la Norma técnica de calidad de los servicios eléctricos rurales.

### **La Energía teórica no suministrada durante las interrupciones (ENS)**

En la Tabla 9, se presentó la evolución de la energía teórica no suministrada en el alimentador JAE 202 perteneciente al sistema eléctrico Bagua-Jaén Rural, durante el periodo 2016 al año 2021. Los valores fueron obtenidos en los reportes de interrupciones.

**Tabla 9**

*Evolución de la ENS, periodo 2016 al año 2021*

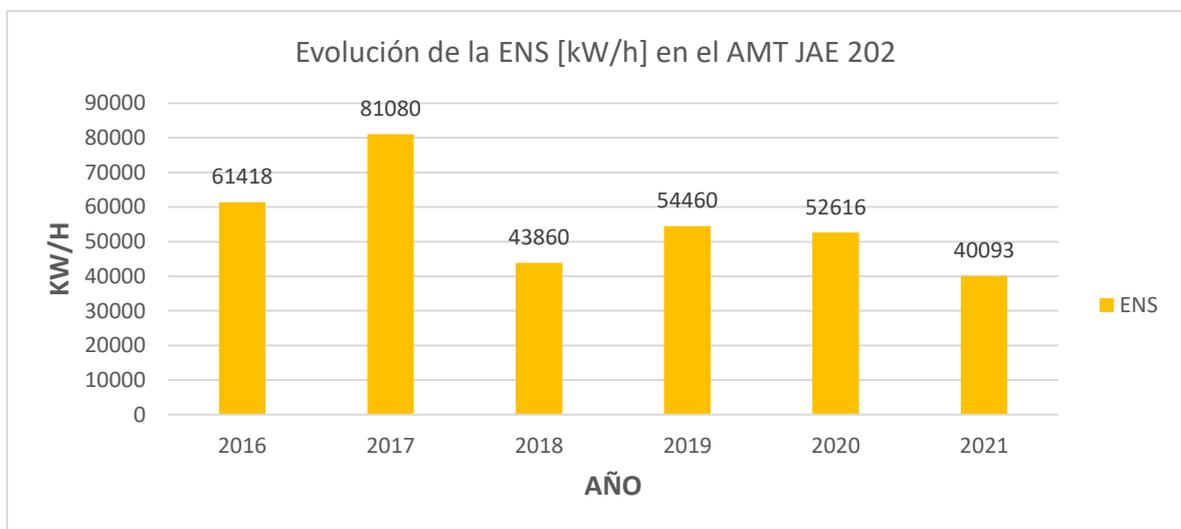
CÓDIGO ALIMENTADOR	SECTOR TIPICO	ENS 2016	ENS 2017	ENS 2018	ENS 2019	ENS 2020	ENS 2021
A2404	5	61418 KW/h	81080 KW/h	43860 KW/h	54460 KW/h	64616 KW/h	40093 KW/h

*Nota:* Elaboración propia.

En la Figura 17, se presentó la gráfica de la evolución de la energía no suministrada en el alimentador JAE 202, durante el periodo 2016 al año 2021.

### Figura 17

*Evolución anual de la ENS [kW/h], periodo 2016 al año 2021*



*Nota:* Elaboración propia.

En la Figura 17, las barras de color rojo representan la energía no suministrada en el periodo de estudio. Se evidenció un crecimiento en los años 2019, 2020 y el año 2021, con respecto al año 2018.

### Las compensaciones por incumplimiento de las tolerancias de los indicadores SAIDI y SAIFI.

En la Tabla 10, se presentó la evolución de las compensaciones en el alimentador JAE 202 perteneciente al sistema eléctrico Bagua-Jaén Rural, durante el periodo 2016 al año 2021. Los datos iniciales fueron obtenidos en los reportes de interrupciones y calculados con las ecuaciones nro. 5 y 6.

### Tabla 10

*Evolución anual de las Compensaciones en el periodo 2016 al año 2021*

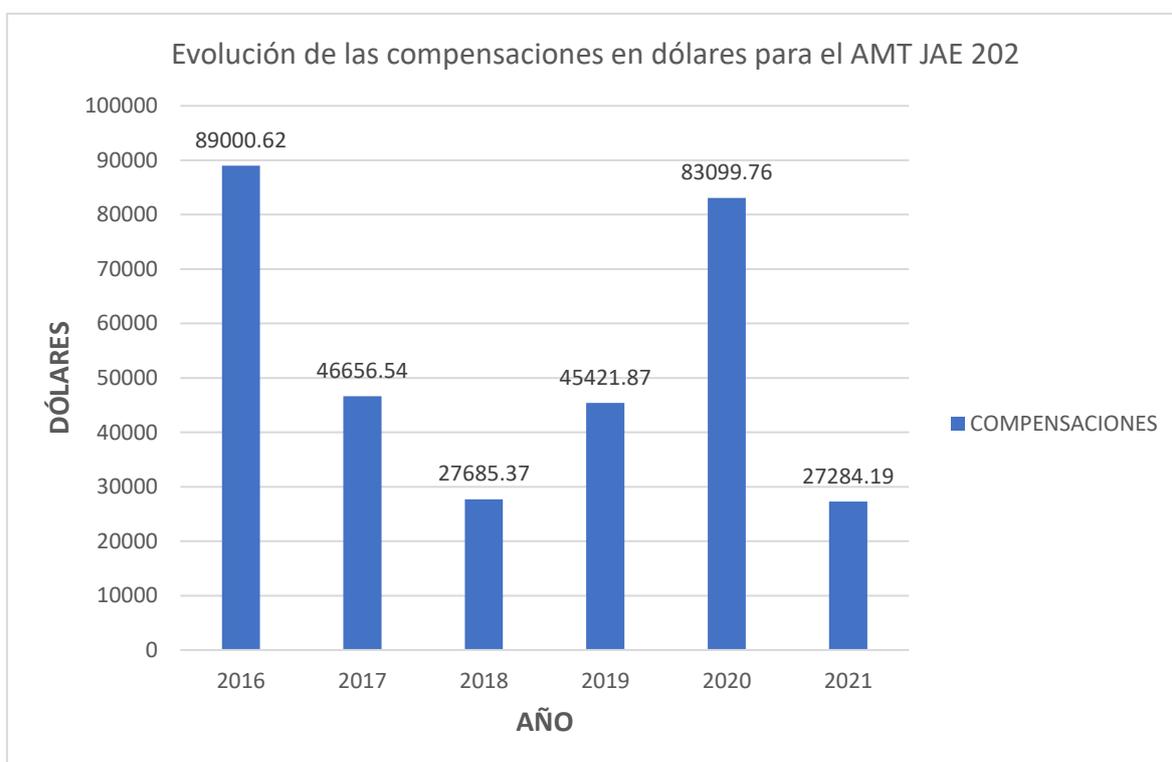
CÓDIGO ALIMENTADOR	SECTOR TÍPICO	C. 2016	C. 2017	C. 2018	C. 2019	C. 2020	C. 2021
A2404	5	\$ 89000.62477	\$ 46656.53919	\$ 27685.36812	\$ 45421.86591	\$ 83099.76476	\$ 27284.18859

*Nota:* Elaboración propia.

En la Figura 18, se mostró la gráfica de la evolución de las compensaciones en el alimentador JAE 202, durante el periodo 2016 al año 2021.

**Figura 18**

*Evolución anual de las Compensaciones [dólares], periodo 2016 al año 2021*



*Nota:* Elaboración propia.

En la Figura 18, las barras de color azul representan el monto de compensaciones en dólares para cada año del periodo de estudio. Se evidenció el incremento de las compensaciones en los años 2019, 2020 y el año 2021, con respecto al año 2018.

**Cálculo del indicador de calidad de producto**

Se realizó el cálculo de la variación de la tensión con la ecuación 1, en donde se reemplazó la tensión nominal de fase y los valores promedio de medición de tensión en periodos de quince minutos, obtenidos de las mediciones muestrales realizadas en las subestaciones de distribución SED E241006 ubicada en el caserío de San Isidro, la SED E241101 ubicada en el cruce de Chamaya, la SED E241150 ubicada en el distrito de Cumba y la SED E241340 ubicada en el distrito de Ocalli.

Los lugares de medición seleccionados representan el inicio (Caserío San Isidro), la parte media (Cruce Chamaya, Cumba) y el fin (Ocalli) del recorrido del alimentador, en donde se aprecia el incremento de la caída de tensión con el aumento del kilometraje.

**Tabla 11**

*Consideraciones para cálculo de variación de tensión*

Tolerancia de variación tensión	±6%
Tensión nominal por fase	13200 V
Tensión mínima tolerable por fase (-6%)	12408 V
Tensión máxima tolerable por fase (+6%)	13992 V

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 12**

*Resultados Mediciones de tensión en el AMT JAE 202*

Ítem	Lugar de medición	Tensión máxima (V)	Tensión mínima (V)	Tensión promedio (V)	Caída de tensión máxima	Caída de tensión mínima	Caída de tensión promedio
01	SED E241006 – San Isidro (4.85 km)	13229.45	13070.14	13149.79	-0.98 %	0.22%	-0.38%
02	SED E241101 – Cruce Chamaya (19.7 km)	12480.62	12330.32	12405.47	-6.59%	-5.73%	-6.16%

03	SED E241150 – Cumba (36.4 km)	12410.94	12175.05	12292.99	-7.76%	-6.46%	-7.11%
04	SED E241340 – Ocalli (104 km)	12399.80	12164.67	12282.24	-7.84%	-6.63%	-7.235%

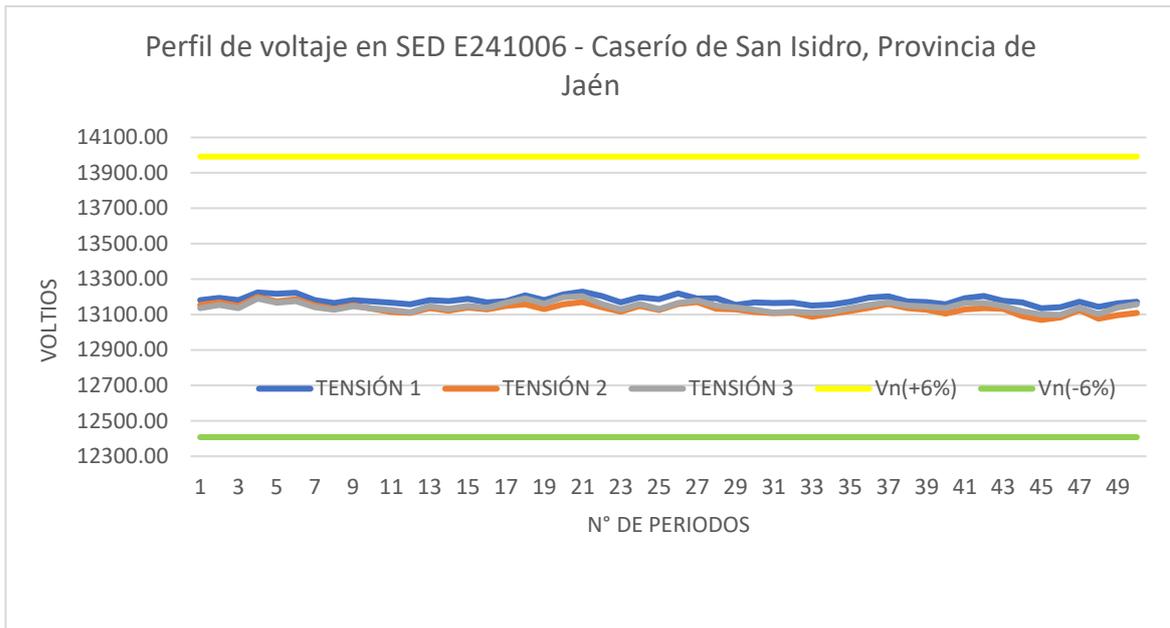
El tramo de línea de MT de 22.9 KV alimentador JAE 202, desde la SET Miraflores hasta la altura del cruce Chamaya se encuentra dentro de los niveles de tensión establecidas por la NTCSE, dicho tramo de línea tiene una longitud 19.7 KM y representa que la caída de tensión no supera la tolerancia establecida por la norma. A partir del cruce Chamaya la caída de tensión supera la tolerancia mínima siendo la máxima caída de tensión en Ocalli con -7.235%.

#### **Resultados de la primera medición de tensión**

- La distancia del primer tramo (inicio del alimentador hasta la SED E241006) no es muy extensa ya que tiene 4.85 km y es por ello que no hay caída de tensión.
- La variación de tensión promedio en la SED E241006 es de -0.38% o 12698 voltios, por lo tanto, no supera el -6% o los 12408 voltios de caída de tensión permitidos.
- La sección transversal del conductor en este tramo es de 70 mm<sup>2</sup>, por lo tanto, la resistencia eléctrica del conductor no afecta a la caída de voltaje comprobándose con la medición de temperatura de la cámara termográfica.

#### **Figura 19**

Perfil de voltaje en SED E241006



Nota: Elaboración propia.

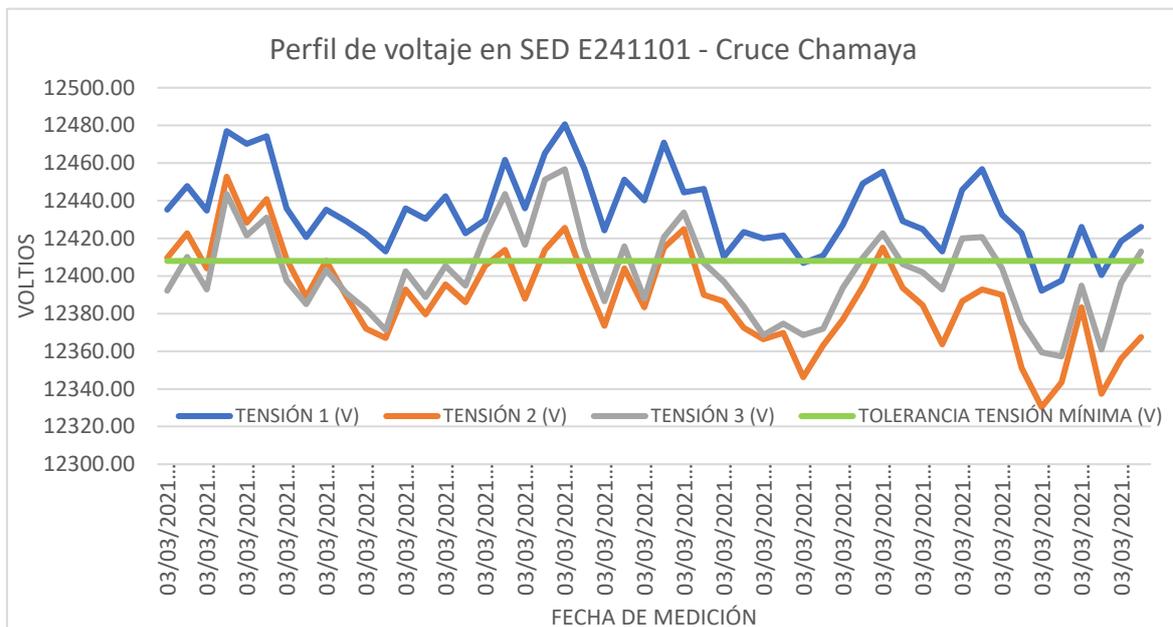
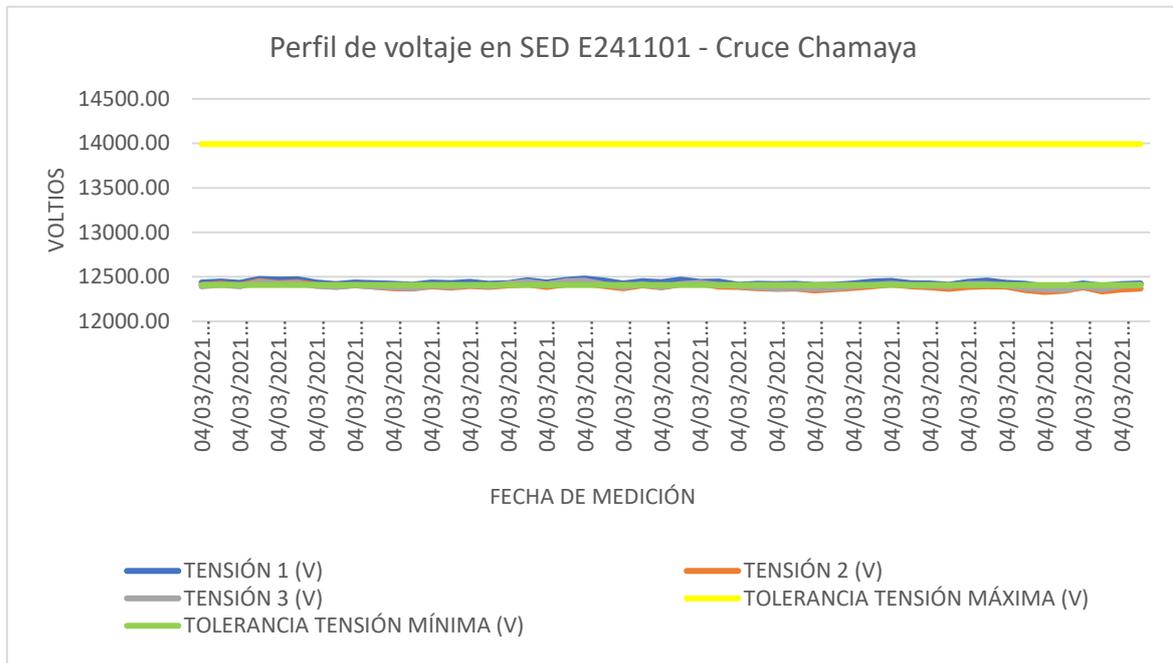
En la Figura 19, la línea amarilla representa la tensión máxima permitida de 13992 voltios, la línea verde la tensión mínima permitida de 12408 voltios y las líneas azul, naranja y ploma son las fases R, S y T de tensión nominal 13200 voltios. Se logró evidenciar que la tensión en el primer tramo es de buena calidad porque se encuentran dentro del margen tolerable.

### Resultados de la segunda medición de tensión

- La distancia del segundo tramo (inicio del alimentador hasta la SED E241101) tiene 19.7 km de recorrido, por lo tanto, a mayor distancia mayor es la resistencia eléctrica y la caída de tensión aumenta.
- La variación de tensión promedio en la SED E241101 es de -6.16% o 12386 voltios, por lo tanto, si supera el -6% o los 12408 voltios de caída de tensión permitidos.
- La sección transversal del conductor en este segundo tramo también es de 70 mm<sup>2</sup> y no existe sobrecalentamiento.

**Figura 20**

*Perfil de voltaje en SED E241101 AMT JAE 202.*



Nota: Elaboración propia.

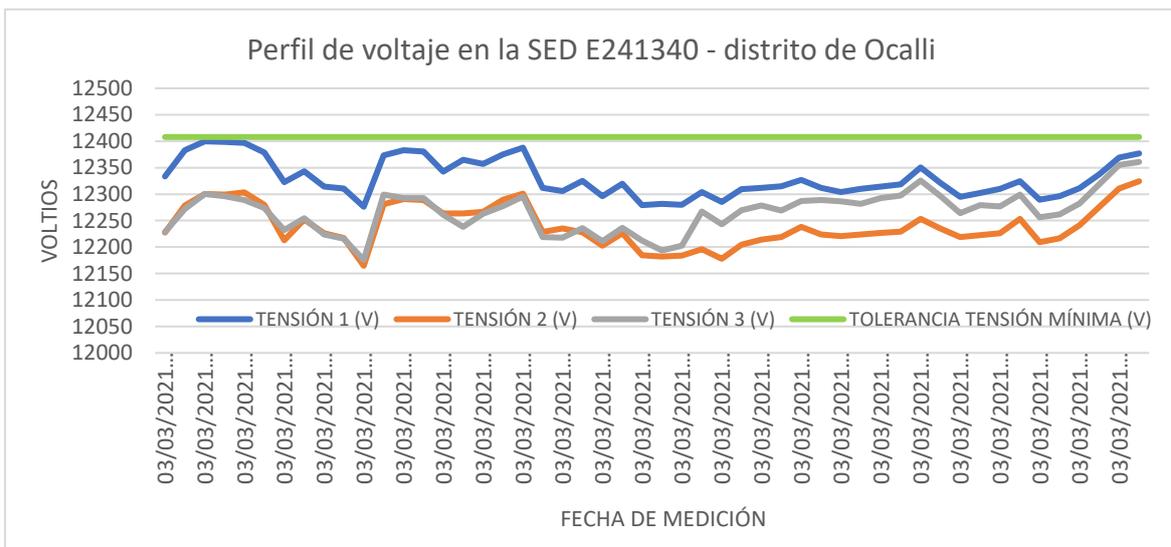
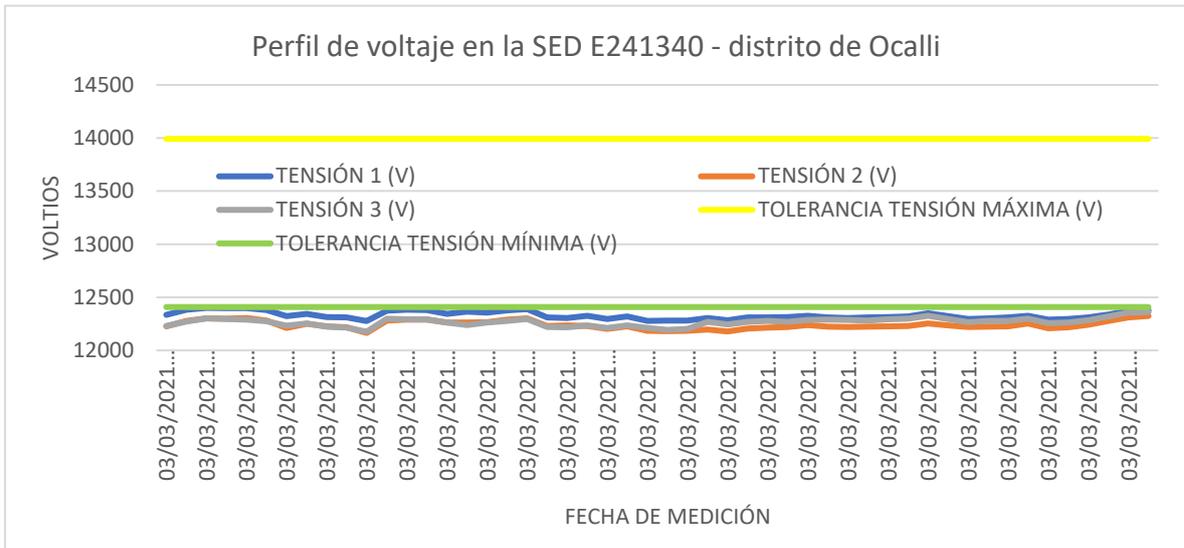
En la Figura 20, la línea amarilla representa la tensión máxima de 13992 voltios, la línea verde la tensión mínima de 12408 voltios y las líneas azul, naranja y ploma son las fases R, S y T de tensión nominal 13200 voltios. Se logró evidenciar que la tensión en el segundo tramo es de mala calidad debido a que el 80% de las





**Figura 22**

*Perfil de voltaje en SED E241340 AMT JAE 202*



En la Figura 22, la línea amarilla representa la tensión máxima permitida de 13992 voltios, la línea verde la tensión mínima permitida de 12408 voltios y las líneas azul, naranja y plomo son las fases R, S y T de tensión nominal 13200 voltios. Se observó que las fases RST del alimentador JAE 202 superan la tolerancia de tensión mínima el cual establece la NTCSE para el sector típico de distribución N°5. La tensión es de mala calidad debido a que el 100% de las mediciones sobrepasan la tolerancia mínima de tensión del -6% que establece la NTCSE.

Del análisis realizado a los resultados de caída de tensión en los cuatro puntos del alimentador JAE 202, se concluye que la caída de tensión tiende a crecer cuando la longitud del alimentador aumenta y también tiende a crecer cuando el sistema se encuentra en horas punta.

Análisis de alternativas para solucionar la caída de tensión

- El incremento de sección de conductor en el tramo lonya grande a ocalli el cual tiene un conductor de 35 y culmina con 25 mm<sup>2</sup>, es una inversión a largo plazo.
- Instalación de reguladores de tensión monofásicos automáticos.  
Los reguladores de tensión SVR-1 de 13.8 kV electrowerke tiene una capacidad de regulación del  $\pm 10\%$  de la carga nominal, por lo tanto se instalaría en el distrito de cumba.

#### **4.4 Auditoría energética mediante inspección visual, medición de puestas a tierra y cámara termográfica.**

Respecto al alimentador A2404 (JAE 202), tramo auditado (muestral) fueron los seccionamientos y subestaciones de distribución ubicados en las localidades Mesones Muro, Auyaca, Buenos aires, Carachupa y Tactago de los distritos de Jaén, Cumba y Lonya Grande.

##### **Problemas encontrados en inspección visual**

Durante la inspección visual en campo, se identificó 12 deficiencias en el alimentador JAE 202, estas deficiencias consisten en: dos puestas a tierra inexistentes, una cruceta en mal estado, tres cables de puesta a tierra cortados, un aislador de suspensión fisurado, un aislador tipo PIN inclinado, un pararrayo con suciedad, una estructura perforada por pájaro carpintero, dos tramos con ramas de árboles dentro de faja de servidumbre y un equipo de protección recloser desconectado. En la Tabla 13 se detalló las deficiencias que incumplen con el artículo 31, inciso b de la Ley de Concesiones Eléctricas.

##### **Tabla 13**

*Panel fotográfico de deficiencias encontradas en inspección visual*

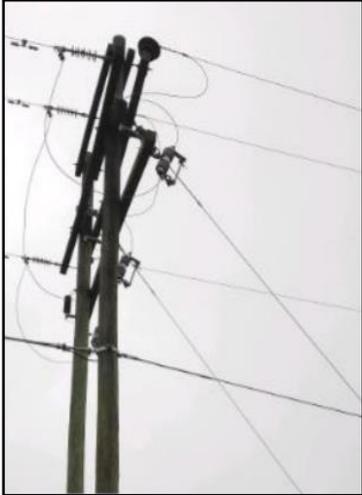
Foto N°1	Foto N°2
	
<p>Puesta a tierra inexistente en SED E241236. Lo cual trasgrede la norma del CNE – SUMINISTRO 2011 Sección 017-C Ubicación: Centro Poblado Mesones Muro, distrito y provincia de Jaén de la región de Cajamarca.</p>	<p>Puesta a tierra inexistente en seccionamiento I520048. (Troncal tramo de Chamaya a Colasay). Ubicación: Centro Poblado Ahuyaca, distrito de Colasay, Provincia de Jaén de la región de Cajamarca.</p>
Foto N°3	Foto N°4
	
<p>Cruceta en mal estado. Estructura: EMT 181. Tramo de cumba a Lonya Grande. Ubicación: distrito de Cumba, Provincia de Utcubamba, Departamento de Amazonas.</p>	<p>Conductor de puesta a tierra cortado. Ubicación: Estructura: 147 Centro Poblado Tactago, distrito de Cumba, Provincia de Utcubamba, Departamento de Amazonas.</p>

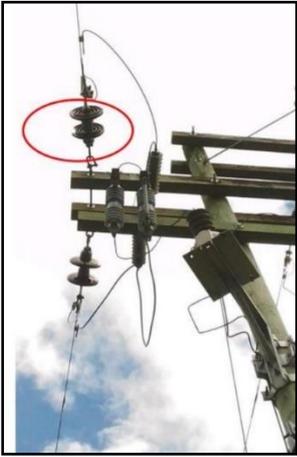
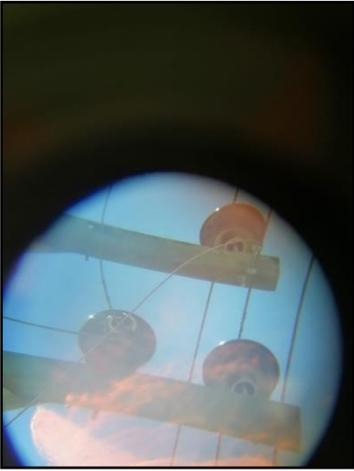
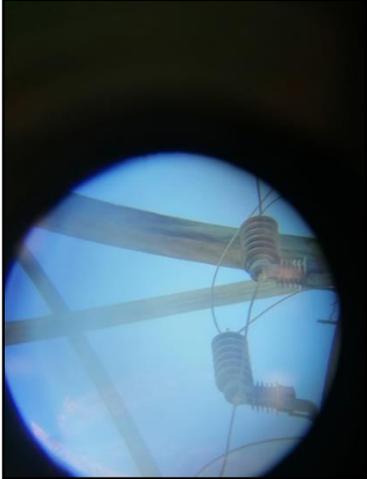
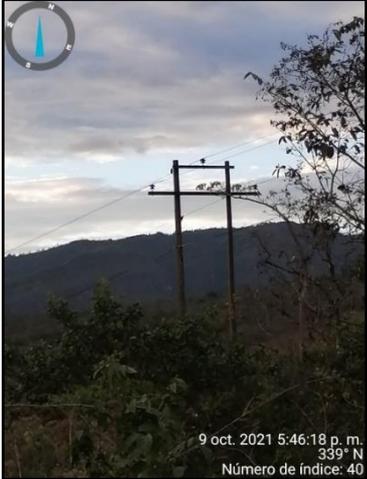
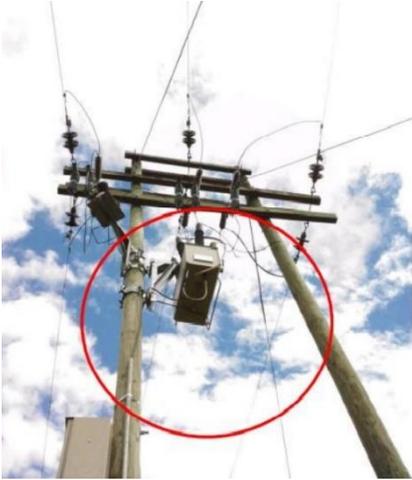
Foto N°5	Foto N°6
	
<p>Conductor de puesta a tierra cortado. Estructura: Poste N°30. Ubicación: Centro Poblado Buenos Aires, distrito de Lonya Grande, Provincia de Utcubamba, Departamento de Amazonas.</p>	<p>Conductor de puesta a tierra cortado. Estructura: Poste N°27. Ubicación: Centro Poblado Buenos Aires, distrito de Lonya Grande, Provincia de Utcubamba, Departamento de Amazonas.</p>
Foto N°7	Foto N°8
	
<p>Aislador de suspensión fisurado, seccionamiento I244035. Ubicación: Caserío Carachupa, distrito de Lonya Grande, Provincia de Utcubamba, Departamento de Amazonas.</p>	<p>Aislador tipo pin inclinado. SED E241325. Lonya Grande, Provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas.</p>

Foto N°9	Foto N°10
	 <p data-bbox="1123 752 1294 801">9 oct. 2021 5:46:18 p. m. 339° N Número de índice: 40</p>
<p data-bbox="245 875 804 994">Pararrayo con suciedad en SED E241201. Tramo Cumba a Lonya Grande. Ubicación distrito de Cumba, Provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas.</p>	<p data-bbox="831 875 1390 1025">Presencia de pájaro carpintero, realizando orificios en los postes de madera. SED E241215 Tramo Cumba a Lonya Grande. Ubicación: distrito de Lonya Grande provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas.</p>
Foto N°11	Foto N°12
	 <p data-bbox="1123 1619 1310 1668">9 oct. 2021 6:00:59 p. m. 92° E Número de índice: 45</p>
<p data-bbox="245 1713 804 1890">Equipo de protección inoperativo, se observa que está desconectado de la línea energizada del seccionamiento I244035. Tramo Cumba a Lonya Grande. Ubicación Caserío Carachupa, distrito de Lonya Grande, Provincia Utcubamba, departamento de Amazonas.</p>	<p data-bbox="831 1713 1342 1832">Ramas de árboles dentro de la faja de servidumbre. Ubicación distrito de Cumba, Provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas.</p>

## Problemas encontrados en mediciones de puestas a tierra

Durante las mediciones de puestas a tierra se identificó dos que superan la resistencia establecida por el código nacional de electricidad en el alimentador JAE 202.

**Tabla 14**

*Panel fotográfico de puestas a tierra con resistencia elevada*

Foto N°13	Foto N°14
	
<p>La resistencia en la puesta a tierra es de 29.76 <math>\Omega</math> SED E241325. Lonya Grande, Provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas.</p>	<p>La resistencia en la puesta a tierra es de 33.11 <math>\Omega</math> en SED E241201. Tramo Cumba a Lonya Grande. Ubicación distrito de Cumba, Provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas.</p>

## **Inspección con cámara termográfica**

Se utilizó una cámara termográfica UNI-T modelo UTi 220A, la cual fue manipulada con el asesoramiento de un técnico electricista. Durante la auditoría termográfica en el tramo Cumba a Lonya Grande del alimentador JAE 202, se ha identificado siete deficiencias, estas deficiencias consisten en temperaturas elevadas en los seccionadores tipo cut out y en los transformadores. A continuación, se detalla las deficiencias que incumplen con las capacidades nominales de temperatura de dichos componentes.

### **Tabla 15**

*Panel fotográfico de deficiencias encontradas en inspección termográfica*

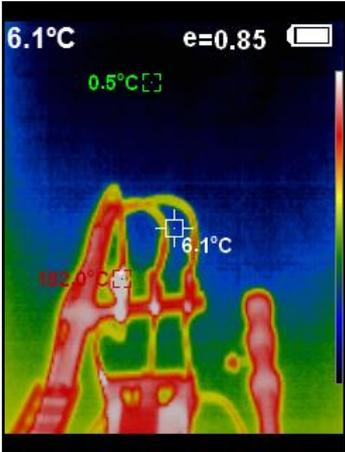
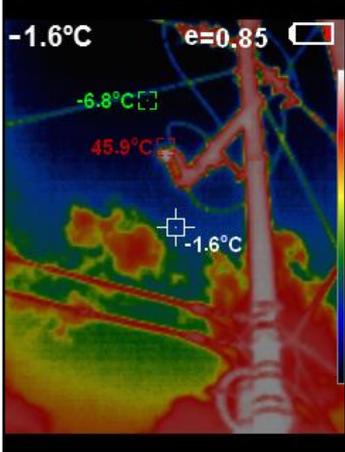
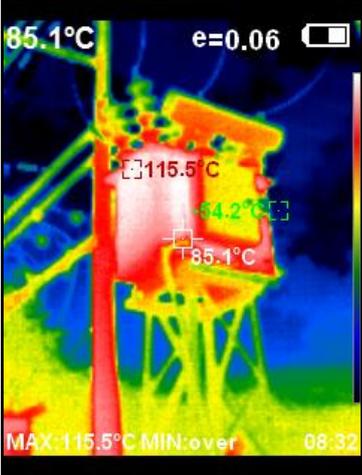
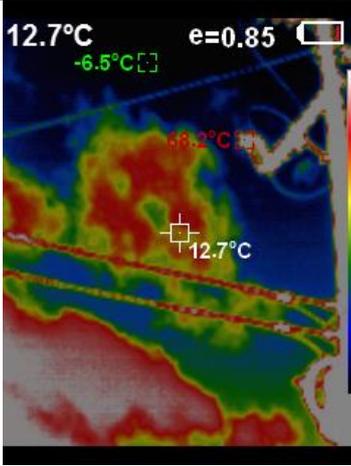
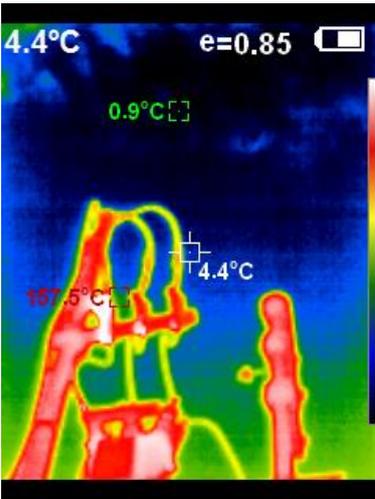
Foto N°15	Foto N°16
	
<p>Temperatura de 182.9 °C en bornes de seccionador tipo Cut Out. SED E241202. Ubicación: Cumba.</p>	<p>Temperatura de 45.9 °C en bornes de seccionador tipo Cut Out. Seccionamiento I520754. Ubicación: entrada a Lonya Grande.</p>
Foto N°17	Foto N°18
	
<p>Temperatura de 115.5 °C en carcasa del transformador, SED E241150. Tramo Cumba a Lonya Grande. Ubicación distrito de Cumba, Provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas.</p>	<p>Temperatura de 77.5 °C seccionadores tipo Cut Out, SED E241324. Tramo Cumba a Lonya Grande. Ubicación distrito de Cumba, Provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas.</p>

Foto N°19	Foto N°20
	
<p>Temperatura de 44.7 °C en seccionador Tipo Cut Out SED E241325. Lonya Grande, Provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas.</p>	<p>Temperatura de 68.2 °C seccionador Tipo Cut Out, SED E241102. Ubicación: Chamaya.</p>
Foto N°21	
	
<p>Temperatura de 157.5 °C en carcasa del transformador y seccionadores tipo cut out, SED E241201. Tramo Cumba a Lonya Grande. Ubicación distrito de Cumba, Provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas.</p>	

#### **4.5 Plan de actividades y procedimiento de seguridad para la ejecución del mantenimiento.**

El plan de mantenimiento se elaboró en base:

- Al análisis del historial de interrupciones, en donde se obtuvo las causas que frecuentemente originan el corte del servicio eléctrico.
- Al cálculo de indicadores de suministro saidi y saifi, en donde se evidenció el incumplimiento de las tolerancias que establece la normativa para las interrupciones.
- Al cálculo del indicador de variación porcentual de la tensión, en donde se evidenció que la tensión actual del alimentador sobrepasa la tensión mínima tolerable, por lo tanto, se estableció acciones para corregir la caída de tensión.
- A la inspección visual, en donde se registró anomalías en componentes que conllevan al origen de las interrupciones, por lo tanto, se estableció actividades correctivas para evitar el corte del servicio eléctrico.
- A la medición de puestas a tierra, en donde se registró las de mayor resistencia.
- A la inspección termográfica, en donde se detectó puntos calientes.

#### **Procedimiento de seguridad para la ejecución de las actividades de mantenimiento predictivo**

**Tabla 16**

*Procedimiento de seguridad para ejecutar mantenimiento*

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>
01	Ubicar zona de trabajo donde se realizará la actividad.
02	Traslado del personal al punto de inicio de trabajo.
03	El responsable del mantenimiento debe realizar la charla de cinco minutos.
04	Proceder a señalar y delimitar el área de trabajo, en la cual se encontrarán herramientas, equipos y materiales; todos ellos en forma

	ordenada, estos deberán permanecer dentro de la zona señalada para evitar cualquier tipo de accidentes y pérdidas.
05	Ejecutar actividades programadas de mantenimiento
06	Mantener orden y limpieza.
07	El responsable encargado de las actividades dará conformidad del trabajo realizado, si hubiera cualquier observación en el trabajo realizado, personal operativo subsanará el error cometido y será supervisado por el responsable de la actividad (Ing. Supervisor).
08	Asegurarse que todos los trabajadores se encuentren ilesos.
09	Recoger todos los restos que pudieran impactar al medio ambiente dejados en el área de trabajo.
10	Recoger y guardar los equipos y herramientas empleadas en la actividad, verificando su operatividad para una próxima utilización.
11	Retirar las señalizaciones que ya no sean necesarias en la zona de trabajo.
12	Reportar los equipos y herramientas que hayan sufrido desperfectos para su inmediata reparación ó en el caso de deterioro sean dados de baja.

### Modelo de plan de mantenimiento predictivo

A continuación, se redacta las actividades de mantenimiento predictivo que se le hizo al alimentador JAE 202 y que la concesionaria deberá aplicarlas semestralmente para disminuir las interrupciones.

**Tabla 17**

*Modelo de plan de mantenimiento predictivo*

PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO			
<b>FRECUENCIA</b>	Trimestral		
<b>NORMAS DE SEGURIDAD</b>	Utilizar los equipos de protección personal.		
<b>TÉCNICA</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>PERSONAL</b>	<b>EQUIPOS</b>
<b>INSPECCIÓN VISUAL</b>	Verificar estado y mediciones de puestas a tierra	Responsable de mantenimiento	Celular con cámara fotográfica,
	Verificar el estado de aisladores		

	<p>Verificar el estado de estructuras y/o accesorios</p> <p>Verificar el estado de retenidas y/o accesorios</p> <p>Verificar el estado de seccionadores y/o accesorios</p> <p>Verificar pintura y filtraciones de aceite en los transformadores</p> <p>Verificar el cumplimiento de las distancias mínimas de seguridad a edificaciones, árboles y otras instalaciones.</p> <p>Verificar la presencia de objetos extraños en la red</p> <p>Verificar la condición de amarre de la línea con el aislador</p> <p>Elaborar reporte de inspección visual</p>	y técnico electricista.	binoculares, pinza amperimétrica o telurómetro.
<b>INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA</b>	<p>Medir temperatura en bornes de seccionador, si es mayor a 75°C programar mantenimiento correctivo.</p> <p>Medir la temperatura en bornes y carcasa del transformador, si es mayor a 115°C programar mantenimiento correctivo.</p> <p>Medir la temperatura en conductores, si es mayor a 75°C programar mantenimiento correctivo.</p> <p>Medir la temperatura en bornes de pararrayos, si es mayor a 75°C programar mantenimiento correctivo.</p> <p>Elaborar el reporte de inspección termográfica</p>	Responsable de mantenimiento y técnico electricista con conocimientos en cámaras termográficas.	Celular con cámara fotográfica, cámara termográfica.
<b>INSPECCIÓN CON ANALIZADOR DE REDES</b>	<p>Configuración, instalación y conexión del analizador de redes en las SED lado de media tensión.</p> <p>Cumplir con las indicaciones de la NTCSE y NTCSEER.</p>	Responsable de mantenimiento y técnico electricista con conocimientos analizador de redes para MT.	Celular con cámara fotográfica, analizador de redes.

### **Plan de mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo se realizará en función al mantenimiento predictivo. Las actividades a realizar al alimentador JAE 202 en función a las deficiencias detectadas en inspección visual, mediciones de puestas a tierra e inspección termográfica son:

### **Tabla 18**

*Propuesta de plan de mantenimiento correctivo*

<b>PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>		
<b>NORMAS DE SEGURIDAD</b>	Utilizar los equipos de protección personal.	
<b>DEFICIENCIAS DETECTADAS EN LA INSPECCION VISUAL</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>UBICACIÓN</b>
Sistema sin la protección de puesta a tierra	Instalación de nuevas puestas a tierra	-SED E241236, centro Poblado Mesones Muro, distrito y provincia de Jaén de la región de Cajamarca. -Seccionamiento I520048 centro Poblado Ahuyaca, distrito de Colasay, Provincia de Jaén de la región de Cajamarca.
Cruceta en mal estado	Cambio de cruceta	-Estructura 181, distrito de Cumba, Provincia de Utcubamba, Departamento de Amazonas.
Cable de puesta a tierra cortado	Empalme de conductor de bajada a tierra	-Estructura 147, centro Poblado Tactago, distrito de Cumba, Provincia de Utcubamba, Departamento de Amazonas. -Estructura N°30, centro Poblado Buenos Aires, distrito de Lonya Grande, Provincia de Utcubamba, Departamento de Amazonas. -Estructura N°27. Ubicación: Centro Poblado Buenos Aires, distrito de Lonya Grande, Provincia de Utcubamba, Departamento de Amazonas.

Aislador PIN de porcelana fisurado	Cambio de aislador PIN de porcelana	-Seccionamiento I244035, caserío Carachupa, distrito de Lonya Grande, Provincia de Utcubamba, Departamento de Amazonas.
Aislador tipo PIN inclinado Resistencia mayor a 25Ω	Cambio de aislador tipo PIN Mantenimiento de puesta a tierra	- SED E241325, Lonya Grande, Provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas.
Pararrayo sucio Resistencia mayor a 25Ω	Limpieza de pararrayo Mantenimiento de puesta a tierra	-SED E241201. Tramo Cumba a Lonya Grande. Ubicación distrito de Cumba, Provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas.
Estructura de madera perforada	Mantenimiento de postes de madera	-SED E241215, distrito de Lonya Grande provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas.
Ramas de árboles dentro de faja de servidumbre	Limpieza de faja de servidumbre. La poda debe realizarse hasta que la distancia vertical entre el conductor inferior y los árboles sea de 2,50 m y la distancia radial entre el conductor y los árboles laterales 0,50 m.	-Tramo Cumba a Lonya Grande. Ubicación distrito de Cumba, Provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas.
Recloser desconectado	Conexión de recloser.	-Seccionamiento I244035. Tramo Cumba a Lonya Grande. Ubicación Caserío Carachupa, distrito de Lonya Grande, Provincia Utcubamba, departamento de Amazonas.

DEFICIENCIAS DETECTADAS EN LA INSPECCION TERMOGRÁFICA	ACTIVIDADES	UBICACIÓN
Temperatura elevada en bornes de seccionador tipo cut out	Cambio de seccionador tipo cut out.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- SED E241202. Ubicación: Cumba.</li> <li>- Seccionamiento I520754. Ubicación: entrada a Lonya Grande.</li> <li>- SED E241324. Tramo Cumba a Lonya Grande. Ubicación distrito de Cumba, Provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas.</li> <li>- SED E241102. Ubicación: Chamaya.</li> </ul>
Temperatura de 44.7 °C en seccionador tipo cut out	Ajuste de bornes y limpieza.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- SED E241325. Lonya Grande, Provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas.</li> </ul>
Temperatura elevada en transformador	Revisión de cantidad de aceite, ajuste y limpieza a los bornes, regulación de TAP.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- SED E241150. Tramo Cumba a Lonya Grande. Ubicación distrito de Cumba, Provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas.</li> <li>- SED E241201. Tramo Cumba a Lonya Grande. Ubicación distrito de Cumba, Provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas.</li> </ul>
DEFICIENCIAS DETECTADAS EN MEDICIONES DE TENSIÓN	ACTIVIDADES	UBICACIÓN
Caída de tensión mayores a -6%	Instalación de reguladores de tensión monofásicos	Distrito de Cumba

**Proyección de los indicadores SAIDI, SAIFI luego de aplicar el plan de mantenimiento correctivo.**

Teniendo en cuenta la información de los años 2020, 2021 y las actividades de mantenimiento se proyectan los indicadores para el año 2022.

**Tabla 19**

Proyección de número de interrupciones para el año 2022

<b>PROYECCIÓN DE INTERRUPCIONES PARA EL AÑO 2022</b>			
<b>CAUSAS</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>
	<b>VECES</b>	<b>VECES</b>	<b>VECES</b>
Sobrecarga	12	3	2
Condiciones climáticas extremas	10	4	2
Bajo nivel aislamiento	7	7	3
Avería en equipo de protección		7	2
Árbol en contacto con línea de MT		5	
Fluctuaciones de tensión	6		2
Mantenimiento de redes	4	1	
Corte de emergencia	4		1
Vandalismo	4		2
Falso contacto	2		
Problemas generación	1		
Aves en instalaciones	1		1
<b>TOTAL</b>	<b>51</b>	<b>27</b>	<b>15</b>

Se realizó la proyección de interrupciones luego de aplicar las actividades de mantenimiento correctivo respecto a los últimos años. Para el año 2022 se obtuvo un total de 15 interrupciones.

**Tabla 20**

Proyección datos para el cálculo de indicadores SAIDI y SAIFI

<b>DATOS PARA EL CALCULO DEL SAIDI Y SAIFI PARA EL AÑO 2022</b>				
<b>Periodo</b>	<b>N° interrupciones</b>	<b>Duración total [horas]</b>	<b>N° usuarios afectados</b>	<b>N° usuarios en el sistema</b>
2022	15	35:30:00	45623	7350

En la tabla 20 se presentó los datos para el calculo de los indicadores saidi y saifi.

**Tabla 21**

Resultados de proyección de indicadores SAIDI y SAIFI para el año 2022

<b>SAIDI Y SAIFI PROYECTADO PARA EL 2022</b>		
<b>AÑO</b>	<b>SAIDI</b>	<b>SAIFI</b>
2021	31.16	11.9655
2022	9.18	6.21

En la tabla 21 se mostró los resultados de los indicadores SAIFI y SAIFI para el año 2022, siendo estos de 9.18 horas y 6.21 veces respectivamente. Se evidenció que estos cumplen con la tolerancia de 16 horas/año y 12 veces/año que establece el Osinerming.

**Tabla 22**

Cálculo de mejora de los indicadores SAIDI y SAIFI

<b>MEJORA DE INDICADORES SAIDI Y SAIFI RESPECTO AL AÑO 2021</b>		
<b>AÑO</b>	<b>SAIDI [%]</b>	<b>SAIFI [%]</b>
2021	100	100
2022	29.47	51.88
MEJORA	70.53	48.12

Aplicando la regla de tres simple en la tabla 22 se presentó los resultados porcentuales de mejora de los indicadores para el año 2022 respecto del año 2021. Se obtuvo que después de aplicar el plan de mantenimiento correctivo el SAIDI mejorará en un 70.53% y el SAIFI en 48.12%.

## V. DISCUSIÓN

Mediante la recopilación y organización de la información como diagramas unifilares, tablas de funcionamiento, reportes de interrupciones y mediciones de tensión realizado por personal técnico de Electro Oriente S.A. nos ha permitido conocer a detalle las características y parámetros para el cálculo de los indicadores de calidad del servicio eléctrico SAIDI, SAIFI y Variación de tensión tal y cual lo confirman (Fuentes,2017) y (Escarcena,2017) en sus investigaciones.

El análisis de las causas de interrupciones mediante el diagrama de Pareto resalta que las que generaron el 80% de los cortes del servicio eléctrico en el alimentador JAE 202 en el periodo 2016 al año 2021 fueron las condiciones climáticas extremas, el bajo nivel de aislamiento, los puntos calientes y transitorios. Nuestra investigación guarda relación con el proyecto de investigación de (Chávarry,2020) quien concluyó que las salidas del alimentador en estudio fueron por condiciones atmosféricas con el 49% de las paradas totales y transitorios con el 32% de las paradas totales; y con el libro de (Osinermin,2018) en el cual se obtuvo que las causas de las interrupciones en la zona selva del Perú se debe a las condiciones climatológicas con un 31% de las paradas totales, seguido de las fallas propias de los equipos con un 28%.

La NTCSER establece las tolerancias de 16 horas/año y de 12 veces/año para los indicadores de calidad del servicio eléctrico denominados SAIDI y SAIFI y el CNE Suministro 2011 en el artículo 17.D. establece la tolerancia de  $\pm 6\%$  para la variación de tensión en sistemas eléctricos rurales. En esta investigación se calculó y analizó los indicadores de calidad del servicio eléctrico SAIDI, SAIFI y Variación de tensión con los datos brindados por la empresa Electro Oriente S.A. Estos son indicadores de confiabilidad del sistema eléctrico de distribución y con ellos se determinó que tan confiable es el sistema visto desde el incumplimiento de las tolerancias que establece dichas normas.

Según el (Osinermin, 2018) se debe realizar inspección visual para la supervisión de las interrupciones en redes eléctricas de distribución. El código nacional de electricidad señala que los conductores no deben estar cortados, la faja de servidumbre de 2.5 metros de distancia vertical y de 0.5 metros de distancia

radial entre conductor y árboles y la máxima resistencia de las puestas a tierra de  $25\Omega$ . En nuestra investigación se identificaron doce deficiencias mediante inspección visual y dos mediante medición de resistencias de puestas a tierra en el alimentador JAE 202 siendo los tramos auditados los seccionamientos y subestaciones de distribución ubicados en los distritos de Jaén, Cumba, Lonya Grande y Ocalli, las cuales deberán ser subsanadas debido a que la ley de concesiones eléctricas establece que toda concesionaria está obligada a mantener sus instalaciones en forma eficiente.

La inspección termográfica es una técnica predictiva que nos permitió medir la temperatura de los componentes eléctricos. Según el CNE los conductores tendrán una temperatura máxima de operación de  $75^{\circ}\text{C}$ , y según el FONAFE en la norma IEC 60085 los arrollamientos de los transformadores son aislados con papel de clase térmica E de temperatura máxima de  $120^{\circ}\text{C}$  y las empaquetaduras de temperatura máxima de  $115^{\circ}\text{C}$ , por lo tanto, cualquier temperatura cercana o superior a las mencionadas requerirá una solución inmediata. En el alimentador JAE 202 se identificó siete puntos calientes en la superficie del transformador y los bornes de seccionadores tipo cut out. Asimismo, se puede determinar que los seccionamientos y SED necesitan monitoreo constante ya que, comparado con el estudio de (Cacha y Rosales, 2018) sus conclusiones resaltan que los problemas son frecuentes en seccionamientos y que el mantenimiento predictivo permitió mejorar la confiabilidad del alimentador además la técnica de la termografía evitó cortes innecesarios en la distribución de energía de media tensión.

Se realizó el plan de mantenimiento correctivo en función de las deficiencias encontradas en el mantenimiento predictivo. Con la aplicación del plan de mantenimiento correctivo se mejorará la confiabilidad del alimentador de media tensión JAE, debido a que se atacará directamente a las causas encontradas. Estas conclusiones concuerdan con las investigaciones de (Cabrera, 2018) y (Cacha y Rosales, 2018) en donde aplicaron mantenimiento predictivo y concluyeron que les permitió lograr una continuidad del sistema de distribución eléctrica confiable.

## VI. CONCLUSIONES

El alimentador JAE 202 presentó numerosas interrupciones en el periodo 2016 al año 2021 ocurrieron 204 con una duración total de 478:11:56 horas, la cual ocasionó que se deje de suministrar 415.58 MW/h de energía eléctrica a los usuarios del sistema.

Las causas de las interrupciones del servicio eléctrico del alimentador JAE 202 del periodo 2016 al año 2021 fueron las condiciones climáticas extremas (descargas atmosféricas, fuertes vientos y lluvias) con un 21% de las paradas totales, el bajo nivel de aislamiento con el 20% de las paradas totales, las sobrecargas y puntos calientes con un 15% de las paradas totales, el mantenimiento de redes con un 7% de las paradas totales, las fluctuaciones de voltaje con un 6% de las paradas totales y por otros (vandalismo, aves en instalaciones, falsos contactos, colisión de vehículos, cortocircuito y problemas de generación) con una sumatoria del 33% de las paradas totales.

El servicio eléctrico en el alimentador JAE 202 es de mala calidad debido a que los indicadores SAIDI, SAIFI calculados superan las tolerancias que establece la NTCSE de 16 horas/año y 12 veces/año respectivamente. En el año 2016 el SAIDI y SAIFI fue: 50,7 horas y 23.7 veces respectivamente, en el 2017 fue 25.86 horas y 12.33 veces, en el 2018 fue 23.2 horas y 16.24, en el 2019 fue 39.6 horas y 10.9 veces, en el 2020 fue 60.86 horas y 20.5 veces y en el año 2021 fue 31.16 horas y 11.97 veces. Asimismo, existe caída de tensión en la SED E241101 – Cruce Chamaya de -6.16%, en la SED E241150 – Cumba de -7.11% y en la SED E241340 – Ocalli de -7.235%. Por lo tanto, se concluye que desde la SET Miraflores hasta la altura del cruce Chamaya se encuentra dentro de los niveles de tensión tolerables, pero a partir del cruce Chamaya la caída de tensión supera la tolerancia mínima siendo la máxima caída de tensión en Ocalli con -7.235%.

Se identificó 12 deficiencias en el alimentador JAE 202 mediante la inspección visual, estas deficiencias consisten en: dos puestas a tierra inexistentes, una cruceta en mal estado, tres cables de puesta a tierra cortados, un aislador de suspensión fisurado, un aislador tipo PIN inclinado, un pararrayo con suciedad, una estructura perforada por pájaro carpintero, dos tramos con ramas de árboles dentro

de faja de servidumbre y un equipo de protección recloser desconectado y mediante medición de resistencias de puestas a tierra se encontró dos de ellas con resistencias de 29.76  $\Omega$  y 33.11  $\Omega$ . Evidenciándose que las interrupciones por descargas atmosféricas fueron por el mal estado de las puestas a tierra, el bajo nivel de aislamiento por el mal estado de los aisladores.

Se detectó siete puntos calientes en el alimentador JAE 202 mediante la cámara termográfica, estos puntos calientes consisten en temperatura de 44.7°C, 45.9°C, 68.2°C, 77.5°C, 182.9°C en bornes de seccionador tipo Cut Out. y temperaturas de 115.5°C, 157.5°C en transformadores, los cuales al tener esa temperatura elevada generarían el deterioro de las empaquetaduras y por ende las filtraciones del aceite del transformador.

Con la aplicación del plan de mantenimiento correctivo se mejoró la calidad del servicio eléctrico en el alimentador JAE 202 de la siguiente manera: el indicador SAIDI mejoró en un 70.53% año respecto al año 2021, el indicador SAIFI en 48.12 % respecto al año 2021 y la caída de tensión se reguló a sus valores nominales instalando reguladores de tensión monofásicos.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda aplicar el plan de mantenimiento predictivo trimestralmente para encontrar deficiencias en la red que producen las interrupciones eléctricas.

Se recomienda realizar la inspección visual con el dron híbrido de aerocámaras, debido a que se reducirían los tiempos de inspección tradicional y se obtendrían tomas más eficientes de los lugares complicados a la vista humana y de difícil acceso por la misma geografía del terreno y porque su diseño permite montar cámaras térmicas la cual se aprovecharía para realizar la inspección termográfica.

Se recomienda realizar la inspección visual y termográfica trimestralmente a los tramos de Chamaya a Cumba y Cumba a Lonya grande debido a que estas zonas tienen abundante presencia de árboles.

Se recomienda realizar el estudio y análisis de carga con el fin de encontrar el lugar de instalación de los reguladores de tensión monofásicos.

## REFERENCIAS

- Levy, Alberto. y Carrasco Juan. (2020). *Calidad y confiabilidad de los servicios eléctricos en América latina*. Banco interamericano de desarrollo. <https://publications.iadb.org/es/calidad-y-confiabilidad-de-los-servicios-electricos-en-america-latina>
- Banco mundial. (2018). *Energía: entendiendo a la pobreza*. <https://www.bancomundial.org/es/topic/energy/overview>
- Osinergming. (2017). *Informe Técnico N°DSE-CT-14-2017*. <https://www.osinergmin.gob.pe/newweb/uploads/Publico/MapaSEIN/informes/criticos/sistemas/2016.pdf>
- Electro Oriente. (2019). *Memoria anual 2019*. [http://www.elor.com.pe/memoria\\_elor/assets/media/imprimir/Electro\\_Oriente\\_Memoria\\_Anual\\_2019.pdf](http://www.elor.com.pe/memoria_elor/assets/media/imprimir/Electro_Oriente_Memoria_Anual_2019.pdf)
- Electro Oriente. (2017). *Memoria anual 2017*. [http://www.elor.com.pe/portal\\_elor/Media/Uploads/TRANSPARENCIA%20GEP/Memoria\\_Electro\\_Oriente\\_2017\\_Final.pdf](http://www.elor.com.pe/portal_elor/Media/Uploads/TRANSPARENCIA%20GEP/Memoria_Electro_Oriente_2017_Final.pdf)
- Fuentes. (2017). *Análisis y evaluación de los indicadores saifi y saidi para optimizar la confiabilidad del alimentador MUY202 - Electro Oriente S.A.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Escarcena. (2017). *Estudio para mejorar el nivel de tensión aplicando reguladores de tensión monofásico automático para la línea 10 kV alimentador 5006 del sistema eléctrico de la ciudad de Juliaca 2016*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio de la Universidad Nacional del Altiplano.
- Saune, S. (2017). *Optimización de los indicadores de calidad de suministro con mantenimiento de líneas energizadas en los alimentadores de media tensión en la ciudad de Trujillo* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio de la Universidad César Vallejo.

- Osinerning. (2018). Mejores prácticas para el análisis y supervisión de interrupciones en redes eléctricas de distribución primaria. [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/electricidad/Documentos/Publicaciones/Mejores-practicas-analisis-supervision-interrupciones-redes-electricas.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/Publicaciones/Mejores-practicas-analisis-supervision-interrupciones-redes-electricas.pdf)
- Cabrera, G. (2018). *Mantenimiento predictivo con aplicación de un sistema termográfico para optimizar los indicadores de calidad de suministro en los alimentadores de media tensión Trujillo Nor Oeste* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio de la Universidad César Vallejo.
- Cacha y Rosales. (2018). *Mantenimiento predictivo del alimentador de media tensión TIC295 para mejorar la confiabilidad distrito de Ticapampa, Empresa Hidrandina S.A. - Huaraz 2018* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio de la Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/38543>
- Chavarry. (2020). *Análisis de los Indicadores SAIDI y SAIFI para determinar su efecto en la confiabilidad del alimentador de media tensión NAM 001 Hidrandina Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio de la Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/58385>
- Código nacional de electricidad – Suministro 2011 [CNE-Suministro]. Resolución Ministerial N°214-2011-MEM-DM. Sección 1- Introducción al código nacional de suministro. 05 de mayo del 2011 (Perú).
- Ministerio de Energía y Minas. (2015). Norma DGE. *Bases para el diseño de líneas y redes primarias para electrificación rural*.
- Norma técnica de calidad de los servicios eléctricos [NTCSE]. Decreto Supremo N°020-97-EM. Actualizado el 13 de septiembre de 2010 (Perú).
- Norma técnica de calidad de los servicios eléctricos rurales [NTCSER]. Resolución Directoral N°016-2008-EMIDGE. 20 de mayo de 2008 (Perú).

RENACYT. (2018).

[https://portal.concytec.gob.pe/images/renacyt/reglamento\\_renacyt\\_version\\_final.pdf](https://portal.concytec.gob.pe/images/renacyt/reglamento_renacyt_version_final.pdf)

Sampieri. (2003). *Metodología de la investigación*.

<http://187.191.86.244/rceis/registro/Metodolog%C3%ADa%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%20SAMPIERI.pdf>

Renovetec. (2013). *Ingeniería del mantenimiento*.

<http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/9-estrategias-de-mantenimiento/6-estrategias-de-mantenimiento>

Rey, Francisco. (2001). *Manual del mantenimiento integral en la empresa*. FC Editorial.

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=zyYz3HkcdXoC&oi=fnd&pg=PA5&dq=definicion+del+mantenimiento&ots=uCUjXyAjk&sig=GAfegmalqYcU3fKx0v6pt-YXE2Q#v=onepage&q=definicion%20del%20mantenimiento&f=false>

García, Santiago. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*.

Ediciones Díaz de Santos S.A.  
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=PUovBdLi-oMC&oi=fnd&pg=PR13&dq=tipos+de+mantenimiento&ots=UfB81rqG1x&sig=ELHhibNuCY\\_ghyyPFkqIDT8ZAPI#v=onepage&q=tipos%20de%20mantenimiento&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=PUovBdLi-oMC&oi=fnd&pg=PR13&dq=tipos+de+mantenimiento&ots=UfB81rqG1x&sig=ELHhibNuCY_ghyyPFkqIDT8ZAPI#v=onepage&q=tipos%20de%20mantenimiento&f=false)

Corporación FONAFE. Capítulo 3. *Transformadores de distribución*.

<http://www.else.com.pe/else/media/1169/eett-de-transformadores-de-distribuci%C3%B3n-15122017.pdf>

Higuita, Johan. (2020). *Instalación de reconectores monofásicos y trifásicos*

*aéreos*. <https://www.epm.com.co/site/Portals/3/documentos/Energia/RA2>.

Iberica. *Pararrayo de distribución para media tensión*.

[https://iberapa.es/catalogos/productos/pa\\_01\\_03\\_a-ef.pdf](https://iberapa.es/catalogos/productos/pa_01_03_a-ef.pdf)

- Morote, Luis. (2016). Artículo. *Auditorías energéticas, definición, ámbito de actuación y normativa*. <https://ovacen.com/auditorias-energeticas-definicion-ambito-actuacion-normativa/>
- Prada. (2016). Revista. *La termografía infrarroja*. Universidad de Cádiz. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2994>
- López y Esparza. (2003). *Analizador de redes eléctricas*. Instituto tecnológico aguas calientes de México. <https://www.redalyc.org/pdf/944/94402202.pdf>
- Izar, Juan. (2004). *Diagrama de Pareto*. [https://www.researchgate.net/publication/303876853\\_CAPITULO\\_IV\\_41\\_Diagrama\\_de\\_Pareto](https://www.researchgate.net/publication/303876853_CAPITULO_IV_41_Diagrama_de_Pareto)
- Castillo. (2005). Análisis documental. <https://www.uv.es/macas/T5.pdf>
- SIOSAC. (2016). *Ficha técnica de recloser*. <https://transformadoressiosac.com/pdf/Recloser.pdf>
- ELECTROWERKE. *Ficha técnica de regulador de tensión automáticos*. <https://www.electrowerke.com.pe/producto/reguladores-de-tension-automaticos/>

## ANEXOS

### ANEXO N°1: Matriz de operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
<b>Variable independiente: Auditoría energética</b>	Es un procedimiento que se basa en el análisis de la situación actual de sistemas de consumo de energía, con el fin de detectar las causas que afectan a su buen funcionamiento para proponer alternativas de solución (Morote, 2016).	Para el desarrollo de la auditoría energética se utilizó los reportes de interrupciones del alimentador JAE 202, la data de medición de la tensión, la inspección visual, las mediciones de puestas a tierra y la inspección termográfica a los componentes y lugares con más frecuencia de fallas.	Las causas y cifras de interrupciones se obtendrán de los reportes del 2016 al 2021.	Nominal, Razón
			Los datos de tensión se obtendrán de la data de medición y su unidad será en voltios (V).	De intervalo
			La inspección visual se determinará mediante el estado de la línea y las mediciones de puestas a tierra en ( $\Omega$ ).	Nominal
			La técnica termográfica se medirá mediante una cámara termográfica que mostrará los grados de temperatura centígrados ( $^{\circ}\text{C}$ ).	De razón
<b>Variable dependiente: Calidad del servicio eléctrico.</b>	Es el conjunto de características, técnicas y comerciales, que se exige en las normas técnicas y legales para el cumplimiento de las empresas eléctricas con el fin de garantizar a los usuarios un suministro eléctrico continuo, adecuado, confiable y oportuno (Osinergmin)	Es un conjunto de indicadores que hacen referencia a la calidad del nivel de tensión y a la calidad de suministro, los cuales son: Variación de tensión, SAIDI y SAIFI.	Diferencia porcentual de tensión en porcentaje (%)	De razón
			SAIDI en horas/año	
			SAIFI en nro. de interrupciones/año	

## ANEXO N°2: Ficha técnica de la observación.

### FICHA TÉCNICA DE LA OBSERVACIÓN

**Objetivo de la observación:**

Conocer las causas que generan las interrupciones del servicio eléctrico del alimentador JAE 202.

**Tamaño de la muestra:**

Componentes eléctricos del alimentador JAE 202 de la provincia de Jaén, en Cajamarca.

**Técnica de recolección:**

Observación directa

**Fecha de recolección de la información:**

09/08/2021 al 13/08/2021

**Diseño y realización:**

Las guías de observación:

- Guía de observación N°1: Inspección visual del alimentador JAE 202.
- Guía de observación N°2: Mediciones de temperatura en componentes del alimentador JAE 202.

fueron diseñadas por los estudiantes de la carrera de ingeniería mecánica eléctrica Campos Vargas Jorge Luis y Hernández Celis Carlos Daniel, con el objetivo de conocer cuáles son las causas que originan las interrupciones del servicio eléctrico del alimentador JAE 202.

### ANEXO 3: Guía de observación N°1.

GUIA DE OBSERVACION N°1: INSPECCION VISUAL DEL ALIMENTADOR JAE 202					
DATOS GENERALES					
Fecha: 09/10/2021					
responsables de observación: Campos Vargas Jorge Luis y Hernández Celis Carlos Daniel.					
Equipos de medición: Binoculares y pinza amperimétrica.					
Equipos de apoyo: Técnico de electricista y camioneta.					
OBJETIVO: Evaluar visualmente utilizando binoculares y medir la resistencia de las puestas a tierra en el alimentador JAE 202 para registrar el estado actual de los componentes.					
ítem	Tipo de punto inspeccionado	Descripción de la observación	Referencia	Ubicación	Comentario
1	SED	Puesta a tierra inexistente, no se ubicó caja de registro.	SED E241236	Centro Poblado Mesones Muro, distrito y provincia de Jaén de la región de Cajamarca.	Ver foto 1
2	EMT	Puesta a tierra inexistente, no se ubicó caja de registro.	Seccionamiento I520048	Centro Poblado Ahuyaca, distrito de Colasay, Provincia de Jaén de la región de Cajamarca.	Ver foto 2
3	EMT	Cruceta en mal estado.	EMT 181	Tramo de cumba a Lonya Grande. Ubicación: distrito de Cumba, Provincia de Utcubamba, Departamento de Amazonas.	Ver foto 3
4	EMT	Conductor de puesta a tierra cortado.	EMT 147	Centro Poblado Tactago, distrito de Cumba, Provincia de Utcubamba, Departamento de Amazonas.	Ver foto 4
5	EMT	Conductor de puesta a tierra cortado.	EMT 30	Centro Poblado Buenos Aires, distrito de Lonya Grande, Provincia de Utcubamba, Departamento de Amazonas.	Ver foto 5
6	EMT	Conductor de puesta a tierra cortado.	EMT 27	Centro Poblado Buenos Aires, distrito de Lonya Grande, Provincia de Utcubamba, Departamento de Amazonas.	Ver foto 6
7	EMT	Aislador de suspensión fisurado.	Seccionamiento I244035	Caserío Carachupa, distrito de Lonya Grande, Provincia de Utcubamba, Departamento de Amazonas.	Ver foto 7
8	SED	Aislador tipo pin inclinado.	SED E241325	Lonya Grande, Provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas	Ver foto 8
9	SED	Pararrayo con suciedad.	SED E241201.	Tramo Cumba a Lonya Grande. Ubicación distrito de Cumba, Provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas	Ver foto 9
10	SED	Presencia de pájaro carpintero, realizando orificios en poste de madera.	SED E241215	Distrito de Lonya Grande provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas.	Ver foto 10
11	TMT	Equipo de protección	I244035	Ubicación Caserío Carachupa, distrito de Lonya	Ver foto 11

		inoperativo (Recloser), se observa que está desconectado de la línea energizada del seccionamiento I244035.		Grande, Provincia Utcubamba, departamento de Amazonas.	
12	TMT	Rama de árboles dentro de faja de servidumbre entre poste 72 al 74.	Tramo de Santa Rosa a Guadalupe	Ubicación distrito de Cumba, Provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas.	Ver foto 12
13	SED	La resistencia en la puesta a tierra es de 29.76 $\Omega$ .	SED E241325	Lonya Grande, Provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas.	Ver foto 13
14	SED	La resistencia en la puesta a tierra es de 33.11 $\Omega$ .	SED E241201	distrito de Cumba, Provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas.	Ver foto 14

**LEYENDA:** SED (subestación eléctrica de distribución), EMT (estructura de media tensión), TMT (tramo de media tensión).

#### ANEXO 4: Guía de observación N°2.

<b>GUIA DE OBSERVACION N°2: MEDICIONES DE TEMPERATURA EN COMPONENTES DEL ALIMENTADOR JAE 202</b>					
<b>DATOS GENERALES</b> <b>Fecha:</b> 09/10/2021 <b>responsables de observación:</b> Campos Vargas Jorge Luis y Hernández Celis Carlos Daniel. <b>Equipos de medición:</b> Cámara Termográfica, modelo UNI-T UTi220A <b>Equipos de apoyo:</b> Técnico de medición y camioneta. <b>OBJETIVO DE LA OBSERVACION:</b> Realizar la medición con la cámara Termográfica para determinar los puntos calientes en el alimentador JAE 202.					
<b>Componente</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Descripción</b>	<b>Referencia</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Comentario</b>
Seccionador tipo CUT OUT	182.9 °C	Bornes de seccionador	SED E241202	Distrito de Cumba	Ver foto 15
Seccionador tipo CUT OUT	45.9 °C	Bornes de seccionador	Seccionamiento I520754	Entrada a Lonya Grande.	Ver foto 16
Transformador	115.5 °C	Carcasa de transformador	SED E241150	Distrito de Cumba,	Ver foto 17
Seccionador tipo CUT OUT	77.5 °C	Bornes de seccionador	SED E241324	Distrito de Cumba,	Ver foto 18
Seccionador tipo CUT OUT	44.7 °C	Bornes de seccionador	SED E241325	Lonya Grande, Provincia de Utcubamba.	Ver foto 19
Seccionador tipo CUT OUT	68.2 °C	Bornes de seccionador	SED E241102	Distrito de Chamaya.	Ver foto 20
Transformador	157.5 °C	Carcasa de transformador	SED E241201	distrito de Cumba	Ver foto 21

## ANEXO 5: Ficha técnica del análisis documental.

FICHA TÉCNICA DEL ANÁLISIS DOCUMENTAL
<p><b>Objetivo del análisis documental:</b> Obtener datos de las interrupciones del servicio eléctrico y de las mediciones de tensión del alimentador JAE 202.</p>
<p><b>Tamaño de la muestra:</b> Reporte de mediciones de tensión, Diagrama unifilar y reportes de interrupciones de Electro Oriente SA.</p>
<p><b>Técnica de recolección:</b> Análisis documental de información.</p>
<p><b>Fecha de recolección de la información:</b> 10/09/2021</p>
<p><b>Diseño y realización:</b> La ficha de registro fue diseñada por los estudiantes de la carrera de ingeniería mecánica eléctrica Campos Vargas Jorge Luis y Hernández Celis Carlos Daniel, con el objetivo de conocer la información necesaria de tipos y lugares frecuentes de interrupciones y rutas del alimentador para salir a campo a realizar las técnicas predictivas de mantenimiento, y de conocer los valores de indicadores de calidad del año más actual para tomarlos como referencia en la evaluación de mejora de la confiabilidad luego de la aplicación del plan de actividades de mantenimiento.</p>

**ANEXO 6:** Ficha de registro de análisis documental.

<b>FICHA DE REGISTRO</b>	
<b>DATOS GENERALES</b> <b>Fecha:</b> 10/09/2021 <b>responsables:</b> Campos Vargas Jorge Luis y Hernández Celis Carlos Daniel. <b>Base de datos:</b> ISCOM, Diagramas y planos. <b>OBJETIVO:</b> Registrar la información del análisis documental para el proyecto.	
<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>REGISTRO</b>
Nivel de tensión	22.9KV/13.2 KV
Frecuencia	60 HZ
Lugares de influencia del AMT	Chamaya, Cumba, Lonya, Utcubamba y Ocalli.
Tipos de interrupciones	Terceros, mantenimiento, fallas propias, cortes de emergencia
Datos de interrupciones	Ver reportes años 2016 - 2021
Datos de tensión	Ver data de medición de tensión (anexo 7)
Tipo mantenimiento actual	Correctivo – preventivo.
Norma vigente	NTCSE, NTCSER, LCE, Código Nacional de Electricidad.

## ANEXO 7: Data de medición de tensión

Medición de tensión en el Caserío San Isidro, Provincia de Jaén - SED E241006				
Intervalo	Fecha - hora	Tensión1 media (V)	Tensión2 media (V)	Tensión3 media (V)
1	27/08/2021 02:15:00	13181.43	13154.18	13135.68
2	27/08/2021 02:30:00	13194.73	13168.13	13154.83
3	27/08/2021 02:45:00	13180.78	13148.34	13136.33
4	27/08/2021 03:00:00	13225.56	13199.93	13190.19
5	27/08/2021 03:15:00	13218.42	13173.97	13166.83
6	27/08/2021 03:30:00	13222.64	13187.27	13176.89
7	27/08/2021 03:45:00	13182.08	13153.53	13141.52
8	27/08/2021 04:00:00	13165.86	13132.11	13128.22
9	27/08/2021 04:15:00	13181.43	13152.55	13147.36
10	27/08/2021 04:30:00	13174.94	13132.76	13134.38
11	27/08/2021 04:45:00	13167.48	13114.27	13125.30
12	27/08/2021 05:00:00	13157.75	13109.08	13113.62
13	27/08/2021 05:15:00	13182.08	13136.33	13146.71
14	27/08/2021 05:30:00	13176.24	13122.38	13132.11
15	27/08/2021 05:45:00	13188.89	13139.25	13149.63
16	27/08/2021 06:00:00	13168.13	13129.19	13138.60
17	27/08/2021 06:15:00	13175.59	13149.63	13166.83
18	27/08/2021 06:30:00	13209.34	13158.72	13190.19
19	27/08/2021 06:45:00	13182.08	13131.14	13161.64
20	27/08/2021 07:00:00	13213.23	13158.72	13198.30
21	27/08/2021 07:15:00	13229.45	13171.05	13204.14
22	27/08/2021 07:30:00	13204.14	13142.50	13160.02
23	27/08/2021 07:45:00	13169.75	13115.89	13129.84
24	27/08/2021 08:00:00	13198.30	13148.34	13160.67
25	27/08/2021 08:15:00	13186.62	13126.27	13131.14
26	27/08/2021 08:30:00	13219.07	13160.02	13165.86
27	27/08/2021 08:45:00	13191.17	13170.40	13179.81
28	27/08/2021 09:00:00	13193.11	13133.41	13151.26
29	27/08/2021 09:15:00	13154.83	13129.84	13140.87
30	27/08/2021 09:30:00	13168.78	13114.92	13126.92
31	27/08/2021 09:45:00	13165.21	13108.43	13110.70
32	27/08/2021 10:00:00	13166.83	13112.00	13117.19
33	27/08/2021 10:15:00	13151.26	13087.01	13110.70
34	27/08/2021 10:30:00	13155.47	13104.86	13114.27
35	27/08/2021 10:45:00	13172.67	13119.46	13137.30
36	27/08/2021 11:00:00	13196.03	13137.95	13154.18
37	27/08/2021 11:15:00	13202.85	13160.02	13168.13
38	27/08/2021 11:30:00	13174.94	13137.30	13150.61
39	27/08/2021 11:45:00	13170.40	13127.57	13146.06
40	27/08/2021 12:00:00	13157.75	13105.51	13136.33
41	27/08/2021 12:15:00	13192.46	13129.84	13165.21
42	27/08/2021 12:30:00	13204.14	13136.33	13165.86
43	27/08/2021 12:45:00	13178.51	13133.41	13148.34
44	27/08/2021 13:00:00	13168.13	13092.20	13118.16
45	27/08/2021 13:15:00	13135.68	13070.14	13100.96
46	27/08/2021 13:30:00	13141.52	13084.09	13098.69
47	27/08/2021 13:45:00	13171.70	13126.27	13138.60
48	27/08/2021 14:00:00	13144.44	13077.60	13102.59
49	27/08/2021 14:15:00	13163.59	13097.39	13140.22
50	27/08/2021 14:30:00	13171.70	13109.68	13157.75

Medición de tensión en el Cruce Chamaya - SED E241101				
Intervalo	Fecha - hora	Tensión1 media (V)	Tensión2 media (V)	Tensión3 media (V)
1	26/08/2021 00:00:00	12435.31	12409.60	12392.15
2	26/08/2021 00:15:00	12447.86	12422.76	12410.21
3	26/08/2021 00:30:00	12434.70	12404.09	12392.76
4	26/08/2021 00:45:00	12476.94	12452.76	12443.58
5	26/08/2021 01:00:00	12470.21	12428.27	12421.54
6	26/08/2021 01:15:00	12474.19	12440.82	12431.03
7	26/08/2021 01:30:00	12435.92	12408.99	12397.66
8	26/08/2021 01:45:00	12420.62	12388.79	12385.11
9	26/08/2021 02:00:00	12435.31	12408.07	12403.17
10	26/08/2021 02:15:00	12429.19	12389.40	12390.93
11	26/08/2021 02:30:00	12422.15	12371.95	12382.36
12	26/08/2021 02:45:00	12412.97	12367.05	12371.34
13	26/08/2021 03:00:00	12435.92	12392.76	12402.56
14	26/08/2021 03:15:00	12430.41	12379.60	12388.79
15	26/08/2021 03:30:00	12442.35	12395.52	12405.31
16	26/08/2021 03:45:00	12422.76	12386.03	12394.91
17	26/08/2021 04:00:00	12429.80	12405.31	12421.54
18	26/08/2021 04:15:00	12461.64	12413.89	12443.58
19	26/08/2021 04:30:00	12435.92	12387.87	12416.64
20	26/08/2021 04:45:00	12465.31	12413.89	12451.23
21	26/08/2021 05:00:00	12480.62	12425.52	12456.74
22	26/08/2021 05:15:00	12456.74	12398.58	12415.11
23	26/08/2021 05:30:00	12424.29	12373.48	12386.64
24	26/08/2021 05:45:00	12451.23	12404.09	12415.72
25	26/08/2021 06:00:00	12440.21	12383.28	12387.87
26	26/08/2021 06:15:00	12470.82	12415.11	12420.62
27	26/08/2021 06:30:00	12444.50	12424.91	12433.78
28	26/08/2021 06:45:00	12446.33	12390.01	12406.85
29	26/08/2021 07:00:00	12410.21	12386.64	12397.05
30	26/08/2021 07:15:00	12423.37	12372.56	12383.89
31	26/08/2021 07:30:00	12420.01	12366.44	12368.58
32	26/08/2021 07:45:00	12421.54	12369.81	12374.70
33	26/08/2021 08:00:00	12406.85	12346.24	12368.58
34	26/08/2021 08:15:00	12410.82	12363.07	12371.95
35	26/08/2021 08:30:00	12427.05	12376.85	12393.68
36	26/08/2021 08:45:00	12449.09	12394.30	12409.60
37	26/08/2021 09:00:00	12455.52	12415.11	12422.76
38	26/08/2021 09:15:00	12429.19	12393.68	12406.23
39	26/08/2021 09:30:00	12424.91	12384.50	12401.95
40	26/08/2021 09:45:00	12412.97	12363.69	12392.76
41	26/08/2021 10:00:00	12445.72	12386.64	12420.01
42	26/08/2021 10:15:00	12456.74	12392.76	12420.62
43	26/08/2021 10:30:00	12432.56	12390.01	12404.09
44	26/08/2021 10:45:00	12422.76	12351.14	12375.62
45	26/08/2021 11:00:00	12392.15	12330.32	12359.40
46	26/08/2021 11:15:00	12397.66	12343.48	12357.26
47	26/08/2021 11:30:00	12426.13	12383.28	12394.91
48	26/08/2021 11:45:00	12400.42	12337.36	12360.93
49	26/08/2021 12:00:00	12418.48	12356.03	12396.44
50	26/08/2021 12:15:00	12426.13	12367.63	12412.97

**Medición de tensión en Cumba - SED E241150**

Intervalo	Fecha - hora	Tensión1 media (V)	Tensión2 media (V)	Tensión3 media (V)
1	24/08/2021 14:45:00	12404.85	12346.72	12371.37
2	24/08/2021 15:00:00	12374.42	12262.10	12277.32
3	24/08/2021 15:15:00	12395.72	12289.19	12307.15
4	24/08/2021 15:30:00	12447.47	12345.20	12361.94
5	24/08/2021 15:45:00	12383.85	12278.23	12293.45
6	24/08/2021 16:00:00	12372.90	12273.97	12294.06
7	24/08/2021 16:15:00	12338.20	12245.67	12258.15
8	24/08/2021 16:30:00	12347.33	12259.36	12265.75
9	24/08/2021 16:45:00	12336.37	12246.27	12255.41
10	24/08/2021 17:00:00	12299.54	12200.01	12207.01
11	24/08/2021 17:15:00	12270.62	12175.05	12193.01
12	24/08/2021 17:30:00	12306.54	12203.36	12220.10
13	24/08/2021 17:45:00	12377.16	12266.97	12297.41
14	24/08/2021 18:00:00	12365.29	12245.06	12309.89
15	24/08/2021 18:15:00	12381.11	12269.10	12338.20
16	24/08/2021 18:30:00	12407.59	12310.50	12368.03
17	24/08/2021 18:45:00	12383.85	12265.75	12340.94
18	24/08/2021 19:00:00	12393.59	12289.19	12362.55
19	24/08/2021 19:15:00	12405.46	12298.32	12367.42
20	24/08/2021 19:30:00	12370.76	12257.23	12343.98
21	24/08/2021 19:45:00	12426.16	12321.76	12399.07
22	24/08/2021 20:00:00	12439.25	12332.72	12409.42
23	24/08/2021 20:15:00	12429.51	12327.85	12396.33
24	24/08/2021 20:30:00	12440.77	12338.20	12410.94
25	24/08/2021 20:45:00	12421.90	12325.72	12394.20
26	24/08/2021 21:00:00	12329.98	12232.58	12307.15
27	24/08/2021 21:15:00	12350.68	12247.80	12319.02
28	24/08/2021 21:30:00	12325.11	12231.06	12301.67
29	24/08/2021 21:45:00	12335.46	12249.62	12312.02
30	24/08/2021 22:00:00	12347.33	12255.41	12322.98
31	24/08/2021 22:15:00	12322.98	12230.45	12298.32
32	24/08/2021 22:30:00	12324.50	12240.80	12297.41
33	24/08/2021 22:45:00	12324.50	12237.45	12299.54
34	24/08/2021 23:00:00	12335.46	12250.54	12314.15
35	24/08/2021 23:15:00	12345.20	12264.23	12320.24
36	24/08/2021 23:30:00	12339.72	12264.84	12319.63
37	24/08/2021 23:45:00	12351.59	12276.10	12327.85
38	25/08/2021 00:00:00	12346.72	12276.71	12330.59
39	25/08/2021 00:15:00	12345.81	12275.49	12330.59
40	25/08/2021 00:30:00	12354.33	12281.58	12333.33
41	25/08/2021 00:45:00	12352.81	12283.10	12336.98
42	25/08/2021 01:00:00	12358.29	12286.45	12336.98
43	25/08/2021 01:15:00	12365.29	12287.06	12336.37
44	25/08/2021 01:30:00	12359.81	12281.58	12322.98
45	25/08/2021 01:45:00	12351.59	12275.49	12317.50
46	25/08/2021 02:00:00	12343.07	12260.28	12305.93
47	25/08/2021 02:15:00	12340.94	12259.36	12302.89
48	25/08/2021 02:30:00	12340.33	12260.88	12303.80
49	25/08/2021 02:45:00	12338.20	12258.15	12299.54
50	25/08/2021 03:00:00	12352.81	12274.58	12318.11

Medición de tensión Ocalli - SED E241340				
Intervalo	Fecha - hora	Tensión1 media (V)	Tensión2 media (V)	Tensión3 media (V)
1	25/08/2021 05:00:00	12333.55	12227.43	12228.65
2	25/08/2021 05:15:00	12382.97	12278.37	12272.00
3	25/08/2021 05:30:00	12399.80	12300.20	12300.20
4	25/08/2021 05:45:00	12398.73	12298.98	12296.26
5	25/08/2021 06:00:00	12396.91	12303.23	12288.68
6	25/08/2021 06:15:00	12379.03	12279.58	12273.52
7	25/08/2021 06:30:00	12322.94	12212.88	12231.98
8	25/08/2021 06:45:00	12342.95	12251.99	12254.72
9	25/08/2021 07:00:00	12314.14	12225.92	12223.80
10	25/08/2021 07:15:00	12310.81	12216.82	12215.61
11	25/08/2021 07:30:00	12276.25	12164.67	12175.59
12	25/08/2021 07:45:00	12373.27	12281.10	12298.98
13	25/08/2021 08:00:00	12382.97	12290.80	12292.62
14	25/08/2021 08:15:00	12380.84	12288.68	12292.62
15	25/08/2021 08:30:00	12342.34	12263.82	12261.09
16	25/08/2021 08:45:00	12365.08	12263.82	12238.35
17	25/08/2021 09:00:00	12356.89	12266.54	12263.21
18	25/08/2021 09:15:00	12375.39	12289.28	12277.46
19	25/08/2021 09:30:00	12387.82	12301.11	12295.65
20	25/08/2021 09:45:00	12312.02	12228.65	12218.94
21	25/08/2021 10:00:00	12305.96	12235.01	12217.73
22	25/08/2021 10:15:00	12325.06	12228.04	12235.62
23	25/08/2021 10:30:00	12296.26	12202.57	12211.36
24	25/08/2021 10:45:00	12319.60	12225.92	12236.23
25	25/08/2021 11:00:00	12278.97	12184.68	12212.27
26	25/08/2021 11:15:00	12281.70	12181.96	12193.48
27	25/08/2021 11:30:00	12279.58	12183.77	12202.57
28	25/08/2021 11:45:00	12303.84	12196.21	12267.15
29	25/08/2021 12:00:00	12285.04	12177.71	12243.20
30	25/08/2021 12:15:00	12309.29	12204.69	12269.88
31	25/08/2021 12:30:00	12312.02	12214.09	12278.37
32	25/08/2021 12:45:00	12314.75	12218.94	12269.27
33	25/08/2021 13:00:00	12327.18	12238.35	12287.16
34	25/08/2021 13:15:00	12312.02	12223.80	12288.68
35	25/08/2021 13:30:00	12303.84	12220.46	12286.55
36	25/08/2021 13:45:00	12309.90	12223.80	12281.70
37	25/08/2021 14:00:00	12314.14	12226.52	12292.62
38	25/08/2021 14:15:00	12318.39	12229.25	12297.47
39	25/08/2021 14:30:00	12350.53	12253.51	12325.97
40	25/08/2021 14:45:00	12321.72	12235.01	12296.86
41	25/08/2021 15:00:00	12294.74	12218.94	12264.42
42	25/08/2021 15:15:00	12302.32	12222.58	12278.97
43	25/08/2021 15:30:00	12309.90	12225.92	12276.85
44	25/08/2021 15:45:00	12324.45	12253.51	12298.98
45	25/08/2021 16:00:00	12289.28	12209.24	12256.24
46	25/08/2021 16:15:00	12296.26	12216.22	12261.69
47	25/08/2021 16:30:00	12311.42	12241.08	12282.31
48	25/08/2021 16:45:00	12337.49	12276.25	12319.00
49	25/08/2021 17:00:00	12369.32	12310.81	12355.38
50	25/08/2021 17:15:00	12376.90	12324.45	12360.83

## ANEXO 8: Resultados del cálculo de variación de tensión.

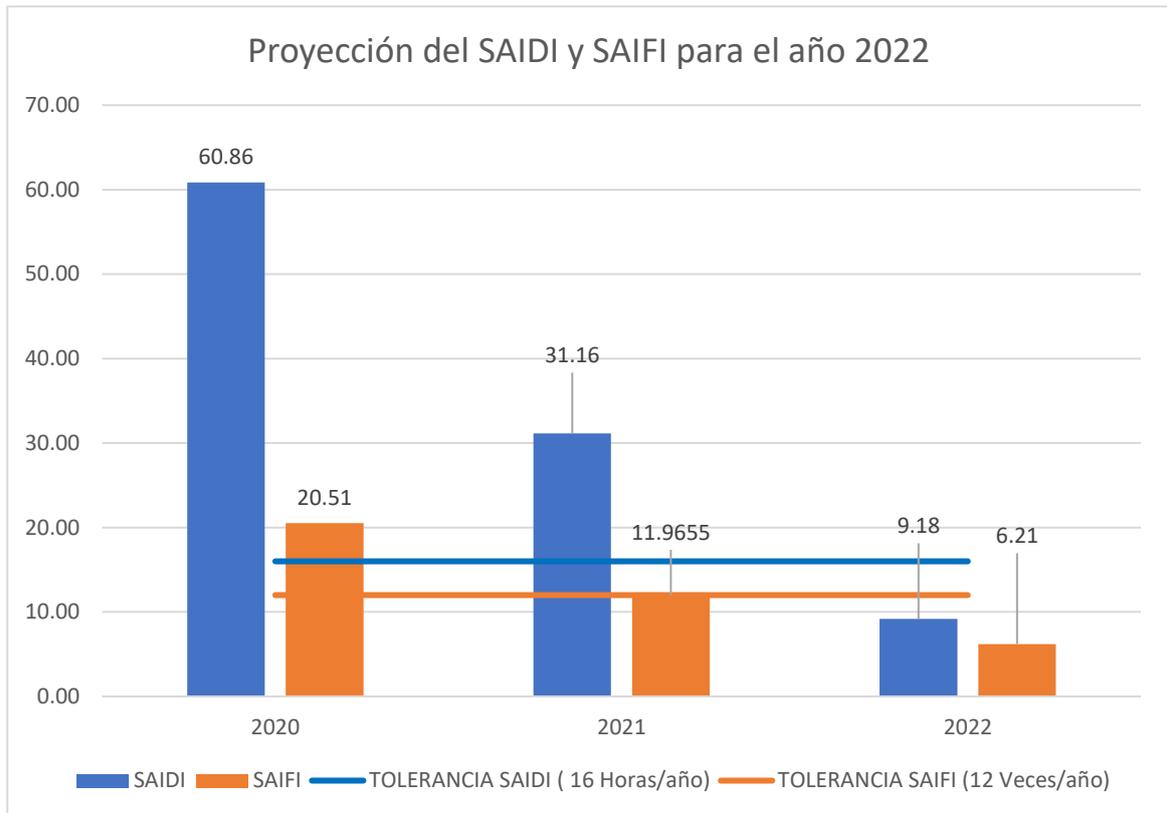
MEDICIÓN CALIDAD DE TENSIÓN 1						
Datos del punto de medición			Datos			
Ubicación	Caserío San Isidro, Jaén		Tensión nominal del sistema RST		22.9 KV	
SED	E241006		Marca de Equipo		FLUKE	
Tensión nominal por fase	13200 V		Serie de Equipo		V910548CA	
RESULTADO						
Resultado de la Medición			<b>BUENA CALIDAD</b>			
	Tensión 1		Tensión 2		Tensión 3	
Tensión Máxima:	13229.4522 V	27/08/2021 07:15:00	13199.9258 V	27/08/2021 03:00:00	13204.1438 V	27/08/2021 07:15:00
Tensión Mínima:	13135.6815 V	27/08/2021 13:15:00	13070.1394 V	27/08/2021 13:15:00	13098.6924 V	27/08/2021 13:30:00
Porcentaje de mala calidad	0.00%	Sobretensión				
		<6, 7.5]	<7.5, 10]	<10, 12.5]	<12.5, +∞>	
		0	0	0	0	
		Subtensión				
		[-6, -5>	[-7.5, -6>	[-12.5, -10>	<-∞, -12.5>	
0	0	0	0			

MEDICIÓN CALIDAD DE TENSIÓN 2						
Datos del punto de medición			Datos			
Ubicación	Cruce Chamaya		Tensión nominal del sistema RST		22.9 KV	
SED	E241101		Marca de Equipo		FLUKE	
Tensión nominal por fase	13200 V		Serie de Equipo		V910548CA	
RESULTADO						
Resultado de la Medición			<b>MALA CALIDAD</b>			
	Tensión 1		Tensión 2		Tensión 3	
Tensión Máxima:	12480.6153 V	26/08/2021 05:00:00	12452.7602 V	26/08/2021 00:45:00	12456.7395 V	26/08/2021 05:00:00
Tensión Mínima:	12392.1524 V	26/08/2021 11:00:00	12330.3202 V	26/08/2021 11:00:00	12357.257 V	26/08/2021 11:15:00
Porcentaje de mala calidad	80.00%	Sobretensión				
		<6, 7.5]	<7.5, 10]	<10, 12.5]	<12.5, +∞>	
		0	0	0	0	
		Subtensión				
		[-6, -5>	[-7.5, -6>	[-12.5, -10>	<-∞, -12.5>	
10	40	0	0			

MEDICIÓN CALIDAD DE TENSIÓN 3						
Datos del punto de medición			Datos			
Ubicación	Cumba		Tensión nominal del sistema RST		22.9 KV	
SED	E241150		Marca de Equipo		FLUKE	
Tensión nominal por fase	13200 V		Serie de Equipo		V910548CA	
RESULTADO						
Resultado de la Medición			<b>MALA CALIDAD</b>			
	Tensión 1		Tensión 2		Tensión 3	
Tensión Máxima:	12447.46747 V	24/08/2021 15:30:00	12346.71892 V	24/08/2021 14:45:00	12410.94232 V	24/08/2021 20:30:00
Tensión Mínima:	12270.62486 V	24/08/2021 17:15:00	12175.05071 V	24/08/2021 17:15:00	12193.00891 V	24/08/2021 17:15:00
Porcentaje de mala calidad	100.00%		Sobretensión			
			<6, 7.5] %	<7.5, 10] %	<10, 12.5] %	<12.5, +∞> %
			0	0	0	0
			Subtensión			
			[-7.5, -6> %	[-10, -7.5> %	[-12.5, -10> %	<-∞, -12.5> %
47	3	0	0			

MEDICION CALIDAD DE TENSION 4						
Datos del punto de medición			Datos			
Ubicación	Ocalli		Tensión nominal del sistema RST		22.9 KV	
SED	E241340		Marca de Equipo		FLUKE	
Tensión nominal por fase	13200 V		Serie de Equipo		V910548CA	
RESULTADO						
Resultado de la Medición			<b>MALA CALIDAD</b>			
	Tensión 1		Tensión 2		Tensión 3	
Tensión Máxima:	12399.80041 V	25/08/2021 05:30:00	12324.45236 V	25/08/2021 17:15:00	12360.83451 V	25/08/2021 17:15:00
Tensión Mínima:	12276.24602 V	25/08/2021 07:30:00	12164.6741 V	25/08/2021 07:30:00	12175.58875 V	25/08/2021 07:30:00
Porcentaje de mala calidad	100.00%		Sobretensión			
			<6, 7.5]	<7.5, 10]	<10, 12.5]	<12.5, +∞>
			0	0	0	0
			Subtensión			
			[-7.5, -6>	[-10, -7.5>	[-12.5, -10>	<-∞, -12.5>
41	9	0	0			

**ANEXO 9:** Proyección de indicadores SAIDI y SAIFI para el año 2022.



**ANEXO 10:** inspección termográfica.

