



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA



**“INSPECCIÓN PREVENTIVA MEDIANTE EL USO DEL
VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO (DRONE), PARA EVITAR
INTERRUPCIONES DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA EN LOS
ELEMENTOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. ELISBAN HILDEBRANDO VILCA CHOQUE

Bach. OLIVER ALAIN CHURA QUISPE

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

PUNO – PERÚ

2021



DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y permitirme
culminar este episodio de mi vida.

A mis padres, Néstor y Eusebia.

A mis hermanos, Mónica V., Gaby y
Carlitos.

ELISBAN H.



DEDICATORIA

A Dios, por guiarme en mi camino cuando más lo necesito.

A mis padres, Demetrio y Narcisa por mostrarme el camino a la superación.

A mis hermanos, Noaldo. Nadela H. quienes han sido mi inspiración para ser mejor cada día.

A mi familia en general por el apoyo que siempre me brindaron de cada año de mi carrera universitaria.

Mis amigos por permitirme aprender más de la vida a su lado.

OLIVER A.



AGRADECIMIENTOS

Expresamos un agradecimiento y reconocimiento a nuestra institución formadora la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, por permitirnos nuestra formación profesional al servicio de la sociedad.

Un sincero agradecimiento al Dr. Norman Jesús Beltrán Castañón, Asesor del presente trabajo de investigación, por su apoyo, su orientación y tiempo brindado para la culminación de la investigación.

El agradecimiento a los señores miembros del jurado evaluador:

- M.Sc. José Manuel Ramos Cutipa
- M.Sc. Walter Oswaldo Paredes Pareja
- M.Sc. Leonidas Vilca Callata

Por sus sugerencias y recomendaciones brindadas para la mejora y culminación de la investigación. Del mismo modo, nuestro agradecimiento a todas las personas que hicieron posible esta investigación.

ELISBAN H.

OLIVER A.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESÚMEN	15
ABSTRACT.....	16

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	19
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	19
1.2.1. Problema general	19
1.2.2. Problemas específicos.....	20
1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.3.1. Hipótesis general.....	20
1.3.2. Hipótesis específicas.....	20
1.4. JUSTIFICACIÓN	21
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	22
1.5.1. Objetivo general.....	22
1.5.2. Objetivos específicos	22



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN	23
2.1.1. A nivel internacional.....	23
2.1.2. A nivel nacional	29
2.2. BASES TEÓRICAS	30
2.2.1. Sistema de distribución.....	30
2.2.2. Interrupciones del suministro de energía	55
2.2.3. Vehículo aéreo no tripulado (DRONE)	68
2.2.4. Inspección preventiva	91
2.2.5. Marco legal	109
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	110
2.4. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	119
2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	120

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES	121
3.1.1. Herramientas de campo	121
3.1.2. Soporte informático	123
3.1.3. Materiales de escritorio.....	123
3.1.4. Recursos humanos	123
3.1.5. Recursos tecnológicos.....	124
3.1.6. Recurso de softwares	124
3.1.7. Servicio de terceros.....	124
3.2. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	124



3.2.1. Tipo de investigación.....	124
3.2.2. Nivel de investigación	125
3.2.3. Diseño de investigación	125
3.2.4. Población y muestra.....	126
3.2.5. Técnicas aplicadas en la recolección de la información	127
3.2.6. Instrumento	129
3.2.7. Procedimiento	129
3.2.8. Procesamiento y análisis de datos.....	130
3.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	131
3.3.1. Ubicación geográfica	131
3.3.2. Unidad de estudio	131
3.3.3. Tiempo	132
3.3.4. Condiciones climatológicas	132
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. RESULTADOS ESTADÍSTICOS	134
4.2. RESULTADOS MEDIANTE INSPECCIÓN DIGITAL.....	142
4.3. RESULTADOS MEDIANTE INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA	155
4.4. DISCUSIÓN.....	162
V. CONCLUSIONES.....	165
VI. RECOMENDACIONES	166
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	167
ANEXOS.....	173

Área : Instalaciones Eléctricas II
Tema : Electricidad

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 10 de marzo del 2021



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1: Red con distribución radial	35
Figura N° 2.2: Red con distribución en anillo	36
Figura N° 2.3: Red con distribución enmallada.....	36
Figura N° 2.4: Marco del hexacóptero.....	69
Figura N° 2.5: Batería.....	70
Figura N° 2.6: Motor y hélices	70
Figura N° 2.7: Radio receptor.....	71
Figura N° 2.8: GPS	71
Figura N° 2.9: Sistema de transmisión	72
Figura N° 2.10: Placa controladora.....	72
Figura N° 2.11: Estabilizador	73
Figura N° 2.12: Cámara digital.....	74
Figura N° 2.13: Clasificación	75
Figura N° 2.14: Trimble UX5.....	81
Figura N° 2.15: Dji Phantom 4 Pro	82
Figura N° 2.16: Medición directa	94
Figura N° 2.17: Medición indirecta	95
Figura N° 2.18: Imagen digital punto de conexión.....	102
Figura N° 2.19: Imagen termográfica en punto de conexión.....	103
Figura N° 3.1: Drone Dji Phantom 4 Pro	121
Figura N° 3.2: GPS diferencial	122
Figura N° 3.3: Cámara dual digital/termografía	122
Figura N° 3.4: Wincha.....	123
Figura N° 3.5: Ubicación general	131



Figura N° 3.6: Características ambientales.....	132
Figura N° 3.7: Datos climatológicos.....	133
Figura N° 3.8: Promedios multianuales de precipitación	133
Figura N° 4.1: Muestra de estudio	134
Figura N° 4.2: Tipos de armados estructurales.....	135
Figura N° 4.3: Componentes de la subestación eléctrica.....	136
Figura N° 4.4: Tipos de estructuras	137
Figura N° 4.5: Componentes del sistema.....	138
Figura N° 4.6: Retenida simple y PAT	139
Figura N° 4.7: Puntos críticos en los conductores	140
Figura N° 4.8: Anormalidades en el Alumbrado público	141
Figura N° 4.9: Cantidad de imágenes con anormalidades	142
Figura N° 4.10: Manipulación del equipo	142
Figura N° 4.11: Media loza con grietas	143
Figura N° 4.12: Tablero de distribución con oxido	144
Figura N° 4.13: Aislador de porcelana	145
Figura N° 4.14: Pastoral sin luminaria.....	146
Figura N° 4.15: Luminaria desprendida	147
Figura N° 4.16: Perilla desprendida.....	148
Figura N° 4.17: Porta línea para aisladores tipo carrete	149
Figura N° 4.18: Árbol en contacto con la red	150
Figura N° 4.19: Poste averiado	151
Figura N° 4.20: Poste de c.a.c. inclinado.....	152
Figura N° 4.21: Retenida en mal estado	153
Figura N° 4.22: Conexión directa	154



Figura N° 4.23: Punto crítico en el empalme de acometida	155
Figura N° 4.24: Punto crítico en el punto de conexión.....	156
Figura N° 4.25: Punto crítico en el punto de conexión.....	157
Figura N° 4.26: Punto crítico en el punto de conexión.....	158
Figura N° 4.27: Problema de conexión en el punto de entrega	159
Figura N° 4.28: Punto caliente en el punto de entrega	160
Figura N° 4.29: Conexiones de cable suelto en el punto de entrega	161



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1: Especificaciones técnicas poste de C.A.C.....	38
Tabla N° 2.2: Características media loza.....	39
Tabla N° 2.3: Características de las ménsulas	40
Tabla N° 2.4: Características técnicas de las riostras	40
Tabla N° 2.5: Características del aislador tipo PIN	41
Tabla N° 2.6: Características del aislador de suspensión	42
Tabla N° 2.7: Características de espigas tipo PIN	43
Tabla N° 2.8: Características del conductor fase.....	44
Tabla N° 2.9: Características técnicas de la retenida.....	47
Tabla N° 2.10: Especificaciones técnicas de los accesorios.....	49
Tabla N° 2.11: Características de los seccionadores	50
Tabla N° 2.12: Características de los pararrayos.....	51
Tabla N° 2.13: Características del tablero de distribución	54
Tabla N° 2.14: Causas de las interrupciones del suministro eléctrico.....	58
Tabla N° 2.15: Características técnicas	81
Tabla N° 2.16 Características Dji Phantom 4 Pro	83
Tabla N° 2.17: Distancias mínimas de seguridad para inspecciones con termografía ...	95
Tabla N° 2.18: Clasificación de las fallas según NETA.....	96
Tabla N° 3.1: Población de estudio	126
Tabla N° 3.2: Distribución normal estándar	127
Tabla N° 3.3: Técnicas e instrumentos	128
Tabla N° 4.1: Muestra de estudio	134
Tabla N° 4.2: Tipos de armados estructurales	135
Tabla N° 4.3: Componentes de la subestación eléctrica.....	136



Tabla N° 4.4: Tipos de estructuras.....	137
Tabla N° 4.5: Componentes del sistema.....	138
Tabla N° 4.6: Retenida simple y PAT	139
Tabla N° 4.7: Puntos críticos en los conductores	140
Tabla N° 4.8: Anormalidades en el Alumbrado público	141
Tabla N° 4.9: Cantidad de imágenes con anormalidades	142



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Formato de solicitud.....	173
Anexo 2 Declaración jurada simple de solicitante de acreditación	174
Anexo 3 Declaración jurada simple de responsabilidad solidaria	175
Anexo 4 Formato de solicitud de autorización	176
Anexo 5 Acta de inspección en buen estado.....	177
Anexo 6 Acta de inspección	178
Anexo 7 Cortes de servicio público	179
Anexo 8 Sanción a la empresa por cortes de energía	180
Anexo 9 Plano de ubicación	181
Anexo 10 Armado de subestación trifásica con ménsula de F°G° tipo STB.....	182
Anexo 11 Estructura de alineamiento y ángulo para red aérea tipo E1	183
Anexo 12 Estructura de extremo de línea para red aérea tipo E3.....	184
Anexo 13 Estructura de extremo de línea con derivación tipo E4.....	185
Anexo 14 Estructura de alineamiento con derivación para red aérea tipo E5	186
Anexo 15 Detalle de puesta a tierra tipo PAT	187
Anexo 16 Retenida inclinada tipo RS.....	188
Anexo 17 Volumen en excavación tipo VS.....	189
Anexo 18 Detalle de pastoral y accesorios para alumbrado público	190



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ACRÓNIMO

SIGNIFICADO

VANT

Vehículo Aéreo No Tripulado

RPAS

Aeronave Pilotada a Distancia

DGE

Dirección General de Electricidad

MINEM

Ministerio de Energía y Minas

OSINERGMIN

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y

Minería

SENAMHI

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú

GPS

Sistema de Posicionamiento Global

DGAC

Dirección General de Aeronáutica Civil



RESÚMEN

Una de las principales misiones de una empresa de distribución eléctrica es mantener la fiabilidad del sistema, esto quiere decir mantener los estándares de calidad y continuidad del suministro eléctrico. Para ello es conveniente realizar las inspecciones mediante el uso del vehículo aéreo no tripulado para el diagnóstico de posibles fallas en los elementos (subestación, redes y estructuras) del sistema. El proyecto de investigación, tuvo como objetivo, realizar la inspección preventiva mediante el uso del vehículo aéreo no tripulado (DRONE) para evitar interrupciones del suministro de energía en los elementos del sistema de distribución; la metodología tuvo un tipo de estudio de carácter descriptivo y explicativo, con un diseño no experimental ya que no se manipularon las variables. Para llevar a cabo el objetivo, fue necesario realizar las pruebas de campo. Una vez obtenida la información por medio de fotografías digitales/termográficas y videos de alta resolución, se procedió con el análisis de las pruebas, de esta manera se dio a conocer los elementos que presentaron anomalías. Los resultados estuvieron conformados con una muestra de 73 elementos, en donde 1 elemento es representado por la subestación de distribución; en las redes se registraron 11 puntos críticos y por último 61 correspondían a los armados estructurales presentando diferentes irregularidades en cada uno. Todas estas deficiencias halladas afectan en el suministro de energía. Y como conclusión tuvimos un claro beneficio del uso del vehículo aéreo no tripulado (DRONE), son herramientas que pueden ser utilizadas en labores de inspección y detección de irregularidades que presenten los elementos del sistema de distribución.

Palabras Clave: sistema, interrupción, drone, inspección, anomalías.



ABSTRACT

One of the main missions of an electricity distribution company is to maintain the reliability of the system, this means maintaining the standards of quality and continuity of the electricity supply. For this, it is convenient to carry out inspections by using the unmanned aerial vehicle for the diagnosis of possible failures in the elements (substation, networks and structures) of the system. The research project had the objective: to carry out the preventive inspection through the use of the unmanned aerial vehicle (DRONE) to avoid interruptions of the power supply in the elements of the distribution system. The Methodology: The type of study was descriptive and explanatory, with a non-experimental design since the variables were not manipulated. To carry out the objective, it was necessary to carry out field tests. Once the information was obtained by means of digital / thermographic photographs and high-resolution videos, the tests were analyzed, in this way the elements that presented anomalies were made known. The Results: The sample consisted of 73 elements, where 1 element is represented by the distribution substation; 11 critical points were registered in the networks and finally 61 corresponded to the structural assemblies, presenting different irregularities in each one. All these deficiencies found affect the power supply. Conclusion: The benefit of the use of the unmanned aerial vehicle (DRONE) is clear, they are tools that can be used in inspection and detection of irregularities that the elements of the distribution system present.

Key Words: UAV, inspection, anomalies, distribution system, power interruption.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La interrupción eléctrica, nos indica la importancia de la continuidad del suministro en el mundo moderno, ante una falla generalizada toda la actividad económica y social se paraliza. Los vehículos aéreos no tripulados VANT son una tecnología actual y en pleno desarrollo en el campo de las aplicaciones civiles, la propuesta de este trabajo de investigación es incorporar una nueva técnica de inspección preventiva mejorando la calidad de información, eficiencia, disminuyendo el riesgo al personal operario y reduciendo los costos a diferencia de los procedimientos empleados actualmente.

Se sabe que con el pasar de los años la demanda de energía eléctrica aumenta, y para que la entrega de energía eléctrica a los usuarios sea confiable, las instalaciones del sistema eléctrico de distribución de energía deben estar en buenas condiciones. La principal misión de una empresa de distribución eléctrica es mantener la fiabilidad del sistema, es decir que busca entregar la confianza de que el servicio no será suspendido. Por lo que la infraestructura eléctrica debe funcionar en perfecto estado. Cada elemento del sistema esta propenso a sufrir irregularidades los cuales son producidos por el paso del tiempo, condiciones ambientales, e incluso los actos vandálicos, entre otros. Los cuales pueden conllevar a las pérdidas de energía (pérdidas técnicas) así como también pueden conllevar a riesgos mayores. Estas pérdidas de energía representan un serio problema que se refleja en deficiencias operativas de las empresas de distribución. Por lo tanto, es conveniente inspeccionar los elementos del sistema para prevenir cualquier tipo de problemas. La aplicación de los vehículos aéreos no tripulados VANT, consiste en desarrollar un servicio de inspección de alta calidad, ya que cuentan con cámaras de alta definición, a simple vista con la imagen proporcionada es posible sacar varias conclusiones sobre el estado de los elementos averiados, sin la necesidad de que un



operador realice la labor y sobre todo permite tener una visión global de toda la instalación. Las imágenes proporcionadas por el VANT, sirven para detectar defectos o anomalías en los elementos del sistema. En cambio, las imágenes termográficas se utilizan para buscar puntos calientes producto de contactos inadecuados u otros tipos de defectos las cuales conviene analizar.

En Chile “la empresa transmisora Transelec implementó un nuevo estándar de inspección para el mantenimiento de su infraestructura de transmisión, tratándose de la incorporación de drones, una tecnología para las inspecciones del sistema” (Transelec, 2016). Para detectar una falla incipiente en el sistema, un aspecto importante para el mantenimiento es la inspección, así lo argumenta Sergio Cerón, Jefe de Soporte Técnico de Transelec, quien explica que el dron está siendo usado en la inspección del sistema, esto quiere decir “sobre las estructuras mismas con todos sus componentes y el conductor propiamente dicho”. De la misma manera en España “la empresa Gas Natural Fenosa, incorporo el uso de drones como herramienta de apoyo para realizar la inspección de sus líneas” (Gas Natural Fenosa, 2018). Abelardo Reinoso, director de Red de Alta Tensión de Unión Fenosa Distribución, indica que los drones aumentan la seguridad de las operaciones de inspección de líneas aéreas, al reducir los trabajos en altura. Además, ha añadido que el uso de estos aparatos aumenta en un 20% la productividad en la revisión de líneas mejorando la eficiencia de este tipo de trabajos.

Actualmente en la región no se da mucha importancia al uso de herramientas tecnológicas para mejorar estos procesos. El presente trabajo de investigación propone la aplicación de un vehículo aéreo no tripulado (DRONE), en los trabajos de inspección y detección de fallas que puedan presentar los elementos del sistema de distribución.



1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente los cortes imprevistos de energía en el sistema, generan un terrible problema en los usuarios, no solo les deja sin la luz eléctrica, sino que también ocasionan daños a sus equipos electrodomésticos.

Por tal razón se recurre a las reparaciones por emergencia, estas fallas por lo general son producidos por el paso del tiempo, condiciones ambientales, actos vandálicos entre otros. Para dar solución a este problema se recurre al mantenimiento respectivo donde el proceso de inspección es fundamental, ya que en él se agrupan todas aquellas aplicaciones relacionadas con los servicios de mantenimiento (predictivo, preventivo y correctivo).

Ante esta problemática proponemos el uso de la tecnología vehículo aéreo no tripulado (DRONE), con esta herramienta se puede predecir y monitorear la ocurrencia de fallas de origen natural o provocado. Por lo tanto, el uso de los drones como alternativa de inspección preventiva servirá de apoyo en la recolección de datos de manera rápida y oportuna, ya que nos puede mostrar la información en tiempo real para dar una rápida respuesta, evitando así riesgos o peligros y en consecuencia, daños y accidentes lo cual implica tiempo y dinero. Y a su vez no es necesario suspender el servicio eléctrico mientras se realizan las pruebas de inspección, por lo tanto, queda garantizada la continuidad del servicio eléctrico, y al mismo tiempo mejora la confiabilidad del sistema eléctrico.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

- ¿Cómo realizar la inspección preventiva mediante el uso del vehículo aéreo no tripulado (DRONE), para evitar interrupciones del suministro de energía en los elementos del sistema de distribución?



1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo mejorar la calidad de información en la inspección preventiva mediante el uso del (DRONE), para evitar interrupciones del suministro de energía en los elementos del sistema de distribución?
- ¿Cómo mejorar la eficiencia en la inspección preventiva mediante el uso del (DRONE), para evitar interrupciones del suministro de energía en los elementos del sistema de distribución?
- ¿Cómo disminuir el riesgo de accidentes laborales en las inspecciones preventivas mediante el uso del (DRONE), para evitar interrupciones del suministro de energía en los elementos del sistema de distribución?
- ¿Cómo reducir los costos en la inspección preventiva mediante el uso del (DRONE), para evitar interrupciones del suministro de energía en los elementos del sistema de distribución?

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis general

- Con la aplicación del vehículo aéreo no tripulado (DRONE), en la inspección preventiva se evitarán las interrupciones del suministro de energía en los elementos del sistema de distribución

1.3.2. Hipótesis específicas

- Con la aplicación del vehículo aéreo no tripulado (DRONE), mejorara la calidad de información en la inspección preventiva de los elementos del sistema de distribución
- Con la aplicación del vehículo aéreo no tripulado (DRONE), mejorara la eficiencia en la inspección preventiva de los elementos del sistema de distribución



- Con la implementación del vehículo aéreo no tripulado (DRONE), disminuirá el riesgo de accidentes laborales en la inspección preventiva de los elementos del sistema de distribución
- Con la implementación del vehículo aéreo no tripulado (DRONE), reducirán los costos en la inspección preventiva de los elementos del sistema de distribución

1.4. JUSTIFICACIÓN

Según lo establecido en el título VI y Art. 86 de la ley de concesiones eléctricas y reglamento indica claramente “si el suministro de energía sufriera interrupción total o parcial por un periodo consecutivo mayor de cuatro horas, el concesionario deberá compensar a los usuarios por el costo de la potencia y energía no suministrada en las condiciones que establezca el reglamento, excepto en las oportunidades en que ellas fueren originadas por causa imputable al usuario afectado” (Ley de Concesiones, 2014).

Este proyecto busca incorporar la tecnología en inspección preventiva en donde en cuestión de minutos se puedan detectar fallas en el sistema de distribución, con el fin de minimizar las reparaciones a los elementos del sistema por emergencia. De la misma manera tendrá beneficios muy significativos como la confiabilidad del sistema, disminución de costos en los trabajos de inspección, aumentando la seguridad hacia el personal operario y evitando las interrupciones del suministro; con esto se prolongaría la vida útil de estos elementos, y sobre todo nos garantiza la continuidad del suministro y calidad hacia el usuario final por parte de la empresa concesionaria. Así como también se evitará las penalizaciones por parte del organismo fiscalizador.

Con un dron, el trabajo se simplifica, requiriendo únicamente del piloto para realizar las grabaciones aéreas en el espectro visible e infrarrojo y el trabajo de análisis de la información en la oficina.



Actualmente, no se han realizado investigaciones a nivel regional de este tipo, por tal razón se pretende implementar la utilización del VANT para las inspecciones preventivas en los elementos del sistema con el objeto de evitar los cortes de energía inesperados. Lo que hace necesario investigar sobre el tema y dar una información práctica que incentive a las empresas eléctricas hacer el uso de nuevas técnicas de inspección de averías.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo general

- Realizar la inspección preventiva mediante el uso del vehículo aéreo no tripulado (DRONE), para evitar interrupciones del suministro de energía en los elementos del sistema de distribución

1.5.2. Objetivos específicos

- Mejorar la calidad de información con la inspección preventiva mediante el uso del (DRONE), para evitar interrupciones del suministro de energía en los elementos del sistema de distribución
- Mejorar la eficiencia con la inspección preventiva mediante el uso del vehículo aéreo no tripulado (DRONE), para evitar interrupciones del suministro de energía en los elementos del sistema de distribución
- Disminuir el riesgo de accidentes laborales con las inspecciones preventivas mediante el uso del (DRONE), para evitar interrupciones del suministro de energía en los elementos del sistema de distribución
- Reducir los costos con la inspección preventiva mediante el uso del (DRONE), para evitar interrupciones del suministro de energía en los elementos del sistema de distribución



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

2.1.1. A nivel internacional

Erika K. Caluña Terreros y Daysy V. López Carrasco (2019) menciona en su estudio titulado “Aplicación de Técnicas Predictivas en Aisladores Inspección Visual, Efecto Corona y Termografía en Líneas de Subtransmisión de la Zona Costera del País para Establecer un Plan de Mantenimiento y Evaluación Técnica – Económica”; tuvo como objetivo general aplicar técnicas predictivas en las líneas de subtransmisión mediante el uso de equipos de inspección visual, termografía y efecto corona en aisladores en la zona costera del país para establecer un plan de mantenimiento y la evaluación técnica – económica. La metodología estuvo enfocada en el ámbito cualitativo y cuantitativo; donde el tipo de investigación fue bibliográfico, de campo y descriptiva; con un diseño experimental, para ello se utilizó la técnica de recopilación de información, recopilación de datos y análisis y elaboración del plan de mantenimiento; siendo como muestra la línea de subtransmisión san vicente-jama. En los resultados se realizó las inspecciones predictivas de inspección visual, efecto corona y termografía en Junio del 2016, donde se detectó el 11.84% y 0.67% de anomalías durante la inspección visual, efecto corona y termografía, donde demuestran que el deterioro de los aisladores avanza de 1 a 2 grados de severidad cada año; y a su vez se demostró que la hipótesis fue válida y aceptada, de forma que los datos obtenidos con la aplicación de técnicas predictivas en aisladores se pudo realizar un plan de mantenimiento y evaluación técnica – económica en líneas de subtransmisión. Llegando a la conclusión que en el análisis de datos de la inspección visual de los últimos tres años se pudo apreciar un aumento promedio de 16.5% y en el último año se registró un 96% de daños con 12 puntos de inspección en



buenas condiciones, por lo que se estimó que para el próximo año existirá un 100% de puntos afectados por diferentes anomalías.

Pablo J. Orellana Rivas (2018) da a conocer en su estudio titulado “Propuesta de la Integración de Drones, como Recurso en el Plan de Mantenimiento de la Sección de Líneas de Transmisión del Sistema Central de la Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica del INDE”; tuvo como objetivo general proponer el uso de drones como un recurso para realizar mantenimientos, de inspección visual, en una línea de transmisión de energía eléctrica. La metodología usada fue mixta (Cuantitativa y Cualitativa), donde el tipo de estudio fue descriptivo, y diseño del tipo experimental, para ello se utilizó la técnica del recojo de información mediante el dron en tiempo real y/o en archivo multimedia para su posterior análisis. En los resultados manifiesta que se infiere en promedio, la revisión con el dron 4.48 a 5.09 veces más caro que realizarlo con helicóptero, pero se consideró que el dron realizó una revisión de aproximadamente 10.5 minutos por tramo y la revisión por medio del helicóptero fue de unos 35 a 55 segundos, siendo la revisión del dron 11.45 veces más larga. Para la obtención de pruebas se utilizó un dron con marca DJI y modelo Inspire 1 para la implementación de un plan piloto dentro de la sección de líneas de transmisión, el plan consistió en aplicar la inspección visual remota a los elementos como estructuras de soporte, aislamiento, y vegetación próxima a los conductores de fase. Además, efectuaron ensayos de inspección con el dron para obtener contenido multimedia que fuese capaz de mostrar los alcances descritos. Llegando a la conclusión general que en este trabajo se consideró e implementó una aeronave de gama media, en vista que fue un plan piloto, los costos de operación resultaron relativamente altos en vista que la autonomía de vuelo del dron Inspire 1 promedia los 10,5 minutos en condiciones normales, y para el aprovechamiento máximo, del dron necesitó de elementos auxiliares que generalmente no vienen incluidos el



paquete de compra, como cámara con sensores avanzados tales como espectrales o termográficos y su software para el procesamiento avanzado de imágenes y videos, por lo que fue necesario considerar la adquisición. Y como recomendación sugiere utilizar el dron Matrice serie 210 RTK, o tecnología superior debido a su compatibilidad con accesorios que le permiten contra restar la interferencia electromagnética, la compatibilidad con cámaras termográficas y su compartimiento de baterías duales que le permite operar vuelos más extensos.

Cristian A. Espinoza Suárez (2016) en su estudio titulado “Vehículos Aéreos No Tripulados para la Inspección de Líneas Eléctricas de Alta Tensión”, Chile. Tuvo como objetivo general elaborar un estudio de factibilidad técnico económico sobre el uso de drones o UAV's en labores de inspección enfocadas al sector de transmisión eléctrica; lo que nos da a entender es que se llevó a cabo un estudio que consistía en un análisis de factibilidad para la utilización de DRONES en la industria. El tipo de estudio fue descriptivo y diseño no experimental. En los resultados – análisis factible se demostró que la entrega de información por parte del vehículo aéreo no tripulado fue superior a los métodos comunes; también se dio a conocer los actuales métodos de inspección de las líneas de transmisión; igualmente se estableció una especificación básica para un equipo de inspección de líneas de transmisión; así mismo se estudió que tan utilizados son estos equipos actuales con los requerimientos y condiciones del proceso. Llegando a la conclusión general que la inserción de los DRONES para las labores de inspección en Líneas de Transmisión es factible en el sector eléctrico, por ello es importante dejar en claro las ventajas que se mencionan las cuales son: versatilidad, seguridad y calidad de servicio.

José Miguel Cardona de la Rosa (2018) en su estudio titulado “Diseño de Integración del Equipo Utilizado para Análisis y Mantenimiento Preventivo de Redes



Eléctricas de Alta y Media Tensión en Guatemala, para su Uso en Vehículos Aéreos No Tripulados, y su Estudio Económico”, tuvo como objetivo general diseñar la integración de equipo utilizado para análisis de mantenimiento preventivo en redes eléctricas de alta y media tensión en Guatemala, para su uso en vehículos aéreos no tripulados y realizar su estudio económico. Se realizó el estudio tipo descriptivo y experimental. En los resultados se demostró que al utilizar el dron puede observarse de mejor manera el estado del circuito de distribución eléctrica. Llegando a la conclusión de mostrar las características de los vehículos aéreos no tripulados y su aplicación en distintas áreas de la industria por su alta versatilidad; de la misma manera se propuso el del software y hardware libre para realizar la integración entre sensores y el vehículo aéreo no tripulado; y por último se presentó el costo económico de la implementación de vehículos aéreos no tripulados equipados para el análisis de redes eléctricas.

Ana E. Morales Chicaiza (2017) realizó su estudio titulado “Sistema de Captura de Imágenes panorámicas mediante un Vehículo Aéreo no Tripulado (Drone) para el Departamento de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte” Ibarra – Ecuador. Tuvo como objetivo general implementar un sistema de captura de imágenes mediante el uso de un vehículo aéreo no tripulado (UAV) con la transmisión de los datos vía microondas a un servidor ubicado en las instalaciones del departamento de comunicación de la universidad técnica del norte para la generación de nuevo contenido en imágenes aéreas terrestres. Se procedió a realizar un análisis teórico de las diferentes tecnologías que intervinieron en el sistema, así como también las normativas que rigen; el diseño del sistema de captura de imágenes se realizó en base al estándar IEEE 29148, donde se establecen los aspectos básicos como lo es la perspectiva de diseño, propósito, función del sistema entre otros; y el método para el levantamiento de información de la situación actual se planteó la realización a través de una entrevista, este método de investigación



fue seleccionado debido a que la información se recopiló de manera uniforme, es decir, permitió descartar aquellos datos que no fueron de utilidad a los objetivos de la entrevista permitiendo una fácil interpretación y análisis de la información, la entrevista según su objetivo fue del tipo no estructurada. En los resultados se demostró que cumple con los objetivos planteados; el escenario y condiciones en las que se realizaron las pruebas tuvieron mucha influencia en los resultados que se obtuvieron, debido a que, al tratarse de un vehículo de vuelo, el factor climático fue un punto muy importante a tomarse en cuenta. Llegando a la conclusión que al tratarse de un sistema de captura de imágenes los módulos que tengan relación directa con la cámara deben contar con las características técnicas que incluyan mayor capacidad de procesamiento, memoria de programa (flash) y memoria de datos (SRAM) para el almacenamiento temporal de la imagen antes de su transmisión.

Hugo E. Matías Rodríguez (2017) en su estudio titulado “Diseño de Investigación: Gestión del Mantenimiento Predictivo/Preventivo para la Subestación Marco Juárez de 25/38 MVA, 230/13.2 kV, Bajo los Requerimientos de la Norma NTDOST, en Escuintla”, Ecuador; tuvo como objetivo general diseñar la gestión del mantenimiento predictivo/preventivo para la subestación Marco Juárez de 25/38 MVA, 230/13.2 KV, bajo los requerimientos de la norma NTDOST, en Escuintla. El diseño de investigación fue del tipo experimental debido a que fue una realidad poco estudiada, y el tipo de estudio fue de carácter descriptivo y explicativo, se compuso de dos etapas, la primera consistió en la investigación y recolección de datos descriptivos y documentales, la segunda etapa fue el análisis y elaboración del plan estratégico; la investigación abarcó en la toma de datos cualitativos mediante pruebas de campo, para la estrategia del plan del mantenimiento fue necesario conocer y analizar las variables que influyeron en la operación; también se expusieron las fases correspondientes para el desarrollo de la



gestión de mantenimiento: la primera fase consistió en la revisión documental, la segunda fase consistió en el muestreo, la tercera fase consistió en la revisión y evaluación, y la cuarta fase consistió en diseñar el mantenimiento; el instrumento de recolección fue la herramienta que sirvió para anotar los valores obtenidos en la inspección de campo.

Rafael E. Sepúlveda Cossio, Iván A. Agudelo Correa y Juan C. Casas Pamplona (2017) mencionan en su estudio titulado “Modelo Metodológico para Realizar Mantenimientos Predictivo y Preventivo por medio de Drones en el Sistema de Transmisión Regional en el Municipio de Guatapé”; tuvieron como objetivo general diseñar un modelo basado en la tecnología de drones que gestione manera óptima los recursos que realizan los mantenimientos predictivos en el sistema de transmisión de alta tensión en el Municipio de Guatapé. La metodología consistió en el proceso de investigación donde se desarrolló en tres fases: fase 1 descripción de la tecnología de los drones; fase 2 investigación de regulaciones de vuelo no tripulado; fase 3 metodologías existentes para revisión de torres; el tipo de investigación que se utilizó fue del tipo de investigación aplicada; con una técnica de investigación de revisión documental. En los resultados se demostró que de acuerdo a la problemática planteada surgió como propuesta por parte del equipo de trabajo elaborar una metodología la cual consistió en realizar mantenimientos predictivos por medio de tecnologías con cámaras adoptadas en drones; este modelo para realizar el mantenimiento eléctrico preventivo por medio de drones tuvo como prioridad anticiparse al deterioro o desgaste de elementos, minimizando la posibilidad de originar fallos mayores en el proceso de transmisión de energía. Llegando a la conclusión de que la utilización de la tecnología de los drones complementada con las cámaras termográficas es de gran utilidad en la prevención de fallas, disminución de costos, confiabilidad en el sistema y lo más importante la prevención de accidentes, es por eso que este sistema se hace altamente confiable para la detección de futuros daños



que no son visibles a simple vista y desde una sola posición, el uso de esta tecnología es valiosa ya que disminuye en 0% los accidentes asociados a los mantenimientos debido a las características de ser un robot el que los realiza.

2.1.2. A nivel nacional

Miguel Segura Requejo (2018) realizó su estudio titulado “Diseño de Estructura Soporte de Cámara Termográfica de un Drone - Hexarotor para Optimizar Tiempo de Inspección de Sistemas de Distribución Eléctrica – Herzab S.A.C.”, tuvo como objetivo general diseñar estructura soporte de cámara termográfica de un Drone-Hexarotor para optimizar el tiempo de inspección de sistemas de distribución eléctrica – Herzab S.A.C. La metodología usada es la cuantitativa donde el tipo de estudio es descriptivo con un método deductivo, y un diseño tipo experimental; donde obtuvieron resultados a partir de las pruebas en campo mediante las guías de observación. Para ello se utilizó la técnica e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad. En los resultados, se demostró que en el resultado 1, se diagnosticó la situación actual de los procesos de inspección realizados por la empresa Herzab S.A.C; en cuanto al resultado 2, se diseñó la estructura soporte para una cámara termográfica de la marca Flir C3; además en el resultado 3, se seleccionó los componentes electromecánicos con los parámetros determinados en el objetivo anterior y los criterios de diseño que se describieron; finalmente en el resultado 4, se detalló la evaluación económica tomando en cuenta el costo de producción, demanda y mercado para obtener los resultados con el VAN y el TIR si el proyecto es viable o no viable. Llegando a la conclusión que al implementar un sistema de aeronaves no tripuladas con cámaras termográficas previene fallas, disminuyendo costos y manteniendo la confiabilidad del servicio y lo mejor evitando accidentes laborales.



Heser H. León Reyes (2018) realizó su estudio titulado “Diseño de Hexacóptero Autónomo para Mantenimiento en Líneas Eléctricas”. Tuvo como objetivo general diseñar un hexacóptero capaz de realizar el mantenimiento predictivo en líneas de transmisión eléctrica de manera autónoma. La metodología se inició con un método experimental ya que se realizaron estudios de los cuales se verificaron para poder cumplir con un conjunto del método analítico puesto a la falta de información necesaria para poder cumplir los objetivos planteados. Los resultados fueron exitosos debido a que el sistema comenzará con la inspección cuando a través de una conexión ethernet entre el sistema embebido y la computadora, esta última le indique que se encienda. Luego de encendida la tarjeta, se le dará los parámetros del vuelo tales como hora de inicio de inspección, coordenadas del inicio del vuelo, distancia que deberá recorrer, coordenadas del lugar de destino y coordenadas de puntos especiales (final de las líneas de transmisión, separación de las líneas). Una vez configurada la tarjeta con los parámetros de vuelo, el siguiente paso es el vuelo del hexacóptero. Llegando a la conclusión que se logró diseñar un sistema para llevar a cabo la inspección de líneas eléctricas autónomamente a una distancia segura de estas, recorriéndolas hasta por 12.384 km; Además, se ha conseguido contar con un sistema que apoyaría a realizar un mantenimiento predictivo más rápido (comparado con los métodos convencionales).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Sistema de distribución

2.2.1.1. Definición

De acuerdo con Ordoñez & Nieto, (2010) el sistema de distribución de energía eléctrica es un conjunto de equipos que permiten energizar en forma segura y confiable un número determinado de cargas, en distintos niveles de tensión, así como en media y baja tensión,



ubicado generalmente en diferentes lugares de acuerdo al contrato con la empresa distribuidora de energía.

Las empresas concesionarias de servicio público de distribución de electricidad son las encargadas de llevar la energía eléctrica al usuario final, mediante los servicios de transporte y comercialización. La distribución y comercialización de la energía se realiza en un ámbito territorial exclusivo, una concesión, en condiciones de monopolio natural. Esta actividad requiere de redes de distribución eléctrica que pueden ser de baja o media tensión, aéreas o subterráneas.

2.2.1.2. Especificaciones técnicas

Las principales especificaciones técnicas del sistema eléctrico de distribución son las siguientes: La tensión nominal, frecuencia nominal y su comportamiento en el sistema de distribución, en caso de cortocircuito, de acuerdo a las normas vigentes del lugar donde se realice el trabajo

2.2.1.2.1. Tensión nominal

Es el valor convencional de la tensión con la que se denomina un sistema o instalación y para los que ha sido previsto su funcionamiento y aislamiento. También se puede definir como la diferencia de potencial específica para la que se diseña un equipo o una instalación eléctrica.

2.2.1.2.2. Frecuencia nominal

La frecuencia nominal es el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier evento periódico. El período es la duración de tiempo de cada evento repetitivo, por lo que el período es el recíproco de la frecuencia.

En el Perú existen estos niveles de tensión:



- Baja tensión (B.T.): conjunto de niveles de tensión utilizados para la distribución de la electricidad. Su límite superior generalmente es $U \leq 1 \text{ kV}$, siendo U la tensión nominal.
- Media tensión (M.T.): cualquier conjunto de niveles de tensión comprendidos entre la alta tensión y la baja tensión. Los límites son $1 \text{ kV} < U \leq 35 \text{ kV}$, siendo U la tensión nominal.
- Alta Tensión (A.T.): conjunto de niveles de tensión superior utilizados en los sistemas eléctricos para la transmisión masiva de electricidad. Con límites comprendidos entre $35 \text{ kV} < U \leq 230 \text{ kV}$.
- Muy Alta Tensión (M.A.T.): conjunto de niveles de tensión utilizados en los sistemas eléctricos de transmisión, superiores a 230 kV.

2.2.1.3. Distribución de electricidad

La actividad principal de una empresa concesionaria de distribución es el transporte y comercialización de la energía eléctrica a los consumidores ubicados en su área de concesión. Esta a su vez compra energía y potencia a las empresas generadoras, normalmente en distintos puntos del sistema de transmisión, transporta la energía a través de su propia red de distribución, y la vende a los clientes. Teniendo en cuenta que el mercado dentro del área de concesión puede estar compuesto por dos tipos de clientes:

2.2.1.3.1. Clientes regulados

Se trata de clientes cuya potencia conectada es inferior a 2,5 MW, con precios actualizados por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN). Aquí se encuentran los usuarios residenciales.

2.2.1.3.2. Clientes libres

Se trata de clientes cuya potencia conectada supera los 2,5 MW, que pueden negociar únicamente sus precios de generación. Estos clientes no son exclusivos de las empresas



distribuidoras, ya que pueden contratar su suministro con empresas generadoras, a precio libre.

Desde el punto de vista administrativo, la actividad de distribución de la concesionaria incluye también la comercialización. Esta actividad consiste en la compra y venta de bloques de energía y potencia. Las compras se realizan a una o más empresas generadoras conectadas al sistema eléctrico, y las ventas se realizan a clientes libres y regulados conectados a las líneas de alta y baja tensión de distribución.

2.2.1.4. Clasificación de los sistemas de distribución

Dependiendo de las características de las cargas, los volúmenes de energía involucrados, y las condiciones de confiabilidad y seguridad con que deban operar, los sistemas de distribución se clasifican en:

2.2.1.4.1. Sistema de distribución industrial

Comprende a los grandes consumidores de energía eléctrica, tales como las industrias del acero, químicas, petróleo, papel, etc. Que generalmente reciben el suministro eléctrico. Es frecuente que la industria genere parte de su demanda de energía eléctrica mediante procesos a vapor, gas o diésel.

2.2.1.4.2. Sistema de distribución comercial

Es un término colectivo para sistemas de energía existentes dentro de grandes complejos comerciales y municipales, tales como edificios de gran altura, bancos, supermercados, escuelas, aeropuertos, hospitales y puertos, etc. Este tipo de sistemas tiene sus propias características, como consecuencia de las exigencias especiales en cuanto a seguridad de las personas y de los bienes, por lo que generalmente requieren de importantes fuentes de respaldo en casos de emergencia.



2.2.1.4.3. Sistema de distribución urbana

Estos sistemas alimentan la distribución de energía eléctrica a poblaciones y centros urbanos de gran consumo, pero con una densidad de cargas pequeñas. Son sistemas en los cuales es muy importante la adecuada selección en los equipos y dimensionamiento.

2.2.1.4.4. Sistema de distribución rural

Estos sistemas de distribución se encargan del suministro eléctrico a zonas de menor densidad de cargas, por lo cual requiere de soluciones especiales en cuanto a equipos y tipos de red. Debido a las distancias largas y las cargas pequeñas, es elevado el costo de kwh consumido.

2.2.1.5. Topología de las redes de distribución

En cuanto a la topología de las redes de distribución de energía en baja tensión, las distribuciones más frecuentes son las siguientes:

2.2.1.5.1. Sistemas radiales

Los sistemas radiales son aquellos cuyas líneas salen desde una subestación hacia un área de consumo pueden ramificarse, pero no volverán a encontrar un punto común. Además, mencionar que el sistema es simple y más barato la seguridad de la calidad de suministro se ve disminuida, esto debido a que si ocurre una falla en el alimentador será una falla para los consumidores y ya no habrá un alimentador alternativo para alimentarlos.

Ventajas:

- Simplicidad de operación
- Costo económico
- Facilidad de localización de averías

Desventajas:

- Poca fiabilidad del suministro

- Grandes caídas de tensión

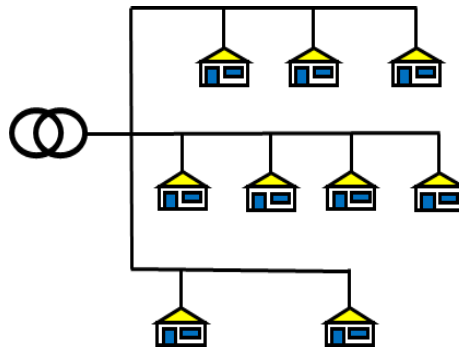


Figura N° 2.1: Red con distribución radial

Elaborado por el equipo de trabajo

2.2.1.5.2. Sistemas en anillo

De acuerdo con Mendoza (2012) estos sistemas se caracterizan por estar alimentada desde dos de sus extremos al mismo tiempo, estando los receptores intercalados entre estos, formando un anillo cerrado así ocurrida una falla en el sistema de distribución se pueda solucionar conectando de forma casi inmediata del otro extremo. El número de anillos que se forman es reducido y puede tener ramificaciones. En caso falle una fuente de energía se puede mantener el suministro eléctrico con las fuentes restantes.

Ventajas:

- Menores caídas de tensión
- Buena fiabilidad y continuidad del suministro
- Buena flexibilidad de operación y facilidad de mantenimiento

Desventajas:

- Mayor costo
- Complejidad del sistema de protección

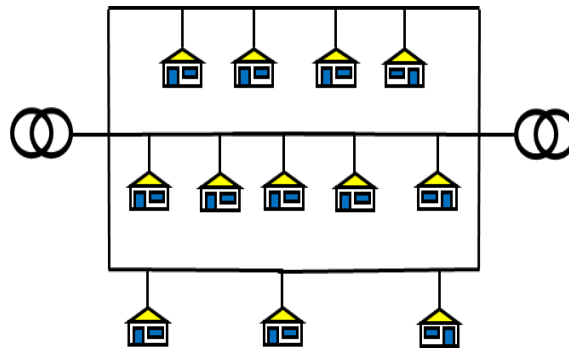


Figura N° 2.2: Red con distribución en anillo

Elaborado por el equipo de trabajo

2.2.1.5.3. Sistemas enmallados

En este tipo de distribución “se combinan redes en anillo interconectadas en forma radial, que dan a la estructura final una apariencia similar a una malla” (Mendoza, 2012,p.25). Brinda así mayor seguridad en el suministro del servicio y el mayor de los costos también.

Ventajas:

- Mayor flexibilidad de operación
- Mayor fiabilidad y calidad del suministro

Desventajas:

- Mayor costo debido al sistema de protección y a la gran capacidad de las líneas.

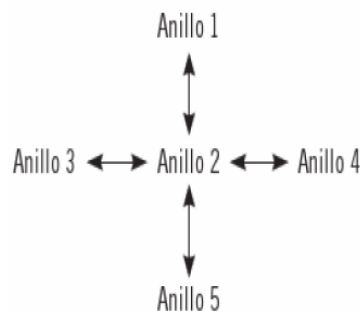


Figura N° 2.3: Red con distribución enmallada

Fuente: (Mendoza, 2012,p.25)



2.2.1.6.Elementos del sistema

2.2.1.6.1. Subestación de distribución

Una subestación de distribución eléctrica (SED), tiene por finalidad modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica, para facilitar el transporte y distribución de la energía eléctrica, hasta los usuarios finales. Su equipo principal es el transformador. La subestación de distribución o también conocido como SED suelen ubicarse de manera muy próxima a sus clientes. Estas subestaciones se pueden clasificar según su ubicación en:

a. Subestaciones aéreas

La subestación aérea está conformada por un transformador de distribución, acompañado de su respectiva protección contra sobretensión (descargadores de sobretensión DST) y protección contra sobre corriente (corta circuitos), como también de algunos accesorios indispensables para su montaje como apoyos, aisladores y herrajes. Los transformadores utilizados en este tipo de subestación pueden ser monofásicos o trifásicos. Estos transformadores suelen instalarse en subestaciones aéreas y podrán ser adosados directamente al poste, suspendidos en crucetas, o colocados sobre plataformas sujetas a postes.

b. Subestaciones en caseta

Las subestaciones en caseta se utilizan en zonas urbanas, para prestar el servicio a usuarios industriales, comerciales, alumbrado público y residencial. Las subestaciones de caseta presentan variantes que determinan su clasificación en: subestación tipo patio, tipo pedestal y capsulada.

c. Subestaciones Subterráneas

La subestación subterránea se instala bajo el nivel del piso en andenes, zonas verdes, o en un predio particular, están conformadas por dos bóvedas una para el transformador y otra para el seccionador de maniobras, estas se encuentran unidas por un banco de ductos.

2.2.1.6.2. Elementos de concreto armado

a. Poste de concreto armado centrifugado C.A.C.

Un poste de concreto armado C.A.C., es un soporte vertical que funciona como apoyo. Se utiliza generalmente en tendidos eléctricos y telefónicos, televisión por cable, para la iluminación de calles (AP), plazas o estadios y en actividades agrícolas. El acabado exterior debe ser homogéneo, libre de fisuras, cangrejeras y excoriaciones. Tendrán las características y dimensiones que se consignan en la siguiente tabla de datos técnicos:

Tabla N° 2.1: Especificaciones técnicas poste de C.A.C.

Descripción	Long. total	Carga de trabajo	Diámetro en mm			
			Exteriores		Interiores	
			Cima Ø pe (mm)	Base Ø be (mm)	Cima Ø pi* (mm)	Base Ø bi (mm)
Poste de c.a.c. 8/200/120/140	8	200	120	240	40	140
Poste de c.a.c. 8/300/120/140	8	300	120	240	40	140
Poste de c.a.c. 13/300/180/375	13	300	180	375	40	215
Poste de c.a.c. 13/400/180/375	13	400	180	375	40	215

Elaborado por el equipo de trabajo

Normas aplicables:

INDECOPI NTP 339-027 : Postes de hormigón (concreto) armado para líneas aéreas

b. Media loza de C.A.V.

Se utiliza en el armado de la subestación para sostén del transformador su coeficiente de seguridad será de 2 y está diseñado para soportar un peso de 1000 Kg. Con una longitud nominal de 1.10 m. medida desde el eje del poste hasta ubicación con el empalme de la otra base y estará provisto para embonarse en postes de 13/400/180/375.



Tabla N° 2.2: Características media loza

Descripción	Longitud Nominal (m)	Carga De Trabajo (Kg)
Media loza de C.A.V.	1.10	1000

Elaborado por el equipo de trabajo

Normas aplicables:

INDECOPI 341.029 Barras de acero al carbono torcidas en frío para concreto armado.

INDECOPI 341.030 Barras lisas de sección circular de acero al carbono para concreto armado.

INDECOPI 350.002 Alambre trifilado en frío para concreto armado.

INDECOPI 350.009 Cemento Portland tipo I Normal.

2.2.1.6.3. Ferretería de ménsulas

a. Ménsulas de F°G°

Las ménsulas se refieren a los elementos de fierro galvanizado, esenciales para resistir las cargas de diseño. Donde incluyen a las crucetas de perfil angular y que a su vez son de fierro galvanizado. Estos elementos son fabricados de fierro - perfil angular y tendrá una dimensión de 76.2mmx76.2mmx2500mm con espesor 6.4mm quien además se sujeta al poste mediante abrazaderas tipo U de platina galvanizada apto para poste de C.A.C. de 13m (según requerimiento de acuerdo al diámetro en las cimas de los postes y en los diferentes puntos de montaje o de armados) y riostras de fierro angular de distintas medidas.

Tabla N° 2.3: Características de las ménsulas

N°	Descripción	Unidad	Valor Requerido
1	Material		Acero B
2	Dimensiones del perfil angular		
	. largo	mm	76.2
	. ancho	mm	76.2
	. espesor	mm	6.4
	. Longitud		2500
3	carga mínima de rotura por corte		
4	norma para inspección y prueba	Kg	UNE 21-158-90

Elaborado por el equipo de trabajo

Normas aplicables:

ASTM7 Forged steel

ISO 1461 1999 Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles-
specification and test methods

CTN 075 Galvanizado por inmersión en caliente

b. Riostras

Las riostras son de fierro galvanizado en caliente y son utilizados para fijar las crucetas de F°G° a los postes de concreto de 13/300 y 13/400 se fabrican de perfil angular de 76.2mm x 76.2mm x 2000mm con espesor 6.4mm; que son utilizados en postes de 13 m. Las dimensiones y ubicaciones de los cortes en los extremos de la riostra angular están definidos considerando las dimensiones de las crucetas de F°G° y la posición correcta de funcionamiento del perfil.

Tabla N° 2.4: Características técnicas de las riostras

N°	Descripción	unidad	Valor Requerido
1	Material		ACERO B
2	Dimensiones del perfil angular		
	. Largo	mm	76.2
	. Ancho	mm	76.2
	. Espesor		6.4
	. Longitud	kN	2000
3	Norma para inspección y prueba		UNE 21-158-90

Elaborado por el equipo de trabajo

c. Abrazadera tipo U para cruceta de A°G°

Las abrazaderas son de platina de acero galvanizado en caliente y son utilizados para sujetar las ménsulas de F°G° a los postes de C.A.C. de 13/300 y 13/400. Tienen una dimensión de 76.2 x 6 mm con diámetros de 163, 175, 187 mm de Ø. Cada abrazadera incluye pernos de 16 mm x 76 mm de longitud.

d. Abrazadera tipo cash para riostra de A°G°

Son de fierro galvanizado en caliente y es utilizado para sujetar la riostra de F°G° a los postes de C.A.C. de 13/300 y 13/400. Y tendrá una dimensión de 76.2 x e=6 mm x 224 mm Ø, en la parte lateral tendrá un agujero de 18 mm Ø con perno de 16 mm Ø x 51mm de longitud con tuerca y contratuerca. Cada abrazadera incluye pernos de 16 mm x 76.2 mm de longitud.

2.2.1.6.4. Aisladores y accesorios

Un aislador es un dispositivo que se utiliza para dar soporte mecánico a un cable conductor en una estructura y que proporciona una distancia dieléctrica entre dos conductores a diferente potencial o bien, entre conductor y tierra.

a. Aisladores tipo PIN

Los aisladores de soporte tipo columna de porcelana son utilizados principalmente en subestaciones para sostener equipos, cables y buses de todo tipo. Son un excelente material ya que soportan grandes esfuerzos a compresión, tensión y torsión.

Tabla N° 2.5: Características del aislador tipo PIN

N°	Descripción	Val. Req.
1	Norma de ensayo	ANSI C29.5
2	Clase (ANSI C29.5)	55-5
3	Tipo	Pin
4	Material	Porcelana
5	Esmalte anti-radio interferencia	Opcional

Elaborado por el equipo de trabajo

Normas aplicables:

ANSI C.29.1 American national standard test methods for electrical power insulators

ANSI C29.6 American national standard for wet-process porcelain insulators (high-voltage pin type)

b. Aislador de suspensión de goma silicón polimérico RPP

Los aisladores tipo suspensión o anclaje están constituidos por materiales de la más alta calidad y durabilidad. El aislamiento elastómero está conformado por goma de silicona de la más alta consistencia, el núcleo del aislador es una barra de fibras de vidrio el cual otorga una gran resistencia mecánica a la tracción, flexión y torsión.

Tabla N° 2.6: Características del aislador de suspensión

Nº	Características	Unidad	Valor Requerido
1	Tensión de diseño	kV	10
2	Material del núcleo		Fibra de vidrio reforzado
3	Material del núcleo		Goma de silicón
4	Material de los herrajes		Acero forjado o hierro maleable
5	Norma de galvanización		ASTM 153
6	Herraje extremo de estructura		Horquilla (CLEVIS)
7	Herraje del extremo de línea		Lengüeta (...continuación
8	Longitud de línea de fuga	mm	650
9	Carga mecánica (sml)	kN	70
10	Carga mecánica de rutina (rtl)	kN	35
11	Tensión disruptiva crítica		
	- Positiva	KV	250
	- Negativa	kV	260
12	Tensión disruptiva a baja		
	- En seco	kV	160
	- Bajo lluvia	kV	100

Elaborado por el equipo de trabajo

c. Espigas para aisladores tipo PIN

Se utilizan en postes de remate y de paso en redes de distribución en media tensión, se ajusta fácilmente al herraje tipo espiga, y es fabricado de porcelana de alta resistencia.



Tabla N° 2.7: Características de espigas tipo PIN

N°	Características	Unidad	Valor Req.
1	Fabricante		
3	Aislador con el que se usara		ANSI 55-5
4	Longitud sobre la cruceta	mm	180
5	Longitud de empotramiento	mm	176
6	Diámetro de la cabeza de plomo	mm	35
7	Diámetro de espiga en la parte encima de la cruceta	mm	19
8	Diámetro de la espiga en la parte del empotramiento	mm	19
9	Carga de prueba a 10 grados de deflexión	kN	9.81
10	Norma de fabricación y prueba	ANSI	C 135.17

Elaborado por el equipo de trabajo

Normas aplicables:

ANSI C 135.17 american national standard for galvanized ferrous bolt-type insulator pins with lead threads for overhead line construction

ANSI C 135.22 american national standard for galvanized ferrous pole-top insulator pins with leads threads for overhead line construction

ASTM A 153 zinc coating (hot dip) on iron and steel hardware

2.2.1.6.5. Conductores

El conductor de aleación de aluminio es fabricado con alambón de aleación de aluminio-magnesio-silicio. Está compuesto de alambres cableados concéntricamente y de único alambre central. Los alambres de la capa exterior son cableados a la mano derecha. Las capas interiores se cablean en sentido contrario entre sí. El conductor tendrá las siguientes características:



Tabla N° 2.8: Características del conductor fase

N°	Descripción	Unidad	Valor Requerido
CONDUCTOR FASE			
1	Norma		NTP IEC 60228
2	Material		Aluminio puro
3	Sección nominal	mm ²	35
4	Clase		2
5	Número de alambres mínimo	N°	7
6	Resistencia eléctrica máxima en CC a 20°C	Ohm/km	0.868
CONDUCTOR A.P.			
1	Norma		NTP IEC 60228
2	Material		Aluminio puro
3	Sección nominal	mm ²	16
4	Clase		2
5	Número de alambres mínimo	N°	7
6	Resistencia eléctrica máxima en CC a 20°C	Ohm/km	1.91
CONDUCTOR NEUTRO			
1	Norma		NTP 370.258
2	Material		Aleación de Aluminio
3	Sección nominal	mm ²	25
4	Clase		
5	Número de alambres mínimo	N°	7
6	Resistencia eléctrica máxima en CC a 20°C	Ohm/km	1.3511
AISLAMIENTO			
1	Material		Polietileno reticulado
2	Requerimiento del XLPE		Según tabla 2 de NTP
3	Contenido mínimo de negro de humo en el	%	2
4	Espesor promedio mínimo	mm	1.14
5	Espesor mínimo en un punto	mm	1.03

Elaborado por el equipo de trabajo

Normas aplicables:

ASTM B398 Aluminium alloy 6201-t81 wire for electrical purpose

ASTM B399 Concentric lay stranded aluminium alloy 6201-t81 conductors

IEC 1089 Round wire concentric lay overhead electrical stranded conductors

IEC 104 Aluminium Magnesium-Silicon Alloy Wire For Overhead Line
Conductors



2.2.1.6.6. Accesorios para retenidas

La retenida es un elemento mecánico que sirve para contrarrestar las tensiones mecánicas de los conductores en las estructuras y así eliminar los esfuerzos de flexión en el poste.

Normas aplicables:

ASTM A 7	Forged steel
ANSI A 153	Zinc coating (hot dip) on iron and steel hardware
ANSI C 135.2	American national standard for threaded zinc-coated ferrous strand-eye anchor and nuts for overhead line construction
ANSI C 135.3	American national standard for zinc coated ferrous lag screws for pole and transmission line construction
ANSI C 135.4	American national standard for galvanized ferrous eyebolts and nuts for overhead line construction
ANSI C135.5	American national standard for zinc-coated ferrous eyenuts and eyebolts for overhead line construction

a. Abrazadera partida de A°G°

Las abrazaderas son de platina de acero galvanizado en caliente y son utilizados para sujetar la retenida a los postes de C.A.C. Y tendrá una dimensión de 64mmx6.4 mm con diámetros de 192 mm Ø.

b. Varilla de anclaje

son fabricados de acero forjado y galvanizado en caliente. Están provisto de un ojal-guardacabo de una vía en un extremo, y son roscadas en el otro.

c. Arandela cuadrada para anclaje

Son de acero galvanizado en caliente y tienen 102 mm de lado y 6.35 mm de espesor.

Están provista de un agujero central de 18 mm de diámetro.



d. Grapa de doble vía

Son de acero galvanizado y adecuada para el cable de acero grado siemens-martín de 10mm de diámetro.

e. Guardacabo para cable de 10mm

Son de acero forjado y galvanizado en caliente, adecuado para conectarse a perno de 16 mm de diámetro. La ranura del ojal es para el cable de acero de 10 mm de diámetro.

f. Bloque de anclaje

Son de concreto armado de 400 x 400 x 200 mm fabricado con malla de acero corrugado de 13 mm de diámetro.

g. Tuerca ojo para perno de 16mm

La tuerca ojo es de 45 mm x 38 mm x 14 mm de diámetro, con agujero para perno de 16 mm Ø.

Son hechos de acero forjado con tratamiento en calor y galvanizado en baño de inmersión con un mínimo de 80 micrómetros, según norma ASTM A 153.

h. Arandela curvada

Son de acero galvanizado y tienen una dimensión de 102mm x 102mm de lado x 6.4 mm de espesor con un agujero de 18 mm de diámetro.

i. Aislador de suspensión polimérico RPP

Son de polímero, utilizados en el soporte del conductor. El núcleo es de fibra de vidrio reforzada con resina epóxica de alta dureza, resistente a los ácidos y, por tanto, a la rotura frágil; tendrá forma cilíndrica y estará destinado a soportar la carga mecánica aplicada al aislador.



j. Soporte contrapunta

Son fabricados de tubo de acero galvanizado de 51 mm Ø 6 mm de espesor y 1200 mm de longitud según norma ASTM A 153-82.

k. Canaleta protectora o guardacable

Son de plancha de acero galvanizado en caliente de 1.6 mm (1/16") de espesor y 2.40 m de longitud, con pernos, tuercas y seguros, fabricados de acero SAE 1020, galvanizado en caliente según norma ASTM A 153-82.

Tabla N° 2.9: Características técnicas de la retenida

N°	Descripción	Unidad	Valor Requerido
Varilla de anclaje			
1	Material		Acero forjado
2	Clase de galvanización según ASTM		B
3	Dimensiones		
	. Longitud	m	2,40
	. Diámetro	mm	16
4	Carga de rotura mínima	kN	71
Arandela cuadrada			
1	Material		Acero forjado
2	Clase de galvanización		B
3	Dimensiones		
	. Lado	mm	102
	. Espesor	mm	6.4
	. Diámetro de agujero	mm	18
4	Carga máxima de corte	kN	71
Perno ojal			
1	Material		...continuación
2	Clase de galvanización		B
3	Dimensiones:		
	. Longitud del perno	mm	304.8
	. Diámetro del perno	mm	16
4	Carga de rotura	kN	55
Mordaza			
1	Material		Acero forjado
2	Diámetro de cable a sujetar	mm	10
Guardacabo			
1	Material		Acero forjado
2	Clase de galvanización		B
3	Diámetro del perno	mm	16
4	Carga de rotura	kN	60

Elaborado por el equipo de trabajo



2.2.1.6.7. Accesorios para puesta a tierra

La puesta a tierra o conexión a tierra es la conexión de las superficies conductoras expuestas (gabinetes metálicos) a algún punto no energizado; comúnmente es la tierra sobre la que se posa la construcción, de allí el nombre. Las puestas a tierra se emplean en las instalaciones eléctricas como una medida de seguridad.

Normas aplicables:

ITINTEC 370.042	Conductores de cobre recocido para el uso eléctrico
ANSI C135.14	Staples with rolled of slash points for overhead line construction
UNE 21-056	Electrodos de puesta a tierra
ANSI B18.2.2	American national standard for square and hex nuts
UNE 21-159	Elementos de fijación y empalme para conductores y cables de tierra de líneas eléctricas aéreas de alta tensión

a. Conductor

El conductor une las partes sin tensión eléctrica de las estructuras con tierra, y son de cobre desnudo, cableado y recocido.

b. Varilla de puesta a tierra

Es de Cobre puro, de 16mm de diámetro x 2.4 m. de longitud, que garantiza un buen comportamiento eléctrico y resistencia a la corrosión, provista para empalme con el conector anderson.

c. Conector anderson

El conector anderson es de bronce tipo AB para unión de varilla de Cu. Con el cable de cobre desnudo, y tiene adecuadas características eléctricas, mecánicas y de resistencia a la corrosión necesarias para el buen funcionamiento de los electrodos de puesta a tierra.

d. Conector tipo perno partido

Es de cobre y sirve para conectar conductores de cobre de 25 mm² entre sí.

e. Caja de registro

Es de concreto de 400 mm x 400 mm x 300 mm para realizar con mantenimientos anuales con el fin de comprobar la resistencia y la conexión.

f. Tubo de PVC

Son para la protección del conductor de puesta a tierra, de Cu. de 16mm² a la salida del poste. Se utiliza un tubo de PVC de 101 mm de diámetro x 2500 mm de longitud, el mismo que se fija y empotra en la referida zona, con el material cemento conductivo.

g. Plancha doblada tipo J

Son utilizados para conectar el conductor de puesta a tierra con los accesorios metálicos de fijación de los aisladores cuando se utilizan postes y crucetas de concreto. Se fabrican con plancha de cobre de 3mm de espesor con la configuración geométrica.

Tabla N° 2.10: Especificaciones técnicas de los accesorios

Descripción	Unidad	Valor Requerido
Plancha tipo j		
1 Material del conductor		Cobre electrolítico recocido
2 Pureza	%	99,9
3 Sección nominal	mm ²	25
4 Número de alambres		7
5 Densidad a 20 °C	gr/cm ³	8.89
6 Resistividad eléctrica a 20 °C	Ohm- mm ² /m	0.017241
7 Máxima Resistencia eléctrica en CC a 20 °C	Ohm/km	0.713
Varilla tipo electrodo		
1 Material		Cobre
2 Diámetro	mm	16
3 Longitud	m	2,40
4 Sección	mm ²	196
Conector tipo anderson		
1 Material		Bronce
2 Diámetro de electrodo	mm	16
3 Sección del conductor	mm ²	25

Elaborado por el equipo de trabajo

2.2.1.6.8. Equipos de protección y maniobra

a. Seccionadores fusibles tipo expulsión

Los seccionadores fusible tipo expulsión, son de uso exterior para redes de media tensión, previstos para ser usados con fusibles de expulsión y apertura automática.

Tabla N° 2.11: Características de los seccionadores

N°	Descripción	Unidad	Valor Requerido
1	Fabricante		
2	Instalación		Exterior
3	tipo		CUT OUT
4	Corriente nominal	A	100
5	Tensión de servicio a la red	kV	10
6	Corriente de cortocircuito momentánea admisible	kA	10
	Tensión de sostenimiento a la onda de impulso (bil)	kV	150
7	Tensión de sostenimiento a la frecuencia nominal	kV	70
8	Material aislante del cuerpo del seccionador		PORCELANA ...continuación
9	Material del tubo portafusibles		VIDRIO
10	Norma de fabricación y pruebas	ANSI	C-37.42

Elaborado por el equipo de trabajo

Normas aplicables:

ANSI C-37.42 American national standard for switchgear - distribution cut outs
and fuse links specifications

b. Pararrayos óxido de zinc polimérico

Los pararrayos son del tipo de resistencias no lineales fabricadas a base de óxidos metálicos, sin explosores, para uso exterior, a prueba de explosión y para ser conectado entre fase y tierra.

Tabla N° 2.12: Características de los pararrayos

N°	Descripción	Unidad	Valor Requerido
1	Fabricante		
2	Tipo		Distribución
3	Instalación		Exterior
4	Tensión nominal de la red	kV	10
5	Tensión máxima de servicio	kV	12
6	Tensión nominal del pararrayos	kV	12
7	Máxima tensión de operación continua (MCOV)	kV	10.2
8	Corriente nominal de descarga en onda 8/20	kA	10
9	Material de las resistencias no lineales		Oxido de zinc
10	Norma de fabricación y pruebas		IEC 99 - 4
11	Altitud de operación	msnm	4000
12	Nivel de aislamiento	kV	150
13	Condición del neutro		Solamente a tierra

Elaborado por el equipo de trabajo

Normas aplicables:

IEC 99-1 Surge arresters part 1: non linear resistor type gapped arresters for a.c. systems

IEC 99-4 Metal oxide surge arresters without gaps for a.c. systems

2.2.1.6.9. Transformadores de distribución

Los transformadores de distribución trifásica son utilizados para reducir el voltaje de la red de media tensión a los niveles de las redes de distribución de baja tensión, aplicables a zonas urbanas, industrias, minería, explotaciones petroleras, grandes centros comerciales y toda actividad que requiera la utilización intensiva de energía eléctrica.

2.2.1.6.10. Tableros de distribución

Son conocidos como cuadro de distribución, cuadro eléctrico, centro de carga o tablero de distribución es uno de los componentes principales de una instalación eléctrica, en él se protegen cada uno de los distintos circuitos en los que se divide la instalación a través de fusibles, protecciones magnetotérmicas y diferenciales. Se describen las características técnicas:



a. Gabinete del tablero de distribución

Los tableros de distribución son confeccionados de plancha de acero de 1.6 mm de espesor, con protección lateral, posterior y tapa superior inclinada, lleva puerta frontal de dos hojas y chapa de seguridad, con tratamiento anticorrosivo de pintura hepóxica cromado de zinc, 50 micras, el acabado será a base de pintura anticorrosivo de color gris martillado, adecuados para sujeción a poste mediante 02 abrazaderas de platina de fierro galvanizado de 51mmx6.4mm, 04 pernos de 13mmx 72mm, con tuercas y arandelas.

b. Interruptor termomagnético

Los interruptores termomagnéticos son tripolares, para instalarse en el interior del gabinete del tablero de distribución y fijado mediante rieles metálicos.

Los interruptores vienen provistos de terminales de tornillos con contactos de presión para conectarse a los conductores. Los bornes de salida hacia las redes de baja tensión son del tipo bimetálico a fin de permitir la conexión de conductores de cobre o aluminio.

c. Cable de comunicación

El cable de comunicación, en la conexión entre el lado secundario del transformador y el tablero de distribución, está compuesto de conductor de cobre electrolítico recocido de cableado concéntrico. El aislamiento es de cloruro de polivinilo (PVC) u otro aislamiento similar o superior y cubierta exterior con una chaqueta de PVC, color negro, en conformación paralelo. La tensión del cable es de 1 kV y la temperatura de operación 80 °C.

d. Barras colectoras y conductores de conexionado

Los tableros de distribución están equipados con barras colectoras de cobre electrolítico de sección rectangular para las fases, el neutro y la puesta a tierra.

Las barras de fases y neutro están provistos de los accesorios correspondientes para recibir o distribuir conductores de cobre o de aluminio cuyas secciones varían entre 16 y 50 mm².



El código de colores de las barras son negro, azul y rojo para las fases, color blanco para la barra neutro y color amarillo para la barra de tierra.

e. Contactor electromagnético

Los contactores son bipolares de CA del tipo electromagnético, para instalarse en el interior del gabinete del tablero de distribución y fijado mediante rieles metálicos.

Los contactores vienen provistos de terminales de tornillos con contactos de presión para conectarse a los conductores. Los bornes de salida hacia las redes de baja tensión son del tipo bimetálico a fin de permitir la conexión de conductores de cobre o aluminio con una sección circular de 10 a 25 mm².

f. Fotocélula:

Son del tipo cubierta de polipropileno estabilizado contra rayos ultra violetas, y cuenta con una empacadura perimetral sellada que garantiza la protección contra el agua. son de contactos (normalmente abiertos NA). Son utilizados para accionar el contactor del circuito de alumbrado público.

g. Relé de mínima y máxima tensión

El relé de mínima y máxima tensión provoca la apertura del interruptor automático, en caso de una sensible disminución o falta de tensión de alimentación del mismo. para el bloqueo tras el cierre o para controlar la tensión en los circuitos de alumbrado público. El cierre del interruptor automático se permite sólo con el relé alimentado

h. Medidor totalizador de energía activa trifásico

El medidor totalizador de energía activa trifásico permite medir el consumo total de energía activa de la subestación al cual es instalado el tablero de distribución.

i. Medidor de alumbrado público monofásico

El medidor de alumbrado público monofásico permite medir el consumo total la energía activa en el sistema de alumbrado público de la subestación al cual es instalado en el tablero de distribución.

Tabla N° 2.13: Características del tablero de distribución

N°	Características	Unidad	Valor Requerido
1	material	Mm	Plancha De Acero Laminado
2	dimensiones	Mm	900X800X300
3	espesor		2
4	epoxi	UM	90
5	grado de protección		IP54
6	sistema	V	3(Ø) 380/220
7	material		COBRE
8	fase	mm	5X40X600
9	neutro	mm	5X30X400
10	material		Resina Epoxica
11	tensión máxima de operación	KV	1
12	línea de fuga		41
13	altura	mm	40
14	diámetro superior		34
15	diámetro inferior (cima)		40
16	instalación		Interior
17	numero de polos		3
18	corriente nominal	A	...continuación
19	frecuencia	HZ	60
20	tensión nominal	V	380-220

Elaborado por el equipo de trabajo

Normas aplicables:

IEC 947-2, IEC 898 Para interruptores termomagnéticos

IEC 144 Para grados de protección

IEC 408 Para bases portafusibles

IEC 269 Para fusibles K

2.2.1.6.11. Estructuras

La función básica de los armados estructurales son mantener los conductores a cierta distancia sobre el suelo y de los obstáculos presentes a lo largo de la trayectoria, proporcionando la seguridad a las personas e instalaciones situadas en las cercanías de la



ubicación de las estructuras a lo largo del eje de la trayectoria de las redes de distribución de energía eléctrica.

Los armados estructurales del sistema de distribución están compuestos generalmente de postes de c.a.c. y acero galvanizado, construidas con perfiles angulares laminados, formados con ménsulas y riostras. Empotradas en el suelo por medio de cimentaciones de concreto.

A continuación, se enumeran los armados estructurales normalizados para sistemas de redes secundarias B.T. (Ministerio de Energía y Minas, 2003):

- Subestación trifásica biposte con ménsula tipo STB
- Estructura de alineamiento y ángulo para red aérea tipo E1
- Estructura de cambio de sección para red aérea tipo E2
- Estructura de extremo de línea para red aérea tipo E3
- Estructura de extremo de línea con derivación para red aérea tipo E4
- Estructura de alineamiento con derivación para red aérea tipo E5
- Estructura de anclaje y/o derivación para red aérea tipo E6
- Retenida inclinada en RS
- Pastoral y accesorios para alumbrado público AP
- Detalle de puesta a tierra PAT

2.2.2. Interrupciones del suministro de energía

2.2.2.1. Definición

Una interrupción se puede definir como un evento durante el cual el voltaje, en el punto de conexión del cliente, cae a cero y no retorna a sus valores normales automáticamente.

Así también, una interrupción en el suministro eléctrico debe entenderse como una pérdida total de energía eléctrica.

Según Rentería (2001), hace referencia:



Que la interrupción del servicio eléctrico hacia los consumidores finales, como el resultado de la desconexión total o parcial de uno o más componentes del sistema. Entendiéndose como componente a cualquier pieza o equipo del sistema, el cual puede ser visualizado como una entidad para propósitos de reportar, analizar y predecir salidas del servicio (p.4).

2.2.2.2. Tipos de interrupciones

Las interrupciones se clasifican de la siguiente manera:

2.2.2.2.1. Por su origen

De acuerdo a su origen, las interrupciones se pueden clasificar en dos grandes grupos:

a. Interrupciones programadas

Una interrupción programada es la suspensión del suministro de energía eléctrica, estas son necesarias para realizar trabajos de mantenimiento y mejora de las redes de distribución. Para realizar este tipo de cortes de energía, los clientes tienen que ser informados con antelación de una interrupción programada, con el procedimiento establecido por la norma. Para lo cual la empresa concesionaria programa el día, hora y la fecha para realizar el tipo de trabajo que se efectuará y que a su vez tendrá que hacer el comunicado por medios comunicativos, como se indica en el Art. 87 de la LCE “los concesionario podrán variar transitoriamente las condiciones de suministro por causa de fuerza mayor, con la obligación de dar aviso de ello a los usuarios y al organismo fiscalizador, dentro de las 48 horas de producida la alteración” (Ministerio de Energía y Minas, 2014,p.53). Este tipo de cortes generalmente pueden ser por:

- **Mantenimiento:** Las interrupciones por mantenimiento requieren del corte de energía eléctrica para llevar a cabo labores de mantenimiento en el área seccionada.



- **Expansión:** Las interrupciones expansión requieren también del corte de suministro eléctrico para la incorporación de nuevas instalaciones en el sistema eléctrico de baja tensión.

b. Interrupciones no programadas (imprevistas)

Las interrupciones no programadas (imprevistas), generalmente “son causadas por faltas permanentes, o transitorias, mayormente originadas por eventos externos, fallos de equipos, fallos humanos” (Sumper et al., 2017,p.2).

2.2.2.2.2. Por su duración

De acuerdo con la IEC, las interrupciones imprevistas se distinguen de la siguiente manera:

- Cortas o breves, con una duración menor a tres minutos
- Largas, con una duración mayor o igual a tres minutos

2.2.2.3.Causas de las interrupciones

Las causas de las interrupciones del suministro eléctrico pueden variar, pero generalmente son el resultado de algún tipo de daño a la red del suministro eléctrico. Según Rentería (2001) se presentan las siguientes causas por las cuales se dan las diferentes interrupciones de energía en el sistema de distribución:



Tabla N° 2.14: Causas de las interrupciones del suministro eléctrico

N°	Descripción
1	Condiciones climáticas - vientos
2	Condiciones climáticas - inundaciones
3	Condiciones climáticas - temperaturas
4	Condiciones climáticas - descargas atmosféricas
5	Terceros - actos vandálicos
6	Terceros - cometas
7	Terceros - catas o jebes
8	Terceros - alambres
9	Terceros - cables telefónicos
10	Terceros - trabajos en la vía pública
11	Terceros - embestidas
12	Terceros - poda de árboles
13	Incendio
14	Solicitado por el cliente
15	Otros

Fuente: (Rentería, 2001)

2.2.2.3.1. Condiciones climáticas – vientos

Principalmente se dan por situaciones de la naturaleza como pueden ser, por ventarrones y esto puede ocasionar el cruzamiento de las líneas de distribución, esto puede ocasionar severas fallas en el sistema.

2.2.2.3.2. Condiciones climáticas – inundaciones

De la misma manera se forma debido a situaciones de la naturaleza pueden darse inundaciones, que alcanzan las líneas subterráneas, produciendo cortocircuitos, en caso de tener alambres desnudos, pues como es sabido, el agua es un conductor de la electricidad.

2.2.2.3.3. Condiciones climáticas – temperaturas

El problema de la temperatura se da cuando se tiene un clima muy caliente, es decir cuando se tiene temperaturas muy elevadas. Y es ahí donde los conductores de las líneas de distribución se dilatan “colgándose” pudiendo producir el traslape de una línea sobre otra.



2.2.2.3.4. Condiciones climáticas – descargas atmosféricas

En los días de tormenta pueden producirse descargas atmosféricas produciendo la inducción de campos magnéticos entre una u otra línea de la red de distribución. Y con lo cual se produce un desequilibrio en la red que dan origen a una interrupción de energía.

2.2.2.3.5. Terceros - actos vandálicos

Cuando ciertas personas actúan directamente sobre la red del sistema de distribución, causando daño como, por ejemplo:

- Lanzamiento de objetos de cualquier índole sobre la red.
- Colisiones de vehículos contra los postes de C.A.C., debido a que estas personas conducen en estado de ebriedad.

2.2.2.3.6. Terceros – cometas

Cuando por descuido o condiciones climáticas no favorables, las cometas de los niños se enredan con los cables produciendo de esta manera una interrupción en el servicio.

2.2.2.3.7. Terceros – catas o jebes

En el sector rural son comúnmente conocidas las catas o jebes. Estas pueden ser utilizadas especialmente por niños, para afectar a la red de distribución, originando así en algunos casos una interrupción en el servicio de energía eléctrica.

2.2.2.3.8. Terceros – alambres

Cuando con el pasar del tiempo debido a agentes externos naturales, como por ejemplo las lluvias y el oxígeno existente en la atmosfera, los conectores de las líneas se sulfatan y en algunos casos se aflojan produciendo la caída de un alambre sobre otro, produciéndose así los diferentes tipos de cortocircuitos y por ende una interrupción en el servicio de energía eléctrica.



2.2.2.3.9. Terceros – cables telefónicos

Cuando los cables telefónicos deteriorados en su aislamiento, se cruzan con las líneas de distribución “desnudas”, se da origen nuevamente a un cortocircuito y con ello nuevamente una interrupción en el servicio de energía eléctrica.

2.2.2.3.10. Terceros – trabajos en la vía pública

Debido a que, cuando el municipio realiza obras públicas, la gente que trabaja en dicha obra, por no tener debido cuidado, suelen dañar las instalaciones eléctricas, y con mas frecuencia dañan las instalaciones subterráneas que las aéreas.

2.2.2.3.11. Terceros – embestidas

Debido a personas que atentan contra la red de distribución arrojándole a estos objetos de cualquier índole.

2.2.2.3.12. Terceros – poda de árboles

Por lo general esta causa de interrupción se da en la zona rural, debido a que en esta zona existe más vegetación. Y se da cuando se realiza la poda de árboles por parte de la gente de dicha zona. Y sin intenciones por parte de la gente, los árboles se van sobre la red de distribución.

2.2.2.3.13. Incendio

En caso de suceder un incendio y este incida sobre las líneas, este puede quemar el aislante, dejando al descubierto el alambre que esta propenso al contacto con cualquier superficie pudiendo dar origen a un cortocircuito y con ello una interrupción.

2.2.2.3.14. Solicitado por el cliente

Puesto que muchas de las veces los consumidores necesitan adecuar, renovar, restaurar sus instalaciones eléctricas, entonces solicitan a la empresa distribuidora que les sea suspendido el servicio de energía eléctrica.



2.2.2.3.15. Otros

Al referirse a “otros” se refiere a los siguientes tipos de problemas. Aves sobre las redes de distribución, salidas de centrales, ramas u hojarasca sobre la red, transformadores quemados, desconocida, mala operación de protecciones, sobrecargas en las líneas, daños en disyuntores dentro de las subestaciones, disparo de disyuntores, pararrayos estallados etc.

2.2.2.4. Caso fortuito o fuerza mayor

Según el código civil peruano argumenta que “caso fortuito o fuerza mayor es la causa no imputable, consistente en un evento extraordinario, imprevisible e irresistible, que impide la ejecución de la obligación o determina su cumplimiento parcial, tardío o defectuoso” (Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, 2015).

Todo ordenamiento legal admite supuestos de excepción bajo el cual la imposibilidad de cumplir a sus obligaciones conlleva la ausencia de responsabilidad frente al acreedor por dicho incumplimiento. Para efectos de la calificación de fuerza mayor, se entiende por esta a la causa no imputable, que consiste en un evento extraordinario, imprevisible e irresistible, que impide la adecuada prestación del servicio eléctrico, o que habiendo sido prevista no pudiera ser evitada.

a. Hecho extraordinario

Es todo aquello que sale de lo común, que no es usual y pueden ser la rareza, el carácter anormal del evento y las remotas posibilidades de realización.

b. Hecho imprevisible

Es todo aquel frente al que no existen motivos atendibles para presumir que este vaya a suceder.



c. Hecho irresistible

La calificación de un hecho como irresistible está referida a aquella suerte de suceso que no cabe sensatamente detener.

2.2.2.5. Pérdidas de energía y potencia

Las estadísticas de pérdidas eléctricas en las empresas distribuidoras muestran un problema de suma importancia; los porcentajes de pérdidas son elevados, lo que implica un despilfarro de recursos incompatibles con la eficiencia requerida por la colectividad. Las pérdidas de energía en las empresas distribuidoras se refieren a dos situaciones: a los fenómenos de disipación que suceden en los componentes físicos del sistema y debido a la existencia de la información en los procesos de recaudo de la venta de energía.

2.2.2.6. Clasificación de las pérdidas de energía

Las pérdidas de energía equivalen a la diferencia entre la energía comprada y la energía vendida y pueden clasificarse como pérdidas técnicas ya las pérdidas no técnicas (comerciales).

2.2.2.6.1. Pérdidas técnicas

Las pérdidas técnicas “constituyen una parte de la energía que no es aprovechada y que el sistema requiere para su operación, es decir, es la energía que se pierde en los diferentes equipos, redes y estructuras que forman parte del sistema de distribución” (Muñoz, 2012,p.8) y que sirven para conducir y transformar la electricidad y pueden ser determinados por métodos mesurables y analíticos con las herramientas que dispone la empresa distribuidora. Representan la energía que se pierde durante la transmisión dentro de la red y la distribución como consecuencia de un calentamiento natural de los conductores que transportan la electricidad. Este tipo de pérdidas es normal en cualquier distribuidora de energía y no puede ser eliminada totalmente, solo pueden reducirse a



través del mejoramiento de la red. Se puede realizar una clasificación de las pérdidas técnicas según la función del componente y según las causas que la originan:

a. Por la función del componente

Perdidas por transporte:

- En líneas de sub transmisión
- En circuitos de distribución primaria
- En circuitos de distribución secundaria

Perdidas por transformación:

- En transmisión / sub transmisión
- En subtransmisión / distribución
- En transformadores de distribución

b. Por las causas que la originan:

Perdidas por efecto joule: Cuando una corriente eléctrica atraviesa un conductor isotérmico, hay una generación de calor. Este efecto ocurre debido a la transferencia de energía eléctrica a través del conductor por un proceso análogo al rozamiento. Este efecto se denomina “Efecto Joule”.

Perdidas por histéresis: Las pérdidas por histéresis representan una pérdida de energía que se manifiesta en forma de calor en los núcleos magnéticos y esto hace que se reduzca el rendimiento del dispositivo

Perdidas por corrientes parasitas: Las corrientes parasitas crean pérdidas de energía a través del efecto Joule. Más concretamente, dichas corrientes transforman formas útiles de energía, como la cinética, en calor no deseado, por lo que generalmente es un efecto inútil, cuando no perjudicial.



2.2.2.6.2. Pérdidas no técnicas (comerciales)

“Se consideran pérdidas no técnicas a la diferencia entre las pérdidas totales de un sistema eléctrico de distribución y las pérdidas técnicas medidas y/o calculadas” (Ing. Ghia & Dr. Rosso, 2013,p.10). Ello representa para la empresa prestadora del servicio público una pérdida económica importante y por lo tanto debe ser reconocida en la tarifa hasta un determinado valor de eficiencia. Según el origen puede clasificarse en:

Por robo o hurto: comprende la energía que es apropiada ilegalmente de las redes por usuarios que no tienen sistemas de medición (conexiones clandestinas o “colgados”).

Por fraude: corresponde a aquellos usuarios que manipulan los equipos de medición para que registren consumos inferiores a los reales.

Por administración: corresponde a energía no registrada por la gestión administrativa de la empresa (errores de medición, errores en los procesos administrativos, falta de registro adecuada, estimaciones desactualizadas, obsolescencia de medidores, errores en los registros de censos de instalaciones de alumbrado público, etc.).

2.2.2.6.3. Pérdidas totales

Las pérdidas totales, son las que realmente se pueden medir en los sistemas en forma directa a través de medidores de energía y potencia, y “se determinan como la diferencia de energía medida y cobrada por el ente o empresa que vende el servicio a la empresa distribuidora y la que realmente registra y factura a sus clientes” (Ing. Ghia & Dr. Rosso, 2013,p.11). Esa diferencia es la suma de las pérdidas técnicas + las pérdidas no técnicas.

2.2.2.7. Estándares de calidad del servicio

En primer lugar, la LCE establece las exigencias que deberán cumplir los concesionarios de servicio público de distribución de electricidad. Para asegurar un nivel satisfactorio de la prestación de los servicios eléctricos a que se refieren dichas disposiciones legales, debe “garantizarse a los usuarios un suministro eléctrico continuo, adecuado, confiable y



oportuno, siendo por tanto necesario distar disposiciones reglamentarias para fijar estándares mínimos de calidad. El control de la calidad de los servicios eléctricos se realiza en los siguientes aspectos” (DGE, 2011,p.2):

2.2.2.7.1. Calidad del producto

La calidad de producto suministrado al cliente “se evalúa por las transgresiones de las tolerancias en los niveles de tensión, frecuencia y perturbaciones en los puntos de entrega. El control de la Calidad de Producto se lleva a cabo en períodos mensuales, denominados períodos de control” (DGE, 2011,p.13).

2.2.2.7.2. Calidad de suministro

La calidad de suministro se expresa en función de la continuidad del servicio eléctrico a los clientes, es decir, de acuerdo a las interrupciones del servicio. “Para evaluar la calidad de suministro, se toman en cuenta indicadores que miden el número de interrupciones del servicio eléctrico, la duración de las mismas y la energía no suministrada a consecuencia de ellas” (DGE, 2011,p.30). El Período de Control de interrupciones es de seis (6) meses calendario de duración.

Se considera como interrupción a toda falta de suministro eléctrico en un punto de entrega. Las interrupciones pueden ser causadas, entre otras razones, por salidas de equipos de las instalaciones del Suministrador u otras instalaciones que lo alimentan, y que se producen por mantenimiento, por maniobras, por ampliaciones, etc., o aleatoriamente por mal funcionamiento o fallas; lo que incluye, consecuentemente, aquellas que hayan sido programadas oportunamente. Para efectos de la norma, no se consideran las interrupciones totales de suministro cuya duración es menor de tres (3) minutos ni las relacionadas con casos de fuerza mayor debidamente comprobados y calificados como tales por la autoridad.



2.2.2.7.3. Calidad del servicio comercial

“La calidad del servicio comercial se evalúa sobre tres (3) sub-aspectos, los mismos que sólo son de aplicación en las actividades de distribución de la energía eléctrica” (DGE, 2011,p.44):

a. Trato al Cliente

- Solicitudes de Nuevos Suministros o Ampliación de Potencia Contratada
- Reconexiones
- Opciones Tarifarias
- Reclamos por errores de medición/facturación
- Otros

b. Medios a disposición del Cliente

- Facturas
- Registro de reclamos
- Centros de atención telefónica/fax

c. Precisión de medida de la energía facturada

2.2.2.7.4. Calidad del alumbrado público

“El indicador principal para evaluar la calidad del alumbrado público es la longitud de aquellos tramos de las vías públicas que no cumplen con los niveles de iluminación especificados en la Norma Técnica DGE-016-T-2/1996 o la que la sustituya” (DGE, 2011,p.51).

2.2.2.8. Compensaciones por interrupciones imprevistas en B.T.

El MEM, través de la Ley de Concesiones Eléctricas (LCE) y la Norma Técnica de Calidad del Sector Eléctrico (NTCSE), establecen parámetros para regular la calidad del suministro eléctrico. Sin perjuicio de las sanciones que correspondan, la interrupción o suspensión del suministro de energía eléctrica no autorizada en conformidad a la ley y los



reglamentos, que afecte parcial o íntegramente una o más áreas de concesión, dará lugar a una compensación a los usuarios sujetos a regulación de precios afectados, a cargo del concesionario. De acuerdo a lo anterior, las empresas distribuidoras de electricidad están obligadas a compensar automáticamente a sus clientes (sin que medie trámite alguno), cuando se produzcan interrupciones o suspensiones no autorizadas en el suministro. Según la ley de concesiones eléctricas (LCE), corresponde la compensación a los usuarios cuando las deficiencias de calidad y continuidad del servicio por parte de la distribuidora hayan superado los límites establecidos.

2.2.2.8.1. Compensación por LCE

La Ley de Concesiones Eléctricas (LCE), establece claramente en el título VI “Prestación del servicio público de electricidad” específicamente en el art. 86 indica “si el suministro de energía sufriera interrupción total o parcial por un periodo consecutivo mayor de cuatro horas, el concesionario deberá compensar a los usuarios por el costo de la potencia y energía no suministrada, excepto si fueren originadas por causa imputable” (Ministerio de Energía y Minas, 2014,p.52). La compensación se efectúa como un saldo a favor en la facturación al mes siguiente de producida la interrupción.

2.2.2.8.2. Compensación por NTCSE

La compensación por Norma Técnica de Calidad en el Sector Eléctrico (NTCSE) se efectúa a los clientes cuando en el acumulado de seis meses se supere los límites para las interrupciones permitidas por la NTCSE en frecuencia y/o duración. La compensación se realiza en la facturación del mes siguiente al semestre. Para efectos de la compensación no se consideran las interrupciones totales de suministro cuya duración es menor de tres (3) minutos, las relacionadas con casos de fuerza mayor debidamente comprobados y calificados como tales por el ente regulador y las interrupciones debidas a fallas propias del cliente (defectos internos).



2.2.3. Vehículo aéreo no tripulado (DRONE)

2.2.3.1. Definición

Los vehículos aéreos no tripulados (VANT) o (UAV – Unmanned Aerial Vehicles), mejor conocidos como drones, se han convertido en una tecnología disruptiva que han experimentado un crecimiento exponencial en usos y en cantidad de aeronaves disponibles. En esencia, un drone es un robot volador que puede ser controlado de forma remota o volar de manera autónoma a través de planes de control de vuelo basados en software y sistemas que trabajan en conjunto tales como sensores y GPS a bordo. De acuerdo con Pablo Ruipérez (2015), un VANT es un dispositivo pilotado por control remoto que puede volar por medio de un controlador, está compuesto por una variedad de sensores que posibilitan la toma de datos del ambiente en la cual se encuentran, y que a su vez son programables y capaces de completar misiones. Sin embargo, por sus características y a la gran cantidad de posibles usos y las ventajas que brindan, su uso se extendió al sector civil para múltiples usos. Su potencial es enorme y el crecimiento de sus implementaciones apenas empieza.

También es conocido a nivel profesional por el nombre de (RPAS), cuyas siglas en inglés (Remotly Pilot Aircraft System), tiene como traducción el nombre de sistema de pilotaje de aeronaves por control remoto. Por otra parte, se pueden definir como un cuadricóptero con diferentes motores por medio de propulsión e impulsión. Para que el aparato se mantenga estable respecto al eje, la mitad de sus hélices giran en un sentido y la otra mitad giran en sentido contrario. Aunque el termino drone se asocia directamente con vehículos aéreos, estos también se pueden desarrollar para actividades acuáticas y terrestres.

2.2.3.2. Partes de un DRONE

Las partes de un drone lo conforman los siguientes componentes:

2.2.3.2.1. Marco (frames)

Es el esqueleto del multirroto, es la estructura que le da forma, en ella se instalan y aseguran los demás sensores y elementos. Generalmente esta estructura está fabricada con aleaciones metálicas para disminuir su peso, aunque dependiendo del modelo se puede encontrar fabricado en plástico o fibras de vidrio. Entre sus características principales debe estar la robustez y la flexibilidad, para intentar conseguir una mayor resistencia a los golpes o al viento, sin descuidar la ligereza del marco.



Figura N° 2.4: Marco del hexacóptero

Fuente: (Phantom 4 Pro, 2017)

2.2.3.2.2. Batería

Es la encargada de aportar la energía necesaria al sistema para su funcionamiento. Las baterías más usadas son las de litio (Lipo) puesto que ofrecen una excelente relación entre capacidad, peso, volumen y tensión. Las baterías de Lipo están formadas por celdas de 3.7v. En radio control se suelen utilizar baterías desde 1 celda hasta 8 aunque pueden ser más, en función del modelo en el que van a ser instaladas.



Figura N° 2.5: Batería

Fuente: (Phantom 4 Pro, 2017)

2.2.3.2.3. Motores y hélices

Son los componentes fundamentales para mantener el multirrotor en el aire. El motor es la parte de la máquina capaz de hacer funcionar al sistema, transformando algún tipo de energía (eléctrica, combustibles etc. en energía mecánica, capaz de realizar una fuerza que produce el movimiento.



Figura N° 2.6: Motor y hélices

Fuente: (Phantom 4 Pro, 2017)

2.2.3.2.4. Radio receptor (mando)

Es el responsable de recibir la señal de radio enviada por el control remoto, mediante el cual el usuario realiza el movimiento que desea y este lo transforma en una transmisión que es recibida por el radio receptor del multirrotor transformándola en datos que se envían al controlador de vuelo, para que ejecute la instrucción. Una instrucción de movimiento realiza cambios coordinados en la velocidad de los rotores. De esta manera si el usuario da la orden de ir hacia delante los motores giraran a una velocidad mayor, haciendo que el aparato realice la acción.



Figura N° 2.7: Radio receptor

Fuente: (Phantom 4 Pro, 2017)

2.2.3.2.5. Sistema de Posicionamiento Global “GPS”

Es el encargado de transmitir información sobre la posición a la controladora de vuelo. La característica principal que este sistema debe tener es la precisión, puesto que es muy importante saber dónde está situado exactamente el dron con un margen de error minúsculo.

Además de la posición, también es capaz de calcular la velocidad del aparato en cada instante, calculando la distancia recorrida en un tiempo establecido.



Figura N° 2.8: GPS

Fuente: (Phantom 4 Pro, 2017)

2.2.3.2.6. Visión en primera persona “visores de realidad virtual o FPV”

Sistema de transmisión y recepción de video capturado por una o varias cámaras, en tiempo real. De esta manera el piloto, o cualquier otro usuario pueden ver en tiempo real la imagen que están captando las cámaras, instaladas en el dron. Este sistema es de

mucha utilidad, sirviendo sobre todo para vuelos seguros a gran altura o distancia y para capturar mejores tomas durante el vuelo.



Figura N° 2.9: Sistema de transmisión

Fuente: (Phantom 4 Pro, 2017)

2.2.3.2.7. Controlador de vuelo/ placa controladora

Componente principal de un drone. Dispositivo que registra todo lo que sucede en el drone, en él se conectan gran parte de los sensores y componentes, además de disponer de unas características propias. Por tanto, este dispositivo consigue la suficiente información del medio, para poder tomar decisiones correctas sobre los motores, que hacen posible el vuelo. Este controlador debe ser capaz de captar y realizar tareas en el menor tiempo posible, además de poder conseguir un aterrizaje seguro en caso de que el controlador principal falle. Es uno de los componentes más caros de la aeronave, puesto que un buen controlador, puede funcionar de manera autónoma sin que un piloto lo controle, a través de la planeación de un vuelo.



Figura N° 2.10: Placa controladora

Fuente: (Phantom 4 Pro, 2017)

2.2.3.2.8. Estabilizadores de imagen (Gimbal)

Además de una correcta elección de la cámara a utilizar, es imprescindible instalar un buen sistema estabilizador de vuelo, puesto que este es un dispositivo encargado de reducir las vibraciones en la captura de una imagen cuando en la toma se producen movimientos no deseados. Para optimizar el rendimiento del estabilizador es necesario la utilización de acelerómetros y giroscopios, que indican el movimiento, dirección y posición de la aeronave.



Figura N° 2.11: Estabilizador

Fuente: (Phantom 4 Pro, 2017)

2.2.3.2.9. Sensores a bordo de los drones – cámara

La selección de la cámara es otro aspecto fundamental para lograr el éxito en nuestro trabajo.

Una imagen es una representación visual, que manifiesta la apariencia de un objeto real o imaginario. Las imágenes objeto de estudio van a ser creadas por dispositivos capaces de capturar imágenes estáticas o en movimiento. (Cámaras de fotografías o de vídeo). En la última década, el mercado fotográfico ha experimentado una gran evolución apareciendo en el mercado todo tipo de cámaras, desde las cámaras deportivas con un tamaño reducido y unas prestaciones ópticas muy aceptables, hasta complejas y sofisticadas cámaras réflex, pasando por cámaras térmicas o infrarrojas y

multiespectrales, al mismo tiempo que el costo unitario se ha visto reducido considerablemente.

Elegir una cámara adecuada, con unas cualidades óptimas de resolución, velocidad de disparo, zoom, entre otros, es una tarea, donde juega un papel muy importante el vehículo donde se instalará y su finalidad. Con todo ello se tendrá que tener en cuenta, la carga de peso máxima, la autonomía, el consumo energético, y el sistema de estabilización. Habrá pues que buscar una situación aceptable entre las características de la cámara, su tamaño, peso y precio.

La altura de vuelo o distancia al objeto, está condicionada por la actividad que se desea desarrollar, el nivel de detalle que sea necesario para captar todos los detalles, tomando en consideración la resolución y la distancia focal del objetivo.



Figura N° 2.12: Cámara digital

Fuente: (Phantom 4 Pro, 2017)

2.2.3.3. Clasificación

El extensivo uso que se le ha dado a los drones ha logrado desarrollar una diversidad de modelos en este sector. La clasificación que se detallará en el artículo se basa en su forma, su ámbito de uso y según su método de control, ver figura.



Figura N° 2.13: Clasificación

Elaborado por el equipo de trabajo

2.2.3.4. Según el tipo de alas

Básicamente existen 2 tipos de clasificación para los drones según el tipo de alas:

2.2.3.4.1. Drones de ala fija

Los drones de ala fija son aeronaves que poseen un despliegue de alas que le permite a la aeronave moverse en el aire y ser capaz de generar auto sustentación para mantenerse en vuelo. La estética de este tipo de drones es muy similar a lo aeromodelos de radiocontrol. Así mismo Segura (2018), afirma que “la principal característica de este tipo de drones es la autonomía de vuelo superior que ofrecen, pueden mantenerse en vuelo durante varias horas debido a su diseño aerodinámico”. Los drones de ala fija pueden cubrir extensiones de terreno o recorrer grandes distancias con una única batería. En el ámbito civil son utilizados en agricultura de precisión y fotometría, en el campo militar son muy utilizados para labores de inteligencia, vigilancia y reconocimiento ya que pueden estar volando varias horas gracias a su eficiencia aerodinámica. Este tipo de dron no puede realizar vuelos estacionarios. Por lo cual no están capacitados para realizar trabajos que implique mantenerse en el aire a una altura y posición fija, como por ejemplo labores de inspección.

a. Ventajas:



- Son capaces de llevar mayores cargas útiles por distancias más largas con menos potencia. Lo que le permite llevar sensores de mayor tamaño.
- Se compone de una estructura mucho más simple en comparación con un ala rotatoria. Por lo que el proceso de mantenimiento y reparación es menos complicado.
- Debido a que su estructura aerodinámica es simple y más eficiente, se pueden realizar vuelos más largos a velocidades más altas, permitiendo así cubrir áreas más grandes por
- cada vuelo.

b. Desventajas:

- Las aeronaves de ala fija requieren aire en movimiento sobre sus alas para generar la elevación. Por lo que deben permanecer en un constante movimiento hacia adelante.
- UAV de ala fija no son adecuados para aplicaciones estacionarias como el trabajo de inspección.

Se tiene la necesidad de una pista o lanzador para el despegue y el aterrizaje.

2.2.3.4.2. Drones de ala rotatoria

Los drones de ala rotatoria son conocidos como multirrotores, son los de uso más extendido por los profesionales de área. Los drones de ala fija consiguen sustentación en el aire por el perfil de sus alas, los multirrotores generan la sustentación a través de la fuerza producida por las hélices de los rotores. Según el número de rotores, existen denominaciones para cada uno:

- Tricópteros (3 motores)



- Cuadricópteros (4 motores)
- Hexacópteros (6 motores)
- Octacópteros (8 motores)

De acuerdo con Segura (2018), los drones de ala rotatoria aterrizan y despegan de forma vertical. Pueden hacerlos prácticamente desde cualquier terreno lo que los hace mucho más versátiles para diversos usos. Su principal desventaja es la autonomía de vuelo debido al consumo de energía requerido por los rotores para mantenerse en el aire. La autonomía de vuelo es de cerca de 30 minutos y en modelos más avanzados alrededor de los 45 minutos. Para realizar actividades como mapeo de grandes extensiones se requiere disponer de varios juegos de baterías.

La principal característica de los drones del tipo multirrotores radica en su versatilidad, basada principalmente en que permite realizar vuelos estacionarios. De forma simple se le pueden adaptar diferentes tipos de cámaras como RGB, multiespectrales, termográficas, que permite desempeñar diversos trabajos.

El sistema de vuelo de un multirotor consiste en el giro invertido y simultáneo de las hélices de la aeronave. Dos hélices giran en sentido de las agujas del reloj y otras dos en sentido contrario, creando así la fuerza de empuje necesaria para elevar el multirotor.

a. Ventajas:

- La mayor ventaja de los UAV de ala rotatoria es la capacidad para despegar y aterrizar verticalmente. Esto permite al usuario operar con un área más pequeña de aterrizaje/despegue.
- Su capacidad para flotar y realizar maniobras ágiles hace a los UAVs de ala giratoria muy adecuados para aplicaciones como inspecciones donde se requieren maniobras precisión y la capacidad de mantener contacto visual en un solo objetivo, durante largos períodos de tiempo.



b. Desventajas:

- El avión de ala rotativa implica una mayor complejidad mecánica y electrónica que se traduce generalmente a procesos más complicados de mantenimiento y reparación.
- Lo que significa que el tiempo de operación del usuario puede disminuir y aumentarse los costos operativos.
- Debido a sus velocidades más bajas y tiempo de vuelo más corto el operador requerirá muchos vuelos adicionales para inspeccionar las áreas significativas, otro aumento en el tiempo y los costes operativos.

2.2.3.5. Según su aplicación

2.2.3.5.1. Drones de uso militar

Los drones militares “son de exclusivo uso de los gobiernos y misiones militares, se los conoce como drones de combate. Su éxito se basa en la precisión y en el hecho que de ser derribados no existen pérdidas humanas que lamentar” (Bustamante et al., 2016). Al no tener que llevar un piloto, estas aeronaves son más económicas que un avión de combate, pueden llevar más carga útil y son de mayor maniobrabilidad. Por este motivo, el ejército está trabajando en varios proyectos para desarrollar unUCAV que en un futuro no muy lejano podría reemplazar a los aviones tripulados en combate aéreo.

2.2.3.5.2. Drones de uso civil

Son los que no tienen uso militar.

a. Uso comercial

Los de uso comercial se encuentran los más especializados ya que necesitan características especiales para dar servicios profesionales. Dentro de las actividades comerciales o profesionales se encuentran la realización de videos, fotografías,



cartografía aérea, en la agricultura, inspecciones a líneas de transmisión (estructuras) y en sector de petróleo (tuberías, equipos).

b. Uso aficionado

Los de uso aficionado, este es el sector en el que más ha crecido el uso de drones y se ha convertido en un objeto de interés para los aficionados a la tecnología. La variedad en sus características hace que varíe notablemente sus precios. Y son utilizados como juguete y suelen ser bastantes económicos.

c. Uso gubernamental

Utilizados para bombardeos, rescate. Con el fin de ayudar a realizar tareas de reconocimiento, rescate, etc.

2.2.3.6. Según su método de control

Según Escamila Nuñez (2010), afirma que “esta clasificación corresponde al nivel de autonomía o vigilancia requerida por parte de un piloto”. Y se clasifican en:

2.2.3.6.1. Drone autónomo

Este tipo de aeronave no necesita de un piloto humano que lo controle desde tierra, se guía por sus propios sistemas y sensores integrados. Al igual que han surgido vehículos autónomos, no necesitan ser controlados en tiempo real o directamente, solo requieren una ruta programada y tareas a ejecutar (Bustamante et al., 2016).

2.2.3.6.2. Drone monitorizado

En este tipo de control para VANT si se necesita la figura de un técnico humano. La labor de esta persona es proporcionar información y controlar el feedback del dron, conjunto de reacciones o respuestas que manifiesta un receptor respecto a la actuación del emisor.



El dron dirige su propio plan de vuelo y el técnico a pesar de no poder controlar los mandos directamente, puede decidir qué acción llevar a cabo (Bustamante et al., 2016).

2.2.3.6.3. Dron supervisado

Un operador pilota directamente la aeronave, aunque este puede realizar algunas tareas automáticamente (Bustamante et al., 2016).

2.2.3.6.4. Dron preprogramado

El dron sigue un plan de vuelo diseñado previamente y no tiene medios para cambiarlo para adaptarse a posibles cambios.

2.2.3.6.5. Dron controlado remotamente

Son los más implantados dentro de los drones civiles, son conocidos como drones de radio control. Su vuelo depende completamente de un control remoto y algunos aditamentos básicos en los drones para estabilidad y aterrizaje seguro.

2.2.3.7. Principales UAV's usados en la ingeniería

2.2.3.7.1. Trimble UX5

Aeronave no tripulada de ala fija, con una resolución espacial mínima de 2.54 cm y máxima de 25.4 m utilizada para diversas aplicaciones. Recopila grandes cantidades de datos en un tiempo relativamente corto.

Sigue una trayectoria pre programada donde el despegue, vuelo y aterrizaje requieren de una intervención manual mínima. El cuerpo interno es de carbono y la cubierta de polipropileno expandido.



Figura N° 2.14: Trimble UX5

Fuente: (Trimble UX5, 2013)

Tabla N° 2.15: Características técnicas

Descripción	Valor Requerido
HARDWARE	
Tipo	Ala fija
Peso	2,5 kg
Envergadura	1 m
Superficie alar	34 dm ²
Dimensiones	100 cm x 65 cm x 10'5 cm
Material	Espuma de polipropileno; estruc. de fibra de carbono
Propulsión	Hélice eléctrica inversa; motor sin escobillas de 700 W
Batería	14'8 V, 6000 mAh
Cámara	16'1 MP, sensor APSC, con objetivos personalizados de 15 mm
Controlador	Robusta Trimble Tablet PC
OPERACIÓN	
Autonomía	50 minutos
Alcance	60Km
Velocidad crucero	80km/h
Techo de vuelo máximo	5000m
Tiempo de config. previo al vuelo	5 minutos
Limite climático	65 km/h y lluvia ligera
Comunicación y frec. de control	2.4 GHz
Comunicación y distancia de control	Hasta 5 Km
CÁMARA SONY NEX-5R	
Tamaño	23.5 x 15.6 mm
Peso	218 gramos
Tamaño de la imagen	4912 x 3264 pixeles
Distancia focal	15.5172 mm
Resolución	16.1 MP
Ángulo de visión	75.87 grados

DESPEGUE

Tipo	Catapulta de lanzamiento
Angulo	30 grados

ESPACIO DE ATERRIZAJE

Típico	20m x 6m
Recomendado	50m x 30m

REND. DE ADQUISICIÓN

Resolución (GSD)	De 2,4 cm a 24 cm
Altura sobre la ubicación de despegue (AGL)	De 75 m a 750 m

Fuente: (Trimble UX5, 2013)

2.2.3.7.2. DJI Phantom 4 pro

Es un UAV muy amigable de fácil despegue y aterrizaje, en cuanto al vuelo estacionario los sistemas GPS (Global Positioning System) y GLONASS (Global Navigation Satellite System), hacen que el equipo sea consciente en todo momento de su ubicación con más exactitud, por ello se mueve con más precisión y conecta satélites con rapidez, además permite grabar el punto de despegue para poder de este modo regresar el equipo con solo presionar el botón de retorno.



Figura N° 2.15: Dji Phantom 4 Pro

Fuente: (Phantom 4 Pro, 2017)

Tabla N° 2.16 Características Dji Phantom 4 Pro

Descripción	Valor Requerido
Peso (Incluido batería)	1380 g
Máxima velocidad de subida	6 m/s (Modo Sport)
Máxima velocidad de descenso	4 m/s (Modo Sport)
Velocidad máxima	20 m/s (Modo Sport)
Máxima altitud sobre el nivel del mar	19685 feet (6000 m)
Máximo tiempo de vuelo	Aprox. 28 minutos
Rango de temperatura de funcionamiento	32° to 104°F (0° to 40°C)
Sistemas de satélites	GPS / GLONASS
Exactitud de cierre	Vertical: +/- 0.1m Horizontal: +/- 0.3m
GIMBAL	
Rango controlable	Pitch: -90° to +30°
SIST. DE DETECCIÓN DE OBST.	
Alcance del sensor de obstáculos	2 - 49 feet (0.7 - 15m)
Entorno operativo	Superficie con un color claro y una iluminación adecuada (lux > 15)
SIST. DE POSC. VISIÓN	
Rango de velocidad	≤10m/s (2m sobre el suelo)
Rango de altitud	0 - 33 feet (0 - 10m) ...continuación
Rango de operación	0 - 33 feet (0 - 10m)
Entorno operativo	Las superficies con un patrón claro y una iluminación adecuada (lux > 15)
CÁMARA	
Sensor	1/2.3" Píxeles efectivos: 12M
Lente	FOV (Campo de visión) 94° 20mm (35mm formato equivalente) f/2.8
Rango ISO	100 - 3200 (vídeo) 100 - 1600 (Photo)
Velocidad del obturador electrónico	8s to 1/8000s
Max. Tamaño de la imagen	4000x3000
Modos de Fotografía	Un solo tiro Disparo Burst: 3/5/7 frames. Auto Exposure Bracketing (AEB): 3/5 bracketed frames at 0.7 EV Bias Time - lapse HDR
Modos de grabación de video	UHD: 4096x2160 (4K) 24/25p 3840x2160 (4K) 24/25/30p 2704x1520 (2.7K) 24/25/30p FHD: 1920x1080 24/25/30/48/50/60/120p
Max. Bitrate de vídeo	HD: 1280x720 24/25/30/48/50/60p
Sistemas de archivos compatibles	FAT 32 (≤ 32 GB); exFAT (> 32 GB)
Foto	JPEG, DNG (RAW)
Vídeo	MP4 / MOV (MPEG - 4 AVC / H.264)

Tarjetas SD compatibles	Micro SD, Max capacidad: 64 GB, Clases 10 or UHS - 1
Temperatura de funcionamiento	32° to 104°F (0° to 40°C)
CONTROL REMOTO	
Frecuencia de operación	2.400 GHZ to 2.483 GHZ
Max. Distancia de transmisión	FCC Compliant: 3.1 mi (5 km); CE Compliant: 2.2 mi (3.5km)
Temperatura de funcionamiento	32° to 104°F (0° to 40°C)
Batería	6000 mAh LiPo 2S
Potencia del transmisor (EIRP)	FCC: 23 dBm; CE: 17 dBm
Tensión de funcionamiento	7.4 V @ 1.2 A
CARGADOR	
Voltage	17.4 V
Potencia nominal	100 W
BATERÍA INTELIGENTE	
Capacidad	5350 mAh...continuación
Voltage	15.2 V
Tipo de batería	LiPo 4S
Energía	81.3 Wh
Peso neto	462 g
Temperatura de funcionamiento	14° to 104°F (-10° to 40°C)
Potencia máxima de carga	100 W

Fuente: (Phantom 4 Pro, 2017)

2.2.3.8. Modos de operación de un RPAS

Existen 4 formas de operar una aeronave de forma remota:

2.2.3.8.1. Manual

El piloto tiene el control total sobre la potencia del motor, por medio de un radiocontrol.

2.2.3.8.2. Asistido

En este modo el piloto no tiene contacto ni control directo sobre los motores, simplemente se limita a dar órdenes que se transforman en actuaciones con el fin de conseguir un propósito.



2.2.3.8.3. Automático

Aquí el piloto tiene un plan de vuelo previo al inicio de la operación además el piloto mantiene el control de la aeronave en todo momento y por este motivo puede modificar en el momento que desee el plan de vuelo.

2.2.3.8.4. Autónomo

Al igual que el anterior se tiene un plan de vuelo, pero con la diferencia que después de iniciado el vuelo de la aeronave el ejecuta el plan de forma totalmente autónoma, sin que el piloto pueda intervenir.

2.2.3.9. Beneficios de los RPAS

Son múltiples las funcionalidades que los vehículos aéreos no tripulados, pueden prestar al sector civil. De esta forma, cada día aparecen nuevas aplicaciones y servicios que se prestan con estas aeronaves, mostrando con su versatilidad y eficiencia, claras ventajas respecto a las soluciones tradicionales. “La continua mejora tecnológica y el aumento de sus prestaciones, expanden el horizonte de actuación de estas plataformas aéreas, configurando a los drones como herramientas idóneas para su utilización en gran parte del sector civil” (Gobierno de España, 2018).

Cada vez más, se plantean desarrollos tecnológicos punteros para aprovechar los principales beneficios de los drones:

2.2.3.9.1. Calidad de información

Los vehículos aéreos no tripulados o drones se están implementando en el campo de las aplicaciones civiles, permitiendo imágenes y videos en alta definición (HD). Y esta evolución tecnológica ha permitido que tengan una mayor calidad en cuanto a información se refiere. Además, los teléfonos inteligentes y las tabletas se pueden utilizar como dispositivo de control de estos drones eliminándose así un coste extra. Asu vez esta tecnología permite captar imágenes panorámicas que de otro modo serían difíciles de



conseguir. Según Reinoso (2015), menciona que “Red Eléctrica de España (REE), transportista y operadora del sistema eléctrico español, considera que el uso de los SARP puede convertirse en una herramienta muy interesante para la gestión de sus instalaciones” (p.175). Ahora que se cuentan con cámaras de alta definición disponibles y adaptables a estos dispositivos. Los datos recogidos representan calidad de información excepcional y permite por lo tanto una mejora en la toma de decisiones. Eficiencia

Los drones podrían emplearse en tareas de mantenimiento correctivo como la limpieza, pintado de edificios y reparación de estructuras. La posibilidad de realizar trabajos de una manera eficiente y con un menor coste que el actual, que redundará asimismo en un menor coste de las tareas de mantenimiento preventivo.

2.2.3.9.2. Seguridad

Los drones pueden asumir trabajos en lugares peligrosos (ambientes contaminados, trabajos en altura, con riesgo de electrocución o quemadura) mientras que el piloto se ubica a una distancia segura. Las operaciones con drones deben alcanzar los más altos estándares de seguridad operacional, para que, en el medio-largo plazo, sea posible compartir el espacio aéreo con el resto de aeronaves. Al poder realizar trabajos en entornos complejos sin exponer al piloto. Esta capacidad, permitirá que estas aeronaves puedan evitar colisiones con otras aeronaves o con obstáculos, garantizando de esta forma la seguridad operacional, así como la seguridad física de personas e instalaciones. Queda aún trabajo por realizar en este campo, con el fin de desarrollar sistemas embarcados y en tierra cada vez más fiables y eficientes. El empleo de nuevos materiales, más ligeros y flexibles, el desarrollo de baterías de menor peso y con la evolución de los sistemas de piloto automático, permitirán a los drones, realizar acciones evasivas de forma autónoma empleando la información de sus sensores (imagen, de ultrasonidos, láser, etc.) y dotarles de consciencia situacional.



2.2.3.9.3. Costos

Tanto en lo referente al precio de la aeronave como a los costes operativos. El precio de los drones y los costes asociados a su operación (combustible, mantenimiento, personal, etc.) son muy inferiores a los incurridos por la operación de aeronaves tripuladas.

2.2.3.9.4. Otros

La tecnología de drones se aplica a una gran variedad de aplicaciones en la cadena de valor de la industria energética:

- Fuentes renovables
- Fuentes convencionales
- Monitoreo de proyectos
- Líneas de transmisión

2.2.3.10. Aspectos operacionales

Todo operador que tenga la intención de realizar un vuelo debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Tener en cuenta las condiciones climáticas en las que se quiere realizar en vuelo, las cuales deben cumplir con los límites de operación del RPAS que vienen estipuladas en el manual correspondiente.
- Realizar un análisis de la zona donde se detalle si es un espacio aéreo adecuado para el vuelo que se quiere ejecutar.
- Se realiza una inspección de pre-vuelo para determinar si el aparato está en condiciones adecuadas para realizar el vuelo.
- Se debe tener un plan de vuelo en donde se especifique que tipo de actividad de va a realizar durante el vuelo.
- Finalmente se realiza el vuelo se obtiene la información deseada y posteriormente se recoge el equipo para guardarlo de manera correcta.



2.2.3.11. Normativa

En Perú, los vehículos aéreos no tripulados (VANT) o drones se rigen por la ley N 30740 (ley que regula el uso y las operaciones de los sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS) de aeronaves no tripuladas.

La presente ley desarrolla el artículo 8 del Convenio sobre Aviación Civil Internacional, conocido como Convenio de Chicago, y regula el uso y operaciones de “las aeronaves sin piloto o aeronaves pilotadas a distancia (RPAS), con el objeto de garantizar la seguridad operacional de todos los demás usuarios del espacio aéreo, así como la seguridad de las personas y bienes en la superficie terrestre y acuática” (Congreso de La República, 2018). El cual no requiere de permisos ni licencias si el equipo no supera los 2 kg. de peso.

2.2.3.12. Licencias, requisitos y limitaciones

El ministerio de transportes y comunicaciones (MTC), a través de la dirección general de aeronáutica civil (DGAC), es el ente encargado de otorgar las licencias a las personas naturales o jurídicas u organizaciones civiles para el uso de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS) y de regular los requisitos y limitaciones para las operaciones de los sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS).

Todas las operaciones de los sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS) para uso civil, diferentes a la práctica aerodeportiva o recreativa, hechas por personas naturales o jurídicas u organizaciones civiles, requieren de la licencia otorgada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones a través de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC).

Toda persona natural o jurídica u organización civil que opere un sistema de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS), para uso diferente a la práctica aerodeportiva o recreativa, debe contar con una licencia de operador/piloto, que es otorgada por el Ministerio de



Transportes y Comunicaciones a través de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC).

Los procedimientos de las referidas licencias, requisitos y limitaciones, así como las condiciones, características y otras especificaciones técnicas para la operación de los sistemas de aeronaves pilotadas a distancia, (RPAS) son elaboradas por la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, aplicándose para este efecto y de forma complementaria las disposiciones contenidas en la Norma Técnica Complementaria NTC 001-2015, aprobada mediante la Resolución Directoral 501-2015-MTC/12.

En ámbitos donde se encuentren bienes integrantes del Patrimonio Cultural de la Nación y Pueblos en aislamiento voluntario, será necesaria la opinión favorable del Ministerio de Cultura.

2.2.3.13. Exclusiones

Están excluidas de los alcances de la presente ley, las aeronaves del Estado pilotadas a distancia que sean para uso en servicios militares, policiales y aduaneros, así como las aeronaves pilotadas a distancia que sean de uso recreativo y aerodeportivo con un peso inferior a los 2 kilogramos.

2.2.3.14. Registro de aeronaves pilotadas a distancia (RPA)

La Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones constituye un registro de las aeronaves pilotadas a distancia (RPA) y de sus propietarios, así como de los propietarios de los sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS). Este registro es de acceso público y gratuito y es incorporado en el portal web del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Los propietarios de dichas aeronaves y sistemas están obligados a registrarlos, bajo sanción de multa que es dispuesta y ejecutada por la autoridad competente.



2.2.3.15. Operaciones no permitidas

De conformidad con el párrafo 2.4 del artículo 2 de la presente ley, la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones no autoriza las operaciones de los sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS) y sanciona a los responsables cuando corresponda:

- Si se pone en peligro la seguridad y la regularidad de las operaciones aéreas tripuladas.
- Si se sobrevuela espacios urbanos o con alta densidad poblacional o áreas naturales protegidas, zonas peligrosas, zonas restringidas y zonas prohibidas, salvo que cuente con la autorización excepcional expedida por la autoridad competente.
- Si se viola la privacidad de los ciudadanos.

La autoridad competente, mediante normas administrativas, determina otros casos para la no autorización de dichas operaciones y las correspondientes sanciones.

2.2.3.16. Infracciones y sanciones

Las infracciones y sanciones relacionadas con el uso de los sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS) son determinadas por la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en concordancia con lo dispuesto en la Ley 27261, Ley de Aeronáutica Civil del Perú, su reglamento, aprobado por el Decreto Supremo 050-2011MTC, y en la Resolución Ministerial 361-2011-MTC/02, Reglamento de Infracciones y Sanciones Aeronáuticas, así como en concordancia con sus correspondientes normas modificatorias. Los daños causados al patrimonio cultural son sancionados por el Ministerio de Cultura. En caso de daños a terceros, se puede accionar por la vía civil o penal, según corresponda.



2.2.3.17. Zonas geográficas para ensayos

En el reglamento de la presente ley se determinan las condiciones necesarias para fijar las zonas geográficas para ensayos de los sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS) con el fin de promover la investigación científica y realizar pruebas para aplicaciones de nuevas tecnologías o estudios tecnológicos relacionados a los actuales y futuros escenarios, como control y comunicación, colisiones, reutilización del espectro radioeléctrico, vuelos a baja y alta altura y compatibilidad con las reglas de tránsito. La Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, otorga todas las facilidades a fin de emitir las licencias necesarias, que son gratuitas.

2.2.4. Inspección preventiva

La inspección preventiva mediante el uso de los vehículos aéreos no tripulados (drone), son capaces de detectar averías, deficiencias y prevenir posibles accidentes laborales por lo cual evita pérdidas de suministro en la red. Asu ves esta tecnología es un avance de vital importancia para el mantenimiento preventivo de subestaciones, redes de energía y estructuras del sistema. El proceso de inspección consiste en realizar un conjunto de acciones y operaciones destinadas a conservar o restablecer el óptimo estado de funcionamiento de los sistemas eléctricos de distribución pasando desde la inspección y evaluación del estado de los elementos mediante la presentación de informes hasta el cambio de equipos y componentes que aseguren y den confiabilidad al sistema. Para ello “el servicio integra la ejecución de acciones predictivas, preventivas y correctivas, orientadas a la protección y cuidado del sistema contemplando el cambio de componentes o implementación de mejoras para alargar la vida útil de dicho sistema” (Carrasco, 2018). La fiabilidad de las inspecciones es mayor, ya que asegura obtener información de las instalaciones desde todos los puntos de vista y se incrementan detecciones de defectos



que de otra manera serian imperceptibles. Con la ayuda de los VANT se pueden inspeccionar y revisar los elementos del sistema de distribución de manera más barata, eficiente y sin arriesgar la integridad de ningún trabajador.

Actualmente, “empresas españolas realizan operaciones rutinarias de inspección de elementos del sistema (subestación, redes y estructuras), siendo esta una labor muy útil para el mantenimiento preventivo” (Reinoso, 2015,p.176). Las inspecciones se realizan con la ayuda del drone este a su vez recorre las redes y estructuras y en su trayectoria esta va grabando imágenes digitales y termográficas de las mismas.

2.2.4.1.Inspección a los elementos del sistema

Las inspecciones son el primer paso para planear los trabajos de mantenimiento a los elementos del sistema de distribución, ya que, al realizarlas, nos arrojan las anomalías o falencias en la subestación, redes y estructuras del sistema de distribución, además de evitar posibles salidas de servicio que provoquen la interrupción de energía eléctrica. Las imágenes digitales y termográficas que proporciona el VANT, sirven como fuente de información primaria para conocer el estado de los elementos y la formulación de presupuestos en los mantenimientos predictivos y preventivos. Existen varios tipos de inspecciones, siendo los más relevantes los siguientes:

2.2.4.1.1. Inspección mayor

Según Carrasco (2018), menciona que la inspección mayor “consiste en realizar una evaluación minuciosa a los componentes del sistema eléctrico de distribución, además de inspeccionar las estructuras, conductores y demás elementos que la conforman” (p.4). En cada armado estructural se realiza una inspección visual y termográfica, con la finalidad de encontrar posibles irregularidades y puntos calientes; así como también factores externos: vandalismo, zonas de incendio o contaminación. Así mismo MSc. Ing. Chuquimbalqui (2020), menciona que la inspección mayor “deberá realizarse una vez al



año a lo largo de todo el sistema. Durante el desarrollo de esa labor, se realiza la revisión a detalle en cada elemento de las estructuras y conductores”.

2.2.4.1.2. Inspección menor

La inspección menor “es una actividad indispensable para prevenir anomalías causadas por terceros como cometas, grúas y vandalismo, a diferencia de la inspección mayor esta consiste en una inspección visual sin necesidad que el personal ascienda y se interrumpa el servicio energético” (Carrasco, 2018,p.4). Por ser la inspección menos compleja se debe programar con una periodicidad mínima de dos veces por año. Así mismo MSc. Ing. Chuquimbalqui (2020), menciona que la inspección menor “deberá realizarse dos veces al año”.

2.2.4.2. Inspección termográfica

Según Neita & Peña (2011), hace referencia:

La inspección termográfica es un análisis instrumental para definir y precisar las condiciones específicas de un equipo y sus partes, a través del comportamiento de las temperaturas de operación. Esta es una prueba no destructiva que permite, mediante la implementación de un programa mensual, trimestral, semestral o anual de inspecciones, minimizar la probabilidad de fallas. El informe resultante de una inspección termográfica incluye la descripción de los equipos o elementos que están operando en condiciones anormales de temperatura, una imagen digital y térmica de su ubicación, en la que se incluye el cuadro de temperaturas de referencia, la clasificación del tipo de falla si aplica, las recomendaciones a seguir para eliminarla, y adicionalmente si se tiene el historial se entregarían las curvas de tendencia.

Un programa de inspección termográfica tiene por objetivo reducir el riesgo de paradas no programadas, aumentar la productividad, mejorar la seguridad y clasificar y definir tendencias de los historiales térmicos.

2.2.4.2.1. Formas de inspección termográficas

Existen dos métodos de análisis con termografía infrarroja, cualitativo y cuantitativo.

a. Inspección termográfica cualitativa

Este método consiste en obtener imágenes de la radiación infrarroja de un sistema, objeto o proceso para su posterior análisis y así revelar la presencia de anomalías, determinar su posición y presentar informes de la información adquirida.

b. Inspección termográfica cuantitativa

Este método mide la temperatura en la imagen térmica para diagnosticar la severidad de la falla, teniendo en cuenta factores como la carga, el viento, etc., y así establecer su prioridad a la hora de efectuar el mantenimiento correctivo respectivo.

2.2.4.2.2. Formas de medición

Existen dos formas de medición:

a. Medición directa

En la medición directa no existe otro elemento que se interponga entre la cámara y el objeto observado.

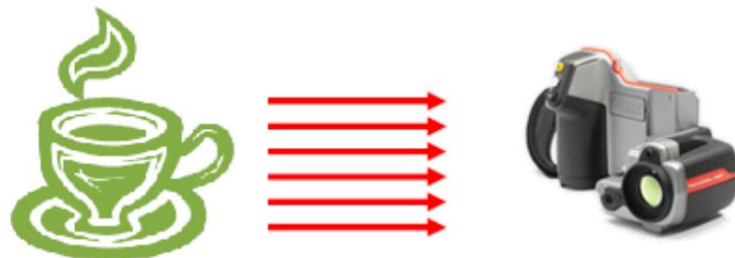


Figura N° 2.16: Medición directa

Fuente: (Neita & Peña, 2011,p.115)

b. Medición indirecta

En una medición indirecta existe una superficie entre la cámara termográfica y el elemento objetivo, si existe una variación pequeña de temperatura en el exterior puede indicar problemas graves en la parte interna del equipo.

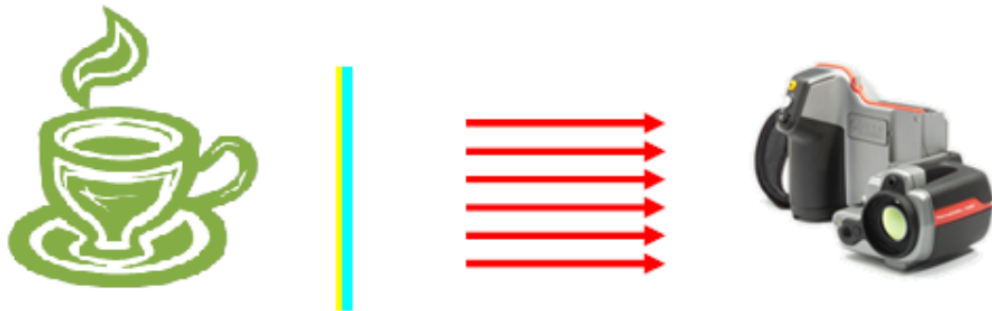


Figura N° 2.17: Medición indirecta

Fuente: (Neita & Peña, 2011,p.115)

Se puede minimizar el riesgo de heridas en una descarga de arco eléctrico simplemente ubicándose a una distancia prudente de la zona de peligro. En la siguiente tabla está definida las distancias mínimas para la realización de una inspección con termografía infrarroja.

Tabla N° 2.17: Distancias mínimas de seguridad para inspecciones con termografía

Tensión	Distancia mínima de seguridad
200 V - 750 V	1 m
750 V - 2 kV	1.2 m
2 kV - 15 kV	5 m
15 kV - 36 kV	5.8 m

Fuente: (Neita & Peña, 2011,p.120)

Si no es posible mantener esta distancia es recomendado el uso de un lente especial que, adaptado a la cámara termográfica, permite realizar la inspección a una distancia mayor, sin perder las cualidades requeridas.

La norma internacional electrical testing association (NETA), en su capítulo de acceptance testing specifications for electric power distribution equipment and systems publicado por neta, es dedicado a las inspecciones eléctricas con termografía infrarroja. La norma proporciona la tabla N°17 que muestra los criterios para ayudar a determinar el grado de severidad de un problema eléctrico, esta tabla se encuentra referenciada al 100% de la carga máxima del equipo, es la más empleada en el diagnóstico de los equipos eléctricos y es válida únicamente para mediciones directas de temperatura.

Tabla N° 2.18: Clasificación de las fallas según NETA

Severidad	Clasificación	Rangos de temperatura
1	Bueno	$\Delta T < 10^{\circ}\text{C}$
2	Seguimiento	$11^{\circ}\text{C} < \Delta T < 20^{\circ}\text{C}$
3	Cuestionado	$21^{\circ}\text{C} < \Delta T < 40^{\circ}\text{C}$
4	Crítico	$\Delta T > 40^{\circ}\text{C}$

Fuente: (Neita & Peña, 2011,p.122)

Las especificaciones de temperatura varían en exactitud dependiendo del tipo de equipo. El calor es generalmente proporcional al cuadrado de la corriente. Por lo tanto, la corriente de la carga tendría un mayor impacto en el delta de temperatura. En ausencia de consensos para normalización de deltas de temperatura, los valores de la tabla anterior son lineamientos razonables. El criterio de evaluación de las excepciones termográficas es a través de la diferencia de temperatura (ΔT) existente entre la temperatura monitoreada y la temperatura de referencia ya sea la temperatura ambiente, la temperatura de un equipo con iguales características, sometidos a las mismas condiciones de operación. Por lo tanto, la diferencia de temperatura está dada por la ecuación.

$$\Delta T = T_{\text{monitoreada}} - T_{\text{referencia}}$$

Para evaluar y analizar el delta de temperatura de las imágenes térmicas de los sistemas eléctricos, mecánicos o térmicos se hace por medio de los diferentes estándares existentes que son empleados como referencias o guías para la determinación del grado de severidad



de la avería encontrada y su respectiva acción correctiva, sin embargo se debe tener otros factores en cuenta como: seguridad, producción, funcionalidad del sistema, economía, correlación con otros datos y observaciones, cargas eléctricas, existencia de partes de repuesto, programas de supervisión, historia térmica del equipo, temperatura real de operación del equipo que son únicas para cada aplicación.

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

La principal función de la inspección termográfica es encontrar puntos calientes o fríos que representen una anomalía en las instalaciones eléctricas que pueden detectarse con la cámara termográfica. Las fuentes más frecuentes que producen incrementos de la temperatura en estas, se encuentran: cortocircuitos, corrientes inductivas, alta resistencia eléctrica y tierras energizadas. Los puntos fríos son temperaturas inferiores a las normales de operación, con estos puntos es posible diagnosticar: circuitos abiertos, componentes inoperativos, entre otros.

2.2.4.3. Termografía infrarroja

La termografía infrarroja no es una tecnología nueva, ha tenido gran crecimiento y difusión en diversos campos en los últimos años porque permite hacer medición sin contacto, basados en la teoría de radiación térmica. “Esta técnica está basada en la teoría de radiación, lo cual permite a la visión humana extenderse a través del espectro infrarrojo” (Neita & Peña, 2011,p.75).

La norma ASTM E1316, define la termografía como el proceso de mostrar la temperatura real (variaciones de temperatura o emisividad, o ambas) sobre la superficie de un objeto



o un ambiente por medio de la medición de las variaciones de la radiación infrarroja. Por medio de esta técnica se puede obtener una imagen térmica llamada termo grama, en la cual se obtiene la distribución térmica de todos los componentes de un sistema y establece la temperatura presente en cada punto de la superficie del objeto ya sea estacionario o en movimiento de forma instantánea y a una distancia segura. Otra cualidad de esta técnica, es que las inspecciones pueden realizarse sin pérdida o reducción de la productividad porque se realizan en pleno funcionamiento del sistema. La aplicación de la técnica de termografía infrarroja se puede aplicar mediante dos diferentes métodos, técnica activa y técnica pasiva:

2.2.4.3.1. Termografía activa

La termografía activa necesita una estimulación externa (fuente de radiación infrarroja externa) que incida en el objeto de estudio y que produzca en el un flujo de calor, estas estimulaciones sirven como perturbaciones de flujo de calor sobre la superficie del objeto, de manera que, un defecto interno puede alterar ese flujo, provocando una estimulación anómala de la temperatura, generando patrones de temperatura en la superficie, los cuales se pueden medir y estudiar para establecer el estado del objeto.

2.2.4.3.2. Termografía pasiva

La termografía pasiva no necesita de una estimulación externa para inspeccionar un objeto, el propio objeto a estudiar por su funcionamiento, o por la interacción con su entorno, genera o elimina calor, produciendo patrones de temperatura que se pueden medir, de esta manera un defecto se podría determinar con una distribución anormal de temperaturas.



2.2.4.4. Ventajas y desventajas de la termografía

Hoy en día, la termografía infrarroja tiene un rol muy importante en muchas áreas, y cuando se aplica de manera correcta, presenta muchas ventajas, dentro de los cuales se mencionan:

- Ofrece un patrón térmico completo de la situación en “tiempo real”
- No requiere contacto, no es destructiva ni intrusiva
- Identifica y localiza las anomalías térmicas
- Almacena la información térmica
- Permite un análisis detallado

La termografía infrarroja también presenta un conjunto de desventajas que se deben conocer y evaluar a la hora de definir si esta técnica es la adecuada para nuestra aplicación, las principales se mencionan a continuación:

- Capacidad limitada para identificar defectos internos
- Los reflejos solares o superficies brillantes pueden enmascarar o confundir defectos, pero son detectables por software y corregibles por el operario
- El costo inicial para la compra del equipo es alto
- Se necesita del personal capacitado para el manejo del equipo y para realizar el diagnóstico

La termografía infrarroja y su aplicación para el mantenimiento preventivo y predictivo, son de gran importancia en la industria actual, a continuación, se mencionan algunas de estas aplicaciones:

- Sistemas eléctricos
- Sistemas mecánicos
- Hornos y calderas
- Visualización de flujos



- Tanques y depósitos

La aplicación de la termografía en los sistemas eléctricos generalmente es utilizada para detectar anomalías y fallas, como, por ejemplo:

En sistemas de alta tensión

- Oxidación de conmutadores de alta tensión
- Conexiones mal fijadas
- Defectos de aislantes
- Conexiones sobrecalentadas
- Inspección de líneas en alta tensión
- Conexión de alta tensión defectuosos

En sistemas de baja tensión

- Conexión de alta resistencia
- Daños en fusibles internos
- Mala conexión y daños internos
- Corrosión de conectores
- Fallos en interruptores internos
- Conexiones de cables sueltos

2.2.4.4.1. Termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo

La técnica de termografía infrarroja, es de gran importancia en el mantenimiento predictivo de las empresas actualmente, ya que permiten detectar una falla antes de que esta ocurra y pueda producir una parada de planta y/o un accidente. Esta detección temprana se traduce en seguridad tanto de las personas como de los equipos, reducción de costos, disminución de stock de repuestos, disponibilidad de equipos y un mejor control de los proveedores de equipos, además de un beneficio indirecto sobre el área de



producción y la calidad. Menos paradas no programadas implican mayor productividad y también uniformidad en el producto.

“La termografía infrarroja es una herramienta de gran impacto respecto a las otras tecnologías relacionadas con el mantenimiento, porque la medición de la radiación infrarroja es útil y sensible en la localización de las variaciones de temperatura en los materiales o piezas de un equipo, lo cual proporciona diferentes beneficios entre ellos”

(Neita & Peña, 2011):

- Localizar problemas potenciales y evitar gastos de reparaciones
- Alargamiento de la vida de los equipos
- Identificación plena de problemas y status de los mismos
- Disminución de costos de reparaciones urgentes
- Programación de prioridades de mantenimiento
- Ahorro en costos de personal por tiempo perdido
- Costos de la compostura del equipo fallado
- Método de análisis sin detención de procesos productivos, ahorra gastos
- Baja peligrosidad para el operario por evitar la necesidad de contacto con el equipo
- Reduce el tiempo de reparación por la localización precisa de la falla
- Facilita informes muy precisos al personal de mantenimiento
- Ayuda al seguimiento de las reparaciones previas

2.2.4.4.2. Imágenes digitales

Las imágenes visuales, nos permitirán obtener información de las características y estado de los elementos (transformador, aisladores, equipo de ferretería y estructuras). En las pruebas realizadas en campo, se obtuvieron imágenes y videos aéreos de las instalaciones en formatos de alta definición con la posibilidad de tener un acceso directo y cercano a

los elementos de las instalaciones. La transmisión en vivo, tiempo real, debe permitir a los operadores y técnicos de mantenimiento ver problemas significativos mientras vuelan los drones. Dichas imágenes deben ser lo suficientemente detalladas para el análisis y archivo posterior.



Figura N° 2.18: Imagen digital punto de conexión

Elaborado por el equipo de trabajo

2.2.4.4.3. Imágenes termográficas

Las imágenes termográficas “se utilizan para buscar puntos calientes y/o puntos críticos, aquellos puntos de un elemento cuya temperatura es mayor y por tanto destacan en la imagen térmica o termo grama” (Reinoso, 2015,p.176). Es normal que el paso de la intensidad eléctrica aumente la temperatura de los elementos por los que circula, pero un “punto caliente” puede estar asociado a un contacto inadecuado o a otro tipo de defecto que conviene analizar y que no es perceptible en la imagen del espectro visible. Estos drones equipados con sensores térmicos y cámaras de alta resolución de 360°, permiten registrar y revisar de manera tele controlada el estado de las líneas eléctricas mediante una inspección rápida y segura en puntos de difícil acceso.

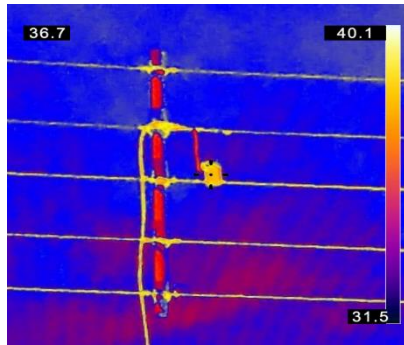


Figura N° 2.19: Imagen termográfica en punto de conexión

Elaborado por el equipo de trabajo

En las inspecciones exhaustivas de los apoyos se requiere un mínimo de 3 personas, 2 para realizar el trabajo y un recurso preventivo. La actividad requiere ausencia de tensión y por ello es necesario solicitar un descargo, poner tierras al apoyo, subir al apoyo para inspeccionar los elementos (ya que desde abajo sólo se tiene una visión parcial), y una vez terminado la inspección retirar las tierras y pedir la reposición de la línea.

otro tipo de actividad que se realiza actualmente son las inspecciones oculares. el personal recorre la línea, y analiza la línea visualmente desde pie de campo. esto implica que todos aquellos defectos inaccesibles desde abajo es necesario esperar a las inspecciones exhaustivas en las que se sube el personal para poder detectarlo.

2.2.4.5. Procedimiento de inspección

Según Carrasco (2018), da a conocer una serie de etapas:

2.2.4.5.1. Levantamiento de información de campo

Comprende las siguientes actividades:

- Identificar las estructuras de acuerdo con la tipificación existente.
- Contrastar el diagrama unifilar de planos contra lo existente en el campo.
- Contar el número de estructurales reales.
- Elaborar mímicos para labores que requieran modificación de ubicación de apoyos o cambios de ruta del circuito.



- Chequeo del estado de los vanos para identificar: Altura de la red por debajo de lo normal, conductores distensionados etc.
- Actividades de mejoramiento para protección contra descargas atmosféricas.

2.2.4.5.2. Análisis y tratamiento de la información de campo

Comprende la elaboración de los siguientes informes:

- Cantidades estimadas de obra a ejecutar.
- Elaboración del presupuesto estimado.
- Listado de materiales requeridos.
- Elaboración de planos de reformas requeridas.

2.2.4.5.3. Elaboración del programa de inspección

Comprende las siguientes actividades:

- Elaborar el programa diario.
- Elaborar el cronograma de actividades.
- Elaborar el informe de producción diferida estimada.
- Identificar de las necesidades de personal, vehículos y comunicaciones.

2.2.4.5.4. Elaboración del informe final

Comprende las siguientes actividades:

- Planos actualizados del sistema levantado.
- Registro fotográfico del sistema levantado.
- Levantamiento de información de campo.
- Cuadro de costos por cantidades de obra.
- Listado de materiales a utilizar y finalmente utilizados.
- Pronóstico de costos.
- Programa de ejecución.
- Costos finales.



- Aspectos técnicos y administrativos a mejorar.
- Relación de imprevistos que produjeron retraso en el desarrollo.

2.2.4.6. Procedimiento de inspección visual

según Caluña & López (2019), presentan y describen una serie de etapas para realizar la inspección visual mediante el VANT:

Objetivo: Establecer requisitos y métodos para realizar la inspección visual a las redes y estructuras en el sistema de distribución de baja tensión.

Alcance: Este procedimiento describe el método para la inspección visual remota.

Requisitos del personal: El personal a cargo de realizar las inspecciones visuales debe estar certificado y calificado según norma para realizar las inspecciones, evaluación y finalmente la realización del reporte de resultados.

Definiciones:

- Anomalías
- Grado de severidad

Normas y documentos de referencia: Puesto que no existe una norma nacional o internacional que establezcan parámetros para el análisis de anomalías encontradas en el sistema, se han establecido un criterio según las anomalías encontradas y los problemas que conllevan al no ser tratadas a tiempo.

Requisitos generales:

Equipos y accesorios

- Equipos de inspección visual remota
- Binoculares
- Drones

Requisitos para el equipo de inspección visual remota: El equipo a utilizar en la inspección visual debe tener resolución equivalente a la inspección visual directa:

a. Áreas de examen

Poste, herrajes, aisladores, conductores, conectores y armados estructurales.

b. Métodos de inspección

Para los sistemas eléctricos se realiza la inspección visual por medio del uso de drones y cámaras que posean una definición similar a la del ojo humano.

c. Indicaciones que deben ser registradas

Se debe documentar todas las anomalías localizadas durante la inspección visual.

d. Distancias de seguridad

Se deben considerar las distancias de seguridad descritas en la tabla 2.18

Reporte de inspección: El reporte de la inspección visual deber ser realizado por el especialista, en el formato que debe contener todos los detalles necesarios como, localización, fotografía de la falla y de la localización, descripción de la falla, grado de severidad.

2.2.4.7. Procedimiento de inspección termográfica

según Caluña & López (2019), presentan y describen una serie de etapas para realizar la inspección termográfica mediante el VANT:

Objetivo: Establecer las actividades necesarias para ejecutar una inspección por termografía infrarroja, de las redes y estructuras, en base a la norma, “Norma Acceptance Testing Specifications for Electric Power Distribution Equipment and Systems publicado por NETA”. Con el fin de detectar anomalías que afecten el funcionamiento del sistema.

Alcance: Con base en el valor de criticidad obtenido, la facilidad de acceso físico al componente y los parámetros de seguridad.



Documentos técnicos de referencia: Esta documentación se basó en la “Norma Acceptance Testing Specifications for Electric Power Distribution Equipment and Systems publicado por NETA”.

Responsabilidades y calificación del personal: Ejecutar un paneo a los componentes a inspeccionar verificando las imágenes térmicas registradas a través de la cámara infrarroja, de todos sus componentes. Analizar y grabar los termogramas, tomar los respectivos registros fotográficos y diligenciar los formatos de registro.

Materiales de los componentes y ruta de inspección:

a. Técnica usada

Inspección directa por termografía infrarroja, pasiva cuantitativa y cualitativa.

Equipo.

- Cámara termográfica
- Cámara fotográfica
- Un binocular
- Equipo de protección personal
- Un vehículo de apoyo
- El termógrafo debe tener un asistente de termografía.
- Una computadora

b. Descripción del ensayo

Realizar el proceso de verificación de la cámara descrita:

- Paso 1: Verificar un intervalo de temperatura
- Paso 2: Ubicación y campo de visión:
- Paso 3: Calcular las distancias a las que se van a tomar los termogramas del objeto a inspeccionar e introducir en la cámara.
- Paso 4: Encuadrar la imagen.



- Paso 5: Medir e Introducir en la cámara los datos de Emisividad y Temperatura.
- Paso 6: Guardar las imágenes
- Paso 7: Generar los reportes

c. Interpretación de imágenes e indicaciones

Para la interpretación se utiliza el software gratuito de Fluor que provee el fabricante de la cámara. Fluor está compuesto por un conjunto de software especialmente diseñado para analizar termogramas y crear informes de inspección.

Características principales:

- Importa las imágenes de la cámara al equipo.
- Permite trabajar y manipular el termograma y la imagen visual.

Dispone herramientas de medición en cualquier punto de la imagen infrarroja tales como: Círculos, cuadrados, líneas, puntos o spots, temperatura máxima, mínima y promedio de una región o área.

Permite modificar los parámetros de Emisividad y temperatura reflejada tomados en

Campo:

- Permite cambiar la paleta de colores para optimizar análisis.
- Permite acotar el rango de temperatura (Span y nivel) para facilitar la detección de discontinuidades.
- Crea y edita informes en PDF o Word con las imágenes que se seleccionen.
- Ordena los archivos por fecha, grupos ordenados por ruta y grupos ordenados por fecha.

Reporte de información:



El informe de una inspección en los sistemas eléctricos incluye aspectos recomendados por parte de la norma NETA y las partes del reporte son:

- Fecha y hora de la inspección
- Sección y equipo donde se encuentra el elemento inspeccionado
- Imagen digital y termográfica del elemento
- Temperaturas registradas
- Clasificación de la excepción encontrada referenciada al 100% de la máxima carga, y con un criterio de clasificación de clasificación como la tabla de criterios, esta es válida únicamente para mediciones directas de temperatura crítica
- Información general se encuentra el nombre del operador, el nombre del archivo de la imagen y los parámetros de comparación
- Análisis y recomendaciones

2.2.5. Marco legal

Para la elaboración del presente proyecto de tesis, se ha verificado las siguientes fuentes legales:

- Ley de Concesiones Eléctricas N° 25844.
- Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas N° 25844.
- Código Nacional de Electricidad – Suministro 2011.
- Deficiencias por Seguridad Pública (Res. N° 228-2009-OS/CD).
- La Norma DGE “Especificaciones Técnicas de Soportes Normalizados para Líneas y Redes Primarias para Electrificación Rural”
- La Norma DGE “Especificaciones Técnicas de Soportes Normalizados para Líneas y Redes Secundarias para Electrificación Rural”
- La Norma DGE “Especificaciones Técnicas para el Suministro de Materiales y Equipos de Subestaciones para Electrificación Rural”



- La Norma DGE “Especificaciones Técnicas para el Suministro de Materiales y Equipos de Redes Secundarias para Electrificación Rural”
- La Norma DGE “Especificaciones Técnicas de Montaje de Redes Secundarias con Conductor Auto portante para Electrificación Rural”
- La Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.
- El Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo de las Actividades Eléctricas (RSSTAE).
- Norma Acceptance Testing Specifications for Electric Power Distribution Equipment and Systems publicado por NETA.
- Ley que Regula el Uso y las Operaciones de los Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS) – Ley N° 30740
- Información estadística del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **Acometida (Red de Distribución Secundaria).** - Parte de la instalación de una conexión comprendida desde la Red de Distribución Secundaria hasta los bornes de entrada de la caja de conexión o la caja de toma; incluye el empalme y los cables o conductores instalados.
- **Aeronave.** - vehículo con o sin motor capaz de circular por el espacio aéreo utilizando reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.
- **Aeronave no tripulada.** - aeronave destinada a volar sin piloto a bordo.
- **Aeronave pilotada a distancia.** - aeronave pilotada por un “control remoto” ubicado fuera de la aeronave (en tierra), quien monitorea la aeronave en todo momento y tiene responsabilidad directa de la conducción segura de la aeronave durante todo su vuelo.



- **Altura de Montaje (de una luminaria).** - Distancia vertical medida entre el centro de la luminaria y la superficie de la calzada.
- **Alma (de un cable).** - Hilo sólido o conjunto de hilos no aislados y cableados, que sirve normalmente para el transporte de la corriente eléctrica.
- **Armadura.** - Protección metálica de un cable contra agentes mecánicos, constituida por flejes o alambres de sección circular o rectangular, bandas o trenzas colocadas axialmente sobre el cable.
- **Cable Multipolar.** - Cable formado por varias almas aisladas.
- **Cable Unipolar.** - Cable formado por un alma aislada.
- **Capacidad de Interrupción o Poder de Ruptura.** - Corriente o potencia máxima que un contacto es capaz de abrir bajo condiciones especificadas.
- **Carga de Rotura (de un conductor).** - Carga mecánica máxima que pueda soportar el conductor al momento de ocurrencia de su rotura.
- **Carga de Rotura (de un poste de concreto).** - Carga que produce la falla del poste en la o las direcciones especificadas por el fabricante, obtenida de acuerdo a las normas establecidas.
- **Calidad de Servicio:** Conjunto de propiedades y estándares que son inherentes a la actividad de distribución de electricidad, y que constituyen las condiciones bajo las cuales dicha actividad debe desarrollarse. Se determina conjuntamente por la Calidad de Producto, la Calidad de Suministro y la Calidad Comercial entregada por la Empresa Distribuidora a sus distintos Clientes y Usuarios.
- **Calidad del Suministro:** Componente de la Calidad de Servicio que permite calificar el suministro entregado por la Empresa Distribuidora y que se caracteriza, entre otros, por la frecuencia, la profundidad y la duración de las Interrupciones de Suministro.



- **Conductor (de un cable).** - Conjunto del alma y su envoltura aislante.
- **Cortocircuito Fusible.** - Dispositivo de protección intercalado en un circuito, que actúa cuando una sobre corriente provoca la fusión del fusible durante un período especificado.
- **Desconexión Programada:** Interrupción del Suministro a Clientes y Usuarios de la Red de Distribución que realiza una Empresa Distribuidora y que ha sido previamente coordinada, autorizada y notificada a los Clientes y Usuarios que se verán afectados.
- **Empalme:** Conjunto de elementos y equipos eléctricos que conectan el medidor de la instalación o sistema del Cliente a la red de suministro de energía eléctrica.
- **Empresa Distribuidora o Distribuidora:** Empresa(s) distribuidora(s) concesionaria(s) del servicio público de distribución o todo aquel que preste el servicio de distribución, ya sea en calidad de propietario, arrendatario, usufructuario o que opere, a cualquier título, instalaciones de distribución de energía eléctrica.
- **Estado Anormal:** Estado del Sistema de Distribución que se alcanza luego de una o más Interrupciones de Suministro que afectan a la Red de Distribución en Estado Normal y en donde se requieren recursos adicionales con el objeto de restablecer dicho estado.
- **Estado Normal:** Estado del Sistema de Distribución en que se disponen de los recursos necesarios y suficientes para prestar el servicio de distribución eléctrica de acuerdo a las exigencias de calidad establecidas en la presente NT y en la normativa vigente.
- **Evento:** Fenómeno o acontecimiento cuyos efectos o consecuencias afectan al Sistema de Distribución y provocan una o más Interrupciones de Suministro.



- **Equipo.** - Término general que incluye material, artefactos, dispositivos, accesorios y aparatos usados como parte de una instalación eléctrica o en conexión con ésta.
- **Flecha de un Conductor.** - Es la distancia entre la línea recta que pasa por los puntos de sujeción de un conductor entre dos apoyos consecutivos y el punto más bajo de éste mismo conductor.
- **Instalaciones de Alumbrado Público.** - Conjunto de dispositivos necesarios para dotar de iluminación a vías y lugares públicos (avenidas, jirones, calles, pasajes, plazas, parques, paseos, puentes, caminos, carreteras, autopistas, pasos a nivel o desnivel, etc.), abarcando las redes y las unidades de alumbrado público.
- **Interrupción de Suministro:** Se entenderá que se ha producido una interrupción de suministro en un punto del Sistema de Distribución cuando la tensión en dicho punto es inferior al 90% de la tensión nominal durante un tiempo mayor a 3 minutos.
- **Luminaria.** - Elemento que sirve para repartir, filtrar o transformar la luz de las lámparas; comprende todas las piezas necesarias para fijar y proteger las lámparas y las conexiones a la red de alimentación.
- **Nivel de Aislamiento.** - Conjunto de valores de tensión que caracterizan el aislamiento de un material o equipo, relativos a su aptitud para soportar los esfuerzos dieléctricos sin deterioro, falla ni perforación.
- **Pararrayos.** - Dispositivo de protección de equipos eléctricos frente a las sobretensiones de origen interno o externo. Limita la corriente de duración de cortocircuito en amplitud y duración, así como previene la operación de disyuntores o fusibles.



- **Pararrayos Tipo Expulsión.** - Dispositivo que limita e interrumpe la corriente de cortocircuito mediante la expulsión de gases durante su operación.
- **Piloto remoto.** - persona que manipula los controles de vuelo de una aeronave pilotada a distancia durante el tiempo de vuelo.
- **Punto de Conexión:** Punto de las instalaciones de distribución de energía eléctrica en el cual un consumo, un EG o un PMGD se conectan al Sistema de Distribución.
- **Punto de Suministro:** Punto en el cual una Empresa Distribuidora entrega servicio eléctrico a un inmueble o a una instalación determinada y cuyas condiciones comerciales están definidas en el Contrato de Suministro asociado al Punto de Suministro.
- **Red de Alumbrado Público.** - Conjunto de Unidades de Alumbrado Público, los cables o conductores requeridos para su alimentación y sus accesorios, destinado a prestar el servicio de iluminación de vías y lugares públicos de libre y permanente circulación de vehículos y/o personas.
- **Red de Distribución Primaria.** - Conjunto de cables o conductores, sus elementos de instalación y sus accesorios, proyectado para operar a tensiones normalizadas de Distribución Primarias, que, partiendo de un Sistema de Generación o de un Sistema de Transmisión, está destinado a alimentar/interconectar una o más Subestaciones de Distribución; abarca los terminales de salida desde el sistema alimentador hasta los de entrada a la Subestación alimentada.
- **Red de Distribución Secundaria.** - Conjunto de cables o conductores, sus elementos de instalación y sus accesorios proyectado para operar a tensiones normalizadas de Distribución Secundaria, que partiendo de un



Sistema de Generación o de un Sistema de Distribución Primaria, está destinado a alimentar a los consumidores, comprende la Red de Alumbrado Público y la Red de Servicio Particular.

- **Red de Servicio Particular.** - Conjunto de cables o conductores, sus elementos de instalación y sus accesorios, destinados al suministro de energía eléctrica al (los) predio(s) de cuya dotación eléctrica se trate.
- **Sobrecarga.** - Exceso de carga sobre el valor nominal de plena carga.
- **Sobretensión.** - Es cualquier tensión función del tiempo, entre una fase y tierra o entre fases, que tiene un valor o valores picos que exceden al valor pico ($U_m \sqrt{2}/\sqrt{3}$ o $U_m \sqrt{2}$ respectivamente) correspondiente a la tensión máxima del equipo.
- **Sistema de Distribución Primaria.** - Conjunto de Redes de Distribución Primaria, Subestaciones y/o conexiones proyectado para operar a tensiones nominales normalizadas de Distribución Primaria (véase Norma DGE correspondiente).
- **Sistema de Distribución Secundaria.** - Conjunto de redes de Distribución Secundaria (Alumbrado Público y Servicio Particular) y las conexiones proyectado para operar a tensiones nominales normalizadas de Distribución Secundaria.
- **Sistema de Distribución.** - Es aquel conjunto de usuarios, comprende:
 - Instalaciones de entrega de energía eléctrica a los diferentes.
 - El Sub-Sistema de Distribución Primaria.
 - El Sub-Sistema de Distribución Secundaria.
 - Las instalaciones de Alumbrado Público.
 - Las Conexiones.
 - El Punto de Entrega.



- **Sub-Sistema de Distribución Primaria.** - Es aquel, destinado a transportar la energía eléctrica producida por un Sistema de generación, utilizando eventualmente un Sistema de Transmisión, y/o un Sub-Sistema de Sub-Transmisión, a un Sub-Sistema de Distribución Secundaria, a las Instalaciones de Alumbrado Público y/o a las conexiones para los usuarios, comprendiendo tanto las redes como las Subestaciones intermediarias y/o finales de transformación.
- **Sub-Sistema de Distribución Secundaria.** - Es aquel destinado a transportar la energía eléctrica suministrada normalmente a bajas tensiones (inferiores a 1 kV) desde un Sistema de Generación, eventualmente a través de un sistema de Transmisión y/o Sub-Sistema de Distribución Primaria, a las conexiones.
- **Subestación de Distribución.** - Conjunto de instalaciones para transformación y/o seccionamiento de la energía eléctrica que la recibe de una red de distribución primaria y la entrega a un sub-sistema de distribución secundaria, a las instalaciones de Alumbrado Público, a otra red de distribución primaria o a usuarios alimentados a tensiones de distribución primaria o secundaria. Comprende generalmente el transformador de potencia y los equipos de maniobra, protección y control, tanto en el lado primario como en el secundario, y eventualmente edificaciones para albergarlos.
- **Subestación Aérea.** - Subestación en la cual el equipo es de tipo externo instalado sobre el nivel del piso en uno o más postes.
- **Suministro.** - Abastecimiento de energía eléctrica dentro del régimen previsto en la Legislación Eléctrica vigente.
- **Tensión de Distribución Primaria.** - Es la tensión nominal a la que operan las redes de distribución primaria.



- **Tensión de Distribución Secundaria.** - Es la tensión nominal a la que operan las redes de distribución secundaria.
- **Tensión Máxima del Sistema.** - Es la tensión máxima eficaz que se presenta bajo condiciones de operación normal en cualquier instante y en cualquier punto del sistema. No incluye tensiones transitorias, tales como aquellas debidas a maniobras en el sistema; ni variaciones temporales de tensión debidas a condiciones anormales del sistema, tales como aquellas debidas a condiciones de falla o por la desconexión súbita de grandes cargas. Es recomendable que la tensión máxima no supere el 110 % de la tensión nominal correspondiente.
- **Tensión Nominal de un Sistema.** - Es la tensión eficaz con la que se denomina un Sistema y según la cual son determinadas ciertas características de su funcionamiento y aislamiento.
- **Términos Primario y Secundario (para transformadores).** - El término PRIMARIO está asociado con el devanado que recibe potencia de una red. El término SECUNDARIO está asociado con el devanado que entrega potencia a una red.
- **Usuario.** - Persona natural o jurídica que ocupa un predio y está en posibilidad de hacer uso legal del suministro eléctrico correspondiente; es el responsable de cumplir con las obligaciones, técnicas y/o económicas que se derivan de la utilización de la electricidad.
- **Vano.** - Distancia horizontal medida entre los puntos más bajos de las catenarias de dos vanos consecutivos.
- **Zona de Concesión.** - Área geográfica determinada en el decreto que otorga la Concesión de servicio público de distribución, generalmente mediante coordenadas UTM, en la cual la Empresa Distribuidora está obligada a dar



suministro eléctrico a quien lo solicite, sea que el Cliente o potencial Cliente esté ubicado dentro de la zona de concesión, o bien se conecte a las instalaciones de la Empresa Distribuidora mediante líneas propias o de terceros.

2.4. MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>Problema General: ¿Cómo realizar la inspección preventiva mediante el uso del vehículo aéreo no tripulado (DRONE), para evitar interrupciones del suministro de energía en los elementos del sistema de distribución?</p>	<p>Objetivo General: Realizar la inspección preventiva mediante el uso del vehículo aéreo no tripulado (DRONE), para evitar interrupciones del suministro de energía en los elementos del sistema de distribución</p>	<p>Hipótesis General: Con la aplicación del vehículo aéreo no tripulado (DRONE), en la inspección preventiva se evitarán las interrupciones del suministro de energía en los elementos del sistema de distribución</p>	<p>Variable Independiente: Vehículo aéreo no tripulado (DRONE) Indicadores: Calidad de información Eficiencia Riesgo de accidente laboral Costos</p> <p>Variable Dependiente: Interrupción del suministro de energía Indicadores: Interrupciones programadas Interrupciones no programadas</p>	<p>Tipo de Investigación: Aplicada</p> <p>Nivel de Investigación: Descriptivo Explicativo</p> <p>Diseño de Investigación: Diseño no experimental</p> <p>Ámbito de Estudio: Enfoque cualitativo</p> <p>Método: Inductivo</p> <p>Población y Muestra: Subestación de distribución eléctrica Redes Armados estructurales</p> <p>Técnicas y Recolección de Datos: Documental Observacional</p> <p>Instrumentos: Drone Cámara dual - digital/térmica</p> <p>Fuentes: Bibliográficos Leyes Normas Decretos Videos</p>
<p>Problemas Específicos: ¿Cómo mejorar la calidad de información en la inspección preventiva mediante el uso del (DRONE), para evitar interrupciones del suministro de energía en los elementos del sistema de distribución?</p> <p>¿Cómo mejorar la eficiencia en la inspección preventiva mediante el uso del (DRONE), para evitar interrupciones del suministro de energía en los elementos del sistema de distribución?</p> <p>¿Cómo disminuir el riesgo de accidentes</p>	<p>Objetivos Específicos: Mejorar la calidad de información con la inspección preventiva mediante el uso del (DRONE), para evitar interrupciones del suministro de energía en los elementos del sistema de distribución</p> <p>Mejorar la eficiencia con la inspección preventiva mediante el uso del (DRONE), para evitar interrupciones del suministro de energía en los elementos del sistema de distribución</p> <p>Disminuir el riesgo de accidentes laborales con las inspecciones</p>	<p>Hipótesis Específicos: Con la aplicación del vehículo aéreo no tripulado (DRONE), mejorara la calidad de información en la inspección preventiva de los elementos del sistema de distribución</p> <p>Con la aplicación del vehículo aéreo no tripulado (DRONE), mejorara la eficiencia en la inspección preventiva de los elementos del sistema de distribución</p> <p>Con la implementación del vehículo aéreo no tripulado (DRONE), disminuirá el riesgo de</p>		



<p>laborales en las inspecciones preventivas mediante el uso del (DRONE), para evitar interrupciones del suministro de energía en los elementos del sistema de distribución?</p> <p>¿Cómo reducir los costos en la inspección preventiva mediante el uso del (DRONE), para evitar interrupciones del suministro de energía en los elementos del sistema de distribución?</p>	<p>preventivas mediante el uso del (DRONE), para evitar interrupciones del suministro de energía en los elementos del sistema de distribución</p> <p>Reducir los costos con la inspección preventiva mediante el uso del (DRONE), para evitar interrupciones del suministro de energía en los elementos del sistema de distribución</p>	<p>accidentes laborales en la inspección preventiva de los elementos del sistema de distribución</p> <p>Con la implementación del vehículo aéreo no tripulado (DRONE), reducirán los costos en la inspección preventiva de los elementos del sistema de distribución</p>		
--	---	--	--	--

2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

PROBLEMA	VARIABLES	DEFINICIÓN	INDICADORES
¿Cómo realizar la inspección preventiva mediante el uso del vehículo aéreo no tripulado (DRONE), para evitar interrupciones del suministro de energía en los elementos del sistema de distribución?	Variable Independiente: Vehículo Aéreo no Tripulado (DRONE)	Se define como un vehículo sin tripulación, reutilizable, capaz de mantener un nivel de vuelo controlado, sostenido y propulsado por motores de propulsión.	Calidad de información Eficiencia Riesgo de accidente laboral Costos
	Variable Dependiente: Interrupciones del Suministro Eléctrico	Es un evento de pérdida parcial o total de tensión eléctrica.	Interrupciones programadas Interrupciones no programadas

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. Herramientas de campo

3.1.1.1. Vehículo aéreo no tripulado (DRONE)

Este dispositivo es de propiedad de la “Empresa Wayra Ingenieros Contratistas S.R.L.”, el cual nos permitió supervisar y detectar las posibles averías que se presentaron en los elementos del sistema:

- Marca : Pro. V2.0
- Modelo : Dji Phantom 4



Figura N° 3.1: Drone Dji Phantom 4 Pro

Elaborado por el equipo de trabajo

3.1.1.2. GPS diferencial

Este dispositivo es de propiedad de la “Empresa Wayra Ingenieros Contratistas S.R.L.”, el cual nos permitió determinar la posición de cada elemento del sistema (subestación y estructuras).

- Marca : Garmin
- Modelo : Etrex 10



Figura N° 3.2: GPS diferencial

Elaborado por el equipo de trabajo

3.1.1.3. Cámara dual digital/termografía

Esta herramienta es de propiedad de la “Empresa Wayra Ingenieros Contratistas S.R.L.”, el cual nos permitió tomar imágenes de los elementos que presentaron anomalías.

- Marca : Flir
- Modelo : Flir Duo



Figura N° 3.3: Cámara dual digital/termografía

Elaborado por el equipo de trabajo

3.1.1.4. Wincha

Esta herramienta es de propiedad de la “Empresa Wayra Ingenieros Contratistas S.R.L.”, el cual nos permitió medir los vanos de poste a poste.

- Marca : Bellota
- Modelo : 50021-50



Figura N° 3.4: Wincha

Elaborado por el equipo de trabajo

3.1.2. Soporte informático

- Plano catastral – Puno
- Plano de ubicación de la SED: 0105301
- Imágenes satelitales (Google Eart Pro)
- Medios materiales y bibliográficos, libros de consulta
- Internet

3.1.3. Materiales de escritorio

- Papel bond A4
- Cuaderno A4
- Resaltador
- Lapiceros
- Escalímetro
- Escuadra
- Folder

3.1.4. Recursos humanos

- 2 bachilleres de Ingeniería Mecánica Eléctrica
- 1 asesor de tesis



3.1.5. Recursos tecnológicos

- Laptop TOSHIBA, Core i5
- Impresora
- Plotter
- Memoria USB

3.1.6. Recurso de softwares

- AutoCAD 2016
- Google Eart Pro
- Google Maps
- Microsoft Office 2016

3.1.7. Servicio de terceros

- Movilidad Camioneta Hiulux 4x4
- Mano de Obra calificada (Brigada)

3.2. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. Tipo de investigación

De acuerdo al fin que se persigue este estudio se basó en la investigación aplicada donde Ing. Borja (2016), menciona que “la investigación aplicada busca conocer, actuar, construir y modificar una realidad problemática. Esta más interesada en la aplicación inmediata sobre una problemática” y el método de acuerdo a los datos analizados que se utilizó en este proyecto está enfocado en el ámbito cualitativo, ya que busca comprender los fenómenos mediante la observación. Donde la hipótesis general del trabajo es más una guía por confirmar.



3.2.2. Nivel de investigación

El tipo de investigación según Ing. Borja (2016), se llevó a cabo un estudio de carácter descriptivo – explicativo, donde se describen y responden las causas de los eventos. Su interés se centra en explicar porque ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da este. Y a su vez cuenta con el tipo de corte transversal durante los meses de Julio hasta Octubre del 2020 en los elementos (subestación, redes y estructuras) del sistema de distribución.

3.2.2.1.Descriptiva

Es aquella en la que se busca describir determinadas características del objeto de estudio. También investiga y determina las propiedades y características más representativas de los objetos de estudio. “Una de las características principales de la investigación descriptiva es la capacidad para seleccionar las características fundamentales del objeto de estudio y su descripción detallada de las partes de dicho objeto” (Ing. Borja, 2016).

3.2.2.2.Explicativa

“Es aquella en la que buscan las causas que originan ciertos fenómenos físicos, así como también se centra en explicar y predecir por qué ocurre dicho fenómeno y en que condiciones se da este” (Ing. Borja, 2016).

3.2.3. Diseño de investigación

El presente trabajo se desarrolló con un diseño no experimental, debido a que “se basan en la obtención de información sin manipular los valores de las variables deliberadamente, es decir tal y como se manifiestan las variables en la realidad” (Delia, 2018).

3.2.4. Población y muestra

3.2.4.1. Población

La población objeto de la investigación está representada por 90 estructuras pertenecientes a la subestación SED: N° 0105301, ubicada en la Urb. La Rinconada 1ra. Cuadra (Salcedo), de la ciudad de Puno. Con una muestra probabilística donde “la selección de los elementos de la población tienen la misma probabilidad de ser escogidos” (Ing. Borja, 2016,p.32).

Tabla N° 3.1: Población de estudio

Elemento	Unidad	Cantidad
SS.EE.	Und.	1
Red	m.	12,109.15
Estructura	Und.	89

Elaborado por el equipo de trabajo

En la tabla N° 3.1, se puede observar la población objeto de nuestro estudio de investigación representados por: 1 subestación eléctrica, redes de energía y 89 armados estructurales. Todos ellos conforman el sistema de distribución eléctrico.

3.2.4.2. Muestra

Este muestreo permite minimizar el tamaño de error de la muestra, por lo cual se adecua a investigaciones del tipo transversal descriptivo – explicativo como lo es esta investigación. El tamaño de la muestra se estimó utilizando la fórmula:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{e^2(N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde:

N = Tamaño de la población

p = Probabilidad que la hipótesis sea verdadera

q = (1-p) Probabilidad de no ocurrencia de la hipótesis

e = Error estimado por estudiar una muestra en lugar de toda la población

Z = Coeficiente de confiabilidad (Nivel de significancia)

Tabla N° 3.2: Distribución normal estándar

Nivel de confianza (%)	Coeficiente de confiabilidad (Z)
99	2.58
98	2.33
97	2.17
96	2.05
95	1.96
90	1.65
80	1.28
50	0.67

Fuente: (Ing. Borja, 2016,p.31)

Procedimiento:

$$n = \frac{(1.96)^2 \cdot (0.5) \cdot (0.5) \cdot (90)}{(0.05)^2(90 - 1) + (1.96)^2 \cdot (0.5) \cdot (0.5)}$$

$$n = \frac{(3.8416) \cdot (0.25) \cdot (90)}{(0.0025) \cdot 89 + (3.8416) \cdot (0.25)}$$

$$n = \frac{(86.436)}{(0.2225) + (0.9604)}$$

$$n = \frac{(86.436)}{(1.1829)} = 73.0713$$

$$n = 73$$

Esto significa que se necesita una muestra de 73 estructuras de la subestación eléctrica de distribución SED: N° 0105301 para obtener la información confiable.

3.2.5. Técnicas aplicadas en la recolección de la información

Las técnicas de investigación, son acciones para recolectar, procesar y analizar la información. En este punto se darán a conocer las técnicas que se utilizaron en el presente proyecto para la recopilación de toda la información posible de campo (Dr. Ing. Colomé, 2015).

3.2.5.1. Técnicas

Las técnicas empleadas en el presente proyecto fueron:

3.2.5.1.1. Técnica de investigación documental

También conocida como la técnica de gabinete, se refiere a la indagación y análisis de la información documental. Esta técnica nos permitió la recopilación de antecedentes a través de documentos, donde se fundamenta y se complementa la presente investigación con el aporte de diferentes autores.

3.2.5.1.2. Técnica de investigación de campo

Esta técnica permite recabar información a partir del contacto directo con el objeto de estudio, se obtiene la información empírica. Esta técnica nos permitió la obtención de datos directamente del objeto de estudio.

Tabla N° 3.3: Técnicas e instrumentos

Técnica	Instrumentos y fuentes
Fuentes Documentales	Tesis y Libros Ley y Normas Artículos Internet

Elaborado por el equipo de trabajo

La inspección y/o observación mediante el VANT, consistió en recoger información mediante un proceso directo de toma de imágenes digitales/termográficas y videos en HD entre el equipo DRONE y los elementos del sistema de distribución, en donde los elementos presentaron cuestiones, previamente diseñadas en función de las dimensiones que se pretendieron estudiar, planteados por el investigador.

3.2.5.1.3. Técnicas para recolección de datos

Las técnicas y herramientas para la recolección de datos para el presente trabajo de investigación fueron lo siguiente:



- Consulta web (internet), artículos, documentales, videos y libros o trabajos anteriormente realizados, con fines de elaborar un resumen de antecedentes.
- Investigación de leyes, normativas y decretos nacionales e internacionales.
- Indagación de nuevas técnicas de inspección respecto a las convencionales.
- Adquisición de un VANT, para la prueba de inspecciones y detecciones de fallas, averías, anomalías e irregularidades presente en los elementos del sistema.

3.2.6. Instrumento

El objetivo del instrumento fue recaudar información para su análisis y posteriormente ser utilizada a quien corresponda. Se aplicó la inspección mediante el DRONE, para obtener información de la variable independiente sobre los elementos (subestación, estructuras y las redes) del sistema. Esta tecnología (DRONE), sirvió para medir la variable dependiente, es decir la detección de fallas que presentaron los elementos del sistema.

3.2.7. Procedimiento

Para el presente trabajo, se efectuó lo siguiente:

- Recopilación de antecedentes bibliográficos, estudios e informes relacionados con el tema.
- Coordinación con el personal calificado, para la toma de imágenes digitales / termográficos y videos en full HD.
- Realizar visita de campo para la observación directa, donde se realizará las mediciones y toma de datos:
 - Identificación de la SED: 0105301
 - Utilización del GPS para la ubicación de coordenadas de los puntos de geo localización de las estructuras.



- Se trazará un posible plano de la ubicación los armados con sus respectivas coordenadas de geo localización.
- Realización de las mediciones de las calles, pistas veredas y demás (distancias mínimas de seguridad).
- Realización de las mediciones de las distancias de poste a poste (vano).
- Toma fotográfica e identificación de posibles averías, de la subestación, estructuras y las redes del sistema.
- Procesamiento de los datos obtenidos en la etapa del muestreo, los datos se utilizarán para el diagnóstico de fallas. Una vez obtenido la información de campo, se podrá empezar con el diseño de planos y realizaremos el cuadro de cargas de los usuarios según correspondan.
- Realizar consultas al asesor de tesis.

3.2.8. Procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento y análisis de datos, se utilizó las siguientes fuentes y procesador de información, acorde al presente trabajo de investigación:

- **Software autodesk (AutoCad 2016):** usado para el dibujo de planos de ubicación y detalles de los armados estructurales entre otros.
- **Programa Google maps:** para la ubicación de la población, estudio de nuestro trabajo.
- **GPS:** para la obtención de coordenadas de ubicación UTM.
- **Microsoft Office Excel 2016:** para el procesamiento y análisis de los datos tomados en campo.
- **Microsoft Office Word 2016:** para la documentación y redacción del acta de inspección.

- Otros: (cámara, laptop, calculadora e impresora).
- Representación de la información en tablas y gráficos, análisis de datos e interpretación.

3.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. Ubicación geográfica

El presente trabajo de investigación se realizó en la Urb. La Rinconada 1ra. Cuadra (salcedo) de la ciudad de Puno.

- Departamento : Puno
- Provincia : Puno
- Distrito : Puno
- Altitud : 3,827 m.s.n.m.
- Coordenadas : 0390581.00 m E, 8248491.00 m S.

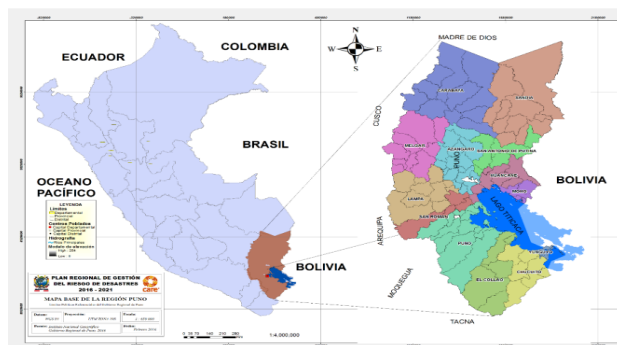


Figura N° 3.5: Ubicación general

Fuente: (Instituto Geográfico Nacional, 2020)

3.3.2. Unidad de estudio

La población del estudio estuvo representada por la subestación eléctrica, redes y armados estructurales. Las características de la SED, en la cual se realizó las pruebas de campo son:

- Número de SED : 0105301

- Nivel de tensión : 10/0.380-0.220 kV
- Potencia : 160 kVA
- Coordenadas UTM : X = 0392649
Y = 8243713

3.3.3. Tiempo

El presente trabajo se realizó en la SED: 0105301, durante los meses de Julio a Octubre del 2020.

3.3.4. Condiciones climatológicas

La ciudad de Puno cuenta con un clima frío, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada. Puno se encuentra en el altiplano entre los 3,812 y 5,500 msnm, cabe mencionar que la capital, Puno está ubicada a orillas del Titicaca. Según SENAMHI, las características ambientales son las siguientes:

Temperatura promedio	8.4 °C
Temperatura máxima	18.8 °C
Temperatura mínima	-14.0 °C
Altitud sobre el nivel del mar	3826 m.s.n.m.
Velocidad máxima del viento	28.8 Km/h

Figura N° 3.6: Características ambientales

Fuente: (Senamhi, 2020)

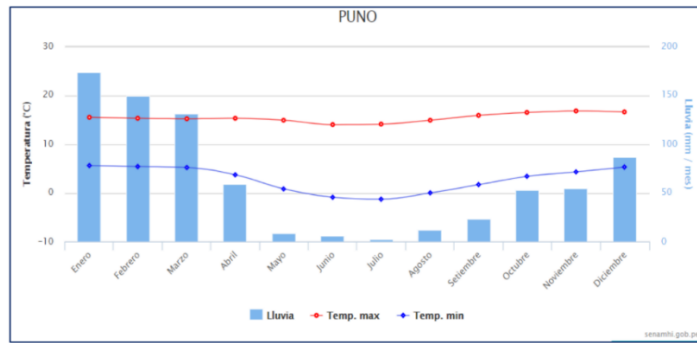


Figura N° 3.7: Datos climatológicos

Fuente: (Senamhi, 2020)

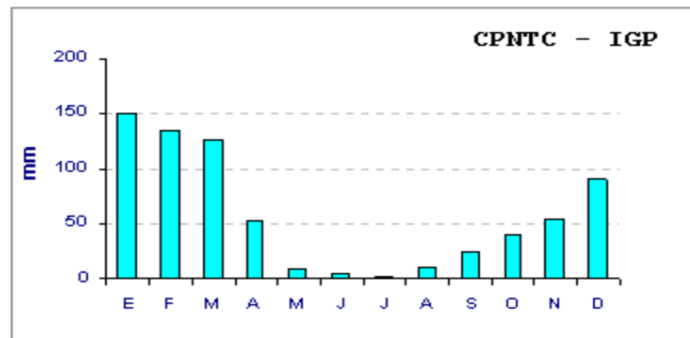


Figura N° 3.8: Promedios multianuales de precipitación

Fuente: (Senamhi, 2020)

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados de la investigación, mediante las pruebas realizadas sobre los elementos (subestación, redes y estructuras) del sistema de distribución; los datos se han obtenido con la aplicación del vehículo aéreo no tripulado (DRONE), por medio de la toma de imágenes digitales/termográficas de esta manera se obtuvo el informe final.

4.1. RESULTADOS ESTADÍSTICOS

A continuación, se realiza la interpretación, descripción y explicación de tablas, gráficos y figuras, en donde se detalla el total de elementos inspeccionados y describiendo sus averías. Para la explicación de los resultados recurrimos a los objetivos planteados en nuestra investigación, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla N° 4.1: Muestra de estudio

Elementos	Unidad	Cantidad	Porcentaje
SS.EE.	Und.	1	1%
Redes	Puntos	11	15%
Estructuras	Und.	61	84%
Total		73	100%

Elaborado por el equipo de trabajo

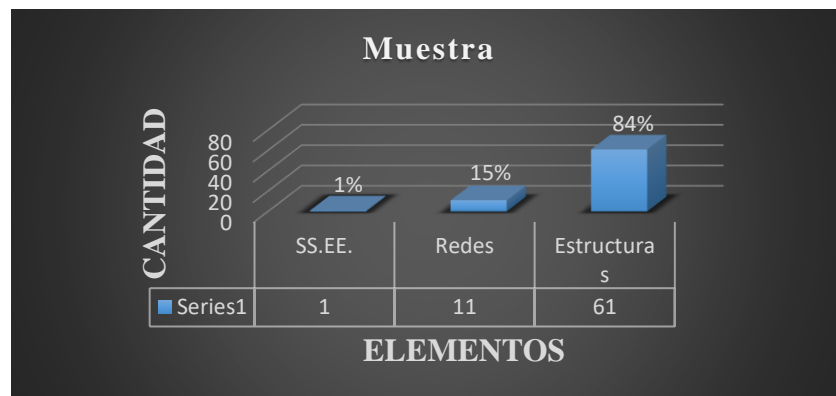


Figura N° 4.1: Muestra de estudio

Elaborado por el equipo de trabajo

En el análisis de la tabla N° 4.1, se puede observar que como muestra del objeto de nuestro estudio se obtuvieron los siguientes resultados:

Del estudio de 73(100%) elementos pertenecientes al subsistema de distribución fueron inspeccionadas y detectadas con el vehículo aéreo no tripulado (DRONE), 61(84%) presentaron anomalías en diversas estructuras, 11(15%) puntos críticos y/o calientes se registraron en dichos conductores y 1(1%) presentaron averías en sus respectivos componentes de la SS.EE.

Por consiguiente, se puede concluir que se presentó una mayor cantidad de anomalías en los armados estructurales.

Tabla N° 4.2: Tipos de armados estructurales

	STB	E1	E3	E4	E5	Total	%
SS.EE.	1	-	-	-	-	1	2%
C-1	-	10	5	7	9	31	42%
C-2	-	12	11	9	7	39	53%
C-3	-	1	1	-	-	2	3%
Total	1	23	17	16	16	73	100%

Elaborado por el equipo de trabajo

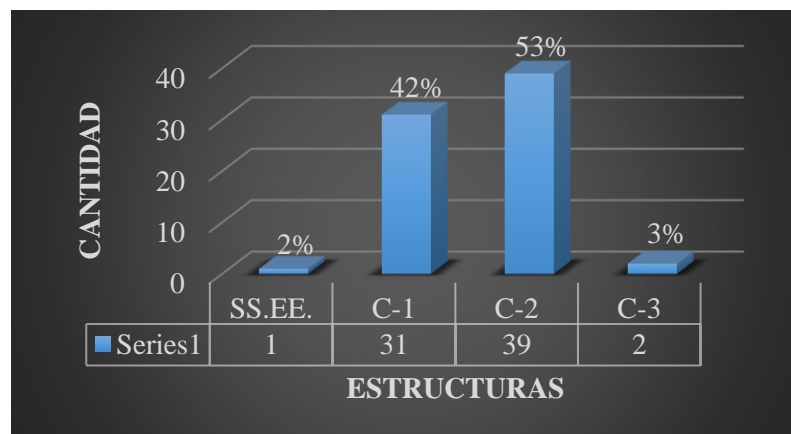


Figura N° 4.2: Tipos de armados estructurales

Elaborado por el equipo de trabajo

En el análisis de la tabla N° 4.2, se puede observar los tipos de armados estructurales pertenecientes al sub sistema de distribución, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Del estudio de 73(100%) armados estructurales fueron inspeccionadas con el vehículo aéreo no tripulado (DRONE), 39(53%) estructuras pertenecientes al C-2 presentaron anomalías, 31(42%) estructuras pertenecientes al C-1 se registraron averías, 2(3%) estructura perteneciente al C-3 presentó irregularidad y 1(2%) armado perteneciente al SS.EE. registro posibles fallas.

Siendo así, se puede concluir que se presentó una mayor cantidad de anomalías en el C-2 con 53% de irregularidades en los armados estructurales.

Tabla N° 4.3: Componentes de la subestación eléctrica

Elementos	Cantidad	Porcentaje
Buen estado	17	85%
Mal estado	3	15%
Total	20	100%

Elaborado por el equipo de trabajo

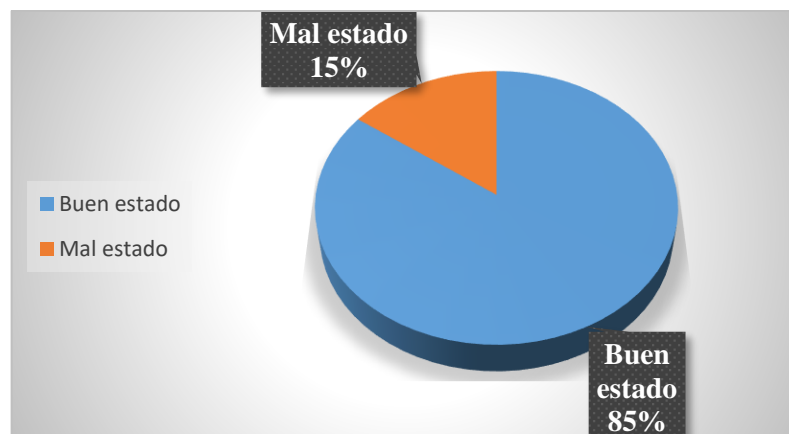


Figura N° 4.3: Componentes de la subestación eléctrica

Elaborado por el equipo de trabajo

En el análisis de la tabla N° 4.3, se puede observar de manera disgregada las anomalías presentes en la SS.EE. y se obtuvieron los siguientes resultados:

Del estudio de 20(100%) componentes al SS.EE. que fueron inspeccionadas y detectadas con el vehículo aéreo no tripulado (DRONE), 17(85%) componentes registraron estar en buen estado, 3(15%) componentes resultaron estar averiados.

Finalmente se puede concluir que solo se registró a un 15% de los componentes que están en un mal estado.

Tabla N° 4.4: Tipos de estructuras

Estructuras	Cantidad	Porcentaje
E1	23	32%
E3	17	24%
E4	16	22%
E5	16	22%
Total	72	100%

Elaborado por el equipo de trabajo

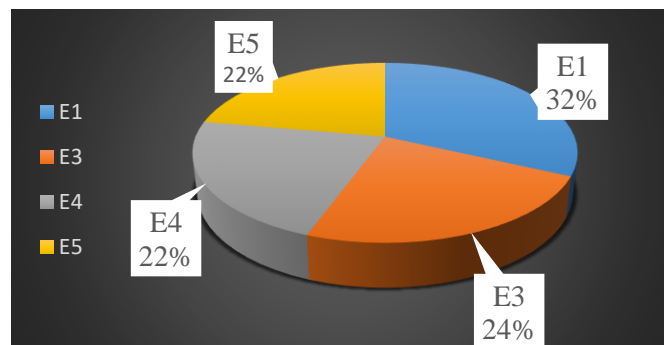


Figura N° 4.4: Tipos de estructuras

Elaborado por el equipo de trabajo

En el análisis de la tabla N° 4.4, se puede observar de manera disgregada los tipos de armados estructurales pertenecientes al sub sistema de distribución y se obtuvieron los siguientes resultados:

Del estudio de 72(100%) armados estructurales fueron inspeccionadas con el vehículo aéreo no tripulado, 23(32%) estructuras del tipo E1 (estructura de alineamiento para red aérea), 17(24%) estructuras del tipo E3 (estructura de extremo de línea para red aérea), 16(22%) estructuras del tipo E4 (estructura de extremo de línea con derivación para red

aérea) y 16(22%) estructuras del tipo E5 (estructura de alineamiento con derivación para red aérea).

Finalmente se puede concluir que se registró una mayor cantidad de anomalías en los armados estructurales del tipo E1 con un 32% de irregularidades.

Tabla N° 4.5: Componentes del sistema

	Equipo de Retenida y PAT		Conductores		Equipo de Alumbrado Público		Total	Porcentaje
	Retenida	Puesta a tierra	Red	Acometida	Pastoral	Luminaria		
C-1	2	-	3	3	3	2	13	32%
C-2	5	2	7	2	7	4	27	66%
C-3	-	-	-	-	-	1	1	2%
Total	7	2	10	5	10	7	41	100%

Elaborado por el equipo de trabajo

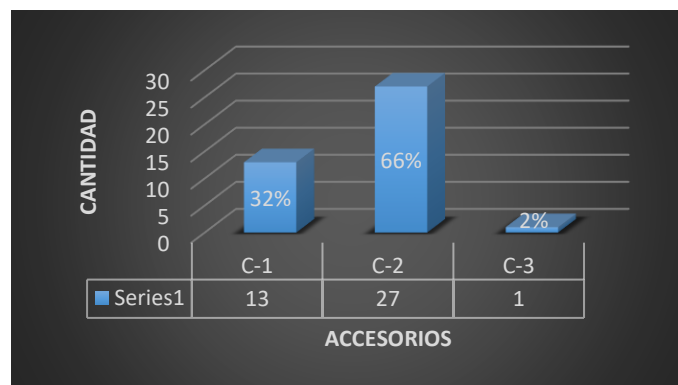


Figura N° 4.5: Componentes del sistema

Elaborado por el equipo de trabajo

En el análisis de la tabla N° 4.5, se puede observar el equipo de ferretería pertenecientes al sub sistema de distribución y se obtuvieron los siguientes resultados:

Del estudio de 41(100%) equipo de ferretería que fueron inspeccionadas con el vehículo aéreo no tripulado (DRONE), 27(66%) accesorios pertenecientes al C-2 presentaron anomalías, 13(32%) accesorios pertenecientes al C-1 se registraron averías y 1(2%) accesorios registraron anomalías pertenecientes al C-3.

Tabla N° 4.6: Retenida simple y PAT

	Cant. RS	Cant. PAT	Porcentaje
C-1	2	-	22%
C-2	5	2	78%
C-3	-	-	0%
Total	7	2	100%

Elaborado por el equipo de trabajo

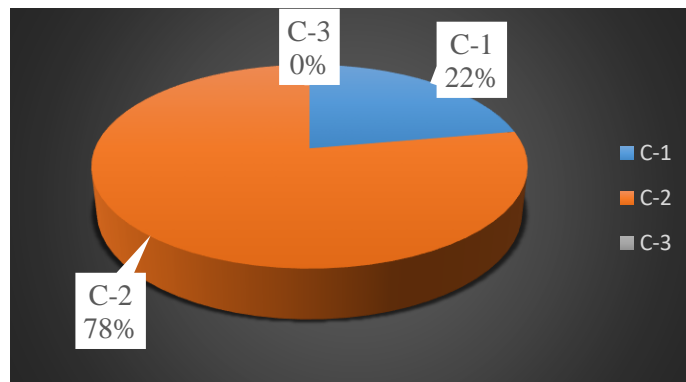


Figura N° 4.6: Retenida simple y PAT

Elaborado por el equipo de trabajo

En el análisis de la tabla N° 4.6, se puede observar de manera disgregada las retenidas y las puestas a tierra pertenecientes al sub sistema de distribución y se obtuvieron los siguientes resultados:

Del estudio de 9(100%) 7 retenidas simples y 2 puesta a tierra fueron inspeccionadas con el vehículo aéreo no tripulado (DRONE), 5-2(78%) componentes averiados pertenecientes al C-2, 2(22%) retenida simple con irregularidad perteneciente al C-1 y 0(0%) no registro anomalías pertenecientes al C-3.

Finalmente se puede concluir que se registró una mayor cantidad de irregularidades en las retenidas y PAT pertenecientes al C-2 con 78% de anomalías.

Tabla N° 4.7: Puntos críticos en los conductores

	Cant. Red	Cant. Acom.	Porcentaje
C-1	3	3	40%
C-2	7	2	60%
C-3	-	-	0%
Total	10	5	100%

Elaborado por el equipo de trabajo

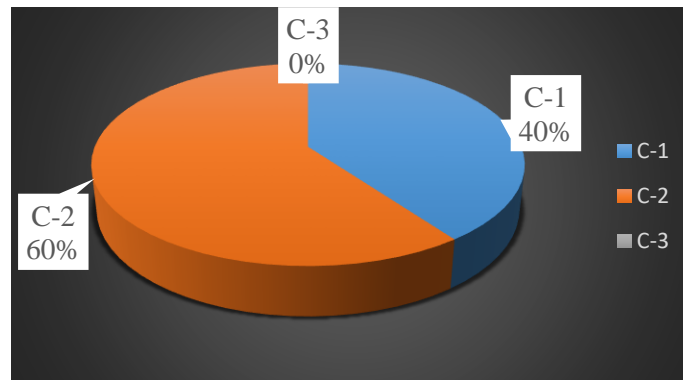


Figura N° 4.7: Puntos críticos en los conductores

Elaborado por el equipo de trabajo

En el análisis de la tabla N° 4.7, se puede observar de manera desglosada las redes (puntos críticos) pertenecientes al sub sistema de distribución y se obtuvieron los siguientes resultados:

Del estudio de 15(100%) puntos críticos 10 en las redes de energía y 5 en las acometidas fueron inspeccionadas con el vehículo aéreo no tripulado (DRONE), donde 7-2(60%) puntos presentaron anomalías en las redes y acometidas pertenecientes al C-2, y 3-3(40%) puntos registraron irregularidades en las redes y acometidas pertenecientes al C-1 y el 0(0%) pertenecientes al C-3 no registro anomalías.

Finalmente se puede concluir que se registró una mayor cantidad de irregularidades en las redes y acometidas pertenecientes al C-2 con 60% de anomalías.

Tabla N° 4.8: Anormalidades en el Alumbrado público

	Cant. Past.	Cant. Lum.	Porcentaje
C-1	3	2	29%
C-2	7	4	65%
C-3	-	1	6%
Total	10	7	100%

Elaborado por el equipo de trabajo

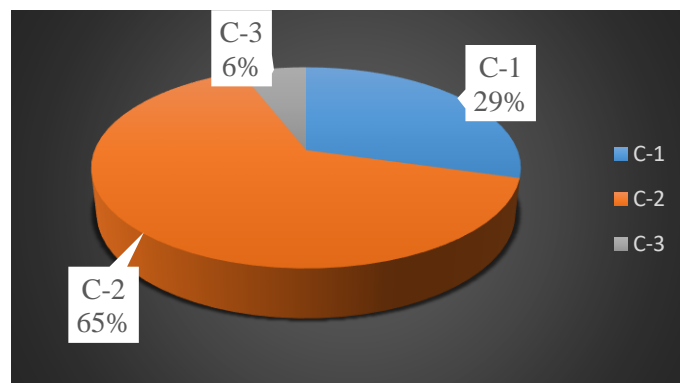


Figura N° 4.8: Anormalidades en el Alumbrado público

Elaborado por el equipo de trabajo

En el análisis de la tabla N° 4.8, se puede observar de manera disgregada al equipo del alumbrado público pertenecientes al sub sistema de distribución y se obtuvieron los siguientes resultados:

Del estudio de 17(100%) entre 10 pastorales y 7 luminarias fueron inspeccionadas con el vehículo aéreo no tripulado (DRONE), donde 7-4(65%) componentes presentaron anomalías en los pastorales y luminarias pertenecientes al C-2, y 3-2(29%) componentes registraron irregularidades pertenecientes al C-1 y el 0-1(6%) pertenecientes al C-3 registraron anomalías.

Tabla N° 4.9: Cantidad de imágenes con anomalías

	Cantidad	Porcentaje
C. D.	62	85%
C. T.	11	15%
Total	73	100%

Elaborado por el equipo de trabajo

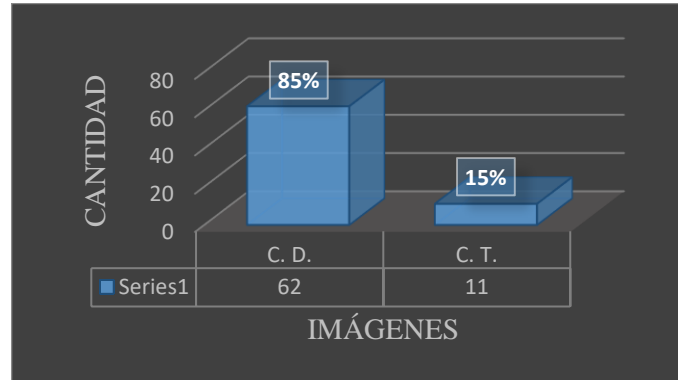


Figura N° 4.9: Cantidad de imágenes con anomalías

Elaborado por el equipo de trabajo.

4.2. RESULTADOS MEDIANTE INSPECCIÓN DIGITAL



Figura N° 4.10: Manipulación del equipo

Elaborado por el equipo de trabajo

En la figura N° 4.10, se muestra el DRONE con tecnología de alta definición inspeccionando la subestación eléctrica, redes de energía eléctrica y los armados estructurales. Con la obtención de estos datos es posible sacar conclusiones sobre el estado de los elementos inspeccionados, sin la necesidad de que un operador suba y realice la labor de detectar posibles fallas en el sistema. Sobre todo, permite tener una

visión panorámica de toda la instalación. Por otra parte, mediante la cámara termográfica nos permite encontrar e identificar puntos elevados de temperatura (puntos calientes) a lo largo de los conductores, lo cual garantiza localizar posibles fugas de energía eléctrica. Además, “esta tecnología posee un sensor de obstáculos y a la vez puede ir obteniendo información por medio de las fotografías digitales/termográficas y videos de alta resolución, luego se evalúa el estado y finalmente se documenta en un informe detallado dando a conocer los elementos que presentan anomalías” (Caluña & López, 2019).



Figura N° 4.11: Media loza con grietas

Elaborado por el equipo de trabajo

En la figura N° 4.11, tras la fase de inspección mediante el DRONE hacia la subestación eléctrica ubicada en el jr. Víctor Raúl Haya de la Torre con coordenadas UTM: $X = 0392649$ y $Y = 8243713$, se pudo detectar algunas irregularidades que presentaban los componentes de SED. Podemos ver que en la media loza de concreto armado vulcanizado de 1.10 m del lado izquierdo de la SED presenta grietas en la superficie plana como se puede observar.

Cuando con el pasar del tiempo debido a agentes externos naturales, como por ejemplo las lluvias, tormentas y ventarrones, hace que la media loza C.A.V presente grietas en su superficie y en algunos casos pueda llegar a desplomarse; produciéndose así fallas en el sistema.

En consecuencia, el mal estado de este componente puede ser el origen de un accidente eléctrico y por ende provocar una interrupción en el servicio de energía eléctrica.

A su vez trasgrede el Art. 31° inciso b) de LCE, donde indica “Conservar y mantener sus obras e instalaciones en condiciones adecuadas para su operación eficiente, de acuerdo a lo previsto en el contrato de concesión, o de acuerdo a las normas que emita el MEM, según corresponda” (Ley de Concesiones, 2014).



Figura N° 4.12: Tablero de distribución con oxido

Elaborado por el equipo de trabajo

En la figura N° 4.12, tras la fase de inspección mediante el DRONE hacia la subestación eléctrica ubicada en el jr. Víctor Raúl Haya de la Torre con coordenadas UTM: X = 0392649 y Y = 8243713, se pudo detectar algunas irregularidades que presentaban los componentes de la SED. Podemos ver que el tablero de distribución trifásico presenta oxidación y/o corrosión la superficie interna y externa tal como se puede observar.

Por situaciones de la naturaleza pueden existir fuertes lluvias acompañadas de ventarrones, esto hace que el tablero de distribución trifásico sufra daños en su superficie como, por ejemplo: se deteriore la bisagra, se oxide o corroa la superficie metálica y en peor de los casos la puerta del tablero llegue a romperse desde su base; lo cual estaría poniendo en riesgo al sistema eléctrico.

De esta manera el mal estado de este componente puede ser el origen de un accidente eléctrico y por ende provocar una interrupción en el servicio de energía eléctrica.

A su vez trasgrede el Art. 31° inciso b) de LCE, donde indica “Conservar y mantener sus obras e instalaciones en condiciones adecuadas para su operación eficiente, según corresponda” (Ley de Concesiones, 2014). También trasgrede el Art. 19° párrafo “C” del RSSTAE.



Figura N° 4.13: Aislador de porcelana

Elaborado por el equipo de trabajo

En la figura N° 4.13, tras la fase de inspección mediante el DRONE hacia la subestación eléctrica ubicada en el jr. Víctor Raúl Haya de la Torre con coordenadas UTM: X = 0392649 y Y = 8243713, se pudo detectar algunas irregularidades que presentaban los componentes de la SED. Podemos ver que el aislador de porcelana tipo PIN, clase ANSI 55-5 está inclinado esto se debe al esfuerzo mecánico de los conductores tal como se puede observar.

Las condiciones ambientales pueden ser fuertes lluvias acompañadas de ventarrones, esto hace que el aislador de porcelana tipo PIN, clase ANSI 55-5 y su espiga para cruceta y aislador ANSI 55-5 sufran daños en su superficie; lo cual estaría poniendo en riesgo al sistema eléctrico.

De esta manera el mal estado de este componente puede ser el origen de un accidente eléctrico y por ende provocar una interrupción en el servicio de energía eléctrica.

A su vez trasgrede el Art. 31° inciso b) de LCE, donde indica “Conservar y mantener sus obras e instalaciones en condiciones adecuadas para su operación eficiente, según corresponda” (Ley de Concesiones, 2014). Así como también el Numeral 2.9 de la R.D. N° 016-2003-EM/DGE (Norma DGE, 2003).

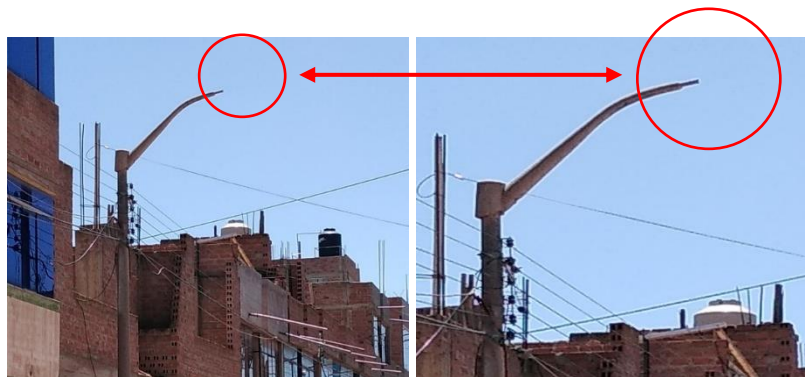


Figura N° 4.14: Pastoral sin luminaria

Elaborado por el equipo de trabajo

En la figura N° 4.14, tras la inspección mediante el DRONE hacia las estructuras con alumbrado público exactamente la estructura N° 2015 – 8/200 – E1, ubicada en el Jr. Chancharani con coordenadas UTM: X = 0392540 y Y = 8243707, se pudo detectar algunas irregularidades que presento este elemento. Podemos ver que este armado estructural del tipo de alineamiento para red aérea no cuenta con la luminaria tal como se puede observar.

Esto probablemente pudo haber sido por un acto vandálico, en donde directamente las personas actuaron sobre la estructura, causándole daño como, por ejemplo: por el lanzamiento de objetos de cualquier índole; lo cual estaría poniendo en riesgo a los usuarios de esa zona siendo víctimas de asaltos y abuso en plena oscuridad. De esta

manera el mal estado de este componente puede ser el origen de un accidente eléctrico y por ende provocar una interrupción en el servicio de energía eléctrica.

A su vez trasgrede el Art. 31° inciso b) de LCE, donde indica “Conservar y mantener sus obras e instalaciones en condiciones adecuadas para su operación eficiente, de acuerdo a lo previsto en el contrato de concesión, o de acuerdo a las normas que emita el MEM, según corresponda” (Ley de Concesiones, 214).



Figura N° 4.15: Luminaria desprendida

Elaborado por el equipo de trabajo

En la figura N° 4.15, tras la inspección mediante el uso del DRONE hacia las estructuras con alumbrado público exactamente la estructura N° 2031 – 8/300 – E3, ubicada en el Jr. Mari Auxiliadora con coordenadas UTM: X = 0392474 y Y = 8243562, se pudo detectar algunas fallas en el sistema de alumbrado público las cuales se presentaron en estos elementos. Podemos ver que este armado estructural del tipo de estructura de extremo de línea para red aérea se encuentra con una luminaria a punto de desprenderse tal como se puede observar.

Esto probablemente pudo haber sido por un acto vandálico, en donde directamente las personas actuaron sobre la estructura, causándole daño como, por ejemplo: por el lanzamiento de objetos de cualquier índole o también con el pasar del tiempo debido a agentes externos naturales, como por ejemplo las lluvias, tormentas y ventarrones, hace

que las luminarias se desprendan de sus posición original; lo cual estaría poniendo en riesgo a los usuarios de esa zona siendo víctimas de asaltos y abuso en plena oscuridad. De esta manera el mal estado de este componente primordial puede ser el origen de un accidente eléctrico, así como también pondrían en riesgo a las personas en horas de la noche. A su vez trasgrede el Art. 31° inciso b) de LCE.



Figura N° 4.16: Perilla desprendida

Elaborado por el equipo de trabajo

En la figura N° 4.16, tras la inspección mediante el DRONE hacia las estructuras con alumbrado público exactamente la estructura N° 2027 – 8/200 – E1, ubicada en el Jr. María Auxiliadora con coordenadas UTM: X = 0392489 y Y = 8243674, se pudo detectar algunas anomalías en estos elementos. Podemos ver que este armado estructural del tipo de alineamiento para red aérea el pastoral está a punto de desprenderse desde la perilla de la estructura como se puede observar.

Esto probablemente pudo haber sido por un acto vandálico, en donde directamente las personas actuaron directamente sobre la estructura, causándole daño como, por ejemplo: por el lanzamiento de objetos de cualquier índole o también por el choque de algún vehículo debido a personas que conducen en estado efímero o debido al exceso de la velocidad que llevaban algunos vehículos. De esta manera el mal estado de este

componente puede ser el origen de un accidente eléctrico y por ende provocar una interrupción en el servicio de energía eléctrica.

A su vez trasgrede el Art. 31° inciso b) de LCE, donde indica “Conservar y mantener sus obras e instalaciones en condiciones adecuadas para su operación eficiente, según corresponda”.



Figura N° 4.17: Porta línea para aisladores tipo carrete

Elaborado por el equipo de trabajo

En la figura N° 4.17, tras la inspección mediante el DRONE hacia las estructuras con alumbrado público exactamente la estructura N° 2036 – 8/200 – E1, ubicada en el Jr. Laura Vicuña con coordenadas UTM: X = 0392458 y Y = 8243786, se pudo detectar algunas anomalías que se presentaron en estos elementos. Podemos ver que este armado estructural del tipo de alineamiento para red aérea la porta línea para aisladores tipo carrete está completamente descompuesto por la parte superior de este como se puede observar.

Esto probablemente pudo haber descompuesto por el paso del tiempo, en donde posiblemente se pudieron haber aflojado los pernos o directamente las personas actuaron sobre la estructura, causándole daño como, por ejemplo: por el lanzamiento de objetos de cualquier índole.

De esta manera el mal estado de este componente puede ser el origen de un accidente eléctrico y por ende provocar una interrupción en el servicio de energía eléctrica.

A su vez trasgrede el Art. 31° inciso b) de LCE, donde indica “Conservar y mantener sus obras e instalaciones en condiciones adecuadas para su operación eficiente, de acuerdo a lo previsto en el contrato de concesión, o de acuerdo a las normas que emita el MEM, según corresponda” (Ley de Concesiones, 2014).



Figura N° 4.18: Árbol en contacto con la red

Elaborado por el equipo de trabajo

En la figura N° 4.18, tras la inspección mediante el DRONE hacia las diferentes estructuras exactamente la estructura N° 1018 – 8/200 – E1, ubicada en la Av. Primavera con coordenadas UTM: X = 0392589 y Y = 8243572, se pudo detectar algunas irregularidades que se presentaron en las estructuras. Podemos ver que los conductores de B.T. pertenecientes a este armado estructural del tipo de alineamiento para red aérea está en contacto directo con las ramas del árbol como se puede observar.

Esto probablemente puede ser por presentar mucha vegetación lo cual cubre por completo a los armados estructurales. Esto puede ser de originado por la poda o tala de árboles que se presentan en el terreno.

De esta manera se puede generar un corto circuito y por ende provocar una interrupción en el servicio de energía eléctrica. Pero pueden ser podados o retirados en coordinación con las autoridades competentes que cuidan el ambiente.

A su vez trasgrede el Art. 31° inciso b) de LCE, donde indica “Conservar y mantener sus obras e instalaciones en condiciones adecuadas para su operación eficiente, según corresponda”. Así como también el Numeral 218. del CNE (Código Nacional de Electricidad, 2011).



Figura N° 4.19: Poste averiado

Elaborado por el equipo de trabajo

En la figura N° 4.19, tras la inspección mediante el DRONE hacia las estructuras con alumbrado público exactamente la estructura N° 1025 – 8/300 – E3, ubicada en el Jr. 3405 con coordenadas UTM: X = 0392637 y Y = 8243539, se pudo detectar algunas anomalías que se presentaron en las estructuras. Podemos ver que este armado estructural del tipo de estructura de extremo de línea para red aérea que el poste de C.A.C. está averiado en la parte inferior, en donde se notan los fierros corrugados tal como se puede observar.

Esto probablemente puede ser por el pasar del tiempo debido a agentes externos naturales, como por ejemplo las lluvias, tormentas y ventarrones, esto hace que la base de la estructura presente humedad y con el pasar del tiempo llegue a desprenderse.

De esta manera el mal estado de este componente puede ser el origen de un accidente eléctrico y por ende provocar una interrupción en el servicio de energía eléctrica.

A su vez trasgrede el Art. 31° inciso b) de LCE, donde indica “Conservar y mantener sus obras e instalaciones en condiciones adecuadas para su operación eficiente, según corresponda”. Así como también la ETS-LP-20: Numeral 3.4 de R.D. N° 026-2003-EM/DGE (Norma DGE, 2003b).



Figura N° 4.20: Poste de c.a.c. inclinado

Elaborado por el equipo de trabajo

En la figura N° 4.20, tras la fase de inspección mediante el DRONE hacia los diferentes armados estructurales en esta ocasión se puede observar un poste con N° 1022 – 8/300 – E5, ubicada en la Av. Las Mercedes con coordenadas UTM: X = 0392634 y Y = 8243591, se pudo detectar una estructura con una inclinación mayor a los 5° y que presenta unas notorias deficiencias en la base de la cimentación, lo cual esta propenso a colapsar tal como se puede observar.

Por situaciones de la naturaleza pueden existir fuertes lluvias acompañadas de ventarrones, esto hace que la estructura presente daños y deficiencias.

De esta manera la mala posición de este componente puede ser el origen de un accidente eléctrico y por ende provocar una interrupción en el servicio de energía eléctrica.

A su vez trasgrede el Art. 31° inciso b) de LCE, donde indica “Conservar y mantener sus obras e instalaciones en condiciones adecuadas para su operación eficiente, de acuerdo a lo previsto en el contrato de concesión, o de acuerdo a las normas que emita el MEM, según corresponda” (Ley de Concesiones, 2014).

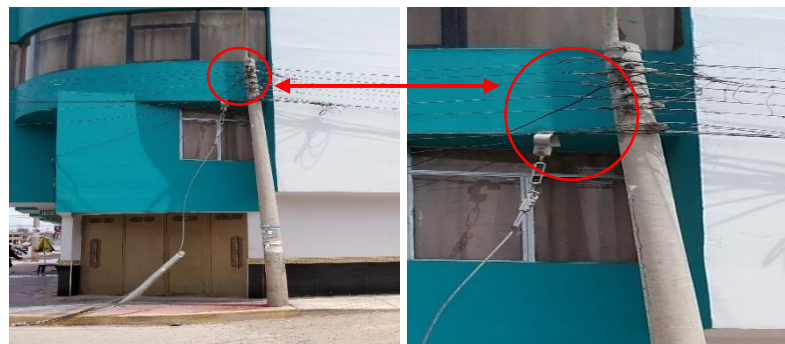


Figura N° 4.21: Retenida en mal estado

Elaborado por el equipo de trabajo

En la figura N° 4.21, tras la fase de inspección mediante el DRONE hacia los diferentes armados estructurales en esta ocasión se puede observar una retenida de estructura fuera de servicio en el N° 2010 – 8/200 – E1, ubicada en la Av. Industrial con coordenadas UTM: X = 0392689 y Y = 8243594, en donde se pudo detectar una retenida simple en completo desuso y que presenta unas notorias irregularidades en la base de la cimentación, como se puede observar.

Esto probablemente pudo haber sido por un acto vandálico, en donde directamente las personas actuaron sobre la estructura, originando daños al sistema.

De esta manera la mala posición de este componente puede ser el origen de un accidente eléctrico y por ende provocar una interrupción en el servicio de energía eléctrica.

A su vez trasgrede el Art. 31° inciso b) de LCE, donde indica “Conservar y mantener sus obras e instalaciones en condiciones adecuadas para su operación eficiente, de acuerdo a lo previsto en el contrato de concesión, o de acuerdo a las normas que emita el MEM, según corresponda” (Ley de Concesiones, 2014).

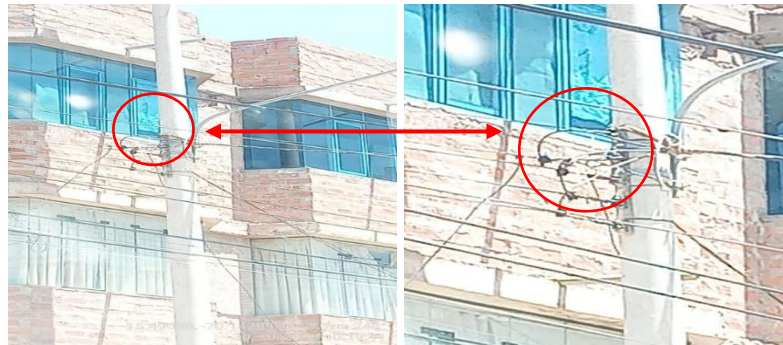


Figura N° 4.22: Conexión directa

Elaborado por el equipo de trabajo

En la figura N° 4.22, tras la fase de inspección mediante el DRONE hacia las diferentes estructuras exactamente en el poste N° 2027 – 8/200 – E1, ubicado en el Jiron. Maria Auxiliadora con coordenadas UTM: X = 0392489 y Y = 8243674, en esta ocasión se detectó una conexión clandestina lo que quiere decir que se está haciendo el uso de energía sin contar con la autorización de la concesionaria (consumo no registrado), con una conexión directa a la red tal como se puede observar.

Esto se debe a la acción de algunos usuarios, con la intención de reducir sus consumos de energía y con la finalidad de no realizar los pagos correspondientes a su consumo.

De esta manera este tipo de acciones podría llevar a una sanción severa al usuario.

A su vez trasgrede el Art. 31° inciso b) de LCE, donde indica “Conservar y mantener sus obras e instalaciones en condiciones adecuadas para su operación eficiente, de acuerdo a lo previsto en el contrato de concesión, o de acuerdo a las normas que emita el MEM, según corresponda” (Ley de Concesiones, 2014).

4.3. RESULTADOS MEDIANTE INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA

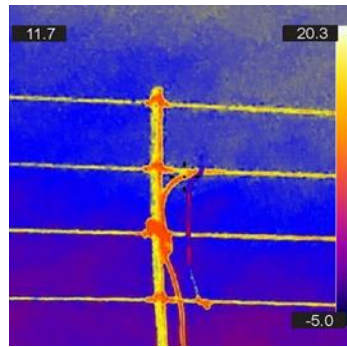


Figura N° 4.23: Punto crítico en el empalme de acometida

Elaborado por el equipo de trabajo

En la figura N° 4.23, tras la fase de inspección a las acometidas mediante la termografía perteneciente a la estructura N° 1015, ubicada en la Avenida Primavera con coordenadas UTM: X = 0392600 y Y = 8243671, se pudo detectar un punto caliente esto debido a un contacto deficiente, el cual provoca una temperatura $T = 11.7\text{ }^{\circ}\text{C}$, en un rango de $T_{\min} = -5.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $T_{\max} = 20.3\text{ }^{\circ}\text{C}$; y como resultado nos dio $\Delta T = 8.6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esto quiere decir que el punto de empalme entre la acometida y la red existe una mala conexión lo cual estaría generando una variación de temperatura tal como se puede observar, en la imagen termográfica el punto caliente solo se presenta en un extremo. Con este resultado $\Delta T = 8.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ como referencia y según “Tabla N° 2.18 clasificación de fallas eléctricas según norma NETA” su clasificación de criticidad según diferencia de temperatura, se puede clasificar la avería como clase del tipo bueno, donde quiere decir que su condición es aceptable. Esto quiere decir que se estaría cumpliendo con la norma (American National Standard, 2009). Una recomendación para realizar una inspección térmica, es que el sistema debe estar con carga total o por lo menos en el 40% de la carga normal, porque el calor generado por una conexión suelta aumenta al cuadrado la carga y las fallas se pueden apreciar.

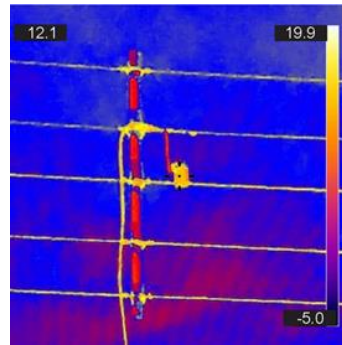


Figura N° 4.24: Punto crítico en el punto de conexión

Elaborado por el equipo de trabajo

En la figura N° 4.24, tras la fase de inspección a las acometidas mediante la termografía perteneciente a la estructura N° 2035, ubicada en el Jr. Laura Vicuña con coordenadas UTM: X = 0392452 y Y = 8243751, se pudo detectar un punto caliente esto puede ser debido al desgaste de las cintas aislantes, el cual provoco una temperatura $T = 12.1\text{ }^{\circ}\text{C}$, en un rango de $T_{\min} = -5.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $T_{\max} = 19.9\text{ }^{\circ}\text{C}$; y como resultado nos dio $\Delta T = 7.8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esto quiere decir que el punto de empalme entre la acometida y la red existe una mala conexión lo cual estaría generando una variación de temperatura tal como se puede observar, en la imagen termográfica el punto caliente solo se presenta en un extremo. Con este resultado $\Delta T = 7.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ como referencia y según “Tabla N° 2.18 clasificación de fallas eléctricas según norma NETA” su clasificación de criticidad según diferencia de temperatura, se puede clasificar la avería como clase del tipo bueno, donde quiere decir que su condición es aceptable. Esto quiere decir que se estaría cumpliendo con la norma (American National Standard, 2009). Una recomendación para realizar una inspección térmica, es que el sistema debe estar con carga total o por lo menos en el 40% de la carga normal, porque el calor generado por una conexión suelta aumenta al cuadrado la carga y las fallas se pueden apreciar.

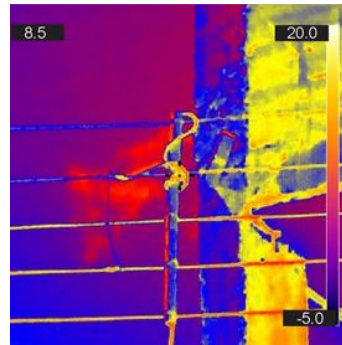


Figura N° 4.25: Punto crítico en el punto de conexión

Elaborado por el equipo de trabajo

En la figura N° 4.25, tras la fase de inspección a las acometidas mediante la termografía perteneciente a la estructura N° 2044, ubicada en el Jr. Laura Vicuña con coordenadas UTM: X = 0392437 y Y = 8243658, se pudo detectar un punto caliente esto puede ser debido al desgaste de las cintas aislantes, el cual provoco una temperatura $T = 8.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, en un rango de $T_{\min} = -5.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y $T_{\max} = 20.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$; y como resultado nos dio $\Delta T = 11.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Esto quiere decir que el punto de empalme entre la acometida y la red existe una mala conexión lo cual estaría generando una variación de temperatura tal como se puede observar, en la imagen termográfica el punto caliente solo se presenta en un extremo. Con este resultado $\Delta T = 11.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ como referencia y según “Tabla N° 2.18 clasificación de fallas eléctricas según norma NETA” su clasificación de criticidad según diferencia de temperatura, se puede clasificar la avería como clase del tipo seguimiento, donde quiere decir que su condición es deficiente. Esto quiere decir que se estaría cumpliendo con la norma (American National Standard, 2009). Una recomendación para realizar una inspección térmica, es que el sistema debe estar con carga total o por lo menos en el 40% de la carga normal, porque el calor generado por una conexión suelta aumenta al cuadrado la carga y las fallas se pueden apreciar.

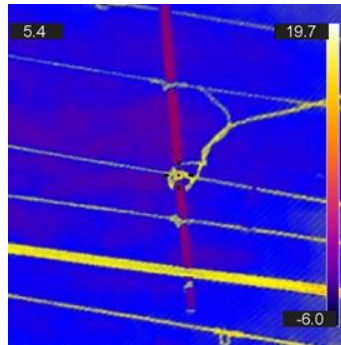


Figura N° 4.26: Punto crítico en el punto de conexión

Elaborado por el equipo de trabajo

En la figura N° 4.26, tras la fase de inspección a las acometidas mediante la termografía perteneciente a la estructura N° 1017, ubicada la Av. Primavera con coordenadas UTM: X = 0392594 y Y = 8243607, donde se pudo detectar un punto crítico debido a los defectos que presenta el aislante del conductor, el cual provoco una temperatura $T = 5.4$ °C, en un rango de $T_{min} = -6.0$ °C y $T_{max} = 19.7$ °C; y como resultado nos dio $\Delta T = 14.3$ °C. Esto quiere decir que el punto de empalme entre la acometida y la red existe una incorrecta conexión lo cual estaría generando una variación de temperatura tal como se puede observar, en la imagen termográfica el punto crítico solo se presenta en un extremo. Con este resultado $\Delta T = 14.3$ °C como referencia y según “Tabla N° 2.18 clasificación de fallas eléctricas según norma NETA” su clasificación de criticidad según diferencia de temperatura, se puede clasificar la avería como clase del tipo seguimiento, donde quiere decir que su condición es deficiente. Esto quiere decir que se estaría cumpliendo con la norma (American National Standard, 2009). Una recomendación para realizar una inspección térmica, es que el sistema debe estar con carga total o por lo menos en el 40% de la carga normal, porque el calor generado por una conexión suelta aumenta al cuadrado la carga y las fallas se pueden apreciar.

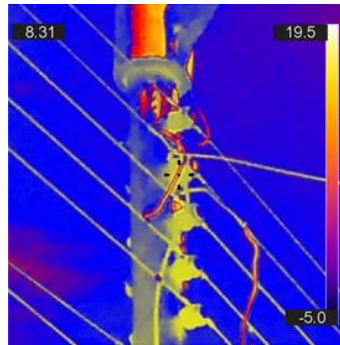


Figura N° 4.27: Problema de conexión en el punto de entrega

Elaborado por el equipo de trabajo

En la figura N° 4.27, tras la fase de inspección a las redes de distribución de energía mediante la termografía perteneciente a la estructura N° 3002, ubicada en el Jr. Víctor Raúl Haya de la Torre con coordenadas UTM: X = 0392650 y Y = 8243646, se pudo detectar una mala conexión y daños internos punto caliente esto puede ser debido al desgaste de las cintas aislantes, el cual provoca una temperatura $T = 8.31\text{ }^{\circ}\text{C}$, en un rango de $T_{\min} = -5.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $T_{\max} = 19.5\text{ }^{\circ}\text{C}$; y como resultado nos dio $\Delta T = 11.19\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esto quiere decir que la red tiene grietas en el aislante y es por eso que existe una mala conexión lo cual estaría generando una variación de temperatura tal como se puede observar, en la imagen termográfica. Con este resultado $\Delta T = 11.19\text{ }^{\circ}\text{C}$ como referencia y según “Tabla N° 2.18 clasificación de fallas eléctricas según norma NETA” su clasificación de criticidad según diferencia de temperatura, se puede clasificar la avería como clase del tipo seguimiento, donde quiere decir que su condición es deficiente. Esto quiere decir que se estaría cumpliendo con la norma (American National Standard, 2009). Una recomendación para realizar una inspección térmica, es que el sistema debe estar con carga total o por lo menos en el 40% de la carga normal, porque el calor generado por una conexión suelta aumenta al cuadrado la carga y las fallas se pueden apreciar.

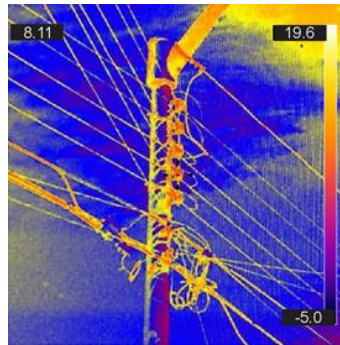


Figura N° 4.28: Punto caliente en el punto de entrega

Elaborado por el equipo de trabajo

En la figura N° 4.28, tras la fase de inspección a las redes de distribución de energía mediante la termografía perteneciente a la estructura N° 2005, ubicada en la Av. Industrial con coordenadas UTM: X = 0392704 y Y = 8243715, se pudo detectar un punto crítico esto puede ser debido a la corrosión de los conectores, el cual provoca una temperatura $T = 8.11\text{ }^{\circ}\text{C}$, en un rango de $T_{\min} = -5.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $T_{\max} = 19.6\text{ }^{\circ}\text{C}$; y como resultado nos dio $\Delta T = 11.49\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esto quiere decir que el punto crítico en la red existe una corrosión en los conectores y por ende habría una mala conexión lo cual estaría generando una variación de temperatura tal como se puede observar, en la imagen termográfica el punto crítico. Con este resultado $\Delta T = 11.49\text{ }^{\circ}\text{C}$ como referencia y según “Tabla N° 2.18 clasificación de fallas eléctricas según norma NETA” su clasificación de criticidad según diferencia de temperatura, se puede clasificar la avería como clase del tipo seguimiento, donde quiere decir que su condición es deficiente. Esto quiere decir que se estaría cumpliendo con la norma (American National Standard, 2009).

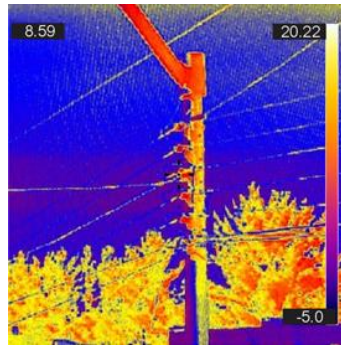


Figura N° 4.29: Conexiones de cable suelto en el punto de entrega

Elaborado por el equipo de trabajo

En la figura N° 4.29, tras la fase de inspección a las acometidas mediante la termografía perteneciente a la estructura N° 2008, ubicada en la Av. Industrial con coordenadas UTM: X = 0392697 y Y = 8243651, se pudo detectar un punto caliente esto puede ser debido a las conexiones de cables sueltos, el cual genera una temperatura $T = 8.59\text{ }^{\circ}\text{C}$, en un rango de $T_{\min} = -5.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $T_{\max} = 20.22\text{ }^{\circ}\text{C}$; y como resultado nos dio $\Delta T = 11.63\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esto quiere decir que el punto de empalme entre la acometida y la red existe una mala conexión en los cables sueltos el cual estaría generando una variación de temperatura tal como se puede observar, en la imagen termográfica el punto caliente. Con este resultado $\Delta T = 11.63\text{ }^{\circ}\text{C}$ como referencia y según “Tabla N° 2.18 clasificación de fallas eléctricas según norma NETA” su clasificación de criticidad según diferencia de temperatura, se puede clasificar la avería como clase del tipo seguimiento, donde quiere decir que su condición es deficiente. Esto quiere decir que se estaría cumpliendo con la norma (American National Standard, 2009). Una recomendación para realizar una inspección térmica, es que el sistema debe estar con carga total o por lo menos en el 40% de la carga normal, porque el calor generado por una conexión suelta aumenta al cuadrado la carga y las fallas se pueden apreciar.

4.4. DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos, aceptamos la hipótesis general que establece que con la aplicación del vehículo aéreo no tripulado (DRONE), en la inspección preventiva se evitarán las interrupciones del suministro de energía en los elementos del sistema de distribución. En donde se encontró varias irregularidades y anomalías que presentaron los componentes de la SS.EE., redes de energía y en los armados estructurales.

Nuestro resultado más significativo, fue el mayor porcentaje de anomalías registradas en el C – 2, estos fueron ocasionados por los fenómenos naturales, actos vandálicos entre otros, los cuales pueden generar los cortes de energía en el sistema de distribución de energía eléctrica. Al apreciar en la tabla N° 4.2, se consta que el 53% de los tipos de armados estructurales presentaron averías, de la misma manera en la tabla N° 4.5, se registraron que el 66% en el caso de la ferretería, accesorios y el equipo de alumbrado público presentaron anomalías.

Estos resultados guardan relación con lo que sostienen Caluña & López (2019), quienes señalan que los puntos inspeccionados visualmente y termo gráficamente presentaron diversas anomalías y que estas afectaciones se encontraban en los aisladores, postes en mal estado y herrajes oxidados. Estos autores afirman que los cortes del suministro de energía son generalmente originados por los fenómenos naturales. Ello es acorde con lo que en este estudio se halló.

Del mismo modo, estamos de acuerdo con Espinoza (2016), Matias Rodriguez (2017), Cardona de la Rosa (2018), mencionan que estas herramientas de trabajo facilitan las labores de inspección en términos de seguridad, rapidez y calidad. Las tareas de inspección sobre las estructuras, mediante el VANT estas proporcionan imágenes digitales / térmicas y videos son una información más certera. Lo cual nos garantiza que



pueden ser introducidos en todas las áreas de la electricidad, ya sea generación, transmisión o distribución, en donde la inspección preventiva es una labor necesaria para mantener el rendimiento y evitar detenciones por fallas en el sistema de distribución.

De la misma manera se concuerda con León (2018), al afirmar que la inspección basada en la termografía en líneas de alta y media tensión son más rápidos, sencillos, seguros y menos costosos comparado con los métodos convencionales para las empresas mediante el uso de los hexacópteros. Así también Segura Requejo (2018), es coherente en considerar que el drone podrá monitorear zonas de difícil acceso evitando así que el personal se exponga directamente al contacto con los componentes cargados de electricidad, reduciendo el tiempo y teniendo un registro de imágenes termográficas y digitales aéreas para posteriores informes.

Del mismo modo compartimos la idea de (Sepúlveda et al., 2017) en su tesis titulado “Modelo metodológico para realizar mantenimientos predictivo y preventivo por medio de drones en el sistema de transmisión regional en el municipio de Guatapé”; da a conocer que la inspección anticipa al deterioro o desgaste de los elementos, minimizan la posibilidad de originar fallos mayores en el proceso de transmisión de energía. Y sobre la utilización de la tecnología de los drones complementada con las cámaras termográficas es de gran utilidad en la prevención de fallas, disminución de costos, confiabilidad en el sistema y lo más importante la prevención de accidentes, es por eso que este sistema se hace altamente confiable para la detención de futuros daños que no son visibles a simple vista y desde una sola posición, el uso de esta tecnología es valiosa ya que disminuye en 0% los accidentes asociados a los mantenimientos debido a las características de ser un robot el que los realiza.



Por otro lado, se vio que el uso de aeronaves no tripuladas (DRONE) en el sector eléctrico suponen una nueva técnica de inspección en el modo de realizar revisiones a las instalaciones eléctricas, además de reducir riesgos, optimizar los costos y tiempos de ejecución, ganando en eficiencia.

De acuerdo a los artículos científicos de ingeniería las labores de inspección con los VANT han demostrado que el tiempo de 3 horas en la detección de fallas se reduce a 20 minutos, también el costo de operación se ha reducido en un 50% respecto a los métodos tradicionales, lo cual puede ser muy beneficioso para las empresas distribuidoras.

En este trabajo se concuerda con (Matias Rodriguez, 2017) en donde concluye que un dron DJI Phantom 4, en su amplia gama de cámaras son adaptables desde una cámara convencional que permite tomar videos y fotografías en alta resolución hasta las cámaras termográficas que permiten vistas aéreas involucrando estados de calor, en donde los colores tienen sus propias significancias, los colores de azul son las partes más frías, las de color rojo las más calientes y los colores intermedios son de mediana temperaturas como el amarillo y naranja.



V. CONCLUSIONES

PRIMERO: El uso del vehículo aéreo no tripulado (DRONE), entrega una mejor calidad de información, proporcionando imágenes visuales/térmicas y videos en alta definición en tiempo real mucho mejor de las técnicas convencionales, lo cual permite una mayor agilidad en la toma de decisiones.

SEGUNDO: Con el uso del vehículo aéreo no tripulado (DRONE), los trabajos son más eficientes respecto a los trabajos tradicionales. Con la aplicación de esta herramienta de trabajo los trabajos serán más rápidos que los trabajos convencionales.

TERCERO: Con la aplicación del VANT, se brinda mayor seguridad en las operaciones de inspección, ya que evitan determinados riesgos asociados a las actividades de alta peligrosidad. A su vez reduce el número de accidentes que se podrían ocasionar al personal operario, en casos de la detección de averías en el sistema.

CUARTO: Con la aplicación del VANT, se aumenta la productividad en la revisión y detección de anomalías ya que, al utilizar la termografía, fotografía y video al mismo tiempo, permite realizar un servicio exhaustivo a menor costo, esto genera el ahorro de los costos de mantenimiento al sistema.



VI. RECOMENDACIONES

PRIMERO: Se recomienda realizar estudios sobre la utilización de drones complementadas con cámaras termográficas los cuales son de gran utilidad en la detección de puntos calientes, de esta manera hace que el sistema sea altamente confiable para la detención de futuras averías que no sean visibles a simple vista.

SEGUNDO: Se recomienda realizar estudios sobre la implementación de estabilizadores que consisten en un sistema de suspensión y brazo recto con soporte para la cámara y que a su vez se encargan de compensar la vibración de las cámaras en la toma de imágenes digitales y termográficas.

TERCERO: Se recomienda realizar estudios de investigación sobre baterías de mayor capacidad para mejorar el tiempo de autonomía de vuelo y a su vez deben ser ligeros estos permitirán un vuelo continuo por lapsos de tiempo mayores.

CUARTO: Se recomienda realizar estudios de investigación de este tipo, enfocándose en la aplicación de la tecnología en el sector eléctrico, a fin de continuar mejorando y optimizando los trabajos de inspecciones.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American National Standard, A. (2009). *Standard for Acceptance Testing Specifications for Electrical Power Equipment and Systems* (AMERICAN N).
<http://www.iemworldwide.com/pdf/ansi-neta-ats-2009.pdf>
- Bustamante, W., Velázquez, J., & Ontiveros, R. (2016). Uso y Manejo de Drones con Aplicaciones al Sector Hídrico. In *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*.
<https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2020/02/LibroDronesIMTA2016.pdf>
- Caluña, E., & López, D. (2019). *Aplicación de Técnicas Predictivas en Aisladores Inspección Visual, Efecto Corona y Termografía en Líneas de Subtransmisión de la Zona Costera del País para Establecer un Plan de Mantenimiento y Evaluación Técnica - Económica* [UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS].
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/20657>
- Cardona de la Rosa, J. M. (2018). Diseño de Integración del Equipo Utilizado para Análisis y Mantenimiento Preventivo de Redes Eléctricas de Alta y Media Tensión en Guatemala, para su Uso en Vehículos Aéreos No Tripulados y su Estudio Económico [UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA]. In *Guatemala*. <http://emecanica.ingenieria.usac.edu.gt/sitio/wp-content/subidas/6ARTÍCULO-III-INDESA-SIE.pdf>
- Carrasco, A. (2018). *Propuesta de un Sistema de Evación de Obstáculos para un Drone Aplicado a la Inspección en Redes de Distribución y Transmisión para la Empresa Eléctrica Riobamba S.A.* [ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10821>
- Código Nacional de Electricidad, M. (2011). *Código Nacional de Electricidad - Suministro 2011* (Issue Suministro 2011).



- <http://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2011/Mayo/05/RM-214-2011-MEM-DM.pdf>
- Congreso de La República. (2018). LEY N° 30740. *El Peruano*, 36, 4–5.
- <http://www.elperuano.com>
- Delia, I. C. (2018). Metodología de Investigación para Estudiantes de Posgrado en Ingeniería. *Metodología de Investigación, 1ra. Edici*, 1–68.
- https://www.researchgate.net/publication/332652994_METODOLOGIA_DE_INVESTIGACION_PARA_ESTUDIANTES_DE_POSGRADO_EN_INGENIERIA
- DGE, D. de E. y Mi. (2011). Decreto Supremo N° 020-97-EM. *Normas Técnicas de Los Servicios Eléctricos*, 1–61.
- https://www.osinergmin.gob.pe/cartas/documentos/electricidad/normativa/NTCSE_DS020-97-EM.pdf
- Escamila Nuñez, R. (2010). Diseño , Construcción , Instrumentación y Control de un Vehículo Aéreo No Tripulado (UAV) [INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL]. In *Mexico*. <http://repositorio.ucv.edu.pe>
- Espinoza, C. (2016). *Vehículos Aéreos No Tripulados para la Inspección de Líneas Eléctricas de Alta Tensión* [UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE].
- <https://vsip.info/drones-en-la-industria-de-energia-electrica-pdf-free.html>
- Gas Natural Fenosa, G. (2018). *CASO DE ÉXITO CON GAS NATURAL FENOSA*. 23/02/2018. <https://hemav.com/caso-exito-gas-natural-fenosa/>
- Gobierno de España, M. de F. (2018, March). Plan Estratégico para el Desarrollo del Sector Civil. *El Sector Civil de Los Drones, Una Visión de Conjunto*, 1–72.
- <https://fliphtml5.com/auva/oiec/basic/51-100>
- Ing. Borja, M. (2016). Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros.



- Metodología de La Investigación, 3ra. Edici*, 1–38.
https://www.academia.edu/33692697/Metodología_de_Investigación_Científica_para_ingeniería_Civil
- Ing. Ghia, A., & Dr. Rosso, A. (2013). Reducción de Pérdidas en Sistemas de Transmisión y Distribución. *Beneficios Económicos y Ambientales*, 1–34.
[https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1898/2/01 Perdidas en distribucion.pdf](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1898/2/01%20Perdidas%20en%20distribucion.pdf)
- Instituto Geográfico Nacional, I. (2020). *Catalogo de Productos y Servicios*. Internet.
<https://www.ign.gob.pe/catalogo-de-productos-y-servicios/>
- León, H. (2018). *Diseño de Hexacóptero Autónomo para Mantenimiento en Líneas Eléctricas* [PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ].
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/12407>
- Ley de Concesiones, D. (2014). *Ley de Concesiones Eléctricas y Reglamento Decreto Ley N° 25844 y Decreto Supremo N° 009-93-EM*.
https://www.peru.gob.pe/docs/PLANES/13049/PLAN_13049_2014_Normatividad_LCE_y_RLCE.pdf
- Matias Rodriguez, H. E. (2017). Gestión del Mantenimiento Predictivo/Preventivo para la Subestación MARCO JUAREZ de 25/38 MVA, 230/13.2 kV, Bajo los Requerimientos de la Norma NTDOST, en Escuintla [UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA]. In *Escuintla - Guatemala*.
<http://repositorio.ucv.edu.pe>
- Mendoza, A. (2012). Montaje de redes eléctricas aéreas de baja tensión. *IC Editorial, 3ra. Edici*, 18–32. <https://doi.org/9788415670520>
- Ministerio de Energía y Minas, M. (2003). Soportes Normalizados para Redes



- Secundarias. *Dirección Ejecutiva de Proyectos, Sección 2*, 1–28.
http://docs.seace.gob.pe/mon/docs/procesos/2007/000043/000107_LP-1-2007-GR_LAMB-BASES INTEGRADAS.pdf
- Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, M. (2015). *Código Civil* (16th ed.).
<https://notaris.pe/codigo-civil-peruano-actualizado-pdf/>
- MSc. Ing. Chuquimbalqui, W. (2020). Maestría en Ciencias de la Ingeniería Mecánica Eléctrica. *Ingeniería Del Mantenimiento*, 1–47. <http://www.posgradounap.pe>
- Muñoz, C. (2012). Pérdidas en Distribución de Energía Eléctrica. *Ciencia y Tecnología*, 1–11. [https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1898/2/01 Perdidas en distribucion.pdf](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1898/2/01%20Perdidas%20en%20distribucion.pdf)
- Neita, L., & Peña, E. (2011). *Principios Básicos de la Termografía Infrarroja y su Utilización como Técnica para Mantenimiento Predictivo* [UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA].
http://biblioteca.upbbga.edu.co/docs/digital_20999.pdf
- Norma DGE, M. (2003a). *Especificaciones Técnicas de Montaje de Líneas y Redes Primarias para Electrificación Rural*.
<http://170.239.103.151/files/normaslegales/rd016-2003-EM.pdf>
- Norma DGE, M. (2003b). *Especificaciones Técnicas para el Suministro de Materiales y Equipos de Líneas y Redes Primarias para Electrificación Rural*.
<http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/legislacion/dispositivos/rd026-2003-EM.pdf>
- Ordoñez, J., & Nieto, L. (2010). *Mantenimiento de Sistemas Eléctricos de Distribución*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL.
- Pablo Ruipérez, M. (2015). Diseño y Fabricación de un DRON [UNIVERSIDAD



- POLITÉCNICA DE VALENCIA]. In *Valencia - Colombia*.
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/73170/RUIPÉREZ - Diseño y fabricación de un dron mediante impresión 3D.pdf?sequence=5>
- Phantom 4 Pro, D. (2017). *Visionary Intelligence, Elevated Imagination*. Ciencia y Tecnología. <https://www.dji.com/phantom-4-pro>
- Reinoso, R. (2015). Aplicaciones al Mantenimiento de Líneas Eléctricas. *Los Drones y Sus Aplicaciones a La Ingeniería Civil, Ira. Edici*, 175–184.
<https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2015/03/Los-Drones-y-sus-Aplicaciones-a-la-Ingenieria-Civil-fenercom-2015.pdf>
- Rentería, A. (2001). *Determinación de los Costos de las Interrupciones en Consumidores Residenciales* [ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL].
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8329>
- Segura, M. (2018). *Diseño de Estructura Soporte de Cámara Termográfica de un Drone - Hexarotor para Optimizar Tiempo de Inspección de Sistemas de Distribución Eléctrica - Herzab - S.A.C*. [UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO].
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/31664>
- Segura Requejo, M. (2018). *Diseño de Estructura Soporte de Cámara Termográfica de un Drone - Hexarotor para Optimizar Tiempo de Inspección de Sistemas de Distribución Eléctrica - Herzab S.A.C* [UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO]. In *Chiclayo - Perú*. <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/31664>
- Senamhi, S. (2020). Datos Meteorológicos Puno. *Internet*, 1–7.
<https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=puno&p=estaciones>
- Sepúlveda, R., Agudelo, I., & Casas, J. (2017). *Modelo Metodológico para Realizar Mantenimientos Predictivo y Preventivo por medio de Drones en el Sistema de*



- Transmisión Regional en el Municipio de Guatapé [CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS]*. <http://repository.uniminuto.edu>
- Sumper, A., Sudrià, A., Ramirez, R., Villafáfila, R., & Chindris, M. (2017). Índices de Continuidad en Redes de Distribución y su Mejora. *Hispano Luso, 9no. Congr*, 1–6.
http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:ap_F_VZjYt8J:scholar.google.com/
- Transelec. (2016). *UNA MIRADA INNOVADORA AL MANTENIMIENTO DE LÍNEAS DE ALTA TENSION*. 13/12/2016. <https://www.transelec.cl/una-mirada-innovadora-al-mantenimiento-de-lineas-de-alta-tension/>
- Trimble UX5, D. (2013). *UAS para Cartografía Aérea Fotogramétrica*. Ciencia y Tecnología. <https://www.dronesdrones.com/products/trimble-ux5/>



ANEXOS

Anexo 1 Formato de solicitud

FORMATO DE SOLICITUD DE REGISTRO DE DATOS DE RPAS

Lima,

Sres.
Dirección General de Aeronáutica Civil
Dirección de Certificaciones y Autorizaciones

Por medio del presente documento, declaro ser propietario de un RPAS de acuerdo a los datos que suscribo a continuación y en virtud de ello solicito la emisión de la tarjeta de registro correspondiente:

1. Datos del solicitante: _____
Nombre completo del propietario: _____
Número de DNI: _____
Dirección: _____
Teléfono: _____, correo electrónico: _____

2. Información técnica del RPAS:

Marca: _____; Modelo: _____
País de fabricación: _____, Número de serie: _____
Tipo de motores: _____, Cantidad de motores: _____
Frecuencia de control: _____ Hz, Masa (peso) máxima de despegue: _____ Kg.
Autonomía: _____ minutos.

Descripción del equipamiento incorporado:

Equipo	Disponible (sí) (no)	Marca/Tipo
GPS		_____
Paracaídas de emergencia		_____
Cámara de video		_____
ATC transponder		_____

Otros equipos incorporados (detallar): _____

Documentación adjunta:

- Copia simple de la partida registral actualizada o del certificado de vigencia de la sociedad, si es persona jurídica.
- Copia simple del documento en el que conste el poder otorgado al representante que formula la solicitud con la constancia actualizada de su inscripción registral o de ser el caso, copia de la carta poder correspondiente, si es persona jurídica.
- Copia digital del manual de operación del RPAS (aeronave y sistema de control).
- Fotografía del RPAS en formato jpg.

Atentamente,
(Nombre del solicitante)
(Firma del solicitante)



Anexo 2 Declaración jurada simple de solicitante de acreditación

DECLARACIÓN JURADA SIMPLE

DE SOLICITANTE DE ACREDITACIÓN TRANSITORIA DE OPERADOR / PILOTO DE RPAS

Sres.

Dirección General de Aeronáutica Civil

Dirección de Certificaciones y Autorizaciones

Por medio del presente documento suscrito en la ciudad de _____,

En la fecha (día/mes/año) ____/____/____; yo (nombres y apellidos completos)

_____, de profesión/ocupación

_____, domiciliado en _____

_____, distrito de _____, provincia de _____,

departamento de _____, DECLARO BAJO JURAMENTO que:

1. Puedo leer, escribir, hablar y comprender el idioma español.
2. He recibido instrucción teórica y práctica para operar el RPAS modelo _____
_____, de (nombre y apellidos del piloto instructor)
_____, con acreditación de piloto RPAS o licencia
emitida el (fecha) ____ de ____ de 20____, en (nombre del aeroclub o CIAC)
_____ en el distrito de _____, provincia de
_____, departamento de _____.
3. No conozco que adolezca de alguna condición física o mental que pueda interferir con la operación segura de un RPAS.
Estoy enterado de que deberé cumplir con las limitaciones de operación establecidas en el párrafo 8 sub párrafo (c) de esta Norma y con las siguientes obligaciones:
4. Conducir una inspección de pre-vuelo antes de cada operación, para asegurar que el RPAS (la aeronave y su estación de control) esté en condiciones seguras para operar; la inspección debe comprender la verificación de que el mantenimiento previo del RPAS se haya cumplido conforme a lo que establece el manual del fabricante.
5. Registrar la inspección de pre-vuelo por escrito, en forma correlativa, fechada y firmada, o en formato digital aprobado por la DGAC.
6. Conservar dicho registro por un período mínimo de dos años posteriores al vuelo y hacerlo accesible a ser supervisado por la DGAC.
7. Reportar, los meses de mayo y noviembre vía correo electrónico, la totalidad de vuelos realizados en el semestre, según formato digital que estará publicado en la página web de la DGAC.
8. Reportar a la DGAC, en caso de accidente por operación que resulte en lesiones a personas o daño a la propiedad, dentro de las 72 horas siguientes.
9. Facilitar a la DGAC, a solicitud de ésta -para inspección o prueba- el RPAS y toda la documentación asociada.
10. Presentar y registrar una evaluación de riesgo para los casos de operaciones en zonas urbanas y en la vecindad de aeródromos, prescritos en el párrafo 8 subpárrafo h) de la referida NTC.

Atentamente,

(Nombre del solicitante)

(Firma del solicitante)



Anexo 3 Declaración jurada simple de responsabilidad solidaria

DECLARACIÓN JURADA SIMPLE DE RESPONSABILIDAD SOLIDARIA

Por medio del presente documento suscrito en la ciudad de _____, en la fecha
_____ de _____ de _____; yo _____
_____, de profesión/ocupación _____, domiciliado en _____

por mí mismo / en representación de _____ Empresa
del sector de _____ domicilio en _____

DECLARO / DECLARAMOS BAJO JURAMENTO que asumo / asumimos solidariamente la
responsabilidad civil o penal que pudiera derivarse de las operaciones que se efectúen mediante el uso de
sistema(s) de aeronave(s) pilotadas a distancia RPAS, registradas en la DGAC con tarjeta de registro
número _____,
cuyo propietario es _____.

(Nombre del solicitante)

(DNI)

(Firma del solicitante)

(Nombre del operador)

(DNI)

(Firma del operador)



Anexo 4 Formato de solicitud de autorización

FORMATO DE SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN Y ANÁLISIS DE RIESGO PARA UNA OPERACIÓN DE SISTEMA DE AERONAVE PILOTADA A DISTANCIAS EN ZONAS URBANAS O EN LA VECINDAD DE AERÓDROMOS

1. Número correlativo del formato de evaluación de riesgo: _____, total de páginas: _____
2. Resolución que califica la operación de interés público _____
3. Número de tarjeta de registro del RPAS _____
4. Fecha y hora de la operación: Día: _____ mes: _____ año: _____
5. Para operación en la vecindad de aeródromos, adjuntar copia del “Protocolo de Seguridad de Uso de RPAS para el Control de peligro Aviario”, aprobado por el explotador del aeródromo.

Descripción y delimitación de la zona de operación:

6. Coordenadas: S: _____ W: _____; S: _____ W: _____;
S: _____ W: _____; S: _____ W: _____.
7. Referencias de ubicación: _____
8. Distrito: _____ Provincia: _____ Departamento: _____

Datos del operador responsable:

9. Nombre de la Entidad responsable de la operación: _____
10. Dirección de la Entidad solicitante: _____
11. Nombre del funcionario responsable de la Entidad operadora: _____
12. Nombre del operador/piloto solidariamente responsable: _____

Evaluación del riesgo (seguir los lineamientos del Documento 9859, “Manual de gestión de la seguridad operacional” de la Organización de aviación Civil Internacional; capítulo 5, publicado en: http://www.mtc.gob.pe/transportes/aeronautica_civil/sistema_gestion/documentos/SMS/DOC%209859_cons_cs%20OACI.pdf; y la Circular de Asesoramiento CA 11-305-2014, párrafo 7.2:

http://www.mtc.gob.pe/transportes/aeronautica_civil/normas/documentos/circulares2/2014/CA_11_305_2014_Analisis_riesgo_sobre_metodos_alternos_de_exencions_corregido.pdf

Deberá agregarse páginas adicionales numeradas, cuando se requiera espacio adicional:

13. Identificación de los peligros (equipo, procedimientos, organización, presencia de obstáculos, proximidad de personas):
14. Análisis de riesgo (probabilidad y severidad):
15. Evaluación del riesgo y tolerabilidad:
16. Control/mitigación del riesgo [aplicación de defensas (tecnología, reglamentos, entrenamiento)]:

17. Conclusión:

Los que suscriben declaran, en virtud de la gestión de riesgo realizada, que (marcar el casillero que corresponda):

Es posible realizar la operación en condiciones seguras

No es posible realizar la operación en condiciones seguras

Fecha: _____

(Nombre de la entidad/empresa solicitante)
(Firma del funcionario responsable)

(DNI)

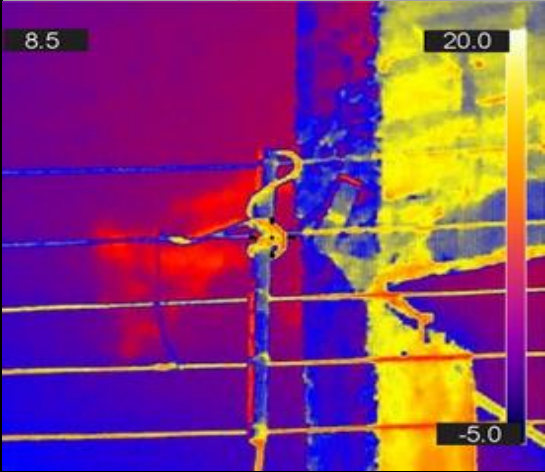

(Nombre del operador/piloto)
(Firma del operador/piloto)

(DNI)

Anexo 5 Acta de inspección en buen estado

ACTA DE INSPECCIÓN					
SED : 0105301		FECHA : 07/09/2020			
DIRECCIÓN : Urb. La Rinconada		HORA INIC : 10:17:32			
COORDENAD : X = 0392649		HORA FIN : 10:18:04			
AS UTM Y = 8243713					
DATOS DE LA SUBESTACIÓN					
NIVEL DE TENSIÓN	POTENCIA	TIPO DE SS.EE.	Nº DE CIRCUITO	TIPO DE ESTRUCTURA	Nº DE ESTRUCTURA
<input type="checkbox"/> BT 220 V	<input type="checkbox"/> 75 KVA	<input checked="" type="checkbox"/> STB	<input checked="" type="checkbox"/> C-1	<input type="checkbox"/> E1	<input type="checkbox"/> E4
<input checked="" type="checkbox"/> BT 380/220 V	<input type="checkbox"/> 100 KVA	<input type="checkbox"/> SAM	<input type="checkbox"/> C-2	<input type="checkbox"/> E2	<input type="checkbox"/> E5
<input type="checkbox"/> BT 440/220 V	<input checked="" type="checkbox"/> 160 KVA		<input type="checkbox"/> C-3	<input type="checkbox"/> E3	<input type="checkbox"/> Ninguna
MATERIALES Y EQUIPOS					
INSTRUMENTO	MODELO	MARCA	AÑO		
Drone	Pro V2	Phantom 4	2017		
CARACTERÍSTICAS					
Imagen Térmica			Imagen Visual		
TABLA DE VALORES			INFORMACIÓN GENERAL		
Método de Inspección:	Termografía		Método de Inspección:	Digital	
Dirección:	Av. Primavera		Dirección:	Av. Primavera	
Información	Valores		Información	Valores	
T. Max °C	20.3		Nombre del archivo	IMG-20200625-WA0041	
T. Min °C	-5.0		Emisividad	0.95	
T. Prom. °C	7.65		Humedad relativa (%)	68	
T. °C	11.7		Temperatura ambiente (°C)	20.3	
ΔT °C	8.6		Distancia al objeto (m)	1.74	
Resolución IR	162x160		Clasificación según NETA	Bueno	
Precisión	2% o 2°C		Resolución IR	1920x1080	
Coordenadas UTM:	X = 0392600		Precisión	2% o 2°C	
	Y = 8243671		Coordenadas UTM:	X = 0392600	
				Y = 8243671	
Nombre: _____ Código: Empresa:			ANÁLISIS Y RECOMENDACIONES		
			1.- El elemento inspeccionado se encuentra en buen estado		
			2.- La ΔT indica un estado normal de operación		
			3.- Deben tomar medidas correctivas en la siguiente inspección		

Anexo 6 Acta de inspección

ACTA DE INSPECCIÓN							
SED : 0105301				FECHA : 10/09/2020			
DIRECCIÓN : Urb. La Rinconada				HORA INIC : 09:01:52			
COORDENAD : X = 0392649				HORA FIN : 09:02:09			
AS UTM : Y = 8243713							
DATOS DE LA SUBESTACIÓN							
NIVEL DE TENSIÓN	POTENCIA	TIPO DE SS.EE.	Nº DE CIRCUITO	TIPO DE ESTRUCTURA		Nº DE ESTRUCTURA	
() BT 220 V	() 75 KVA	(x) STB	() C-1	(x) E1	() E4	Código	2044
(x) BT 380/220 V	() 100 KVA	() SAM	(x) C-2	() E2	() E5		
() BT 440/220 V	(x) 160 KVA		() C-3	() E3	() Ninguna		
MATERIALES Y EQUIPOS							
INSTRUMENTO	MODELO	MARCA	AÑO				
Drone	Pro V2	Phantom 4	2017				
CARACTERÍSTICAS							
Imagen Térmica				Imagen Visual			
							
TABLA DE VALORES				INFORMACIÓN GENERAL			
Método de Inspección:		Termografía		Método de Inspección:		Digital	
Dirección:		Jr. Laura Vicuña		Dirección:		Jr. Laura Vicuña	
Información		Valores		Información		Valores	
T. Max °C		20		Nombre del archivo		IMG-20200625-WA0045	
T. Min °C		-5.0		Emisividad		0.95	
T. Prom. °C		7.5		Humedad relativa (%)		68	
T. °C		8.5		Temperatura ambiente (°C)		20	
ΔT °C		11.5		Distancia al objeto (m)		1.32	
				Clasificación según NETA		Seguimiento	
Resolución IR		162x160		Resolución IR		1920x1080	
Precisión		2% o 2°C		Precisión		2% o 2°C	
Coordenadas UTM:		X = 0392452		Coordenadas UTM:		X = 0392437	
		Y = 8243751				Y = 8243658	
Nombre: _____ Código: Empresa:				ANÁLISIS Y RECOMENDACIONES 1.- El elemento inspeccionado requiere un seguimiento 2.- La ΔT indica una probable deficiencia 3.- Se requiere programar medidas correctivas			

Anexo 7 Cortes de servicio público

Cajamarca, lunes 25 de enero de 2010

Pueblos se quedan sin luz eléctrica

Más de 12 días sin alumbrado público y apagones permanentes de servicio domiciliario generan terribles problemas a la población.

Los permanentes cortes de fluido eléctrico sin previo aviso generan un terrible problema, entre los moradores de los pueblos del valle Jaquiquipa, que agude de dejarlos sin luz eléctrica obligados en sus capangas electrodomésticos; denunciaron los afectados de esta zona de la región Cajamarca.

Los quejidos señalan que reciben un pésimo servicio de Hidrandina, ya que los cortes de fluido eléctrico son permanentes, sin que hasta la fecha haya explicación alguna de los representantes de la empresa de la luz, ni la intervención de los organismos protectores de los derechos de los usuarios como Osmeregión para sancionar el pésimo servicio ni defender a los pobladores afectados.

CORTE TOTAL
Los moradores del centro poblado de Lallías (frente de Chávez, provincia de Contumaza) se quedaron sin fluido eléctrico público y domiciliario desde el martes 12 de enero de 2010 a las 7:00 p.m. (aproximadamente), tras la caída de un poste de luz, generado por un volquete de una de las empresas contratistas de Conavías que labora en el mejoramiento de la carretera a la Costa.

CLARIDAD
Los moradores del pueblo de Lallías afirman que los apagones en las noches permite el accionar delincuencias en las viviendas de todos los pueblos.

Los quejidos pobladores de Lallías señalan que el conductor del volquete habría derribado inicialmente con su unidad un poste de luz en el caserío de la Métrica, para luego derribar un segundo poste en el centro poblado de Lallías. Según los denunciantes, el conductor estaba mareado y conduciendo el volquete de una de las empresas contratistas de Conavías con la tova levantada, con la que enganchó los cables eléctricos y derribó el poste dejando en total tinieblas a la población.

Tras el apagón total, el servicio domiciliario se restableció el miércoles 13 de enero, después de 24 horas sin fluido eléctrico, manteniéndose el corte de servicio público hasta la fecha, aunque se haya recibido ningún comunicado de parte de la empresa Hidrandina.

OTRO APAGÓN
Los moradores de Lallías denunciaron que el viernes 22 de enero a las 6:10 p.m. (aproximadamente) se produjo otro corte de fluido eléctrico domiciliario sin ningún aviso, dejándolos en servicio hasta las 2:00 p.m. del sábado 23 de enero.

Los moradores aseguran que a pesar de ese pésimo servicio que brinda Hidrandina, los recibos siguen con los mismos montos todos los meses, por lo que hicieron un llamado a los representantes de Osmeregión para que intervengan en defensa de los derechos de los usuarios, ya que la irresponsable empresa nunca considera los períodos que no brinda servicio al momento de emitir los recibos cobrados.

COMERCIALES SE QUEDAN POR CORTES REPENTINOS DE SERVICIO ELÉCTRICO
Hidrandina, las contratistas de la red de distribución eléctrica de los comercios y viviendas de la zona de Lallías se vieron afectados por los cortes de servicio eléctrico que se produjeron el sábado 23 de enero. Los comerciantes se quedaron sin luz eléctrica por los cortes de servicio eléctrico que se produjeron el sábado 23 de enero. Los comerciantes se quedaron sin luz eléctrica por los cortes de servicio eléctrico que se produjeron el sábado 23 de enero.

LLAVE EXPLOTÓ
Comerciantes se quedaron a oscuras

Origenó malestar a vendedores

FOTO: NILO VILLA

Anexo 8 Sanción a la empresa por cortes de energía



PORTAL JULIAQUEÑO - PUNO



5 horas • 🌐

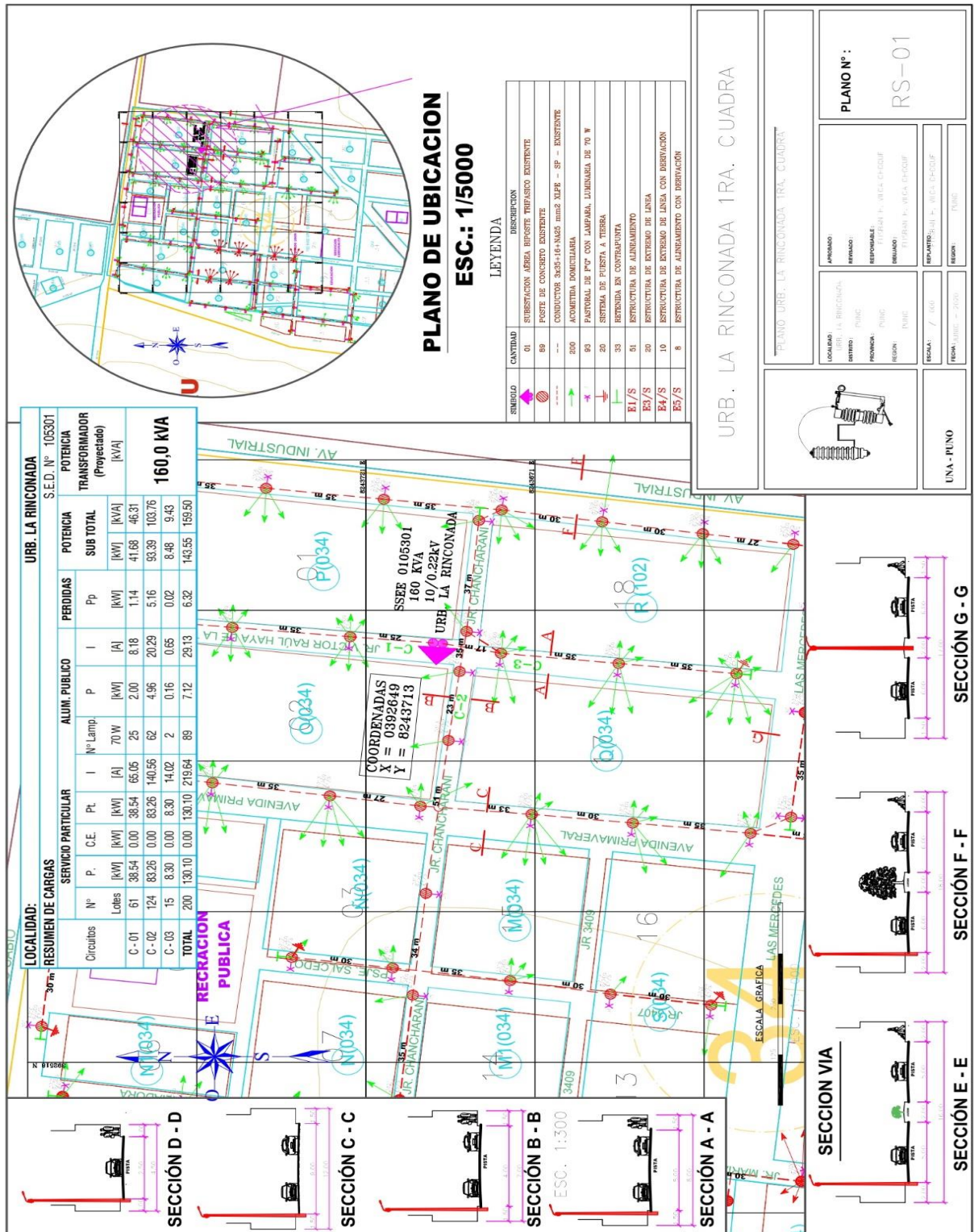
#ELECTRO_PUNO FUE MULTADA HASTA POR 5 MILLONES POR CORTES DE ENERGÍA

El Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN) multó hasta por 5 millones de soles a Electro Puno, por los cortes de energía eléctrica.

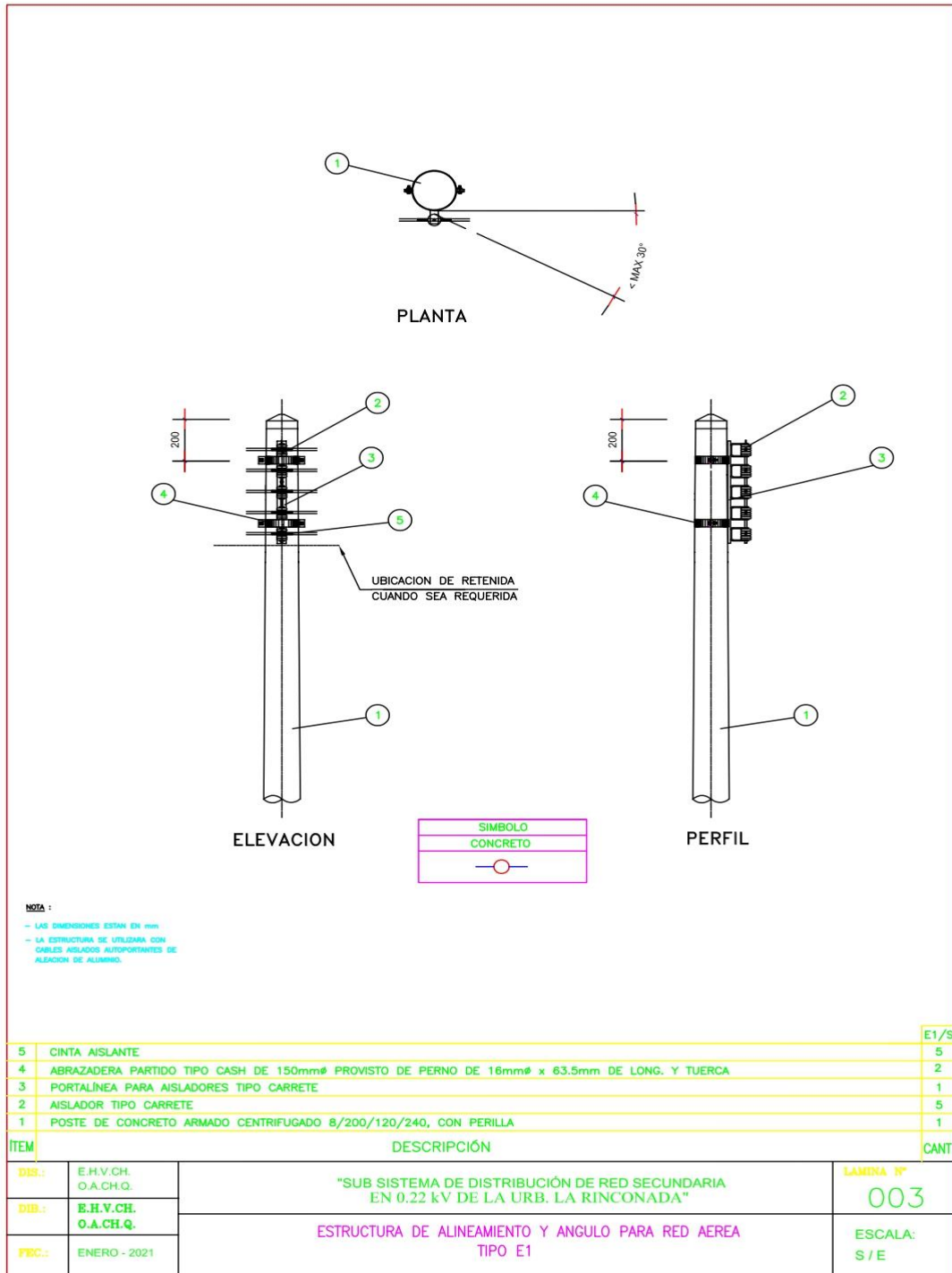
Sin embargo, estas multas que devienen de varios años atrás, a la fecha no habrían sido efectivizadas.



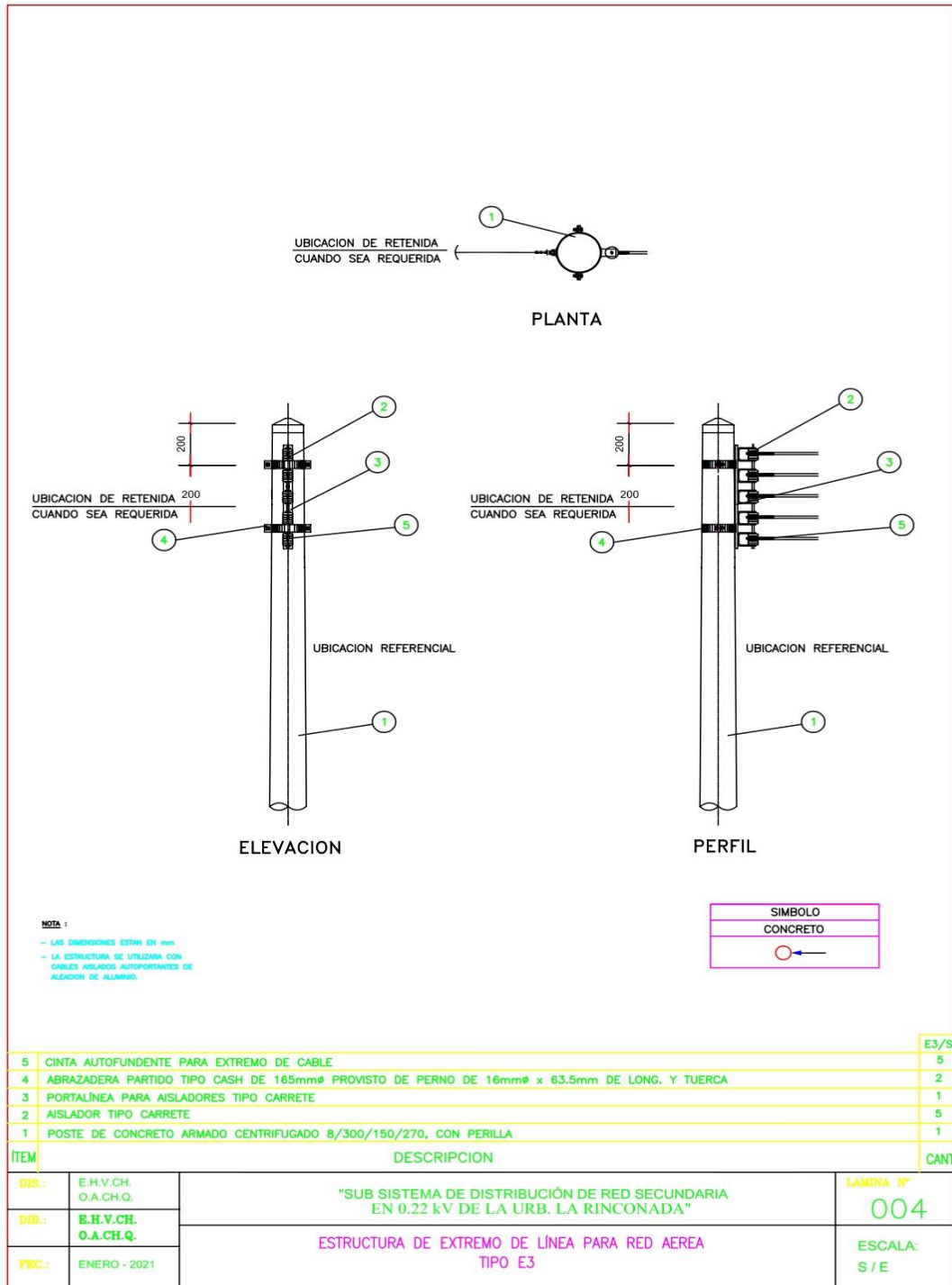
Anexo 9 Plano de ubicación



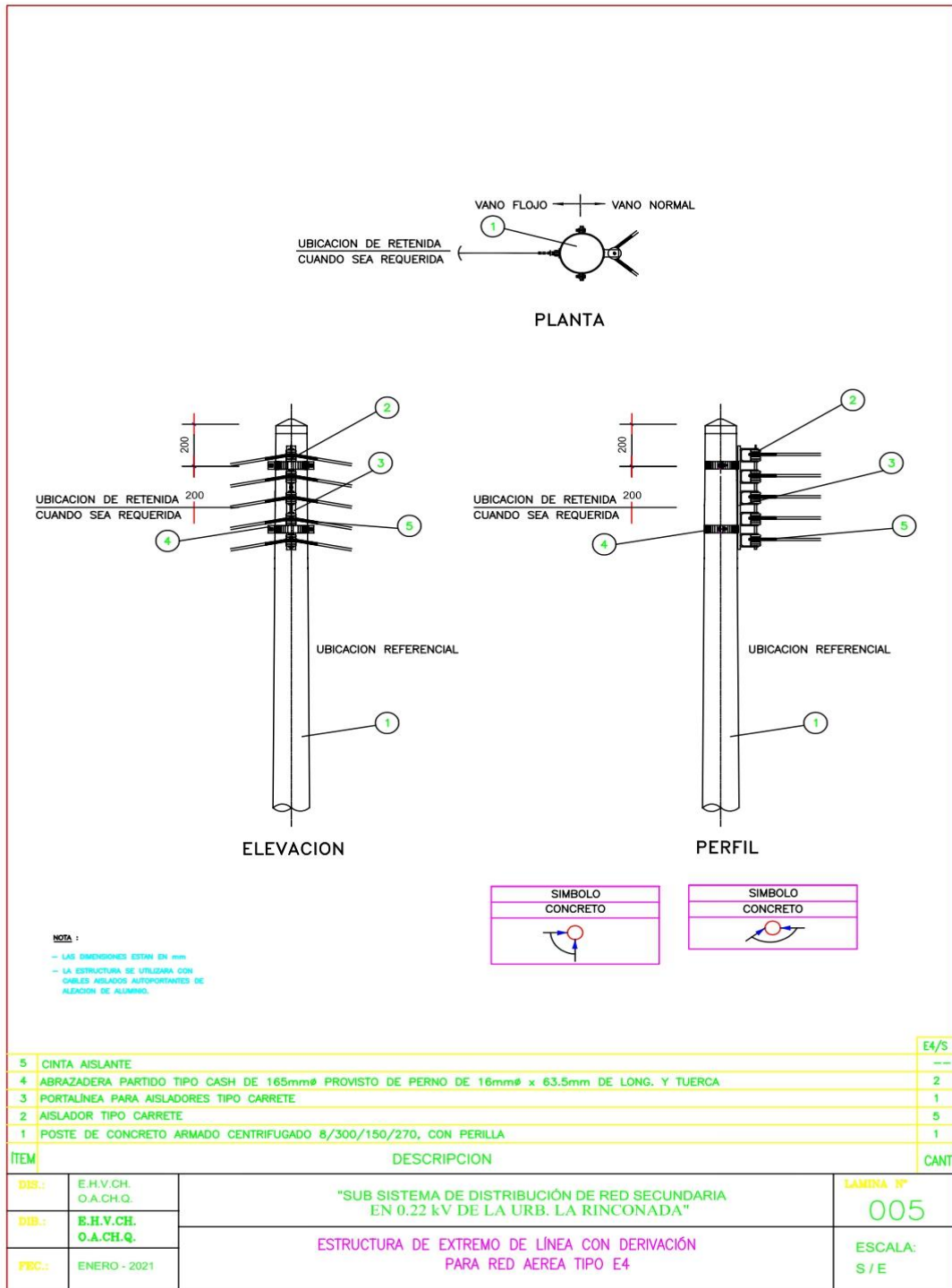
Anexo 11 Estructura de alineamiento y ángulo para red aérea tipo E1



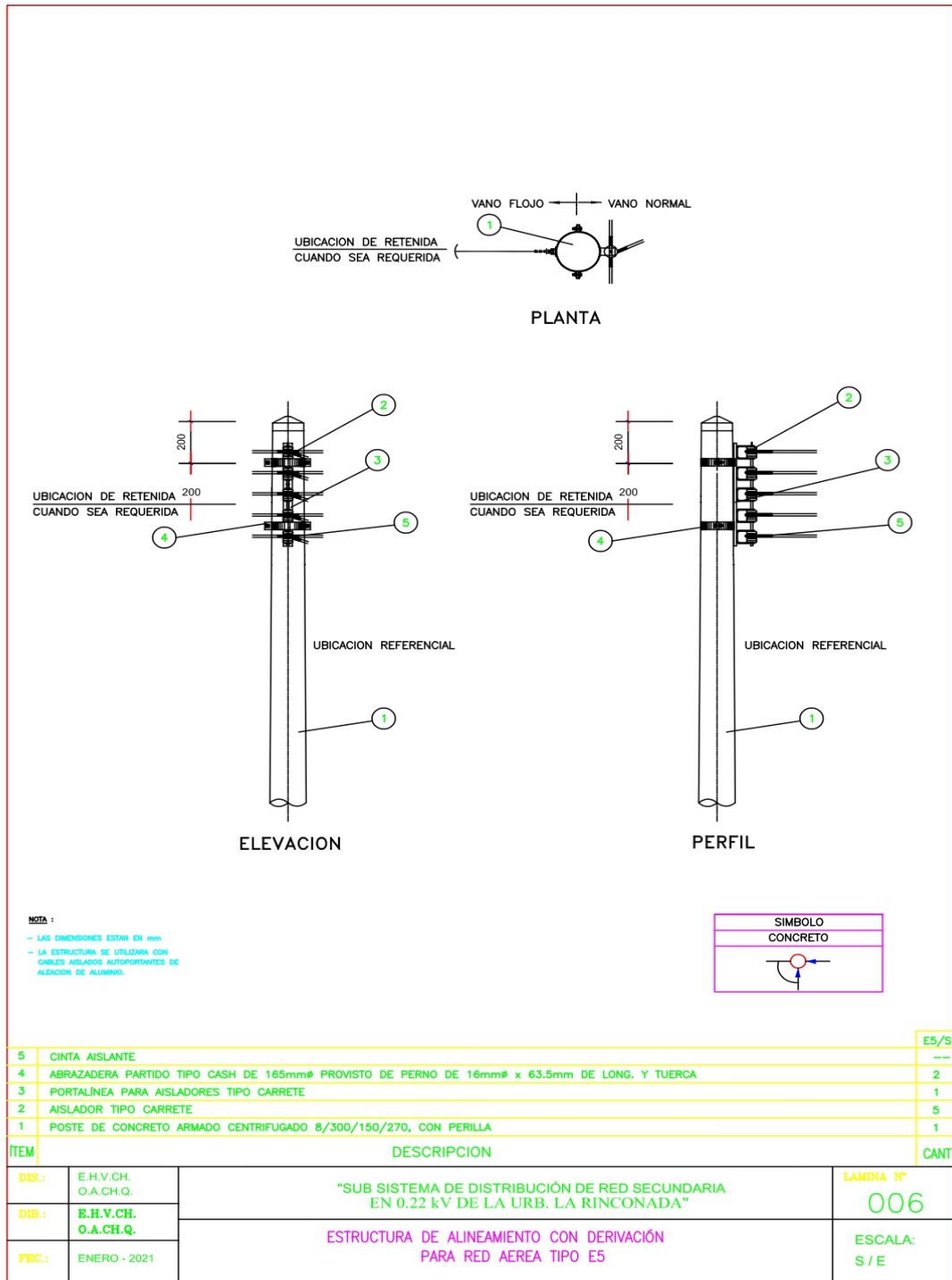
Anexo 12 Estructura de extremo de línea para red aérea tipo E3



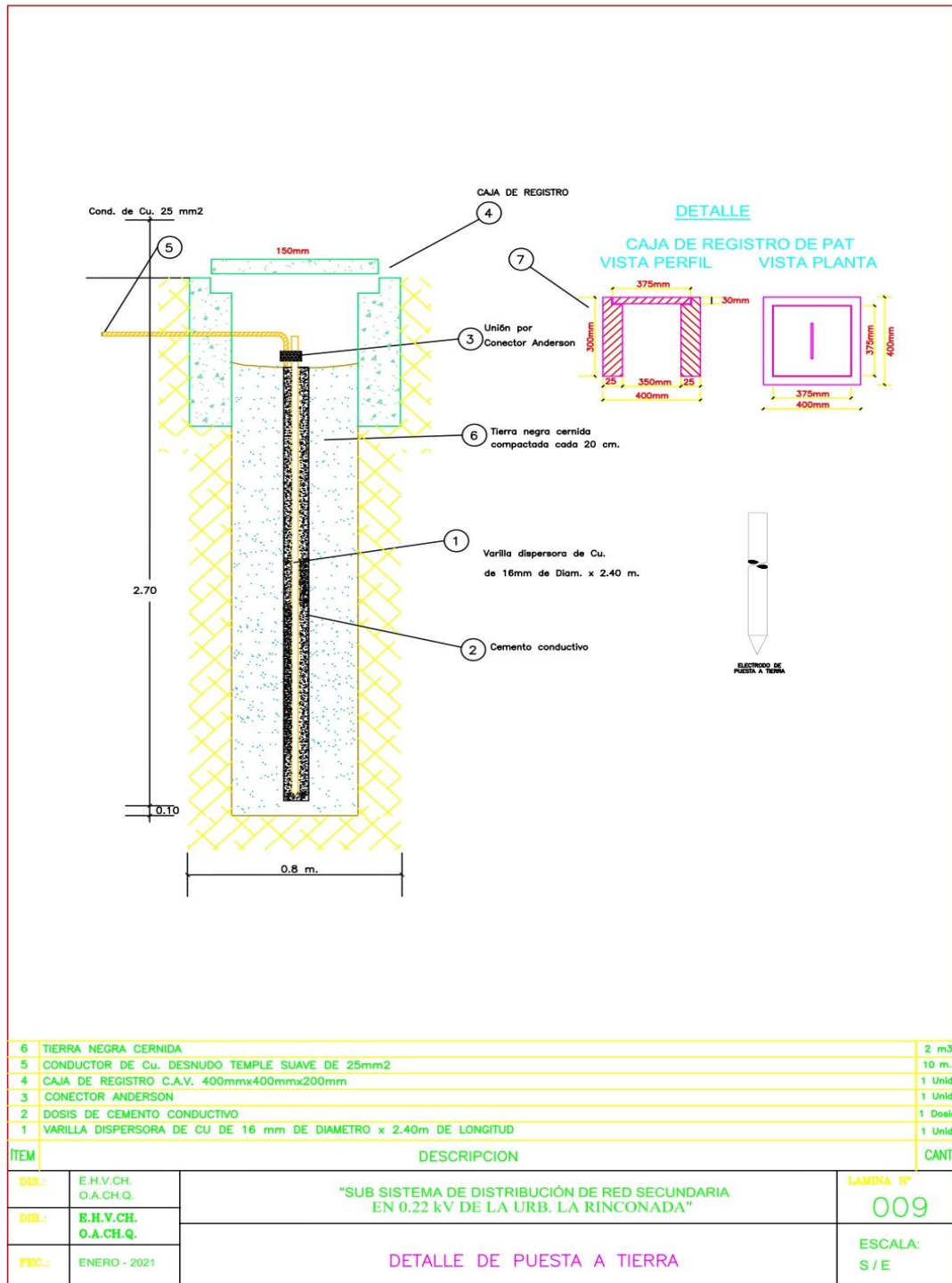
Anexo 13 Estructura de extremo de línea con derivación tipo E4



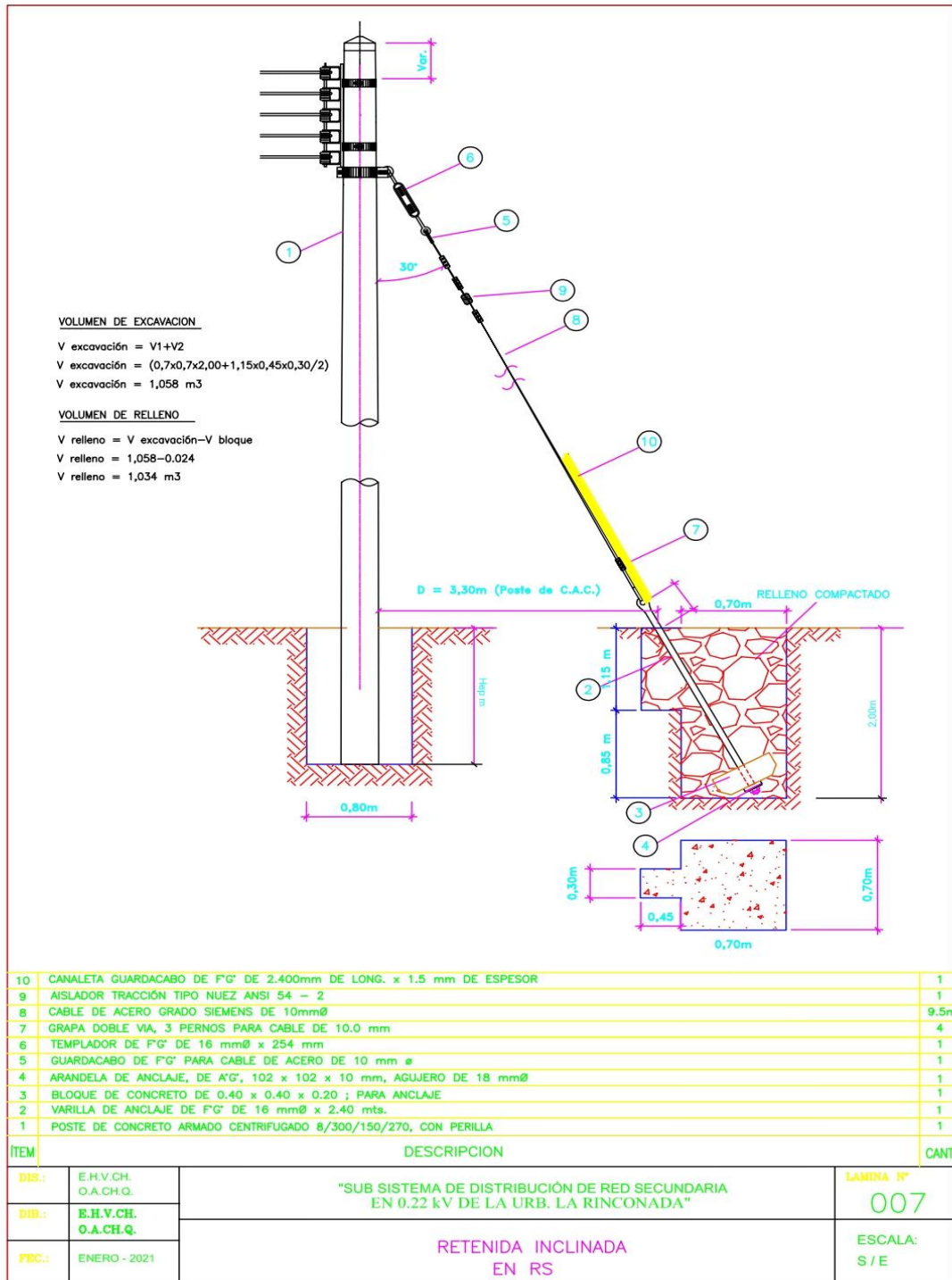
Anexo 14 Estructura de alineamiento con derivación para red aérea tipo E5



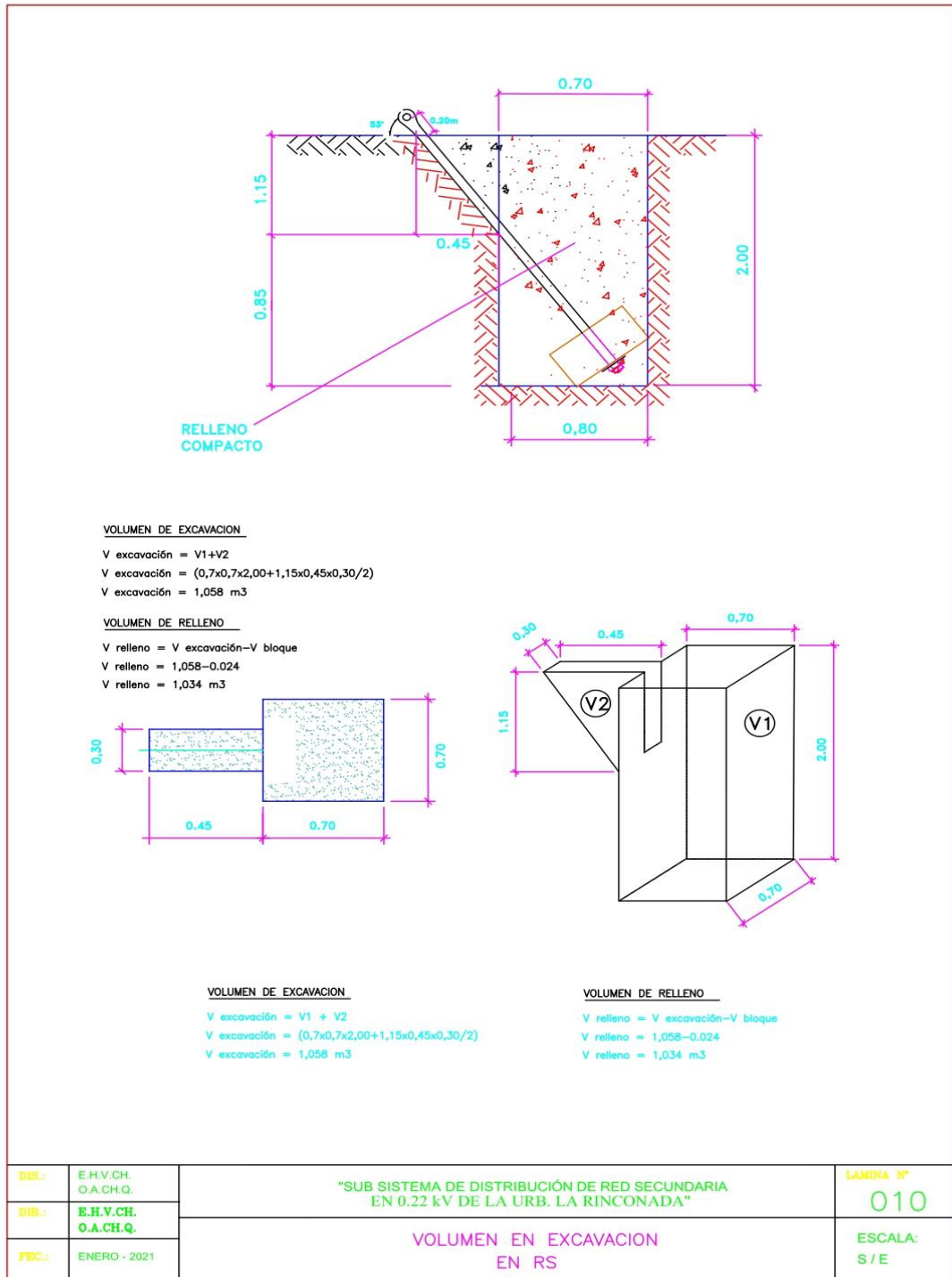
Anexo 15 Detalle de puesta a tierra tipo PAT



Anexo 16 Retenida inclinada tipo RS



Anexo 17 Volumen en excavación tipo VS



Anexo 18 Detalle de pastoral y accesorios para alumbrado público

