

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPO RPA PARA  
MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE INSPECCIÓN DE UNA LÍNEA  
DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN**

**TESIS  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. CESTI DÍAZ, STEPHANIE**

**ASESOR: Mg. Ing. ZELADA GARCÍA, GIANNI MICHAEL**

**LIMA - PERÚ  
2020**

## **DEDICATORIA**

Le dedico esta tesis a mi madre, quien es mi constante apoyo.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por permitirme elaborar esta investigación.

A mi familia, amigos, profesores y colegas de trabajo por su apoyo durante todo este proceso.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Formulación y delimitación del problema.....	2
1.1.1 Problema general.....	2
1.1.2 Problemas específicos. ....	3
1.2 Importancia y justificación del estudio.....	3
1.2.1 Teórica.....	3
1.2.2 Práctica.....	4
1.2.3 Económica.....	4
1.2.4 Social.....	4
1.3 Limitaciones del estudio.....	5
1.3.1 Delimitación espacial.....	5
1.3.2 Delimitación temporal.....	6
1.4 Objetivo general.....	6
1.5 Objetivos específicos.....	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Antecedentes del estudio de investigación.....	7
2.1.1 Antecedentes nacionales.....	7
2.1.2 Antecedentes internacionales.....	8
2.2 Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio.....	10
2.2.1 Productividad.....	10
2.2.2 Etapas de transformación de electricidad.....	10

2.2.2.1	Generación de energía eléctrica.....	10
2.2.2.2	Transmisión de energía eléctrica. ....	10
2.2.2.3	Distribución de energía eléctrica. ....	11
2.2.3	Definiciones de elementos componentes de un sistema de transmisión. ....	11
2.2.3.1	Estructuras. ....	11
2.2.3.2	Cadenas de aisladores.....	12
2.2.3.3	Grampas o herrajería. ....	13
2.2.3.4	Conductor. ....	14
2.2.3.5	Caminos de acceso. ....	15
2.2.3.6	Faja de servidumbre. ....	16
2.2.4	Concepto de mantenimiento de líneas de transmisión. ....	17
2.2.4.1	Objetivos de los mantenimientos de los sistemas eléctricos. ....	18
2.2.5	Tipos de mantenimiento para líneas eléctricas en alta tensión.....	18
2.2.5.1	Mantenimiento preventivo.....	18
2.2.5.2	Mantenimiento predictivo. ....	19
2.2.5.3	Mantenimiento correctivo. ....	19
2.2.6	Falla. ....	19
2.2.6.1	Corrosión. ....	20
2.2.6.2	Factores que afectan la corrosión atmosférica.....	21
2.2.6.3	Contaminación en conductores.....	21
2.2.6.4	Contaminación en aisladores. ....	22
2.2.7	Definición RPA. ....	23
2.2.7.1	Tipos de RPA. ....	23
2.2.8	Partes de un RPA.....	24
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y DISEÑO METODOLÓGICO .....		26

3.1 Hipótesis principal .....	26
3.2 Hipótesis secundarias.....	26
3.3 Variables .....	26
3.3.1 Definición de las variables.....	26
3.4 DISEÑO METODOLÓGICO .....	26
3.4.1 Tipo de la investigación.....	26
3.4.2 Nivel de la investigación.....	27
3.4.3 Diseño de la investigación.....	27
3.4.4 Enfoque de la investigación.....	27
3.5 Población y muestra.....	28
3.5.1 Población.....	28
3.5.2 Muestra.....	28
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	29
3.6.1 Análisis documental.....	29
3.6.2 Prueba de normalidad.....	29
3.6.3 Instrumentos.....	29
3.7 Procedimientos .....	30
3.7.1 Método convencional .....	30
3.7.1.1 Descripción de proceso de inspección ligera con método convencional	30
3.7.1.2 Tiempos totales en la inspección ligera con modo convencional.....	35
3.7.1.3 Costos por inspección con método convencional.....	35
3.7.2 Método RPA (propuesta).....	36
3.7.2.1 Descripción del proceso de inspección propuesto (con RPA).....	36
a)    Requisitos previos al inicio de la actividad.....	36
3.7.2.2 Tiempos totales en la inspección ligera con modo convencional.....	38

3.7.2.3 Propuesta de Plan de Inspección con el uso de RPA.....	40
3.7.2.4 Costos por inspección con método RPA. ....	41
CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....	42
4.1 Resultados de la investigación.....	42
CONCLUSIONES .....	48
BIBLIOGRAFÍA .....	50
ANEXOS .....	54
Anexo 1: Matriz de Consistencia.....	54
Anexo 2. Especificaciones técnicas RPA – DJI Matrice 200 .....	55
Anexo 3: Especificaciones técnicas Cámara – Zenmuse Z30 .....	57
Anexo 4: Reporte de inspección visual – Recolección de datos (método convencional).....	59
Anexo 5: Modelo de Protocolo de inspección ligera.....	73
Anexo 6: Procedimiento de Inspección de Línea con RPA.....	74

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Plano de Ubicación de Línea de Transmisión .....	5
<i>Figura 2:</i> Separación de tramos de la Línea de Transmisión SE Chilca - SE Montalvo .....	6
<i>Figura 3:</i> Estructura de Anclaje .....	12
<i>Figura 4:</i> Cadena de aisladores .....	13
<i>Figura 5:</i> Grampas / Herrajería .....	14
<i>Figura 6:</i> Cuatro conductores con separador .....	15
<i>Figura 7:</i> Camino de Acceso Carrozable .....	16
<i>Figura 8:</i> Faja de Servidumbre.....	16
<i>Figura 9:</i> Formas de corrosión en metales .....	21
<i>Figura 10:</i> RPA - Dron cuadricóptero DJI Matrice 200 .....	24
<i>Figura 11:</i> Cámara Zenmuse Z30 .....	25
<i>Figura 12:</i> Diagrama de flujo - Actividades previas método convencional.....	32
<i>Figura 13:</i> Diagrama de flujo - Actividades en campo método convencional.....	34
<i>Figura 15:</i> Realización de inspección con RPA (dron).....	38
<i>Figura 16:</i> Captura de video de prueba inspección con RPA .....	39
<i>Figura 17:</i> Simulación de vuelo en <i>software</i> DJI Flight Simulator .....	40
<i>Figura 18.</i> Plan de Inspección con el uso de RPA .....	40



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Dimensiones Faja de Servidumbre</i> .....	17
Tabla 2: <i>Niveles de contaminación en conductores</i> .....	22
Tabla 3: <i>Niveles de contaminación en aisladores</i> .....	22
Tabla 4: <i>Costos Mano de obra - método convencional</i> .....	35
Tabla 5: <i>Costos Equipos - método convencional</i> .....	36
Tabla 6: <i>Costos Materiales - método convencional</i> .....	36
Tabla 7: <i>Costos Mano de Obra - Método RPA</i> .....	41
Tabla 8: <i>Costos equipos - Método RPA</i> .....	41
Tabla 9: <i>Costos materiales - Método RPA</i> .....	41
Tabla 10: <i>Resultados de la Prueba de Normalidad</i> .....	42
Tabla 11: <i>Resultados de prueba de U de Mann- Whitney</i> .....	43
Tabla 12: <i>Costos totales – Método convencional</i> .....	44
Tabla 13: <i>Costos totales – Método convencional</i> .....	44
Tabla 14: <i>Costos totales – Método convencional</i> .....	45
Tabla 15: <i>Resumen de resultados de la investigación</i> .....	46
Tabla 16: <i>Resultados para las 543 estructuras</i> .....	46

## RESUMEN

La presente investigación cuasiexperimental propuso la implementación de un equipo RPA (Aeronave Pilotada Remotamente - dron) en el mantenimiento predictivo de una línea de transmisión eléctrica de alta tensión en la costa de Perú. Esto se aplicó en la actividad de inspección ligera, con el objetivo de evaluar el impacto en la productividad con reducción de tiempos y de costos. El tipo de investigación fue descriptiva, explicativa y aplicada, se desarrolló bajo un método cuantitativo. de esa manera se comprobó la hipótesis planteada y se concluyó que el tiempo de inspección se redujo en un 83% frente al método convencional; por su parte, el costo diario de inspección aumentó en 42% sobre el método convencional; dándonos un resultado final sobre la productividad de la implementación del equipo RPA en la inspección ligera de una línea de transmisión eléctrica.

**Palabras clave:** RPA, dron, mantenimiento predictivo, productividad, inspección ligera.

## **ABSTRACT**

The present quasi-experimental research proposed the implementation of an RPA (Remotely Piloted Aircraft - drone) equipment in the predictive maintenance of a high voltage electrical transmission line on the coast of Peru. This was applied in the light inspection activity, with the objective of evaluating the impact on productivity with time and cost reduction. The type of research was descriptive, explanatory and applied, it was developed under a quantitative method. In this way, the hypothesis raised was verified and it was concluded that the inspection time was reduced by 83% compared to the conventional method; the daily cost of inspection increased by 42% over the conventional method; giving us a final result on the productivity of the implementation of RPA equipment in the light inspection of an electric transmission line.

**Keywords:** RPA, drone, predictive maintenance, productivity, light inspection

## INTRODUCCIÓN

Dentro del sistema eléctrico, las líneas de transmisión tienen importancia puesto que trasladan la energía desde la planta de generación hasta un punto cercano a la zona que requiere el suministro. Debido a que recorren muchos kilómetros, se llevan a cabo inspecciones rutinarias de manera visual para encontrar, de manera oportuna, posibles fallas generadas por el medio ambiente, población aledaña, etc. que puedan provocar cortes de energía.

En la presente investigación se evalúa el tiempo que toma actualmente realizar la recolección de datos y procesamiento de estos en una inspección visual para una línea de transmisión. En este sentido, se propone el uso de un equipo RPA (Aeronave Pilotada Remotamente) dron para reducir el tiempo total de dicha inspección y mejorar así la productividad de la actividad. Con el fin de abordar todos los procesos vinculados, a continuación, se explica el orden del estudio:

- Primer capítulo: se plantea el problema, así como la importancia y justificación de su estudio.
- Segundo capítulo: se determinan los objetivos que se esperan obtener de resultar favorable la hipótesis.
- Tercer capítulo: se analizan estudios previos y similares y sus conclusiones sobre el uso de equipos RPA, así como las bases teóricas relacionadas con la investigación.
- Cuarto capítulo: se exponen las hipótesis sobre el uso de RPA y el incremento de productividad para la inspección de líneas de transmisión.
- Quinto capítulo: se describe el diseño metodológico utilizado.
- Sexto capítulo: se presenta la propuesta y los resultados obtenidos en comparación al método actual.

# CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1 Formulación y delimitación del problema

Debido a su extensión, ubicación y cantidad de componentes involucrados, los sistemas de transmisión de energía eléctrica en alta tensión suelen presentar fallas que pueden reducir la continuidad de entrega del suministro de energía desde los puntos de generación hacia los puntos de consumo. En el presente estudio, se toma de base la línea de transmisión eléctrica 500 kV subestación Poroma-subestación Ocoña está ubicada en la zona de Ica y Arequipa que es una troncal de importancia para el suministro de energía en la zona sur del Perú.

El mantenimiento predictivo cobra importancia en estos sistemas y, a través de la actividad de inspección visual ligera, se facilita la detección de fallas o posibles problemas en los elementos y áreas contiguas al sistema. Sin duda, esto permite abordar los errores con debida anticipación.

En la actualidad, este tipo de inspección visual se lleva a cabo con personal técnico, quienes, desde su posición en el piso, pueden no tener acceso a las mejores vistas de las fallas en las estructuras cuando estos elementos alcanzan una altura aproximada de 80 m. Sumado a esto, debe considerarse el riesgo de exposición e inducción por estar dentro de la franja de servidumbre. Además, otra situación que hay que considerar es el desplazamiento a pie que trae consigo la inversión e incremento de tiempo y recursos asociados. Sobre todo, cuando las estructuras no cuentan con accesos carrozables y el personal debe caminar largos trayectos por horas para llegar a estas, lo que le resta productividad a la actividad.

Frente a este panorama, la propuesta de esta investigación es el uso de un vehículo aéreo no tripulado - RPA (Remotely Piloted Aircraft), para reducir los tiempos y costos totales de inspección de la infraestructura de transmisión.

### 1.1.1 Problema general.

¿En cuánto impacta la implementación de un equipo RPA en la productividad de la inspección ligera como parte del mantenimiento de una línea de transmisión eléctrica?

### **1.1.2 Problemas específicos.**

1. ¿En cuánto impacta la implementación de un equipo RPA en los tiempos totales de la inspección como parte del mantenimiento de una línea de transmisión eléctrica?
2. ¿En cuánto impacta la implementación de un equipo RPA en los costos de la inspección como parte del mantenimiento de una línea de transmisión eléctrica?

## **1.2 Importancia y justificación del estudio**

En primer lugar, hay que destacar los motivos y la importancia de este estudio, tal como lo mencionó Bernal (2010):

Toda investigación está orientada a la resolución de algún problema; por consiguiente, es necesario justificar, o exponer, los motivos que merecen la investigación. Asimismo, debe determinarse su cubrimiento o dimensión para conocer su viabilidad. Indica el porqué de la investigación exponiendo sus razones. Por medio de la justificación debemos demostrar que el estudio es necesario e importante. (p. 106)

En la presente investigación se propone la implementación de un equipo tecnológico para la reducción de tiempos de inspección de estructuras, las cuales forman parte del mantenimiento predictivo de la línea de transmisión 500 kV SE Poroma–SE Ocoña; red importante para el suministro eléctrico de la zona sur del Perú (Redacción Gestión, 2014).

### **1.2.1 Teórica.**

“En investigación hay una justificación teórica cuando el propósito de estudiar es generar reflexión debate académico sobre el conocimiento existente, confrontar una teoría, contrastar resultados o hacer epistemología del conocimiento existente” (Bernal, 2010, p.106 ).

En este sentido, la presente investigación busca modificar y mejorar la forma en la que se realizan las inspecciones visuales en la actualidad. Hay que aprovechar las nuevas tecnologías proporcionadas por nuevos mercados, las

cuales ayudan a optimizar estos procesos y reducir tiempos, al mismo tiempo que se mejora la productividad.

### **1.2.2 Práctica.**

“Se considera que una investigación tiene justificación práctica cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o, por lo menos, propone estrategias que al aplicarse contribuirán a resolverlo” (Bernal, 2010, p. 96).

Con respecto al planteamiento de Bernal (2010), la presente investigación propone el uso del equipo RPA, debido a que se trata de un avance tecnológico que agiliza la inspección. En la actualidad, esta tarea se realiza con la aproximación del personal técnico a la base de cada estructura, lo que incrementa el tiempo y costo total de la actividad por los constantes desplazamientos en caminos de acceso carrozables o que están bloqueados. Sin duda, esto traerá ventajas al personal que está expuesto en la inducción de la línea de transmisión eléctrica, puesto que laborará desde una distancia prudencial.

### **1.2.3 Económica.**

Como se mencionó, la propuesta se encamina a la reducción de recursos de diversa índole, puesto que, según Alfaro et al., (2013):

Es fundamental que los propósitos de la empresa o sus gestores profesionales definan de manera clara y previa que objetivos y metas se tienen que alcanzar, por lo que se refiere a la mejora del nivel de beneficios de la posición competitiva o la valoración de las acciones de la empresa en el mercado de valores. (p.121)

La presente investigación también tiene importancia a nivel económico, puesto que, al implementar la inspección integral en menos tiempo, se ahorra un costo asociado.

### **1.2.4 Social.**

Según Hernández et al., (2014), la relevancia social debe responder a una serie de cuestionamientos que, en resumen, determinen el alcance o proyección social que tiene la respectiva indagación. En este sentido, el presente estudio es

relevante en el ámbito social, debido a que el uso de la propuesta tecnológica reduciría el riesgo de accidentes por inducción. Lo anterior, debido a que el personal y el equipo estarían fuera de la franja de servidumbre de la línea de transmisión.

### 1.3 Limitaciones del estudio

#### 1.3.1 Delimitación espacial.

La recolección y procesamiento de datos se llevó a cabo en el tramo de línea de transmisión de 500 kV SE Poroma–SE Ocoña, parte de la línea de transmisión SE Chilca–SE Montalvo que abarca los departamentos de Lima, Ica, Arequipa y Moquegua, tal como se muestra en la Figura 1.

Figura 1: Plano de Ubicación de Línea de Transmisión



Fuente: (Oficinas de Comunicaciones de Osinergmin, 2015)

La longitud total de la línea Chilca–Montalvo es de 920.5 km con una cantidad de 1856 estructuras. En contraste, el tramo de línea Poroma–Ocoña (L5034) cuenta con 277 km (Figura 2) y 543 estructuras en total.



Figura 2: Separación de tramos de la Línea de Transmisión SE Chilca - SE Montalvo

LÍNEAS DE TRANSMISIÓN	Circuito	Km
Línea 500 kV Chilca - Poroma	1	357
Línea 500 kV Poroma - Ocoña	1	272
Línea 500 kV Ocoña - Montalvo	1	255
Línea 220 kV Poroma - Marcona	2	27
Línea 220 kV Montalvo 500 - Moquegua	1	5

Fuente: (Oficinas de Comunicaciones de Osinergmin, 2015)

### 1.3.2 Delimitación temporal.

El estudio abarca las inspecciones realizadas en la L5034 en el periodo del mes de abril 2020 a julio 2020.

### 1.4 Objetivo general

Cuantificar el impacto de la implementación de un equipo RPA en la productividad de la inspección ligera para mantenimiento de una línea de transmisión eléctrica.

### 1.5 Objetivos específicos

1. Cuantificar el impacto de la implementación de un equipo RPA en los tiempos totales de la inspección para mantenimiento de una línea de transmisión eléctrica.
2. Cuantificar el impacto de la implementación de un equipo RPA en los costos diarios de la inspección para mantenimiento de una línea de transmisión eléctrica.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes del estudio de investigación

#### 2.1.1 Antecedentes nacionales.

En primera instancia, hay que citar a León (2018), quien llevó a cabo la tesis de pregrado titulada *Diseño de hexacóptero autónomo para mantenimiento en líneas eléctricas*. El autor desarrolló una propuesta de mejora en el “mantenimiento predictivo basado en termografía” (p. 4), con el objetivo de incrementar la rapidez, sencillez, seguridad y reducción de costos a comparación de los métodos convencionales.

Blas (2017) en su tesis de pregrado titulada *Implementación de un plan de mantenimiento efectivo para el sistema de Transmisión Eléctrica de 60 kv. L-717 Zapallal – IPEN*, tuvo como objetivo reducir las elevadas horas de fuera de servicio por fallas en el sistema de transmisión eléctrico. La muestra fue de tipo poblacional y estos fueron todos los cortes de energía registrados en el año 2015. Al respecto, el autor propuso un nuevo plan de mantenimiento efectivo, en el que se puedan estandarizar formatos e implementar capacitaciones al personal. Los resultados dejaron entrever una reducción de horas de fuera de servicio registradas en el año 2016 de un 80 %.

De forma similar, Opazo (2020) en *Detección e inspección de torres de alta tensión mediante procesamiento de imágenes aéreas y aprendizaje profundo*, se encargó de “la automatización del proceso de inspección de torres de alta tensión, en cuanto a la metodología, se establecieron 3 etapas donde cada una tiene su propio modelo de aprendizaje profundo” (p. 1): 1) un detector, con el fin de obtener las coordenadas donde se encuentra ubicado el objeto de interés; 2) un clasificador de torres y 3) “se presenta un clasificador de corrosión” (p. 1). Los resultados finales mostraron una precisión promedio de 0.6 en la etapa del detector, “precisión del 99.5 % al clasificar la torre y una exactitud del 89.5 % al momento de etiquetar el nivel de corrosión del objeto detectado” (p. 1).

En la investigación *Cálculo del índice de condición del pavimento con imágenes del vehículo aéreo no tripulado*, Cruz (2018) “presenta una metodología

alternativa [para la] evaluación superficial de pavimentos” (p. 1), al emplear imágenes georreferenciadas, obtenidas de “un vehículo aéreo no tripulado (VANT)” (p. 1). De acuerdo con las conclusiones, “los resultados que se obtienen demuestran que el método VANT recoge datos de manera más segura, mejora los rendimientos, permite planos de más información con valores fidedignos en comparación del método tradicional y evita accidentes del personal técnico” (Cruz y Gutiérrez, 2018, p. 23)

Por su parte, Sedano y Pari (2018) en *Ventajas en los levantamientos topográficos con el uso de vehículos aéreos no tripulados (UAV)* llegaron a “determinar los procedimientos para un levantamiento topográfico y procesamiento hasta llegar a la obtención de mapas y modelos digitales del terreno, realizado mediante fotogrametría aérea utilizando un vehículo aéreo no tripulado” (p. 6). Los autores utilizaron un método explicativo no experimental. Como resultado se vio una mejora de tiempos en la medición, “la superficie medida con el UAV fue de aproximadamente 50 ha. y tomo 14 minutos de vuelo, mientras que la superficie medida con el equipo GNSS fue de unas 30 ha. y demandó 2 días” (p. 11).

### **2.1.2 Antecedentes internacionales.**

Sepúlveda et al., (2017) en *Modelo metodológico para realizar mantenimientos predictivo y preventivo por medio de drones en el sistema de Transmisión regional en el Municipio de Guatapé* (tesis de posgrado) desarrollaron una propuesta de mejora en el mantenimiento preventivo y predictivo basado en termografía. El objetivo central era incrementar la rapidez, sencillez seguridad y reducción de costos a comparación de métodos convencionales.

Desde el contexto colombiano, no se puede omitir a Contreras (2019) y su tesis de pregrado titulada *Propuesta del uso de drones en el puerto de Buenaventura para los muelles 5, 6, 7 y 8, en el proceso portuario de contenedores y la disminución de riesgos asociados, tomando como referencia la visita al puerto internacional de Miraflores de Panamá*. El autor elaboró “una propuesta de uso

de drones” (p. 1) en muelles, con el fin de disminuir los riesgos asociados en el proceso de importación y exportación al implementar “la tecnología en los procesos portuarios para obtener mejoras logísticas en cuanto a tiempos y uso de recurso humano” (p. 10).

Desde una perspectiva similar, Escobedo y Yépez (2019), autores mexicanos, estuvieron a cargo de un estudio llamado *Diseño y evaluación de un método de inspección no destructivo para ubicar y determinar características geométricas de zonas con agrietamientos en estructuras de concreto reforzado*. La tesis de pregrado tuvo como enfoque central la “evaluación de un método de inspección no destructivo de agrietamientos externos” (p. 1) en estructura del concreto reforzado. Los autores afirmaron que “el inventario de las patologías y una clasificación con base a su criticidad permitirán priorizar los esfuerzos de mantenimiento y tener mejores bases para la toma de decisiones” (p. 1).

Quiala (2018) en *Análisis de las potencialidades de la cámara NEC-AVIO F30 instalada en el Drone x8+ para el diagnóstico de sistemas fotovoltaicos*, basó su tesis de grado en “resaltar las ventajas que brinda la termografía infrarroja aérea para detectar y reconocer averías, defectos y fallos que presentan los paneles solares y causan un mal funcionamiento en estos” (p. 1).

Se efectúa la captura de las imágenes, se analiza la calidad de estas y se procesan en un *software* especializado para el análisis de resultados. Dichos resultados en su presentación siguen la norma empleada a nivel nacional para la clasificación y reporte de defectos en los módulos fotovoltaicos de los campos de inyección a la red. (p. 1)

Por último, Guacho y Carrera (2018) en *Inspección termográfica de líneas eléctricas y torres de telecomunicaciones implementado en dron dentro de la ciudad de Guayaquil*, enfocaron su investigación en confirmar la efectividad de los drones en la inspección a partir de la encuesta a 20 individuos. Lo anterior con el fin de determinar lo siguiente:

Inspección para mantenimiento predictivo de líneas eléctricas y torres de telecomunicaciones mediante la implementación de un dron con cámara

térmica [...]. Se utilizó la metodología Prototipado Modular, el mismo que en cada una de sus fases permitió llevar de manera ordenada el desarrollo del prototipo dron. (p. 1)

## **2.2 Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio**

### **2.2.1 Productividad.**

Este concepto puede entenderse desde varias definiciones, a continuación, se cita una de las más populares:

En términos generales, la productividad es un indicador que refleja que tan bien se están usando los recursos de una economía en la producción de bienes y servicios. Podemos definirla como una relación entre recursos utilizados y productos obtenidos y denota la eficiencia con la cual los recursos humanos, capital, tierra, etc. son usados para producir bienes y servicios en el mercado. (Felsing y Runza, 2002, p. 3)

### **2.2.2 Etapas de transformación de electricidad.**

#### **2.2.2.1 Generación de energía eléctrica.**

Este término alude a la electricidad que se consume con frecuencia y que, asimismo, es transportada mediante una red de cables, producto de la transformación de la energía cinética en eléctrica. Con el fin de lograr esto, se debe hacer uso de turbinas y generadores. Las primeras son enormes engranajes que giran sobre sí repetidamente y son impelidos por una energía proveniente del exterior. Por otro lado, los generadores, son artefactos que ayudan a mutar la energía cinética en eléctrica mediante el movimiento constante de las turbinas.

#### **2.2.2.2 Transmisión de energía eléctrica.**

La potencia inicial es transportada a través de las líneas de transmisión, las cuales, a su vez, están compuestas por torres y diferentes redes de

conductores que son de grueso calibre y que pueden dirigir estos flujos de corrientes (corrientes fuertes). Este procedimiento se presenta por medio de una subestación eléctrica que asegura una junta correcta de frecuencia de fases.

Las subestaciones, además, sirven de conexión para las empresas que se encargan de distribuir las demandas de energía de esta manera. Incluso, pueden ser de ayuda para impulsar nuevas líneas de transmisión.

#### 2.2.2.3 Distribución de energía eléctrica.

Es la última etapa antes de que la energía sea de alcance a los hogares y de los interesados. La energía es dirigida en tensiones de 110 kV, 220 kV y 500 kV que se conducen a plateas o subestaciones para su transformación; allí su voltaje se disminuye a 13.2 kV, 23 kV o 35 kV según sea conveniente. Después de esto, son acercadas a las urbes y compañías industriales y allí, en zonas estratégicas, se transforman en tensiones de 220 V y 380 V u otra tensión contratada, conforme a lo requerido.

### **2.2.3 Definiciones de elementos componentes de un sistema de transmisión.**

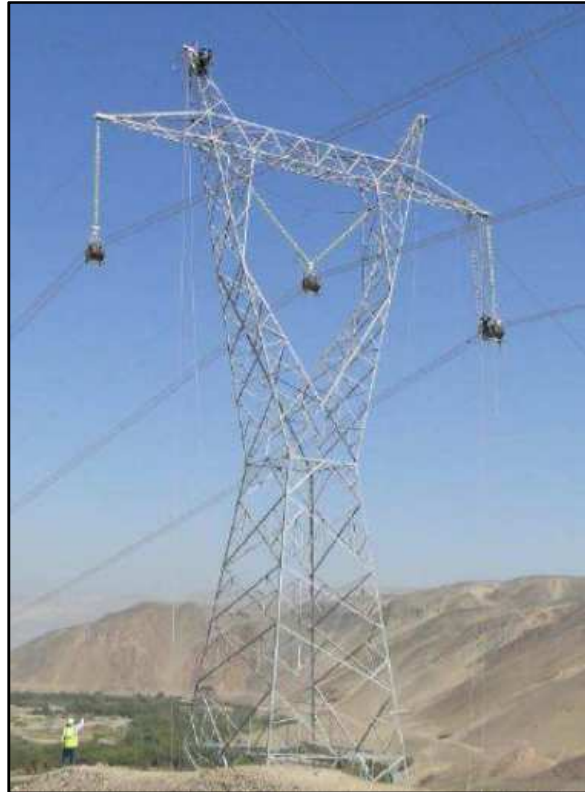
#### 2.2.3.1 Estructuras.

a) Estructura de suspensión: es una estructura autosoportante, es decir, una que transmite su peso y el de los conductores a las fundaciones en perpendicular con respecto a la torre. También se le puede concebir como alineamiento.

b) Estructura de anclaje: esta puede soportar peso y, además, está expuesta a tensiones por el giro. Lo anterior debido a que la torre es edificada en las deflexiones o en los ángulos sufridos por el trazado. Además, si los tramos rectos de las líneas se expanden, se construye una torre como anclaje. Así se evita sobretensiones generadas por efectos externos (cuestiones ambientales, viento, sobrepeso, etc.) que pueden generar problemas. Asimismo, permite brindar zonas estables en la línea

que van a evitar el colapso total de esta si se presentara una falla de un conductor o destrucción de una estructura.

*Figura 3: Estructura de Anclaje*



Fuente: (Oficinas de Comunicaciones de Osinergmin, 2015)

#### 2.2.3.2 Cadenas de aisladores.

Las cadenas de aisladores se componen por diferentes discos aislantes, los cuales pueden ser de diversos materiales que no sean conductores de electricidad como el vidrio, plástico, entre otros. Es justo decir que los materiales mencionados son excelentes aislantes eléctricos, sin embargo, no van a evitar que pase toda la corriente. En cambio, la corriente de fuga será mínima en los puntos de apoyo de la línea y el número de discos que deberá tener la cadena va a depender del factor de la potencia eléctrica y aquella que se transmita. Por ejemplo, en las líneas de transmisión de alta tensión, por lo general, se usan cadenas de aisladores del tipo bailable. Esto

se hace para poder unir discos de acuerdo con los requerimientos del proyecto.

En este sentido, las cadenas de aisladores son iguales para ambos tipos de estructuras, ya sean de anclajes o de suspensión; su única diferencia será el número de discos aislantes que compongan cada cadena. Esto quiere decir que la cadena para las estructuras de anclaje va a contener un número mayor de discos, debido a que cuentan con esfuerzos adicionales que deberán soportar. Por otro lado, las cadenas para estructuras de suspensión se encontrarán en posición vertical, mientras que las cadenas de anclaje estarán en línea curva del conductor.

*Figura 4:* Cadena de aisladores



Fuente: (Abengoa, s.f.)

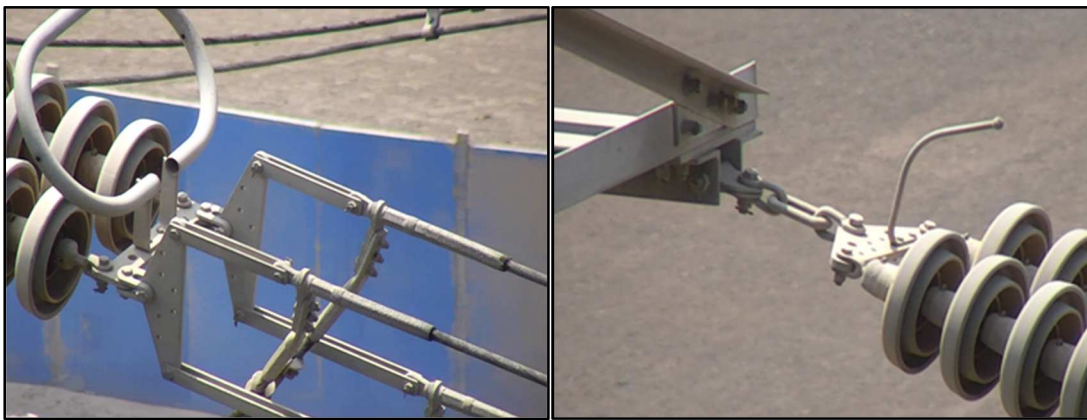
### 2.2.3.3 Grampas o herrajería.

Las grampas son elementos que mantienen juntos los conductores a la cadena de aisladores. Su material se basa en aluminio anticorrosivo y de alta resistencia. Cabe mencionar que los componentes que contienen estas



grampas como los pernos tuercas olías etc., por lo general, son de acero galvanizado. Existen dos tipos de grampas que se utilizan para los “proyectos de transmisión: grampas para suspensión y para anclaje” (Quezada, 2005, p. 26). La primera solo transmite los propios esfuerzos del conductor más las eventuales sobrecargas en sentido perpendicular, con respecto a la zona de apoyo; por otro lado, la gran paz de anclaje solo soporta resistencia que sea resultado de la fase expuesta (Quezada, 2005).

*Figura 5: Grampas / Herrajería*



Fuente: (Abengoa, s.f.)

#### 2.2.3.4 Conductor.

Los elementos conductores tienen el objetivo de conducir la energía eléctrica de las diferentes zonas de un sistema. En el caso de las líneas de alta tensión se usa solo conductores metálicos desnudos, los cuales se obtienen por medio del “cableado de hilos metálicos” (Universidad Nacional de La Plata, s.f., párr. 4), es decir, alambres, en torno a un hilo central. Estos conductores deben poseer características eléctricas y mecánicas correctas y, sumado a esto, no deben ser alteradas con el pasar del tiempo y tienen que poseer resistencia a la corrosión provocada por el ambiente.

*Figura 6: Cuatro conductores con separador*



Fuente: (Abengoa, s.f.)

#### 2.2.3.5 Caminos de acceso.

Este término alude a caminos para acceder a las estructuras eléctricas; es común que estos sean habilitados al momento de la construcción de la línea de transmisión y se mantengan para la etapa de operación y mantenimiento.

- a) Carrozables, es decir que, con base a sus dimensiones y tipo de terreno, se puede acceder mediante un automóvil. Es común el uso de una camioneta de doble tracción.
- b) Peatonales alude a aquellos terrenos donde no se puede acceder mediante un vehículo y, por consiguiente, hay que hacer caminatas. Esta situación sucede en el caso de zonas agrestes con una geografía complicada o, como es el caso de la línea estudiada en la presente investigación, con presencia de dunas extensas.

*Figura 7: Camino de Acceso Carrozable*

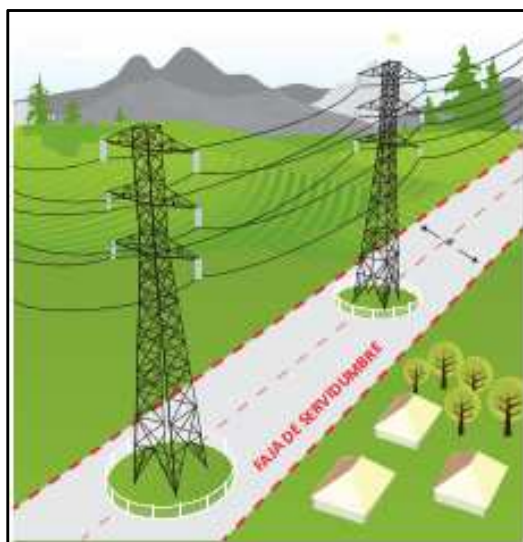


Fuente: (Abengoa, s.f.)

#### 2.2.3.6 Faja de servidumbre.

En términos sencillos, “es el área de seguridad establecida a lo largo del recorrido de las líneas de transmisión para salvaguarda de las personas e instalaciones; su ancho depende del voltaje de la línea de transmisión” (Oficinas de Comunicaciones de Osinergmin, 2015, p. 3).

*Figura 8: Faja de Servidumbre*



Fuente: (Oficinas de Comunicaciones de Osinergmin, 2015)

Tabla 1: Dimensiones Faja de Servidumbre

<b>Ancho mínimo de la faja de servidumbre de electroducto, según nivel de tensión (voltaje):</b>
De 10 a 15 kV = 6 m
De 20 a 36 kV = 11 m
De 60 a 70 kV = 16 m
De 115 a 145 kV = 20 m
Hasta 220 kV = 25 m
500 kV = 64 m

Fuente: elaboración propia

#### **2.2.4 Concepto de mantenimiento de líneas de transmisión.**

El mantenimiento de una línea de transmisión es sumamente importante para obtener un excelente funcionamiento de esta. Con el fin de llevar a cabo dicha acción, es fundamental que, al estar ubicadas al aire libre se haga con todos los protocolos establecidos, puesto que, por lo general, pueden dañarse. De este modo, realizar mantenimiento a las líneas de transmisión va a permitir que su periodo de funcionamiento se alargue hasta 50 años. De ahí que se va a requerir de especialistas calificados que permitan el acceso y la ubicación a puntos infranqueables de la estructura (Guerra, 2015).

Estos mantenimientos solo se deben elaborar si se ejecuta un óptimo diagnóstico y se elabora un plan operacional que contenga un calendario de visitas programadas a la línea por parte de los expertos. Esto conlleva a organizar un equipo de dos o tres personas que puedan desarrollar dicho mantenimiento. Por otro lado, la duración de esta actividad puede tener una duración variada (de horas hasta semanas) y, asimismo, va a depender de la facilidad que haya para llegar al emplazamiento de las torres y de las tantas complicaciones que pueda surgir durante el mantenimiento.

#### 2.2.4.1 Objetivos de los mantenimientos de los sistemas eléctricos.

El principal objetivo del mantenimiento se fundamenta en preservar la vida útil del suministro eléctrico, así como asegurar una correcta función del suministro. A continuación, se enlistan algunas ventajas de la conservación:

- Prolongar la vida útil del conjunto de accesorios que son parte del sistema.
- Reducir los cortes del suministro.
- Garantizar la fiabilidad del suministro.
- Garantizar un correcto control de este.
- Asegurar la seguridad del personal.

#### **2.2.5 Tipos de mantenimiento para líneas eléctricas en alta tensión.**

A fin de desarrollar cualquier actividad en el sector industrial se debe contar con un plan de mantenimiento, con el objetivo de ejecutar las metas de la institución.

A continuación, se enlistan los tipos de mantenimientos más usuales:

##### 2.2.5.1 Mantenimiento preventivo.

Los mantenimientos preventivos tienen el objetivo de disminuir todas las fallas que puedan provocar largas y prolongadas interrupciones del suministro. Este procedimiento permite inspeccionar a mayor detalle las líneas eléctricas. Además, es conocido como mantenimiento planificado, puesto que, por lo general, se da sin que exista alguna falla o, incluso, se instaura como un control periódico. A través de los manuales técnicos se establecen los tiempos de mantenimiento o puede darse el caso de que los propios encargados fijan las fechas para llevar a cabo esta actividad (Flores, 2016).

#### 2.2.5.2 Mantenimiento predictivo.

El fin de este proceso es saber la condición de conservación de todo el sistema y, de esta manera, conocer cuál es el estado de cada dispositivo. Esto va a permitir identificar posibles fallas que puedan ocasionar algún tipo de daño. Asimismo, va a disminuir los mantenimientos preventivos y, desde luego, minimizar los costos. Cabe aclarar que, para implementar este tipo de mantenimiento, se necesita invertir en materiales, herramientas, equipos y contar con especialistas competentes (Flores, 2016). Entre las actividades de mantenimiento predictivo se destacan:

Inspección visual ligera: consiste, como su nombre lo dice, en efectuar una inspección visual de todos los elementos de la estructura para conocer su estado físico y, de este modo, alertar en caso de que se encuentren hechos de corrosión, rotura de aisladores, pedestales cubiertos por arena. Siendo su principal dificultad la accesibilidad a todas las zonas de las estructuras.

#### 2.2.5.3 Mantenimiento correctivo.

El mantenimiento correctivo consta de cambiar o reparar una pieza o dispositivo que se ha dañado, el cual ha interrumpido el suministro eléctrico. Este mantenimiento se produce cuando una pieza ya cumplió su vida útil, sin embargo, esto puede provocar que otras piezas se dañen; lo que prolonga el tiempo que lleve reparar todo el sistema. El mantenimiento correctivo o mantenimiento reactivo solo procederá cuando se encuentre o aparezca una falla en el sistema, es decir, solo se aplican medidas cuando surja alguna falla o desperfecto en el sistema (Flores, 2016).

#### **2.2.6 Falla.**

Una falla aparece cuando una parte del sistema o todo el sistema deja de cumplir sus funciones (total o de forma parcial). En palabras más sencillas, es una variación en la facultad de trabajar del equipo o del sistema. Aunque no son catastróficas, sí pueden tener un porcentaje de derivación de una característica de calidad con respecto a su valor nominal (Flores, 2016).

En el caso de la presente investigación, los principales tipos de fallas son:

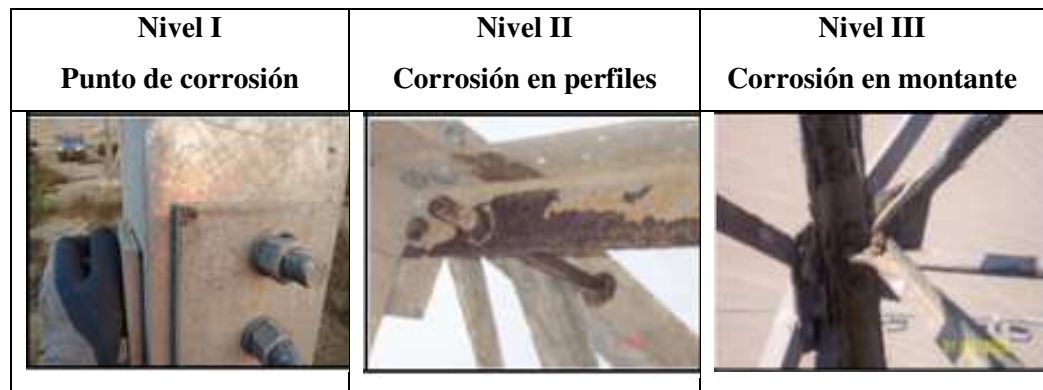
#### 2.2.6.1 Corrosión.

En palabras de Aguilar (2013), la corrosión es un concepto que se puede describir de la siguiente manera:

La corrosión es el deterioro de una sustancia (usualmente un metal) debido a una reacción con su medioambiente [...] pueden no existir cambios visibles en el material, sin embargo, el material puede fallar inesperadamente a causa de ciertos cambios en su estructura interna. (p. 27) Existe una categorización de los niveles de corrosión, los cuales dependen del daño:

- Grado I: cuando se detectan puntos de corrosión en los que se ha “perdido parcial o totalmente el recubrimiento de zinc en el cuerpo del elemento” (Maya, 2011, párr. 11).
- Grado II: cuando se detectan elementos que “presentan un color café oscuro generalizado en las superficies de las caras más afectadas y en algunos casos, óxidos de forma laminar (exfoliación), con un desgaste hasta del 20 % de la medida original” (párr. 12) del elemento.
- Grado III: este es el grado de corrosión que tiene rangos más críticos, dado que “presenta desgaste severo del acero y productos de corrosión localizada o en forma circular; en algunos casos, la cara más afectada presenta un desgaste superior al 20 %” (párr. 13) de la medida original del elemento.

Figura 9: Formas de corrosión en metales



Fuente: (Abengoa, s.f.)

#### 2.2.6.2 Factores que afectan la corrosión atmosférica.

Una variedad de factores afecta el comportamiento de la corrosión atmosférica de los materiales que incluyen:

- Lluvia.
- Rocío y condensación.
- Humedad.
- Tiempo de humectación.
- Temperatura.
- Radiación solar.
- Viento.
- Contaminantes transportados por el aire.
- Localización particular.
- Organismos biológicos.




(Escuela Politécnica Nacional, s.f., p. 28)

#### 2.2.6.3 Contaminación en conductores.

Esta problemática surge por acumulación de polvo o partículas del aire; para la presente investigación se puede catalogar en 3 niveles:



Tabla 2: Niveles de contaminación en conductores

Grado I Nivel "Bajo"	Grado II Nivel "Medio"	Grado II Nivel "Alto"
		




Fuente: (Abengoa, s.f.)

#### 2.2.6.4 Contaminación en aisladores.

En las diferentes regiones del país se presentan diversas condiciones de contaminación ambiental, las cuales se depositan sobre los aisladores de las líneas de transmisión. En este sentido, “el nivel de contaminación se cuantifica por los miligramos de contaminante acumulado en cierto tiempo, en un centímetro cuadrado de la superficie del aislador” (Gómez, 2005, p. 1)

Para la inspección visual que se realiza en las inspecciones actuales, se pueden catalogar en 3 niveles:

Tabla 3: Niveles de contaminación en aisladores

Contaminación Alta	Contaminación Media	Contaminación Baja
		

Fuente: (Abengoa, s.f.)

### **2.2.7 Definición RPA.**

Este término es usado para denominar a las aeronaves no tripuladas, las cuales son operadas mediante control remoto (Montero, 2016).

#### **2.2.7.1 Tipos de RPA.**

**Ala fija:** este modelo está compuesto por dos alas sujetas al chasis parecidas a los aeroplanos y, además, cuenta con un solo motor el cual le provee de potencia de empuje. Este dispositivo es el que mejor autonomía de vuelo posee gracias a la aerodinámica de su fuselaje. Sin embargo, este tipo de dron no es capaz de elevar mucha carga, por lo cual no es usado para transporte. Otra desventaja radica en su capacidad de maniobra y la gran distancia requerida para despegar y aterrizar.

**Multirrotores:** son los más populares hoy en día; están formados por motores independientes en los extremos del chasis. En el mercado se encuentran diferentes modelos, debido a la cantidad de motores:

- Tricopteros (3 motores).
- Cuadricopteros (4 motores).
- Hexacopteros (6 motores).
- Octacopteros (8 motores).

Una de las ventajas de este tipo de RPA es la estabilidad de vuelo, gracias a la rotación invertida de sus motores la cual permite que este se mantenga firme y soporte el máximo de viento posible según la potencia y control de velocidad que posea el dron. Otra ventaja es su facilidad de maniobra, debido a la potencia de energía, la cual ayuda a realizar maniobras como girar en su eje, elevarse, descender y rotar 360°; igualmente, posee una gran capacidad de carga.

La presente investigación se enfoca en dron cuadricóptero y, en específico, el DJI Matrice 200 cuyas especificaciones técnicas se encuentran en el

Anexo 2. Este es el más adecuado para desarrollar las funcionalidades requeridas, puesto que recoge varias características descritas.

Figura 10: RPA - Dron cuadricóptero DJI Matrice 200



Fuente: (DJI, 2021)

### 2.2.8 Partes de un RPA.

Enseguida se enlistan las principales partes que lo componen, dado que su selección despliega una diversidad de posibilidades de usos:

- Marco: es la parte principal del RPA, puesto que en este se colocan todas las partes que lo conforman (motores, sensores, baterías, etc.). El material de su construcción puede ser: plástico, aluminio y fibra de carbono; no obstante, hay que considerar al más ligero y resistente posible (fibra de carbono).
- Motores, hélices y variadores: son los encargados de proporcionar fuerza de empuje al RPA.
- Radio receptor (antenas): tiene la función de recibir la señal emitida por el usuario al realizar un movimiento del *joystick* en el control remoto. Esta acción genera un impulso el cual es convertido en señal de radio y es recibida por el receptor. A su vez, esta señal es enviada a la controladora de vuelo que se comunica con el variador y manda un impulso hacia los motores según la maniobra que haya ejecutado el usuario.

- Batería: proporciona la energía a todos los componentes del RPA, la más usada es la de lipo (polímero de litio) por ser ligera de carga. Estas son pesadas y ofrecen una autonomía de vuelo de entre 15 a 45 minutos, según la marca y modelo.
- Gps y brújula: estos sensores electrónicos permiten estabilizar el vuelo por medio de su conexión con los diferentes satélites que existen alrededor del mundo, en el que se triangula la posición del dron y se conoce de forma exacta la ubicación real de este. Además, permite, al momento de realizar las fotos, añadirle la ubicación.
- Gimbal: es un pequeño armazón en donde se coloca la cámara; este componente posee motores los cuales permiten que esté nivelada con relación al suelo por más movimiento que tenga el dron. Existen de dos tipos y de dos ejes (x,y) y tres ejes (x,y,z). Igualmente, facilita eliminar la vibración provocada por los motores, lo cual permite capturar fotos con mayor nitidez.
- Cámaras fotográficas: son “para uso audio visual y obtener imágenes fotográficas o de video. También se utilizan para fotogrametría” (Sánchez, 2017, p. 20). En el caso de este trabajo de investigación, se empleó la cámara Zenmuse Z30, cuya especificación técnica se encuentra en el Anexo 3.

*Figura 11: Cámara Zenmuse Z30*



Fuente: (DJI, 2021)

## **CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y DISEÑO METODOLÓGICO**

### **3.1 Hipótesis principal**

La implementación de un equipo RPA mejora la productividad de la inspección ligera para mantenimiento de una línea de transmisión eléctrica.

### **3.2 Hipótesis secundarias**

1. La implementación de un equipo RPA reduce los tiempos totales de la inspección para mantenimiento de una línea de transmisión eléctrica.
2. La implementación de un equipo RPA reduce los costos diarios de la inspección para mantenimiento de una línea de transmisión eléctrica.

### **3.3 Variables**

#### **3.3.1 Definición de las variables.**

**Y: Variable dependiente** – Productividad de inspección.

Se refiere al rendimiento de inspección de estructuras con los recursos utilizados.

**X: Variable independiente** – Implementación de RPA.

La implementación de equipo RPA para la actividad de inspección de línea de transmisión, parte del mantenimiento predictivo.

### **3.4 Diseño metodológico**

#### **3.4.1 Tipo de la investigación.**

Se le conoce a partir de las características: activa, dinámica, práctica o empírica. Además, está íntimamente ligada a la investigación básica, puesto que depende de sus descubrimientos y aportes teóricos para llevar a cabo la solución de problemas, con la finalidad de generar bienestar a la sociedad (Valderrama, 2016, p. 164)

“Por el tipo de investigación, el presente proyecto reúne las condiciones de una investigación aplicada” (Bedoya, 2003), debido a que pone en práctica la teoría seleccionada de la productividad en inspección de líneas de transmisión eléctrica.

### **3.4.2 Nivel de la investigación.**

Según Hernández et al., (2014), el nivel de la investigación se caracteriza por lo siguiente:

Algunas veces, una investigación puede caracterizarse como básicamente exploratoria, descriptiva, correlacional o explicativa, pero no situarse únicamente como tal. Esto es, aunque un estudio sea en esencia exploratorio, contendrá elementos descriptivos; o bien, un estudio correlacional incluirá componentes descriptivos, y lo mismo ocurre con los demás alcances. (p. 174)

En este sentido, “de acuerdo con la naturaleza del estudio de la investigación, reúne por su nivel las características de un estudio descriptivo-explicativa, porque determina las características y propiedades de la inspección de líneas de transmisión” (Bedoya, 2003, p. 1).

### **3.4.3 Diseño de la investigación.**

La investigación no experimental alude a “estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos” (Hernández et al., 2014, p. 149). Es justo decir que es de tipo cuasiexperimental por la implementación de un equipo nuevo a una actividad.

### **3.4.4 Enfoque de la investigación.**

El enfoque es de carácter cuantitativo, dado que “utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (Hernández et al., 2014, p. 74)

Por ello, el estudio tiene un enfoque cuantitativo, debido a que, a través de la aplicación de la propuesta de implementación de equipo RPA, se obtendrán

resultados en la productividad, reducción de tiempos. Igualmente, se podrá comprobar la hipótesis con base al análisis estadístico.

### **3.5 Población y muestra**

#### **3.5.1 Población.**

La población o universo es el “conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones” (Hernández et al., 2014, p.75 ).

En la presente investigación la población estuvo compuesta por 543 estructuras metálicas de la línea de transmisión 500 kV L5034 SE Poroma–SE Ocoña, el cual es un tramo de la línea de transmisión 500 kV SE Chilca–SE Montalvo y está ubicada en la zona de Nasca, Ica.

Es necesario mencionar que la inspección de la línea se realiza de manera anual y, debido a que cumplió con esta actividad, se tuvieron en cuenta los datos para el periodo 2020. Esta línea es parte de una concesión de 30 años a partir del 2014, por lo que su configuración está prevista para que se mantenga durante ese periodo, salvo cambios menores de elementos como parte de un mantenimiento correctivo o en la eventualidad de una emergencia.

#### **3.5.2 Muestra.**

La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población. (Hernández et al., 2014, p. 2)

La muestra para esta investigación son los datos de las 543 estructuras inspeccionadas (recolección de datos y procesamiento) dentro de los meses de abril y julio de 2020. De este modo, la muestra es poblacional.

Cabe señalar que la toma de datos para la prueba con RPA está limitada por el tiempo de la investigación al tener en cuenta los datos de la inspección de cuatro estructuras de manera virtual; a partir del uso de un simulador de vuelo y parte de un programa de entrenamiento de pilotos.

## **3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **3.6.1 Análisis documental.**

Esta técnica refiere a recolectar información de fuentes secundarias tales como libros, boletines, revistas, folletos, periódicos y hasta información de registros internos de la propia empresa. Por tanto, para la presente investigación, se emplearon los registros de las inspecciones previas realizadas a 543 estructuras de la línea L5034 500 kV SE Poroma–SE Ocoña entre los meses de abril y julio del 2020.

### **3.6.2 Prueba de normalidad.**

Antes de analizar cualquier tipo de dato, el investigador deberá considerar la distribución que poseen estos, es decir, el comportamiento de probabilidades que presentan las variables según su naturaleza continua, la cual presenta la conocida gráfica en función de su densidad denominada campana, campana de Gauss o en su aplicación práctica que se asemeje lo más posible a un histograma.

La importancia de su forma radica principalmente en que constituye un acercamiento inicial para determinar el tipo de test estadístico que se debe utilizar para obtener las diferencias en el contraste de las hipótesis de estudio. (Droppelmann, 2018, p. 40)

### **3.6.3 Instrumentos.**

#### **En la operación convencional**

- Hoja de Registro de inspección (método convencional), en esta hoja se detalla la hora de inicio y fin de la inspección, así como la cantidad de estructuras inspeccionadas y el estado de sus componentes.

#### **En la operación prueba - experimental**

- Cámara Zenmuse Z30 de 30x óptico y 3x digital, adjunta a una aeronave pilotada a distancia (RPA) multirotor Modelo Matrice M200, Marca DJI.
- Software DJI GO, para uso del RPA



- Software de simulación de vuelo: DJI Flight Simulator.
- Registro de tiempo de inspección mediante simulación a través del programa DJI Flight Simulator

### **3.7 Procedimientos**

La recolección de datos se realiza de la siguiente manera para los dos métodos a comparar:

- Método convencional.
- Método con RPA.

#### **3.7.1 Método convencional**

##### 3.7.1.1 Descripción de proceso de inspección ligera con método convencional

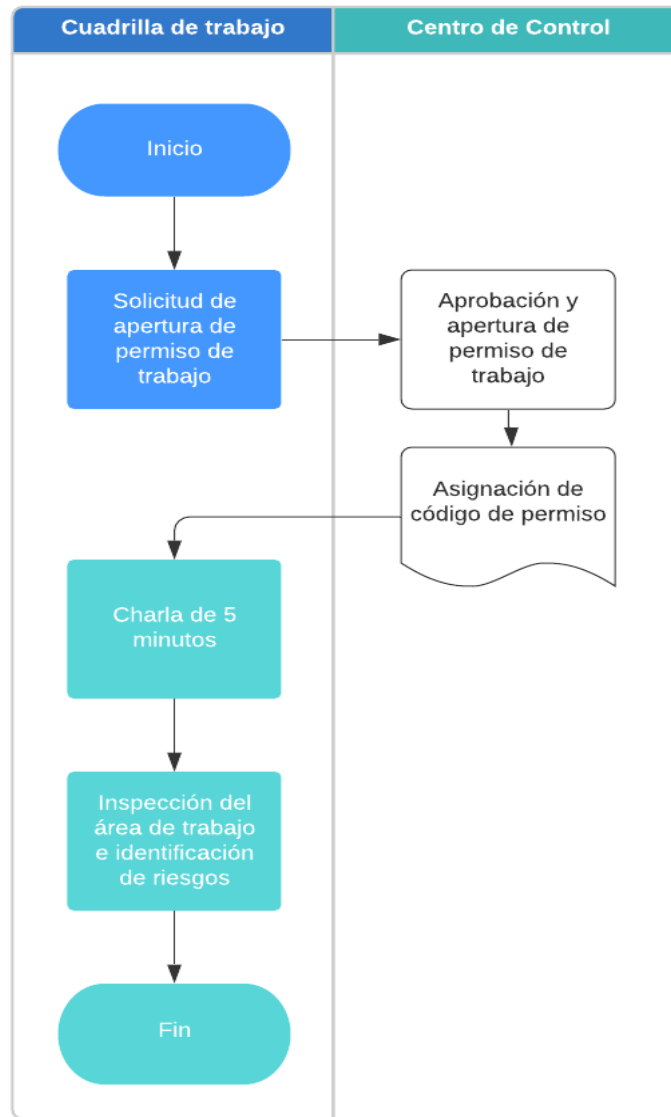
###### a) Actividades previas

- Para llevar a cabo los trabajos programados, se debe obtener la confirmación del Centro de Control. El Supervisor, encargado de la solicitud de permiso, debe coordinar con el centro de control para obtener el permiso de trabajo. El código generado queda registrado en el AST antes de iniciar los trabajos.
- El Personal calificado a cargo del servicio debe contar con sus respectivas pólizas de SCTR Salud y Pensión y Accidentes Personales.
- Se debe realizar la charla de 5 minutos antes del inicio de las labores y, asimismo, emitir el registro de todos los participantes.
- Inspeccionar el área de trabajo e identificar potenciales peligros y evaluación de riesgos. Igualmente, se establecen las medidas preventivas para controlar los riesgos identificados, el cual queda registrado en el formato AST establecido.
- Se revisa minuciosamente las herramientas a utilizar en esta actividad y se registra el *checklist* correspondiente. Posterior a esto, se verifica que cada uno de sus accesorios se encuentre en condiciones satisfactorias para

realizar el trabajo. Si fuera necesario, deberá cambiar algún accesorio que no preste las garantías suficientes para un trabajo eficiente y seguro.

- El supervisor debe asegurarse de que el personal liniero, el cual participa en el servicio, lleve consigo las herramientas y materiales que utilizará para, de este modo, evitar pérdidas de tiempo en el traslado.
- Antes de iniciar la actividad, es deber del supervisor verificar y hacer cumplir que todos los trabajadores firmen toda la documentación establecida (registro de charla e instructivo); su firma deberá hacerse en el lugar de trabajo una vez que haya constatado que todo está controlado en el área de trabajo y que, por ende, la actividad exige la supervisión por el responsable de seguridad.
- El supervisor tendrá en campo toda la información técnica y material que la actividad exija, lo que permite que no existan observaciones o retrasos en el desarrollo de los trabajos.

Figura 12: Diagrama de flujo - Actividades previas método convencional



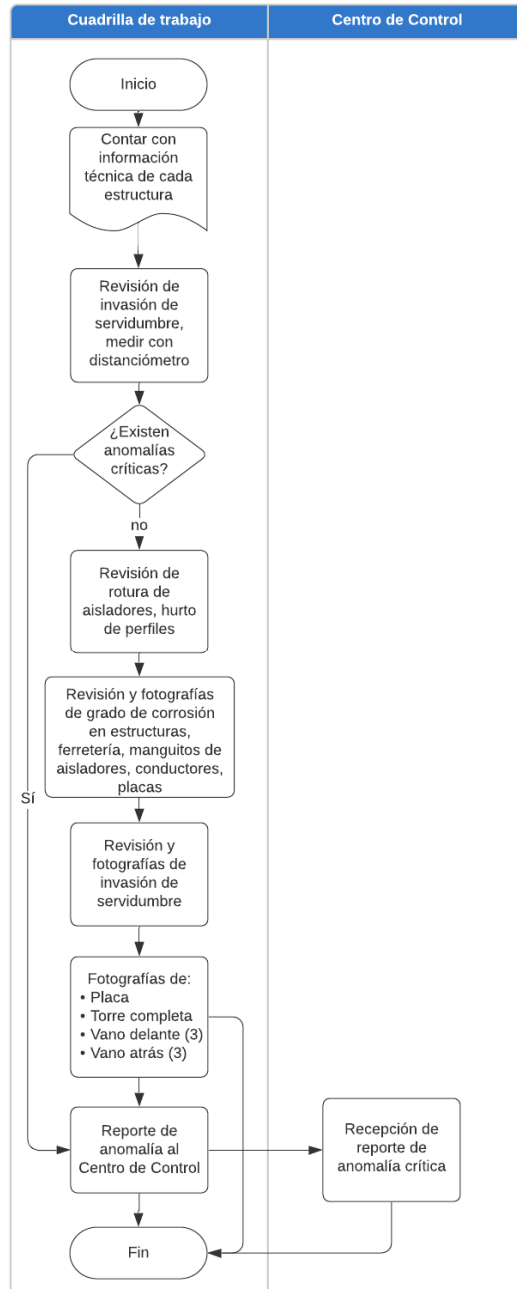
Fuente: elaboración propia

b) Trabajos a realizar.

- El personal designado debe contar con la información técnica de cada estructura (planos de caminos de acceso a las estructuras, planos de montaje de la estructura, planos de ensamble de cadenas de aisladores, etc.). Adicionalmente, el personal es necesario que cuente con los equipos correspondientes para su correcta ejecución.

- La inspección ligera se realiza a nivel del suelo y, por consiguiente, está prohibido subir a las estructuras o acercarse a los conductores. Dentro de las funciones que hay que desempeñar están:
  - Catalogar el grado de contaminación de aisladores como baja, media y alta.
  - Especificar el grado de corrosión en las estructuras, riendas, ferretería, riendas, aisladores (mangos de zinc), conductor, tornillería y placas.
- Especificar el tipo de camino de acceso que llega a pie de torre; este puede ser un camino carrozable o de herradura (solo peatonal).
- En caso de que se detecte una posible invasión de servidumbre (por viviendas, corrales y/o árboles) hay que tomar las respectivas mediciones correspondientes del objeto de acuerdo con los conductores de la línea mediante el uso de un distanciómetro y, así mismo, retomar los datos de los posibles invasores.
- Si se detectará hurto de perfiles, indicar la cantidad y tipo de perfiles a reponer según los códigos especificados en los respectivos planos.
- Si hay detección de hebras rotas en el conductor y/o cables de guarda, hay que describir la cantidad de hebras rotas.
- Catalogar el grado de contaminación de conductores a través del respectivo protocolo.
- Si se halla alguna anomalía crítica, así como cualquier factor que represente un riesgo potencial para las personas y/o instalación, los supervisores de campo informan de inmediato al Centro de control.
- El reporte fotográfico de cada torre debe incluir las siguientes vistas: placa, torre completa, vano atrás, vano adelante, cimentación de las cuatro patas, cadenas de aisladores de las tres fases por línea, conexiones de los cables de guarda y observaciones encontradas.

Figura 13: Diagrama de flujo - Actividades en campo método convencional



Fuente: elaboración propia

### 3.7.1.2 Tiempos totales en la inspección ligera con modo convencional.

Como se detalla en la descripción de la actividad, la inspección inicia y finaliza oficialmente con la apertura y cierre del permiso de trabajo en coordinación con el centro de control; este último es el encargado de asignar un código para cada actividad.

Al inspeccionar todas las estructuras de la L5034 (543 torres) se tienen los tiempos de toma de datos que se contabilizan desde el momento de apertura de permiso de trabajo, en donde el Centro de Control otorga un código único hasta el cierre del permiso. Los minutos de inspección por estructura se calculan con el tiempo total sobre la cantidad de estructuras inspeccionadas.

### 3.7.1.3 Costos por inspección con método convencional.

A continuación se detallan los costos por inspección con el método convencional, divididos en los rubros de Mano de Obra, Equipos y Materiales.

Tabla 4: *Costos Mano de obra - método convencional*

<b>Mano de obra</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. unitario PEN</b>	<b>Parcial PEN</b>
Técnicos linieros	Día	2	106.08	212.16
Conductor	Día	1	94.35	94.35
				306.51

Fuente: elaboración propia

Tabla 5: *Costos Equipos - método convencional*

<b>Equipos</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. unitario PEN</b>	<b>Parcial PEN</b>
Camioneta Pick up 4x4	Día	1	133.33	133.33
Cámara 50x	Día	1	33.33	33.33
				166.67

Fuente: elaboración propia

Tabla 6: *Costos Materiales - método convencional*

<b>Materiales</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. unitario PEN</b>	<b>Parcial PEN</b>
Combustible	Día	1	55.71	55.71
EPPs (3 personas)	Día	1	25.00	25.00
				80.71

Fuente: elaboración propia

### 3.7.2 Método RPA (propuesta).

#### 3.7.2.1 Descripción del proceso de inspección propuesto (con RPA).

a) Requisitos previos al inicio de la actividad.

- Realizar el *checklist* del RPA antes de iniciar los trabajos de inspección de línea.
- El vehículo seleccionado para el desplazamiento debe contar con un mantenimiento preventivo y con sus accesorios reglamentarios.
- En el área de trabajo los equipos y herramientas deben ser trasladados en sus cajas.

- Antes del inicio de la inspección con RPA, se debe verificar previamente el estado de carga completo de baterías, control remoto y *tablet* perteneciente al RPA.
- Hay que planificar con antelación la ruta de desplazamiento más eficiente para movilizarse por toda la línea de transmisión y determinar las estructuras donde se llevará a cabo la inspección.
- Es fundamental revisar los datos climatológicos del o los días en el que se ejecuta el trabajo de inspección con equipo RPA, con el fin de evitar retrasos o percances y mantener rendimientos planificados.

#### Consideraciones en campo:

- La distancia hacia la torre que debe mantener el RPA no puede ser menor a 40 m. Esta acción es requerida debido a los campos electromagnéticos generados por las torres y al alto nivel de tensión que transcurren a través de los conductores eléctricos.
- Es esencial que la calidad de las imágenes se encuentre configurado en la máxima calidad para su óptimo post-procesamiento en gabinete.
- Una vez que el nivel de batería se reduzca hasta el límite del 15 %, se debe proceder el regreso del RPA hasta el punto de aterrizaje (*home*) para el cambio de baterías y continuar con la inspección.
- La distancia entre el equipo RPA y el punto de despegue (*home*) no puede ser mayor a 3.5 km para, de este modo, evitar pérdida de señal.

#### Parámetros de vuelo:

- Altura de vuelo = [60 - 80] m.
- Distancia de torre = >40 m.
- Manejo del RPA = manual.
- Velocidad de equipo = moderada (15-20 km/h).
- Velocidad de viento = moderada (30 km/h).
- Supervisar que el nivel de batería nunca descienda por debajo del 15 %.



- Mantener supervisión de vista directa con el RPA durante el vuelo en todo momento.

*Figura 14: Realización de inspección con RPA (dron)*



Fuente: toma propia

### 3.7.2.2 Tiempos totales en la inspección ligera con modo convencional.

Al considerar los parámetros del equipo, se realizó una prueba de manera presencial en la estructura T45 en la zona de Chilca con la que se pudo comprobar la efectividad del acercamiento por zoom de la cámara Z30, en la que se posicionó el equipo RPA fuera de la faja de servidumbre, es decir, a 32 m desde el eje.

Figura 15: Captura de video de prueba inspección con RPA



Fuente: toma propia

Con el objetivo de corroborar el tiempo de inspección, se realizaron dos vuelos en un simulador virtual con el *software* DJI flight simulator de la empresa DJI, fabricantes del RPA Matrice 200 con el que se trabajó esta investigación. En este simulador se puede seleccionar el tipo de RPA, instalaciones, condiciones climatológicas (velocidad de viento, lluvia, etc). Ambos vuelos registran una inspección completa para dos (02) estructuras en 17 minutos aproximadamente. Para un mejor detalle, los vuelos de simulación se adjuntan como Anexos.

Figura 16: Simulación de vuelo en software DJI Flight Simulator

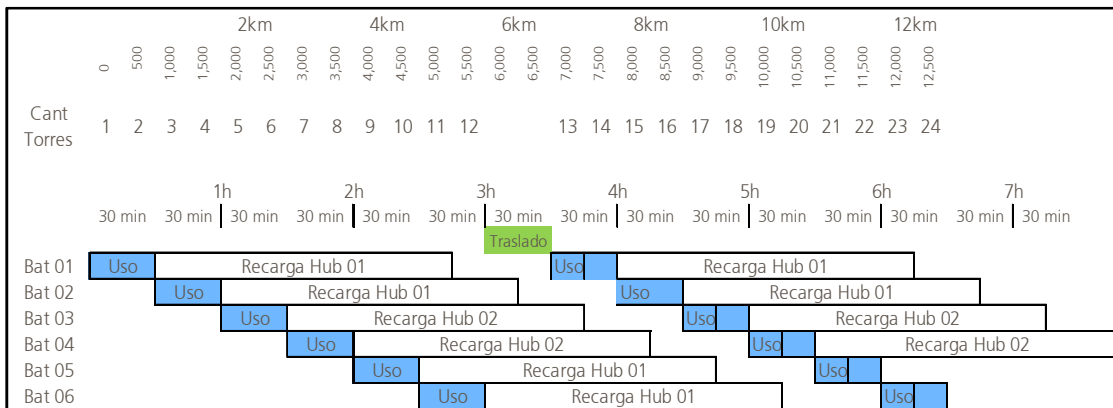


Fuente: elaboración propia

### 3.7.2.3 Propuesta de Plan de Inspección con el uso de RPA.

Al tener en cuenta los parámetros del equipo, tiempo de uso de baterías y el tiempo de recarga de estas, se implementó el siguiente Plan de Inspección de estructuras por día.

Figura 17. Plan de Inspección con el uso de RPA



Fuente: elaboración propia

Según el Plan de Inspección, se puede apreciar que, con el uso de seis baterías y dos cargadores de baterías, se realiza la inspección de 24

estructuras por día al tomar 06:30 horas en total. Se debe precisar que se incluyen tiempos de traslados para evitar la pérdida de conexión por la distancia con el RPA.

### 3.7.2.4 Costos por inspección con método RPA.

Tabla 7: *Costos Mano de Obra - Método RPA*

<b>Mano de obra</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. unitario</b>	<b>Parcial</b>
Técnicos linieros	Día	1	106.08	106.08
Piloto RPA	Día	1	178.50	178.50
Conductor	Día	1	94.35	94.35
				378.93

Fuente: elaboración propia

Tabla 8: *Costos equipos - Método RPA*

<b>Equipos</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. unitario</b>	<b>Parcial</b>
Camioneta Pick up 4x4	Día	1	133.33	133.33
Matrice 200 (RPA) + Cámara Zenmuse Z30	Día	1	225.94	225.94
				359.27

Fuente: elaboración propia

Tabla 9: *Costos materiales - Método RPA*

<b>Materiales</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. unitario</b>	<b>Parcial</b>
Combustible	Día	1	55.71	55.71
EPPs (3 personas)	Día	1	12.50	12.50
				68.21

Fuente: elaboración propia

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1 Resultados de la investigación

Se realizó una prueba de normalidad con los datos tomados del registro de inspecciones (método convencional), Anexo 4, y a los datos de la simulación de inspección con RPA con software:

#### Prueba de normalidad

- Planteamiento de hipótesis:

H1. No existe distribución normal en los minutos evaluados.

H0. Existe distribución normal en los minutos evaluados.

- Nivel de significancia:

0,05

- Formas de interpretar:

Si la Sig. es menor que 0,05 → se rechaza la H0

Si la Sig. es mayor que 0,05 → no se rechaza la H0

Tabla 10: Resultados de la Prueba de Normalidad

	Método	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Minutos	Método convencional	0,144	543	0,000	0,909	543	0,000
	Método RPA	0,307	4	.	0,729	4	0,024

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: elaboración propia

#### **Interpretación**

Pre-Test: Se utilizó la prueba de normalidad Kolmogrov-Sminrnnov para los datos de registros de tiempos de inspección con método convencional, con un resultado de nivel de significancia de 0.000 (Sig.<0,05) por lo que se interpreta que no tiene distribución normal.

Post-Test: Se utilizó la prueba de normalidad Shapiro Wilk para los datos de simulación de inspección con el software DJI Flight Simulator, con un resultado de nivel de significancia de 0.024 (Sig.<0,05) por lo que se interpreta que no tiene distribución normal.

De acuerdo con las pruebas de normalidad, no existe distribución normal en tanto el método convencional (Sig.<0,05), como en el método RPA (Sig.<0,05) por lo que, para realizar la diferencia de medias, se debe utilizar la prueba de U de Mann-Whitney.

### Planteamiento de hipótesis específica 1:

H1. La implementación de un equipo RPA reduce los tiempos totales de la inspección para mantenimiento de una línea de transmisión eléctrica.

H0. La implementación de un equipo RPA no reduce los tiempos totales de la inspección para mantenimiento de una línea de transmisión eléctrica.

#### Nivel de significancia:

0,05

#### Formas de interpretar:

Si la Sig/2. es menor que 0,05 → se rechaza la H0

Si la Sig/2. es mayor que 0,05 → no se rechaza la H0

Tabla 11: Resultados de prueba de U de Mann-Whitney

<i>Estadísticos de prueba<sup>a</sup></i>	Minutos
U de Mann-Whitney	0,000
W de Wilcoxon	10,000
Z	-3,447
Sig. asintótica(bilateral)	0,001

a. Variable de agrupación: Método

Fuente: elaboración propia

Al realizarse una prueba de U de Mann-Whitney, notamos que la significancia es  $0,001/2 = 0,0005$ . Siendo este valor inferior al nivel de significancia de referencia

de 0,05, se descarta la hipótesis nula y se interpreta que la implementación de un equipo RPA reduce los tiempos totales de la inspección para mantenimiento de una línea de transmisión eléctrica.

### **Planteamiento de hipótesis específica 2:**

Para determinar el costo de cada método, se analizó los costos unitarios diarios para la inspección, siendo las más resaltantes: mano de obra, materiales y equipos.

- Método convencional

En la Tabla 12 se detallan los costos con el método por RPA.

Tabla 12: *Costos totales – Método convencional*

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. unitario</b>	<b>Parcial</b>
<b>Mano de obra</b>	día	1	306.51	306.51
<b>Equipos</b>	día	1	188.89	188.89
<b>Materiales</b>	día	1	68.21	68.21
<b>Total (PEN)</b>				<b>563.61</b>

Fuente: elaboración propia

- Método RPA

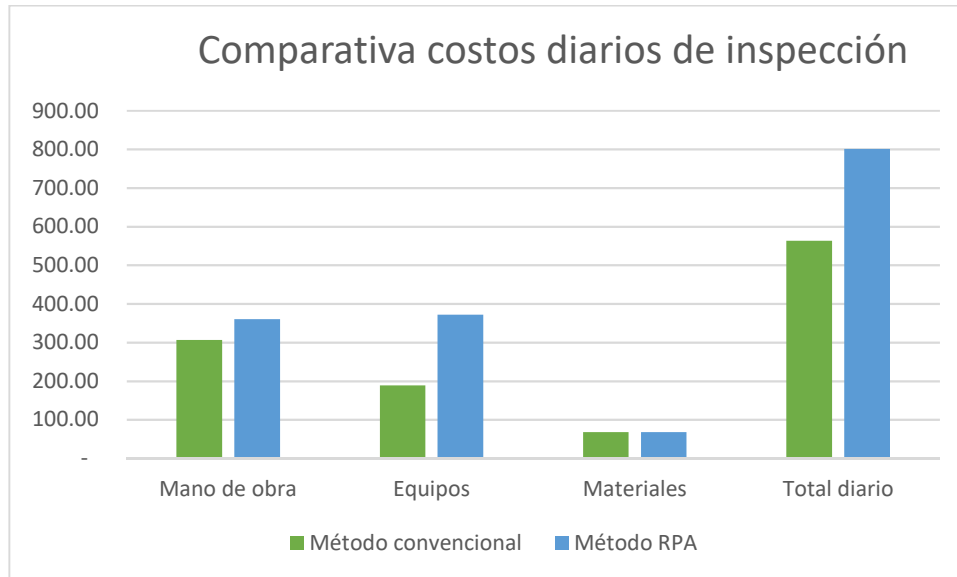
En la Tabla 13 se detallan los costos con el método por RPA.

Tabla 13: *Costos totales – Método convencional*

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. unitario</b>	<b>Parcial</b>
<b>Mano de obra</b>	día	1	360.43	360.43
<b>Equipos</b>	día	1	372.07	372.07
<b>Materiales</b>	día	1	68.21	68.21
<b>Total (PEN)</b>				<b>800.71</b>

Fuente: elaboración propia

Tabla 14: Costos totales – Método convencional



Fuente: elaboración propia

El costo diario de con el método convencional es de S/ 563.61 y el costo diario con el método RPA es S/ 800.71, con lo que se concluye que el método de inspección de líneas de transmisión con RPA es un 42 % más costoso por día.

### Resumen resultados

En la Tabla 15 se resumen los resultados de la investigación:



Tabla 15: Resumen de resultados de la investigación

Hipótesis	Variable Independiente	Variable dependiente	Indicador	Pre-Test	Post-Test	Diferencia
La implementación de un equipo RPA reduce los tiempos totales de la inspección para mantenimiento de una línea de transmisión eléctrica	Implementación de RPA	Tiempos totales de inspección	% de variación de tiempos método convencional con método RPA	51 minutos	8.5 minutos	Diferencia de 42.5 minutos por estructura, equivalentes al 83%
La implementación de un equipo RPA reduce los costos de la inspección para mantenimiento de una línea de transmisión eléctrica	Implementación de RPA	Costos de inspección	% de variación de costos método convencional con método RPA	S/563.61	S/800.71	Diferencia de S/ 237.1 por día de inspección, equivalentes a un incremento de 42%

Fuente: elaboración propia

Con los resultados presentados, al tener menor tiempo de inspección con el uso del RPA, y haciendo uso del Plan de Inspección indicado en el punto 3.7.2.3, en donde se señala que se puede realizar la inspección de 24 estructuras en un día, se infiere que el tiempo que se emplearía para la totalidad de la línea de transmisión es de 23 días.

El reporte de inspección con el método convencional del año 2020 (Anexo 4) nos indica que en total fueron necesarios 46 días bajo ese método. Con lo que podemos analizar el costo total por la inspección de la línea de transmisión de la siguiente manera:

Tabla 16: Resultados para las 543 estructuras

	Costo de inspección por día (PEN)	Inspección de 543 estructuras (días)	Costo total - 543 estructuras	Costo por estructura (PEN)
<b>Método convencional</b>	563.61	46	25,926.06	47.75
<b>Método RPA</b>	800.71	23	18,416.33	33.92

Fuente: elaboración propia

Concluyendo que, si bien el costo diario de inspección es mayor con el método con RPA, al ser más rápido, la inspección total de la línea de transmisión (543) se realiza en una menor cantidad de días. Haciendo que la productividad por estructura sea mayor.

## CONCLUSIONES

1. Se concluye que el tiempo medio para una inspección visual en una línea de transmisión es menor con el uso de un equipo RPA. Esto con base a las pruebas realizadas al registro de tiempos de en la Línea de Transmisión SE Poroma – SE Ocoña, que presentan una media de 43 minutos y una desviación estándar de 16.63, y a los tiempos de inspección en simulación con RPA, con una media de 8.5 minutos y una desviación estándar de 0.577. Las pruebas de normalidad (Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk) realizadas a ambas muestras dio como resultado una distribución no normal ya que ambas no superaban la significancia de 0.05 (método convencional: Sig=0.000; método RPA: Sig=0,024), por lo que se optó por la prueba de U de Mann-Whitney para contrastación de hipótesis. El resultado de dicha prueba fue de significancia (unilateral) Sig/2 = 0,0005, que es menor a la significancia de referencia Sig = 0,05 con lo que se descarta la hipótesis nula, dando por válida la hipótesis alterna sobre la reducción de tiempos con el método RPA. Lo que supone una reducción de tiempo del 80%.
2. Sobre el costo diario de inspección, se hizo la evaluación tomando en cuenta Mano de Obra, Materiales y Equipos, se tiene que para el método convencional es de S/ 563.61 y para el método con RPA es S/ 800.71. Se concluye que existe un incremento del 42% en costo diario.
3. Según el registro de inspecciones realizadas entre abril y julio de 2020 tomado como base, se inspeccionaron las 543 estructuras de la línea de transmisión en 46 días, dando una productividad de 11.8 estructuras por día. Por otro lado, tomando la propuesta de inspección con RPA que incluye consideraciones de uso de batería y traslados para mantener la señal con el equipo, se tiene un estimado de 24 estructuras por día, con lo que se podría completar la inspección de las 543 estructuras en 23 días. En términos de costo, para el método convencional se tiene costo diario de S/ 563.61 por 46 días para la inspección total de la línea de transmisión da un total de S/ 25,926.06, en cambio con el método RPA si bien tiene un costo diario mayor, al ser más rápido solo emplea 23 días dando un total de S/ 18,416.33, una mejora de 29%.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda realizar un Plan de Inspección con RPA evaluando la cantidad de baterías a usar y recargar en los vuelos para inspección, de modo que se pueda hacer una mayor cantidad de inspecciones en el recorrido.
2. Se recomienda capacitar y certificar al personal técnico que presente mayor habilidad con el manejo del equipo para que pueda realizar los vuelos de RPA, para optimizar el costo de mano de obra.
3. Se recomienda la implementación del equipo RPA en el Plan de Inspección como parte del Mantenimiento de la Línea de transmisión de 500kV SE Poroma – SE Ocoña por suponer una mejora en la productividad de la actividad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abengoa. (s.f.). *Abengoa*. Home: <http://www.abengoa.pe/web/es/>
- Aguilar, J. (2013). *Oxidación y corrosión*. Recursos: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/Libros/2013/cmI/6-Oxidacion.pdf>
- Alfaro, J., González, C., & Piña, M. (2013). *Economía de la empresa. Bachillerato*. España: McGraw-Hill.
- Bedoya, E. (2003). *La nueva gestión de personas y su evaluación de desempleo en empresas competitivas*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. [https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/tesis/empre/bedoya\\_se/bedoya\\_se.htm](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/tesis/empre/bedoya_se/bedoya_se.htm)
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la Investigación para administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (3ra ed.). Colombia: Person Educación.
- Blas, J. (2017). *Implementación De Un Plan De Mantenimiento Efectivo Para El Sistema De Transmisión Eléctrica De 60kv. L-717 Zapallal – IPEN* (tesis de grado). Universidad Privada del Norte. Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/11371/TESIS%20-%20JOSE%20BLAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Concepto.de. (s.f.). *¿Qué es eficiencia?* Home: <https://conceptodefinicion.de/eficiencia/#:~:text=La%20palabra%20eficiencia%20proviene%20del,producto%20final%20de%20cualquier%20tarea.>
- Contreras, J. (2019). *Propuesta del uso de drones en el Puerto de Buenaventura para los muelles de 5,6,7 y 8, en el proceso portuario de contenedores y la disminución de riesgos asociados, tomando como referencia la visita al puerto internacional de Miraflores de Panamá*. Universidad Católica de Colombia.
- Cruz, J. (2018). *Cálculo del índice de condición del pavimento con imágenes del vehículo aéreo no tripulado*. Universidad Nacional de Ingeniería. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/17218>
- Cruz, J., & Gutiérrez, J. (2018). Evaluación superficial de vías urbanas empleando vehículo aéreo no tripulado (VANT). *Métodos y materiales*, 8(1), 23-32. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6936426>
- DJI. (2021). *DJI*. Home: <https://www.dji.com/>

- Droppelmann, G. (2018). Pruebas de Normalidad. *Revista Actualizaciones Clínica MEDS*, 2(1), 39-43. <https://www.meds.cl/wp-content/uploads/Art-5.-Guillermo-Droppelmann.pdf>
- Escobedo, A., & Yépez, F. (2019). *Diseño y evaluación de un método de inspección no destructivo para ubicar y determinar características geométricas de zonas con agrietamientos en estructuras de concreto reforzado*. Universidad Autónoma de Nuevo León. <http://eprints.uanl.mx/18318/>
- Escuela Politécnica Nacional. (s.f.). *Corrosión y degradación de los metales*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2771/1/CD-0553.pdf>
- Felsinger, E., & Runza, P. (2002). Productividad: Un Estudio de Caso en un Departamento. Universidad del CEMA. [https://ucema.edu.ar/posgrado-download/tesinas2002/Felsinger\\_MADE.pdf](https://ucema.edu.ar/posgrado-download/tesinas2002/Felsinger_MADE.pdf)
- Flores, H. (2016). *Implementar la gestión en el diseño de un plan de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo en el sistema de transporte terrestre para el proyecto minero La Zanja*. Universidad Privada del Norte. [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10815/T055\\_44224128\\_T-1-9.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10815/T055_44224128_T-1-9.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- Gómez, I. (2005). *Evaluación del índice de salidas de líneas de transmisión en alta tensión en ambientes contaminados*. Instituto Politécnico Nacional. <https://www.sepielectrica.esimez.ipn.mx/Tesis/2006/Evaluacion%20Del%20indice%20De%20Salidas%20De%20Transmision%20En%20Alta%20Tension%20En%20Ambientes%20Contaminados.pdf>
- Guacho, J., & Carrera, E. (2018). *Inspección Termográfica De Líneas Eléctricas Y Torres De Telecomunicaciones Implementado En Dron Dentro De La Ciudad De Guayaquil*. Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/34607>
- Guerra, R. (2015). *El mantenimiento de una línea de transmisión*. Energía del cambio: <http://www.laenergiadelcambio.com/el-mantenimiento-de-una-linea-de-transmision/>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.

- León, H. (2018). *Diseño De Hexacóptero Autónomo Para Mantenimiento En Líneas Eléctricas* (tesis de grado). Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/12407>
- Maya, J. (2011). *Manejo de corrosión en líneas de energía*. Home: <https://www.zonadepinturas.com/201105242112/articulos/proteccion-de-superficies-y-control-de-corrosion/manejo-de-corrosion-en-lineas-de-energia.html>
- Montero, J. (2016). *Qué diferencias hay entre RPA, UAV, RPAS, UAS y DRON*. Home: <https://www.todrone.com/diferencias-hay-entre-rpa-uav-rpas-uas-dron/>
- Oficinas de Comunicaciones de Osinergmin. (2015). *Prevención de accidentes con cables y torres de alta tensión*. Osinergmin. [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Folleteria/20-Prevencion-Accidentes-cables-torres-AT.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Folleteria/20-Prevencion-Accidentes-cables-torres-AT.pdf)
- Quezada, J. (2005). *Metodología de construcción de líneas de transmisión eléctrica*. Universidad Austral de Chile. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmfciq.5m/doc/bmfciq.5m.pdf>
- Quijala, J. (2018). *Análisis de las potencialidades de la cámara NECAVIO F30 instalada en el Drone x8+ para el diagnóstico de sistemas fotovoltaicos*. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/10070/Julio%20Antonio%20Quijala%20Fuentes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Redacción Gestión. (2014). *MEM: Línea de transmisión Chilca - Marcona beneficiará a cinco millones de peruanos del sur*. Economía: <https://gestion.pe/economia/mem-linea-transmision-chilca-marcona-beneficiara-cinco-millones-peruanos-sur-71053-noticia/>
- Sánchez, M. (2017). *Uso y aplicaciones de drones en minería*. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/112714/PFC%20Manuel%20Sanchez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sedano, F., & Pari, R. (2018). *Ventajas en los levantamientos topográficos con el uso de vehículos aéreos no tripulados (UAV)* (tesis de grado). Universidad Privada del Norte. <http://hdl.handle.net/11537/21067>

- 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.  
[https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/5574/TEGP\\_SepulvedaCossioRafaelEsteban\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/5574/TEGP_SepulvedaCossioRafaelEsteban_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Universidad Nacional de La Plata. (s.f.). *Capítulo 1. Conductores para líneas aéreas*.  
<https://catedra.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/sispot/Libros%202007/libros/le/le-01/le-01.htm>
- Valderrama, S. (2016). *Pasos para Elaborar Proyectos de Investigación Científica Cuantitativa, Cualitativa y Mixta*. Editorial San Marcos.



## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de Consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADOR VD
General	General	General	General	General	General
¿En cuánto impacta la implementación de un equipo RPA en la productividad de la inspección ligera para mantenimiento de una línea de transmisión eléctrica?	Cuantificar el impacto de la implementación de un equipo RPA en la productividad de la inspección ligera para mantenimiento de una línea de transmisión eléctrica	La implementación de un equipo RPA mejora la productividad de la inspección ligera para mantenimiento de una línea de transmisión eléctrica	Implementación de RPA	Productividad de inspección	Cantidad de estructuras <u>inspeccionadas</u> Recursos empleados
Específicos	Específicos	Específicos	Específicos	Específicos	Específicos
¿En cuánto impacta la implementación de un equipo RPA en los tiempos totales de la inspección para mantenimiento de una línea de transmisión eléctrica?	Cuantificar el impacto de la implementación de un equipo RPA en los tiempos totales de la inspección para mantenimiento de una línea de transmisión eléctrica	La implementación de un equipo RPA reduce los tiempos totales de la inspección para mantenimiento de una línea de transmisión eléctrica	Implementación de RPA	Tiempos totales de inspección	% de variación de tiempos (en minutos) método convencional con método RPA
¿En cuánto impacta la implementación de un equipo RPA en los costos de la inspección para mantenimiento de una línea de transmisión eléctrica?	Cuantificar el impacto de la implementación de un equipo RPA en los costos de la inspección para mantenimiento de una línea de transmisión eléctrica	La implementación de un equipo RPA reduce los costos de la inspección para mantenimiento de una línea de transmisión eléctrica	Implementación de RPA	Costos de inspección	% de variación de costos (en soles) método convencional con método RPA

## Anexo 2. Especificaciones técnicas RPA – DJI Matrice 200



THE FUTURE OF POSSIBLE



AUTHORIZED RETAIL STORE  
**ALL4DRONES**  
PLAZA HORTO - SUBCO - ADA

# MATRICE 200

## ESPECIFICACIONES

### AERONAVE

Modelo	M200
Dimensiones del paquete	790×390×290 mm (31.1×15.4×11.4 pulgadas)
Dimensiones (extendido)	887×980×378 mm (34.9×34.6×14.9 pulgadas)
Dimensiones (plegado)	716×220×236 mm (28.2×8.7×9.3 pulgadas)
Forma de plegarse	Se pliega hacia dentro
Distancia diagonal entre ejes	643 mm (25.3 pulgadas)
Número de baterías	2
Peso (TB50)	Aprox. 3.80 kg
Peso (TB55)	Aprox. 4.53 kg
Peso máx. de despegue	6.14 Kg
Carga máxima (2 TB50)	Aprox. 2.34 kg (con dos baterías estándar)
Carga máxima (2 TB55)	Aprox. 1.61 kg (con dos baterías estándar)
Precisión en vuelo estacionario (Modo-P, con GPS)	Vertical: ±0.5 m (1.64 pies) o ±0.1 m (0.33 pies, con el Sistema Visual Inferior activo) Horizontal: ±1.5 m (4.92 pies) o ±0.3 m (0.98 pies, con el Sistema Visual Inferior activo)



THE FUTURE OF POSSIBLE



AUTHORIZED RETAIL STORE  
**ALL4DRONES**  
PLAZAMOSTE - BUREO - A&A

Velocidad angular máx.	Inclinación: 300°/s Giro: 150°/s
Ángulo máximo de inclinación	Modo P: 30° (Sistema de Visión frontal activado: 25°); Modo A: 35°; Modo S: 35°
Velocidad máx. en ascenso	5 m/s (16.4 ft/s)
Velocidad máx. en descenso	Vertical: 3 m/s (9.8 pies/s)
Velocidad máx.	Modo S: 82.8 km/h (51.4 mph) Modo P: 61.2 km/h (38 mph) Modo A: 82.8 km/h (51.4 mph)
Altura máx. de servicio sobre el nivel del mar	3000 m (1.86 mi)
Resistencia al viento máx.	12 m/s (39.4 ft/s)
Tiempo máx. de vuelo (sin carga, con TB50)	27 min
Tiempo máx. de vuelo (sin carga, con TB55)	38 min
Tiempo máx. de vuelo (completamente cargado, con TB50)	13 min
Tiempo máx. de vuelo (completamente cargado, con TB55)	24 min
Modelo del motor	DJI 3515
Modelo de hélice	1760S

Obtenido de: <https://www.dji.com/br/matrice-200-series/info#specs>

## Anexo 3: Especificaciones técnicas Cámara – Zenmuse Z30



THE FUTURE OF POSSIBLE



AUTHORIZED RETAIL STORE  
**ALL4DRONES**  
PLAZA SURTIS - SÁNCOS - ASA

# ZENMUSE Z30

## ESPECIFICACIONES

### GENERAL

Name	Zenmuse Z30
Dimensions	152×137×61 mm
Weight	549 g

### CAMERA

Sensor	CMOS, 1/2.8" Effective Pixels: 2.13 M
Lens	30x Optical Zoom F1.6 (Wide) - F4.7 (Tele) Zoom Movement Speed: - Optical Wide - Optical Tele: 4.6 sec - Optical Wide - Digital Tele: 6.2 sec - Digital Wide - Digital Tele : 1.8 sec Focus Movement Time: ∞ - near: 1.1 sec
FOV	63.7°(Wide) - 2.3°(Tele)
Digital Zoom	6x
Min. Working Distance	10 mm (Wide) - 1200 mm (Tele)
Photo Formats	JPEG



THE FUTURE OF POSSIBLE



AUTHORIZED RETAIL STORE  
**ALL4DRONES**  
PLAZA NORTE - SÃO PAULO - BRA

Video Formats	MOV, MP4
Working Modes	Capture, Record, Playback
Still Photography Modes	Single shot, Burst shooting: 3/5 frames, Timelapse (2/3/4/7/10/15/20/30 sec)
Exposure Mode	Auto, Manual, Shutter
Exposure Compensation	±3.0 (1/3 increments)
Metering Mode	Center-weighted metering, Spot metering (Area option 12x8)
AE Lock	Supported
Electronic Shutter Speed	1/1 - 1/6000 s
White Balance	Auto, Sunny, Cloudy, Incandescent, Custom (2000K - 10000K)
Video Captions	Supported
Tap to Zoom	Supported
Tap to Zoom Range	Supported
Tap to Zoom Range	1-5
Defog	Supported
One Key to 1x Image	Supported
Anti-flicker	Auto, 50 Hz, 60 Hz

Obtenido de: <https://www.dji.com/br/matrice-200-series/info#specs>

**Anexo 4: Reporte de inspección visual – Recolección de datos (método convencional)**

Reporte de inspección visual L-5034 – Recolección de datos

L5034						
Torre	Código de Permiso	Hora Inicio	Hora Fin	Fecha De inspección	Cantidad de torres inspeccionadas por día	Minutos por torre
1	SR-1590	10:11	18:00	28/04/2020	17	27
2	SR-1590	10:11	18:00	28/04/2020	17	27
3	SR-1590	10:11	18:00	28/04/2020	17	27
4	SR-1590	10:11	18:00	28/04/2020	17	27
5	SR-1590	10:11	18:00	28/04/2020	17	27
6	SR-1590	10:11	18:00	28/04/2020	17	27
7	SR-1590	10:11	18:00	28/04/2020	17	27
8	SR-1590	10:11	18:00	28/04/2020	17	27
9	SR-1590	10:11	18:00	28/04/2020	17	27
10	SR-1590	10:11	18:00	28/04/2020	17	27
11	SR-1603	06:18	18:27	29/04/2020	13	56
12	SR-1603	06:18	18:27	29/04/2020	13	56
13	SR-1603	06:18	18:27	29/04/2020	13	56
14	SR-1590	10:11	18:00	28/04/2020	17	27
15	SR-1590	10:11	18:00	28/04/2020	17	27
16	SR-1590	10:11	18:00	28/04/2020	17	27
17	SR-1590	10:11	18:00	28/04/2020	17	27
18	SR-1590	10:11	18:00	28/04/2020	17	27
19	SR-1590	10:11	18:00	28/04/2020	17	27
20	SR-1590	10:11	18:00	28/04/2020	17	27
21	SR-1603	06:18	18:27	29/04/2020	13	56
22	SR-1603	06:18	18:27	29/04/2020	13	56
23	SR-1603	06:18	18:27	29/04/2020	13	56
24	SR-1603	06:18	18:27	29/04/2020	13	56
25	SR-1603	06:18	18:27	29/04/2020	13	56
26	SR-1603	06:18	18:27	29/04/2020	13	56
27	SR-1603	06:18	18:27	29/04/2020	13	56
28	SR-1603	06:18	18:27	29/04/2020	13	56
29	SR-1603	06:18	18:27	29/04/2020	13	56
30	SR-1603	06:18	18:27	29/04/2020	13	56
31	SR-1624	06:29	17:33	30/04/2020	13	51

32	SR-1624	06:29	17:33	30/04/2020	13	51
33	SR-1624	06:29	17:33	30/04/2020	13	51
34	SR-1624	06:29	17:33	30/04/2020	13	51
35	SR-1624	06:29	17:33	30/04/2020	13	51
36	SR-1624	06:29	17:33	30/04/2020	13	51
37	SR-1624	06:29	17:33	30/04/2020	13	51
38	SR-1624	06:29	17:33	30/04/2020	13	51
39	SR-1624	06:29	17:33	30/04/2020	13	51
40	SR-1624	06:29	17:33	30/04/2020	13	51
41	SR-1624	06:29	17:33	30/04/2020	13	51
42	SR-1624	06:29	17:33	30/04/2020	13	51
43	SR-1624	06:29	17:33	30/04/2020	13	51
44	SR-1637	06:31	17:47	01/05/2020	13	52
45	SR-1637	06:31	17:47	01/05/2020	13	52
46	SR-1637	06:31	17:47	01/05/2020	13	52
47	SR-1637	06:31	17:47	01/05/2020	13	52
48	SR-1637	06:31	17:47	01/05/2020	13	52
49	SR-1637	06:31	17:47	01/05/2020	13	52
50	SR-1637	06:31	17:47	01/05/2020	13	52
51	SR-1637	06:31	17:47	01/05/2020	13	52
52	SR-1637	06:31	17:47	01/05/2020	13	52
53	SR-1637	06:31	17:47	01/05/2020	13	52
54	SR-1637	06:31	17:47	01/05/2020	13	52
55	SR-1637	06:31	17:47	01/05/2020	13	52
56	SR-1637	06:31	17:47	01/05/2020	13	52
57	SR-1650	06:53	18:03	2/05/2020	14	47
58	SR-1650	06:53	18:03	2/05/2020	14	47
59	SR-1650	06:53	18:03	2/05/2020	14	47
60	SR-1650	06:53	18:03	2/05/2020	14	47
61	SR-1650	06:53	18:03	2/05/2020	14	47
62	SR-1650	06:53	18:03	2/05/2020	14	47
63	SR-1650	06:53	18:03	2/05/2020	14	47
64	SR-1650	06:53	18:03	2/05/2020	14	47
65	SR-1650	06:53	18:03	2/05/2020	14	47
66	SR-1650	06:53	18:03	2/05/2020	14	47
67	SR-1650	06:53	18:03	2/05/2020	14	47
68	SR-1650	06:53	18:03	2/05/2020	14	47
69	SR-1650	06:53	18:03	2/05/2020	14	47
70	SR-1650	06:53	18:03	2/05/2020	14	47
71	SR-1656	06:18	17:26	3/05/2020	11	60
72	SR-1656	06:18	17:26	3/05/2020	11	60

73	SR-1656	06:18	17:26	3/05/2020	11	60
74	SR-1656	06:18	17:26	3/05/2020	11	60
75	SR-1656	06:18	17:26	3/05/2020	11	60
76	SR-1656	06:18	17:26	3/05/2020	11	60
77	SR-1656	06:18	17:26	3/05/2020	11	60
78	SR-1656	06:18	17:26	3/05/2020	11	60
79	SR-1656	06:18	17:26	3/05/2020	11	60
80	SR-1656	06:18	17:26	3/05/2020	11	60
81	SR-1656	06:18	17:26	3/05/2020	11	60
82	SR-1667	06:35	18:35	4/05/2020	10	72
83	SR-1667	06:35	18:35	4/05/2020	10	72
84	SR-1667	06:35	18:35	4/05/2020	10	72
85	SR-1667	06:35	18:35	4/05/2020	10	72
86	SR-1667	06:35	18:35	4/05/2020	10	72
87	SR-1667	06:35	18:35	4/05/2020	10	72
88	SR-1667	06:35	18:35	4/05/2020	10	72
89	SR-1667	06:35	18:35	4/05/2020	10	72
90	SR-1667	06:35	18:35	4/05/2020	10	72
91	SR-1667	06:35	18:35	4/05/2020	10	72
92	SR-1680	06:52	17:44	5/05/2020	11	59
93	SR-1680	06:52	17:44	5/05/2020	11	59
94	SR-1680	06:52	17:44	5/05/2020	11	59
95	SR-1680	06:52	17:44	5/05/2020	11	59
96	SR-1680	06:52	17:44	5/05/2020	11	59
97	SR-1680	06:52	17:44	5/05/2020	11	59
98	SR-1680	06:52	17:44	5/05/2020	11	59
99	SR-1680	06:52	17:44	5/05/2020	11	59
100	SR-1680	06:52	17:44	5/05/2020	11	59
101	SR-1680	06:52	17:44	5/05/2020	11	59
102	SR-1680	06:52	17:44	5/05/2020	11	59
103	SR-1693	06:28	17:28	6/05/2020	13	50
104	SR-1693	06:28	17:28	6/05/2020	13	50
105	SR-1693	06:28	17:28	6/05/2020	13	50
106	SR-1693	06:28	17:28	6/05/2020	13	50
107	SR-1693	06:28	17:28	6/05/2020	13	50
108	SR-1693	06:28	17:28	6/05/2020	13	50
109	SR-1693	06:28	17:28	6/05/2020	13	50
110	SR-1693	06:28	17:28	6/05/2020	13	50
111	SR-1693	06:28	17:28	6/05/2020	13	50
112	SR-1693	06:28	17:28	6/05/2020	13	50
113	SR-1693	06:28	17:28	6/05/2020	13	50



114	SR-1693	06:28	17:28	6/05/2020	13	50
115	SR-1693	06:28	17:28	6/05/2020	13	50
116	SR-1705	06:56	17:38	7/05/2020	13	49
117	SR-1705	06:56	17:38	7/05/2020	13	49
118	SR-1705	06:56	17:38	7/05/2020	13	49
119	SR-1705	06:56	17:38	7/05/2020	13	49
120	SR-1705	06:56	17:38	7/05/2020	13	49
121	SR-1705	06:56	17:38	7/05/2020	13	49
122	SR-1705	06:56	17:38	7/05/2020	13	49
123	SR-1705	06:56	17:38	7/05/2020	13	49
124	SR-1705	06:56	17:38	7/05/2020	13	49
125	SR-1705	06:56	17:38	7/05/2020	13	49
126	SR-1705	06:56	17:38	7/05/2020	13	49
127	SR-1705	06:56	17:38	7/05/2020	13	49
128	SR-1705	06:56	17:38	7/05/2020	13	49
129	SR-1714	06:23	17:52	8/05/2020	13	53
130	SR-1714	06:23	17:52	8/05/2020	13	53
131	SR-1714	06:23	17:52	8/05/2020	13	53
132	SR-1714	06:23	17:52	8/05/2020	13	53
133	SR-1714	06:23	17:52	8/05/2020	13	53
134	SR-1714	06:23	17:52	8/05/2020	13	53
135	SR-1714	06:23	17:52	8/05/2020	13	53
136	SR-1714	06:23	17:52	8/05/2020	13	53
137	SR-1714	06:23	17:52	8/05/2020	13	53
138	SR-1714	06:23	17:52	8/05/2020	13	53
139	SR-1714	06:23	17:52	8/05/2020	13	53
140	SR-1714	06:23	17:52	8/05/2020	13	53
141	SR-1714	06:23	17:52	8/05/2020	13	53
142	SR-1738	06:18	18:17	10/05/2020	15	47
143	SR-1738	06:18	18:17	10/05/2020	15	47
144	SR-1738	06:18	18:17	10/05/2020	15	47
145	SR-1738	06:18	18:17	10/05/2020	15	47
146	SR-1738	06:18	18:17	10/05/2020	15	47
147	SR-1738	06:18	18:17	10/05/2020	15	47
148	SR-1738	06:18	18:17	10/05/2020	15	47
149	SR-1738	06:18	18:17	10/05/2020	15	47
150	SR-1738	06:18	18:17	10/05/2020	15	47
151	SR-1738	06:18	18:17	10/05/2020	15	47
152	SR-1738	06:18	18:17	10/05/2020	15	47
153	SR-1738	06:18	18:17	10/05/2020	15	47
154	SR-1738	06:18	18:17	10/05/2020	15	47

155	SR-1738	06:18	18:17	10/05/2020	15	47
156	SR-1738	06:18	18:17	10/05/2020	15	47
157	SR-1746	06:20	17:39	11/05/2020	13	52
158	SR-1746	06:20	17:39	11/05/2020	13	52
159	SR-1746	06:20	17:39	11/05/2020	13	52
160	SR-1746	06:20	17:39	11/05/2020	13	52
161	SR-1746	06:20	17:39	11/05/2020	13	52
162	SR-1746	06:20	17:39	11/05/2020	13	52
163	SR-1746	06:20	17:39	11/05/2020	13	52
164	SR-1746	06:20	17:39	11/05/2020	13	52
165	SR-1746	06:20	17:39	11/05/2020	13	52
166	SR-1746	06:20	17:39	11/05/2020	13	52
167	SR-1746	06:20	17:39	11/05/2020	13	52
168	SR-1746	06:20	17:39	11/05/2020	13	52
169	SR-1746	06:20	17:39	11/05/2020	13	52
170	SR-1761	06:15	18:03	12/05/2020	15	47
171	SR-1761	06:15	18:03	12/05/2020	15	47
172	SR-1761	06:15	18:03	12/05/2020	15	47
173	SR-1761	06:15	18:03	12/05/2020	15	47
174	SR-1761	06:15	18:03	12/05/2020	15	47
175	SR-1761	06:15	18:03	12/05/2020	15	47
176	SR-1761	06:15	18:03	12/05/2020	15	47
177	SR-1761	06:15	18:03	12/05/2020	15	47
178	SR-1761	06:15	18:03	12/05/2020	15	47
179	SR-1761	06:15	18:03	12/05/2020	15	47
180	SR-1761	06:15	18:03	12/05/2020	15	47
181	SR-1761	06:15	18:03	12/05/2020	15	47
182	SR-1761	06:15	18:03	12/05/2020	15	47
183	SR-1761	06:15	18:03	12/05/2020	15	47
184	SR-1761	06:15	18:03	12/05/2020	15	47
185	SR-1788	06:35	18:26	13/05/2020	11	64
186	SR-1788	06:35	18:26	13/05/2020	11	64
187	SR-1788	06:35	18:26	13/05/2020	11	64
188	SR-1788	06:35	18:26	13/05/2020	11	64
189	SR-1788	06:35	18:26	13/05/2020	11	64
190	SR-1788	06:35	18:26	13/05/2020	11	64
191	SR-1788	06:35	18:26	13/05/2020	11	64
192	SR-1788	06:35	18:26	13/05/2020	11	64
193	SR-1788	06:35	18:26	13/05/2020	11	64
194	SR-1788	06:35	18:26	13/05/2020	11	64
195	SR-1788	06:35	18:26	13/05/2020	11	64

196	SR-1805	06:12	18:10	14/05/2020	6	119
197	SR-1805	06:12	18:10	14/05/2020	6	119
198	SR-1805	06:12	18:10	14/05/2020	6	119
199	SR-1805	06:12	18:10	14/05/2020	6	119
200	SR-1805	06:12	18:05	14/05/2020	6	118
201	SR-1805	06:12	18:05	14/05/2020	6	118
202	SR-1821	06:03	18:50	15/05/2020	6	127
203	SR-1821	06:03	18:50	15/05/2020	6	127
204	SR-1821	06:03	18:50	15/05/2020	6	127
205	SR-1821	06:03	18:50	15/05/2020	6	127
206	SR-1821	06:03	18:50	15/05/2020	6	127
207	SR-1821	06:03	18:50	15/05/2020	6	127
208	SR-1838	06:12	18:06	16/05/2020	10	71
209	SR-1838	06:12	18:06	16/05/2020	10	71
210	SR-1838	06:12	18:06	16/05/2020	10	71
211	SR-1838	06:12	18:06	16/05/2020	10	71
212	SR-1838	06:12	18:06	16/05/2020	10	71
213	SR-1838	06:12	18:06	16/05/2020	10	71
214	SR-1838	06:12	18:06	16/05/2020	10	71
215	SR-1838	06:12	18:06	16/05/2020	10	71
216	SR-1838	06:12	18:06	16/05/2020	10	71
217	SR-1838	06:12	18:06	16/05/2020	10	71
218	SR-1848	06:28	19:27	17/05/2020	10	77
219	SR-1848	06:28	19:27	17/05/2020	10	77
220	SR-1848	06:28	19:27	17/05/2020	10	77
221	SR-1848	06:28	19:27	17/05/2020	10	77
222	SR-1848	06:28	19:27	17/05/2020	10	77
223	SR-1848	06:28	19:27	17/05/2020	10	77
224	SR-1848	06:28	19:27	17/05/2020	10	77
225	SR-1848	06:28	19:27	17/05/2020	10	77
226	SR-1848	06:28	19:27	17/05/2020	10	77
227	SR-1848	06:28	19:27	17/05/2020	10	77
228	SR-1861	06:12	18:58	18/05/2020	10	76
229	SR-1861	06:12	18:58	18/05/2020	10	76
230	SR-1861	06:12	18:58	18/05/2020	10	76
231	SR-1861	06:12	18:58	18/05/2020	10	76
232	SR-1861	06:12	18:58	18/05/2020	10	76
233	SR-1861	06:12	18:58	18/05/2020	10	76
234	SR-1861	06:12	18:58	18/05/2020	10	76
235	SR-1861	06:12	18:58	18/05/2020	10	76
236	SR-1861	06:12	18:58	18/05/2020	10	76

237	SR-1861	06:12	18:58	18/05/2020	10	76
238	SR-2170	06:46	17:37	1/06/2020	8	81
239	SR-2170	06:46	17:37	1/06/2020	8	81
240	SR-2170	06:46	17:37	1/06/2020	8	81
241	SR-2170	06:46	17:37	1/06/2020	8	81
242	SR-2170	06:46	17:37	1/06/2020	8	81
243	SR-2170	06:46	17:37	1/06/2020	8	81
244	SR-2170	06:46	17:37	1/06/2020	8	81
245	SR-2170	06:46	17:37	1/06/2020	8	81
246	SR-2190	06:29	17:54	2/06/2020	8	85
247	SR-2190	06:29	17:54	2/06/2020	8	85
248	SR-2190	06:29	17:54	2/06/2020	8	85
249	SR-2190	06:29	17:54	2/06/2020	8	85
250	SR-2190	06:29	17:54	2/06/2020	8	85
251	SR-2190	06:29	17:54	2/06/2020	8	85
252	SR-2190	06:29	17:54	2/06/2020	8	85
253	SR-2190	06:29	17:54	2/06/2020	8	85
254	SR-2228	06:27	17:50	3/06/2020	7	97
255	SR-2228	06:27	17:50	3/06/2020	7	97
256	SR-2228	06:27	17:50	3/06/2020	7	97
257	SR-2228	06:27	17:50	3/06/2020	7	97
258	SR-2228	06:27	17:50	3/06/2020	7	97
259	SR-2228	06:27	17:50	3/06/2020	7	97
260	SR-2228	06:27	17:50	3/06/2020	7	97
261	SR-2247	06:18	17:48	4/06/2020	8	86
262	SR-2247	06:18	17:48	4/06/2020	8	86
263	SR-2247	06:18	17:48	4/06/2020	8	86
264	SR-2247	06:18	17:48	4/06/2020	8	86
265	SR-2247	06:18	17:48	4/06/2020	8	86
266	SR-2247	06:18	17:48	4/06/2020	8	86
267	SR-2247	06:18	17:48	4/06/2020	8	86
268	SR-2247	06:18	17:48	4/06/2020	8	86
269	SR-2255	06:22	18:03	5/06/2020	8	87
270	SR-2255	06:22	18:03	5/06/2020	8	87
271	SR-2255	06:22	18:03	5/06/2020	8	87
272	SR-2255	06:22	18:03	5/06/2020	8	87
273	SR-2255	06:22	18:03	5/06/2020	8	87
274	SR-2255	06:22	18:03	5/06/2020	8	87
275	SR-2255	06:22	18:03	5/06/2020	8	87
276	SR-2255	06:22	18:03	5/06/2020	8	87
277	SR-2393	06:09	18:10	7/06/2020	8	90

278	SR-2393	06:09	18:10	7/06/2020	8	90
279	SR-2393	06:09	18:10	7/06/2020	8	90
280	SR-2393	06:09	18:10	7/06/2020	8	90
281	SR-2393	06:09	18:10	7/06/2020	8	90
282	SR-2393	06:09	18:10	7/06/2020	8	90
283	SR-2393	06:09	18:10	7/06/2020	8	90
284	SR-2393	06:09	18:10	7/06/2020	8	90
285	SR-2496	06:14	17:48	8/06/2020	8	86
286	SR-2496	06:14	17:48	8/06/2020	8	86
287	SR-2496	06:14	17:48	8/06/2020	8	86
288	SR-2496	06:14	17:48	8/06/2020	8	86
289	SR-2496	06:14	17:48	8/06/2020	8	86
290	SR-2496	06:14	17:48	8/06/2020	8	86
291	SR-2496	06:14	17:48	8/06/2020	8	86
292	SR-2496	06:14	17:48	8/06/2020	8	86
293	SR-2503	06:04	10:24	9/06/2020	2	130
294	SR-2503	06:04	10:24	9/06/2020	2	130
295	SR-2528	06:03	17:55	11/06/2020	8	89
296	SR-2528	06:03	17:55	11/06/2020	8	89
297	SR-2528	06:03	17:55	11/06/2020	8	89
298	SR-2528	06:03	17:55	11/06/2020	8	89
299	SR-2528	06:03	17:55	11/06/2020	8	89
300	SR-2528	06:03	17:55	11/06/2020	8	89
301	SR-2528	06:03	17:55	11/06/2020	8	89
302	SR-2528	06:03	17:55	11/06/2020	8	89
303	SR-2947	06:39	17:29	29/06/2020	10	65
304	SR-2947	06:39	17:29	29/06/2020	10	65
305	SR-2947	06:39	17:29	29/06/2020	10	65
306	SR-2947	06:39	17:29	29/06/2020	10	65
307	SR-2947	06:39	17:29	29/06/2020	10	65
308	SR-2947	06:39	17:29	29/06/2020	10	65
309	SR-2947	06:39	17:29	29/06/2020	10	65
310	SR-2541	06:02	18:02	12/06/2020	9	80
311	SR-2947	06:39	17:29	29/06/2020	10	65
312	SR-2554	06:16	18:07	13/06/2020	10	71
313	SR-2554	06:16	18:07	13/06/2020	10	71
314	SR-2947	06:39	17:29	29/06/2020	10	65
315	SR-2947	06:39	17:29	29/06/2020	10	65
316	SR-2517	06:31	15:35	10/06/2020	10	54
317	SR-2517	06:31	15:35	10/06/2020	10	54
318	SR-2517	06:31	15:35	10/06/2020	10	54

319	SR-2517	06:31	15:35	10/06/2020	10	54
320	SR-2517	06:31	15:35	10/06/2020	10	54
321	SR-2517	06:31	15:35	10/06/2020	10	54
322	SR-2517	06:31	15:35	10/06/2020	10	54
323	SR-2517	06:31	15:35	10/06/2020	10	54
324	SR-2517	06:31	15:35	10/06/2020	10	54
325	SR-2517	06:31	15:35	10/06/2020	10	54
326	SR-2541	06:02	18:02	12/06/2020	9	80
327	SR-2541	06:02	18:02	12/06/2020	9	80
328	SR-2541	06:02	18:02	12/06/2020	9	80
329	SR-2541	06:02	18:02	12/06/2020	9	80
330	SR-2541	06:02	18:02	12/06/2020	9	80
331	SR-2541	06:02	18:02	12/06/2020	9	80
332	SR-2541	06:02	18:02	12/06/2020	9	80
333	SR-2541	06:02	18:02	12/06/2020	9	80
334	SR-2554	06:16	18:07	13/06/2020	10	71
335	SR-2554	06:16	18:07	13/06/2020	10	71
336	SR-2554	06:16	18:07	13/06/2020	10	71
337	SR-2554	06:16	18:07	13/06/2020	10	71
338	SR-2554	06:16	18:07	13/06/2020	10	71
339	SR-2554	06:16	18:07	13/06/2020	10	71
340	SR-2554	06:16	18:07	13/06/2020	10	71
341	SR-2554	06:16	18:07	13/06/2020	10	71
342	SR-2564	10:45	17:57	14/06/2020	14	30
343	SR-2564	10:45	17:57	14/06/2020	14	30
344	SR-2564	10:45	17:57	14/06/2020	14	30
345	SR-2564	10:45	17:57	14/06/2020	14	30
346	SR-2564	10:45	17:57	14/06/2020	14	30
347	SR-2564	10:45	17:57	14/06/2020	14	30
348	SR-2564	10:45	17:57	14/06/2020	14	30
349	SR-2564	10:45	17:57	14/06/2020	14	30
350	SR-2564	10:45	17:57	14/06/2020	14	30
351	SR-2564	10:45	17:57	14/06/2020	14	30
352	SR-2564	10:45	17:57	14/06/2020	14	30
353	SR-2564	10:45	17:57	14/06/2020	14	30
354	SR-2564	10:45	17:57	14/06/2020	14	30
355	SR-2564	10:45	17:57	14/06/2020	14	30
356	SR-2917	08:22	18:04	28/06/2020	12	48
357	SR-2917	08:22	18:04	28/06/2020	12	48
358	SR-2917	08:22	18:04	28/06/2020	12	48
359	SR-2917	08:22	18:04	28/06/2020	12	48

360	SR-2917	08:22	18:04	28/06/2020	12	48
361	SR-2917	08:22	18:04	28/06/2020	12	48
362	SR-2917	08:22	18:04	28/06/2020	12	48
363	SR-2917	08:22	18:04	28/06/2020	12	48
364	SR-2917	08:22	18:04	28/06/2020	12	48
365	SR-2917	08:22	18:04	28/06/2020	12	48
366	SR-2917	08:22	18:04	28/06/2020	12	48
367	SR-2917	08:22	18:04	28/06/2020	12	48
368	SR-2986	06:56	16:54	30/06/2020	20	29
369	SR-2986	06:56	16:54	30/06/2020	20	29
370	SR-2986	06:56	16:54	30/06/2020	20	29
371	SR-2986	06:56	16:54	30/06/2020	20	29
372	SR-2986	06:56	16:54	30/06/2020	20	29
373	SR-2986	06:56	16:54	30/06/2020	20	29
374	SR-2986	06:56	16:54	30/06/2020	20	29
375	SR-2986	06:56	16:54	30/06/2020	20	29
376	SR-2986	06:56	16:54	30/06/2020	20	29
377	SR-2986	06:56	16:54	30/06/2020	20	29
378	SR-2986	06:56	16:54	30/06/2020	20	29
379	SR-2986	06:56	16:54	30/06/2020	20	29
380	SR-2986	06:56	16:54	30/06/2020	20	29
381	SR-2986	06:56	16:54	30/06/2020	20	29
382	SR-2986	06:56	16:54	30/06/2020	20	29
383	SR-2986	06:56	16:54	30/06/2020	20	29
384	SR-2986	06:56	16:54	30/06/2020	20	29
385	SR-2986	06:56	16:54	30/06/2020	20	29
386	SR-2986	06:56	16:54	30/06/2020	20	29
387	SR-2986	06:56	16:54	30/06/2020	20	29
388	SR-3015	06:56	17:28	1/07/2020	17	37
389	SR-3015	06:56	17:28	1/07/2020	17	37
390	SR-3015	06:56	17:28	1/07/2020	17	37
391	SR-3015	06:56	17:28	1/07/2020	17	37
392	SR-3015	06:56	17:28	1/07/2020	17	37
393	SR-3015	06:56	17:28	1/07/2020	17	37
394	SR-3015	06:56	17:28	1/07/2020	17	37
395	SR-3015	06:56	17:28	1/07/2020	17	37
396	SR-3015	06:56	17:28	1/07/2020	17	37
397	SR-3015	06:56	17:28	1/07/2020	17	37
398	SR-3015	06:56	17:28	1/07/2020	17	37
399	SR-3015	06:56	17:28	1/07/2020	17	37
400	SR-3015	06:56	17:28	1/07/2020	17	37

401	SR-3015	06:56	17:28	1/07/2020	17	37
402	SR-3015	06:56	17:28	1/07/2020	17	37
403	SR-3015	06:56	17:28	1/07/2020	17	37
404	SR-3015	06:56	17:28	1/07/2020	17	37
405	SR-3026	07:00	16:02	2/07/2020	17	31
406	SR-3026	07:00	16:02	2/07/2020	17	31
407	SR-3026	07:00	16:02	2/07/2020	17	31
408	SR-3026	07:00	16:02	2/07/2020	17	31
409	SR-3026	07:00	16:02	2/07/2020	17	31
410	SR-3026	07:00	16:02	2/07/2020	17	31
411	SR-3026	07:00	16:02	2/07/2020	17	31
412	SR-3026	07:00	16:02	2/07/2020	17	31
413	SR-3026	07:00	16:02	2/07/2020	17	31
414	SR-3026	07:00	16:02	2/07/2020	17	31
415	SR-3026	07:00	16:02	2/07/2020	17	31
416	SR-3026	07:00	16:02	2/07/2020	17	31
417	SR-3026	07:00	16:02	2/07/2020	17	31
418	SR-3026	07:00	16:02	2/07/2020	17	31
419	SR-3026	07:00	16:02	2/07/2020	17	31
420	SR-3026	07:00	16:02	2/07/2020	17	31
421	SR-3026	07:00	16:02	2/07/2020	17	31
422	SR-3031	06:44	17:04	3/07/2020	20	31
423	SR-3031	06:44	17:04	3/07/2020	20	31
424	SR-3031	06:44	17:04	3/07/2020	20	31
425	SR-3031	06:44	17:04	3/07/2020	20	31
426	SR-3031	06:44	17:04	3/07/2020	20	31
427	SR-3031	06:44	17:04	3/07/2020	20	31
428	SR-3031	06:44	17:04	3/07/2020	20	31
429	SR-3031	06:44	17:04	3/07/2020	20	31
430	SR-3031	06:44	17:04	3/07/2020	20	31
431	SR-3031	06:44	17:04	3/07/2020	20	31
432	SR-3031	06:44	17:04	3/07/2020	20	31
433	SR-3031	06:44	17:04	3/07/2020	20	31
434	SR-3031	06:44	17:04	3/07/2020	20	31
435	SR-3031	06:44	17:04	3/07/2020	20	31
436	SR-3031	06:44	17:04	3/07/2020	20	31
437	SR-3031	06:44	17:04	3/07/2020	20	31
438	SR-3031	06:44	17:04	3/07/2020	20	31
439	SR-3031	06:44	17:04	3/07/2020	20	31
440	SR-3031	06:44	17:04	3/07/2020	20	31
441	SR-3031	06:44	17:04	3/07/2020	20	31



442	SR-3044	06:29	17:12	4/07/2020	20	32
443	SR-3044	06:29	17:12	4/07/2020	20	32
444	SR-3044	06:29	17:12	4/07/2020	20	32
445	SR-3044	06:29	17:12	4/07/2020	20	32
446	SR-3044	06:29	17:12	4/07/2020	20	32
447	SR-3044	06:29	17:12	4/07/2020	20	32
448	SR-3044	06:29	17:12	4/07/2020	20	32
449	SR-3044	06:29	17:12	4/07/2020	20	32
450	SR-3044	06:29	17:12	4/07/2020	20	32
451	SR-3044	06:29	17:12	4/07/2020	20	32
452	SR-3044	06:29	17:12	4/07/2020	20	32
453	SR-3044	06:29	17:12	4/07/2020	20	32
454	SR-3044	06:29	17:12	4/07/2020	20	32
455	SR-3044	06:29	17:12	4/07/2020	20	32
456	SR-3044	06:29	17:12	4/07/2020	20	32
457	SR-3044	06:29	17:12	4/07/2020	20	32
458	SR-3044	06:29	17:12	4/07/2020	20	32
459	SR-3044	06:29	17:12	4/07/2020	20	32
460	SR-3044	06:29	17:12	4/07/2020	20	32
461	SR-3044	06:29	17:12	4/07/2020	20	32
462	SR-3094	07:02	16:49	5/07/2020	22	26
463	SR-3094	07:02	16:49	5/07/2020	22	26
464	SR-3094	07:02	16:49	5/07/2020	22	26
465	SR-3094	07:02	16:49	5/07/2020	22	26
466	SR-3094	07:02	16:49	5/07/2020	22	26
467	SR-3094	07:02	16:49	5/07/2020	22	26
468	SR-3094	07:02	16:49	5/07/2020	22	26
469	SR-3094	07:02	16:49	5/07/2020	22	26
470	SR-3094	07:02	16:49	5/07/2020	22	26
471	SR-3094	07:02	16:49	5/07/2020	22	26
472	SR-3094	07:02	16:49	5/07/2020	22	26
473	SR-3094	07:02	16:49	5/07/2020	22	26
474	SR-3094	07:02	16:49	5/07/2020	22	26
475	SR-3094	07:02	16:49	5/07/2020	22	26
476	SR-3094	07:02	16:49	5/07/2020	22	26
477	SR-3094	07:02	16:49	5/07/2020	22	26
478	SR-3094	07:02	16:49	5/07/2020	22	26
479	SR-3094	07:02	16:49	5/07/2020	22	26
480	SR-3094	07:02	16:49	5/07/2020	22	26
481	SR-3094	07:02	16:49	5/07/2020	22	26
482	SR-3094	07:02	16:49	5/07/2020	22	26

483	SR-3094	07:02	16:49	5/07/2020	22	26
484	SR-3145	07:01	17:23	6/07/2020	21	29
485	SR-3145	07:01	17:23	6/07/2020	21	29
486	SR-3145	07:01	17:23	6/07/2020	21	29
487	SR-3145	07:01	17:23	6/07/2020	21	29
488	SR-3145	07:01	17:23	6/07/2020	21	29
489	SR-3145	07:01	17:23	6/07/2020	21	29
490	SR-3145	07:01	17:23	6/07/2020	21	29
491	SR-3145	07:01	17:23	6/07/2020	21	29
492	SR-3145	07:01	17:23	6/07/2020	21	29
493	SR-3145	07:01	17:23	6/07/2020	21	29
494	SR-3145	07:01	17:23	6/07/2020	21	29
495	SR-3145	07:01	17:23	6/07/2020	21	29
496	SR-3145	07:01	17:23	6/07/2020	21	29
497	SR-3145	07:01	17:23	6/07/2020	21	29
498	SR-3145	07:01	17:23	6/07/2020	21	29
499	SR-3145	07:01	17:23	6/07/2020	21	29
500	SR-3145	07:01	17:23	6/07/2020	21	29
501	SR-3145	07:01	17:23	6/07/2020	21	29
502	SR-3145	07:01	17:23	6/07/2020	21	29
503	SR-3145	07:01	17:23	6/07/2020	21	29
504	SR-3145	07:01	17:23	6/07/2020	21	29
505	SR-3190	06:54	17:20	7/07/2020	16	39
506	SR-3190	06:54	17:20	7/07/2020	16	39
507	SR-3190	06:54	17:20	7/07/2020	16	39
508	SR-3190	06:54	17:20	7/07/2020	16	39
509	SR-3190	06:54	17:20	7/07/2020	16	39
510	SR-3190	06:54	17:20	7/07/2020	16	39
511	SR-3190	06:54	17:20	7/07/2020	16	39
512	SR-3190	06:54	17:20	7/07/2020	16	39
513	SR-3190	06:54	17:20	7/07/2020	16	39
514	SR-3190	06:54	17:20	7/07/2020	16	39
515	SR-3190	06:54	17:20	7/07/2020	16	39
516	SR-3190	06:54	17:20	7/07/2020	16	39
517	SR-3190	06:54	17:20	7/07/2020	16	39
518	SR-3190	06:54	17:20	7/07/2020	16	39
519	SR-3190	06:54	17:20	7/07/2020	16	39
520	SR-3190	06:54	17:20	7/07/2020	16	39
521	SR-3030	06:15	18:14	3/07/2020	8	89
522	SR-3030	06:15	18:14	3/07/2020	8	89
523	SR-3030	06:15	18:14	3/07/2020	8	89

524	SR-3030	06:15	18:14	3/07/2020	8	89
525	SR-3030	06:15	18:14	3/07/2020	8	89
526	SR-3030	06:15	18:14	3/07/2020	8	89
527	SR-3030	06:15	18:14	3/07/2020	8	89
528	SR-3030	06:15	18:14	3/07/2020	8	89
529	SR-3024	06:15	18:14	2/07/2020	6	119
530	SR-3024	06:15	18:14	2/07/2020	6	119
531	SR-3024	06:15	18:14	2/07/2020	6	119
532	SR-3024	06:15	18:14	2/07/2020	6	119
533	SR-3024	06:15	18:14	2/07/2020	6	119
534	SR-3024	06:15	18:14	2/07/2020	6	119
535	SR-3016	06:58	19:03	2/07/2020	9	80
536	SR-3016	06:58	19:03	1/07/2020	9	80
537	SR-3016	06:58	19:03	1/07/2020	9	80
538	SR-3016	06:58	19:03	1/07/2020	9	80
539	SR-3016	06:58	19:03	1/07/2020	9	80
540	SR-3016	06:58	19:03	1/07/2020	9	80
541	SR-3016	06:58	19:03	1/07/2020	9	80
542	SR-3016	06:58	19:03	1/07/2020	9	80
543	SR-3016	06:58	19:03	1/07/2020	9	80

## Anexo 5: Modelo de Protocolo de inspección ligera

FORMATO DE INSPECCIÓN LIGERA EN LINEAS DE TRANSMISIÓN PROYECTO ATS		Elaborado : IT-01/0702-MAT-01.002
		Versión : 00
		Actualizado : 14/01/2016
<b>Línea de Transmisión</b> : L-5034 <b>N° de Torre</b> : T-396 <b>Tipo de Estructura</b> : ASR=0 <b>Fecha de Inspección</b> : 1/07/2020	<b>Inspección Realizada Por</b> : Weisser Virrueta Dietter <b>Comunicación Via Celular</b> : Sin cobertura <b>Tipo de Acceso a Pie de Torre</b> : Vehicular <b>Tiempo de Desplazamiento hasta Pie de Torre</b> : 29 min de Panam Km 705 B - Atico	
A.- DETALLE DE LA INSPECCIÓN LIGERA		
OBRAS CIVILES	OBSERVACIONES	CONDUCTORES
Construcción/Mejoramiento de Drenaje No <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> Agrietamiento de Terreno No <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> Agrietamiento de Pedestal de Concreto No <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> Riesgo de Torre por Inestabilidad de Terreno No <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> Arenamiento de Patas No <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> Estado de Caminos de Acceso C <input checked="" type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/>	Agrietamiento en pedestal de concreto; pata A, B, C y D. Indicios de corrosión interna en pedestal de concreto; pata B y C.	Presenta encanastillado y/o hebras rotas No <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> Estado de Preformados C <input checked="" type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/> Ferreteria Completa C <input checked="" type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/> Separadores Completos C <input checked="" type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/> Elementos extraños en conductor No <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/>
PUESTA A TIERRA	OBSERVACIONES	AISLADORES
Compactación de contrapeso PAT C <input checked="" type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/> Conexión de Cable Copperweld a Estructura C <input checked="" type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/> Corrosión de Cable Copperweld/Conectores No <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/>	Tubo de PVC de PAT no se encuentra sellado; pata A, B, C y D. No se evidencia, se encuentra embebido. No se evidencia, se encuentra embebido.	Aisladores Rotos No <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> Aisladores Fogoneados No <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> Aisladores con Nivel Alto de Contaminación No <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> Ferreteria Completa C <input checked="" type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/> Corrosión en Ferreteria (Vástago/Caperuza) No <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/>
ESTRUCTURA	OBSERVACIONES	CABLE DE GUARDA
Perfiles Completos C <input checked="" type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/> Chapas/Espesores Completos C <input checked="" type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/> Corrosión en Perfiles/Perneria No <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> Corrosión en Rieandas y Accesorios (VSL y CSL) No <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> Perneria Completa C <input checked="" type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/> Torqueo/Punzonado de Pernos C <input checked="" type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/> Pandeo de Estructuras (Stub, perfiles o chapas) No <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> Estado de Antiescalamiento/Peldaños C <input checked="" type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/> Estado de Placas de Señalización C <input type="checkbox"/> NC <input checked="" type="checkbox"/>	Corrosión en unión de stub y punta de diamante; pata A, B, C y D. N.A. Placa de señalización (código de línea) no se visualiza.	Presenta encanastillado y/o hebras rotas No <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> Conexión de Colilla de Cable de Guarda C <input checked="" type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/> Ferreteria Completa C <input checked="" type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/> Amortiguadores Completos C <input checked="" type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/> Elementos extraños en cable de guarda No <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/>
FAJA DE SERVIDUMBRE	OBSERVACIONES	FIBRA ÓPTICA
Medición de DMS Conductor-Terreno C <input checked="" type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/> Presencia de árboles Cercanos y/o Bajo la Línea No <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> Invasión de Faja de Servidumbre por Edificaciones No <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/>		Presenta encanastillado y/o hebras rotas No <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> Conexión de Colilla de Fibra Optica C <input checked="" type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/> Ferreteria Completa C <input checked="" type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/> Amortiguadores Completos C <input checked="" type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/> Elementos extraños en fibra óptica No <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> Estado de Caja de empalme/Bajada de FO C <input checked="" type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/>

## Anexo 6: Procedimiento de Inspección de Línea con RPA

### Procedimiento de Trabajo

<b>Título:</b>	
	Inspección de línea de transmisión con RPA

<b>Procedimiento:</b>	PE-03/0000-MT-001-00
<b>Versión:</b>	B
<b>Fecha:</b>	20/05/2020

<b>Elaborado por:</b>	
	Josué Manco Gomez – Oficina técnica

<b>Revisado por:</b>	
	Stephanie Cesti Díaz – Jefa de proyecto

<b>Aprobado por:</b>	
	Marco Padilla Machaca – Gerente de División

Página 1 de 24

Inspección de Línea de Transmisión con Equipo RPA	Código: PE-03/0000-MT-001-00
	Versión: 00
	Fecha: 28/05/20

### Contenido

1. Objetivo.....	3
2. Definiciones.....	4
3. Campo de aplicación.....	4
4. Documentación de referencia.....	4
5. Personal, equipos y materiales.....	4
5.1. Personal.....	4
5.2. Equipos y materiales.....	4
6. Desarrollo.....	5
6.1. Requisitos previos al inicio de la actividad.....	5
6.2. Consideraciones en campo.....	6
6.3. Procedimiento específico.....	6
6.4. Restricciones.....	16
7. Seguridad, salud ocupacional.....	17
7.1. Equipo de protección personal (EPP).....	17
7.2. Análisis seguro de trabajo.....	17
7.3. Plan de respuestas ante emergencias.....	17
8. Medio ambiente.....	18
8.1. Identificación de aspectos ambientales.....	18
8.2. Medidas complementarias.....	18
9. Responsabilidades.....	19
10. Anexos.....	23

Página 2 de 24

Inspección de Línea de Transmisión con Equipo RPA	Código: PE-03/0000-MT-001-00
	Versión: 00
	Fecha: 28/05/20

### Hoja de motivos de cambios

Versión	Fecha	Motivo del cambio

Inspección de Línea de Transmisión con Equipo RPA	Código: PE-03/0000-MT-001-00
	Versión: 00
	Fecha: 28/05/20

#### 1. Objetivo.

El objetivo del presente procedimiento ejecutivo es establecer la metodología y los criterios a seguir para realizar la captura de imágenes durante la inspección de línea y torres de alta tensión mediante el uso de un equipo RPA.

#### 2. Definiciones.

- RPA: ~~Remotely Piloted Aircraft~~ (Aeronave Pilotada a Distancia).
- UAV: ~~Unmanned Aerial Vehicle~~ (Vehículo Aéreo no Tripulado).

#### 3. Campo de aplicación.

Este Procedimiento es de aplicación en líneas de transmisión.

#### 4. Documentación de referencia.

- Norma ISO 9001.
- Manual del Sistema Integrado de Gestión de Abengoa Perú, Capítulo 7.
- Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, Ley N° 29783.
- Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo en Actividades Eléctricas, R.M. N° 161-2007-MEN/DM.
- Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, D.S. 055-2010-EM.
- Reglamento Interno de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente de Abengoa Perú.
- Ley de Aeronáutica Civil del Perú 27261-30740 bajo la norma NTC 001-2015.

#### 5. Personal, equipos y materiales.

##### 5.1. Personal

- 01 Operario RPA certificado.
- 01 Supervisor/Técnico de Línea de Transmisión.
- 01 conductor.

Inspección de Línea de Transmisión con Equipo RPA	Código: PE-03/0000-MT-001-00
	Versión: 00
	Fecha: 28/05/20

## 5.2. Equipos y materiales

- GPS navegador.
- RPA Matrice 200 (incluye accesorios)
- Camioneta 4x4, doble tracción
- Radios portátiles
- Celular.
- Anemómetro digital
- Grupo electrógeno
- Cámara digital
- Larga vista (Binoculares)

## 6. Desarrollo.

### 6.1. Requisitos previos al inicio de la actividad

- Verificar que se cuente con el personal calificado para la realización de los trabajos.
- Verificar que se cuente con las autorizaciones correspondientes para realizar los trabajos.
- Realizar la charla de 5 min. antes de iniciar las labores y La cuadrilla de trabajo debe elaborar el IPERC continuo, después de haber evaluado los peligros potenciales en el área y determinado los controles a implementarse antes de iniciar los trabajos, posteriormente deberá ser revisado y firmado por el supervisor de Abengoa Perú registrarla en el formato correspondiente. (ver Anexo 1)
- Realizar la difusión del procedimiento de trabajo correspondiente.
- Realizar la evaluación de riesgos de las actividades a desarrollar antes del inicio de labores y con la participación de todo el personal involucrado, quedando evidenciado en el formato de IPERC.
- Realizar el ~~checklist~~ checklist del RPA antes de iniciar los trabajos de inspección de línea. (ver Anexo 2)
- Asegurar que todo el personal cuenta con sus equipos de protección personal en buen estado y adecuados a las tareas a realizar.
- Cada integrante del equipo de campo debe verificar el óptimo estado de su equipo de protección personal (casco, lentes, chalecos, botas, guantes, etc.).
- Verificar el óptimo estado de teléfonos celulares (carga suficiente de la batería), como comunicación en campo.
- Que el vehículo utilizado para el desplazamiento tenga mantenimiento preventivo y cuenta con sus accesorios reglamentarios, el conductor antes de

Inspección de Línea de Transmisión con Equipo RPA	Código: PE-03/0000-MT-001-00
	Versión: 00
	Fecha: 28/05/20

iniciar su recorrido debe hacer una inspección de pre-uso de su vehículo y este quedará evidenciado en el formato autorizado.

- En el área de trabajo los equipos y herramientas deben ser trasladados en sus cajas, máximo un equipo por persona, teniendo en cuenta no superar los 25 kg por persona al transportar los equipos y/o herramientas.
- Antes del inicio de la inspección con RPA se debe verificar previamente el estado de carga completo de baterías, control remoto y Tablet perteneciente al RPA.
- Se deberá planificar con antelación la ruta de desplazamiento más eficiente para movilizarse por toda la línea de transmisión y estructuras donde se realizará la inspección.
- Se deberá tener en cuenta los datos climatológicos del o los días en el que se llevará a cabo el trabajo de inspección con equipo RPA para evitar retrasos o percances y mantener rendimientos planificados.

### 6.2. Consideraciones en campo

- La distancia hacia la torre que debe mantener el RPA debe ser no menor a 40 metros. Esta acción es requerida debido a los campos electromagnéticos generados por las torres debido al alto nivel de tensión que transcurren a través de los conductores eléctricos.
- Es necesario que la calidad de las imágenes se encuentre configurado en la máxima calidad para su óptimo post-procesamiento en gabinete.
- Se deberá considerar los siguientes parámetros de vuelo para la inspección de línea:
  - o Altura de vuelo = [60 - 90] metros
  - o Distancia de torre = >40 metros.
  - o Manejo del RPA = Manual.
  - o Velocidad de equipo = Moderada (15 – 20 km/h).
  - o Velocidad de viento = Moderada (30 km/h).
  - o Supervisar que el nivel de batería nunca descienda por debajo del 15%.
  - o Mantener supervisión de vista directa con el RPA durante el vuelo en todo momento.
- Una vez que el nivel de batería se reduzca hasta el límite del 15%, se debe proceder a iniciar el regreso del RPA hasta el punto de aterrizaje (home) para el cambio de baterías y continuar con la inspección.
- La distancia entre el equipo RPA y el punto de despague (home) no deberá ser mayor a 1.2km para evitar pérdida de señal.

Inspección de Línea de Transmisión con Equipo RPA	Código: PE-03/0001-MT-001-00
	Versión: 00
	Fecha: 28/05/20

### 6.3. Procedimiento específico

- El operador se deberá de ubicar un lugar adecuado y libre para proceder a instalar el punto de despague (home) del RPA.
- Una vez que el equipo RPA llegue a torre, éste deberá definir los ejes y puntos de vuelo de acuerdo a lo representado en los esquemas de la Figura N°1.

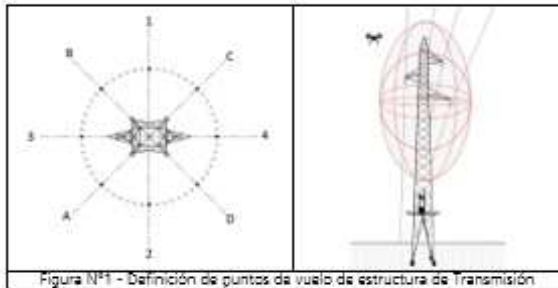


Figura N°1 - Definición de puntos de vuelo de estructura de transmisión

- Las fotografías de los elementos de la estructura podrán tomarse desde los puntos A, B, C, D, 3 y 4 a niveles entre 10 m y 70 m desde el hito de la torre. En los puntos 1 y 2 solo a 70 m. (Ver Figura N°2).

Inspección de Línea de Transmisión con Equipo RPA	Código: PE-03/0001-MT-001-00
	Versión: 00
	Fecha: 28/05/20

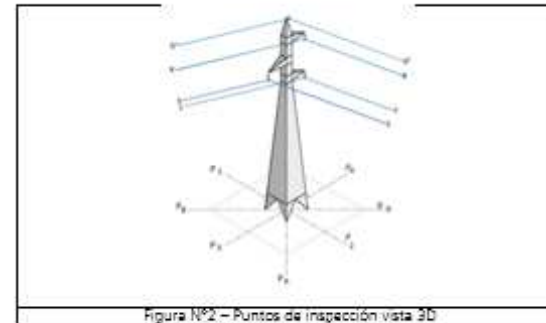


Figura N°2 - Puntos de inspección vista 3D

- Una vez ubicado los ejes respectivos y posicionamientos del equipo en la estructura, se deberá tomar las fotografías en el siguiente orden:
  - Punto "A" a +10 m del nivel del hito: Pedestal A de estructura.
  - Punto "B" a +10 m del nivel del hito: Pedestal B de estructura.
  - Punto "C" a +10 m del nivel del hito: Pedestal C de estructura.
  - Punto "D" a +10 m del nivel del hito: Pedestal D de estructura.
  - Punto "D" a +30 m del nivel del hito: Antiescalamiento D de estructura.
  - Punto "C" a +30 m del nivel del hito: Antiescalamiento C de estructura.
  - Punto "B" a +30 m del nivel del hito: Antiescalamiento B de estructura.
  - Punto "A" a +30 m del nivel del hito: Antiescalamiento A de estructura.
  - Punto "A" a +30 m del nivel del hito: Placa de identificación.
  - Punto "A" a +30 m del nivel del hito: Captura de vista de las 04 patas.
  - Punto "A" a +30 m del nivel del hito: Parte inferior de torre.
  - Punto "A" a +70 m del nivel del hito: Parte superior de torre.
  - Punto "A" a +70 m del nivel del hito: Vano adelante de torre.
  - Punto "A" a +70 m del nivel del hito: Vano atrás de torre.
  - Punto "A" a +70 m del nivel del hito: Cadena de aisladores Fase R vano atrás lado frío.
  - Punto "A" a +70 m del nivel del hito: Cadena de aisladores Fase R vano atrás lado caliente.
  - Punto "3" a +70 m del nivel del hito: Cadena de aisladores Fase R.



Inspección de Línea de Transmisión con Equipo RFA	Código: PE-03/0000-MT-001-00
	Versión: 00
	Fecha: 28/05/20

18. Punto "B" a +70 m del nivel del hito: Cadena de aisladores Fase R, vano adelante lado frío.
19. Punto "B" a +70 m del nivel del hito: Cadena de aisladores Fase R, vano adelante lado caliente.
20. Punto "1" a +70 m del nivel del hito: Cadena de aisladores Fase S.
21. Punto "1" a +70 m del nivel del hito: Cadena de aisladores Fase S, vano adelante lado frío.
22. Punto "1" a +70 m del nivel del hito: Cadena de aisladores Fase S, vano adelante lado caliente.
23. Punto "1" a +70 m del nivel del hito: Ensamble cable guarda.
24. Punto "C" a +70 m del nivel del hito: Cadena de aisladores Fase T, vano adelante lado frío.
25. Punto "C" a +70 m del nivel del hito: Cadena de aisladores Fase T, vano adelante lado caliente.
26. Punto "C" a +70 m del nivel del hito: Jumper lado caliente.
27. Punto "4" a +70 m del nivel del hito: Cadena de aisladores Fase T.
28. Punto "D" a +70 m del nivel del hito: Cadena de aisladores Fase T, vano atrás lado frío.
29. Punto "D" a +70 m del nivel del hito: Cadena de aisladores Fase T, vano atrás lado caliente.
30. Punto "2" a +70 m del nivel del hito: Cadena de aisladores Fase S, vano atrás lado frío.
31. Punto "2" a +70 m del nivel del hito: Cadena de aisladores Fase S, vano atrás lado caliente.

Inspección de Línea de Transmisión con Equipo RFA	Código: PE-03/0000-MT-001-00
	Versión: 00
	Fecha: 28/05/20

- El registro fotográfico será de la siguiente manera a modo de ejemplo (Ver Tabla N°1)

Tabla N°1 - Fotografías de Inspección con RPA Torre de transmisión	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Placa de identificación</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Captura frontal completa de la torre.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parte Superior de torre</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parte inferior de torre</li> </ul>

	Inspección de Línea de Transmisión con Equipo RPA	Código: PE-03/0000-MT-001-00
		Versión: 00
		Fecha: 28/05/20

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vano atrás.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vano Adelante</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Captura de las 04 patas</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pata A, B, C y D</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li><del>Cadena de aisladores</del> Fase R</li> </ul>

Página 11 de 24

	Inspección de Línea de Transmisión con Equipo RPA	Código: PE-03/0000-MT-001-00
		Versión: 00
		Fecha: 28/05/20



	<ul style="list-style-type: none"> <li><del>Cadena de aisladores</del> Fase R - Vano adelante</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cadena de aisladores Fase R- Vano adelante lado frío</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cadena de aisladores Fase R- Vano adelante lado caliente</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li><del>Cadena de aisladores</del> Fase R - Vano atrás</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cadena de aisladores Fase R- Vano atrás lado frío</li> </ul>

Página 12 de 24






Inspección de Línea de Transmisión con Equipo RPA	Código: PE-03/0000-MT-001-00
	Versión: 00
	Fecha: 28/05/20

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cadena de aisladores Fase R- Vano atrás lado caliente</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cadena de aisladores Fase T</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cadena de aisladores Fase T – Vano adelante</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cadena de aisladores Fase T – Vano adelante lado frío</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cadena de aisladores Fase T – Vano adelante lado caliente</li> </ul>

Inspección de Línea de Transmisión con Equipo RPA	Código: PE-03/0000-MT-001-00
	Versión: 00
	Fecha: 28/05/20

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cadena de aisladores Fase T – Vano atrás</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cadena de aisladores Fase T – Vano atrás lado frío</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cadena de aisladores Fase T – Vano atrás lado caliente</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <del>Cadena de aisladores</del> Fase S</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <del>Cadena de aisladores</del> Fase S – Vano adelante</li> </ul>

Inspección de Línea de Transmisión con Equipo RPA	Código: PE-01/0000-MT-001-00
	Versión: 00
	Fecha: 28/05/20

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cadena de aisladores Fase S – Vano adelante lado frío</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cadena de aisladores Fase S – Vano adelante lado caliente</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cadena de aisladores Fase S – Vano atrás</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cadena de aisladores Fase S – Vano atrás lado frío</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cadena de aisladores Fase S – Vano atrás lado caliente</li> </ul>

Página 15 de 24

Inspección de Línea de Transmisión con Equipo RPA	Código: PE-01/0000-MT-001-00
	Versión: 00
	Fecha: 28/05/20

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensamble cable guarda</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antiescalamiento PA, PB, PC y PD.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jumperista general</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jumper Lado caliente</li> </ul>

- En caso se aprecie alguna observación a la estructura o aldaña a ella, se deberá tomar registro fotográfico o filmico de esta.
- Una vez concluida la inspección de línea de transmisión y habiendo aterrizado el equipo RPA, el operador debe verificar el estado estructural del equipo y que se hayan almacenado de manera apropiada todas las capturas realizadas y/o filmación a la torre previo a su almacenaje en su maletín

Página 16 de 24

Inspección de Línea de Transmisión con Equipo RPA	Código: PE-03/0000-MT-001-00
	Versión: 00
	Fecha: 28/05/20

- Al finalizar los trabajos, se realizará orden y limpieza en la zona de trabajo y se recogerán todos los residuos generados. Posteriormente, se procederá a cerrar el permiso de trabajo con el Centro de Control.
- Las fotografías y/o videos serán procesados posteriormente en gabinete e incluidos en sus protocolos respectivos.

#### 6.4. Restricciones

- Realizar el trabajo sin los permisos requeridos.
- Se tendrá cuidado ante la presencia de vientos fuertes (>35 km/h), considerando el uso de cortavientos y lentes de seguridad y según las condiciones climáticas se evaluará la evacuación del personal, resguardándose en la unidad móvil.
- En caso de tormenta eléctrica no se deberá realizar el vuelo con el equipo RPA.
- Realizar el trabajo en condiciones que ponga en riesgo su vida.
- Está prohibido realizar trabajos dentro del radio de acción de vehículos o equipos motorizados sin la comunicación y confirmación del operador o vigía.
- Queda prohibido el ingreso a la zona trabajo bajo la influencia de alcohol y/o drogas.
- Cuando se identifica una situación de alto riesgo, inmediatamente se detiene las tareas y se comunica al jefe inmediato. Sólo se retoman las actividades, cuando los controles aplicados bajan el nivel de riesgo. La negativa al trabajo está estipulada en la legislación nacional, relacionado a la seguridad y salud en el trabajo.
- La altura de vuelo no deberá ser mayor a 106 m según lo indicado por el MTC (Nota A2139/20).

Inspección de Línea de Transmisión con Equipo RPA	Código: PE-03/0000-MT-001-00
	Versión: 00
	Fecha: 28/05/20

## 7. Seguridad, salud ocupacional.

Es obligatorio el cumplimiento de los estándares de SSO que la empresa ha difundido, así como el reglamento de seguridad y salud ocupacional vigente.

### 7.1. Equipo de protección personal (EPP).

Es obligatorio el uso de Equipo de protección individual, los cuales estarán compuestos por:

- Casco de seguridad.
- Lentes de seguridad.
- Guantes.
- Mascarilla P100.
- Botines de cuero con punta de baquelita y planta dieléctrica antideslizante.
- Uniforme completo de trabajo (camisa y pantalón).
- Bloqueador solar FP 90°.

### 7.2. Análisis seguro de trabajo.

Ver ítem 10. Anexos-IPERC

### 7.3. Plan de respuestas ante emergencias.

Durante la ejecución de las actividades de replanteo topográfico se tendrá el siguiente equipamiento en el frente de obra:

- Botiquín de primeros auxilios.
- Collarín, férulas.
- Tabla rígida para evacuación.
- Personal con conocimiento de primeros auxilios.
- Camioneta permanente durante la jornada.

Nota: El Plan de Contingencias deberá ser de conocimiento de todo el personal del proyecto y contendrá la información precisa de la dirección y teléfonos de los centros asistenciales, hospitales, PNP, Bomberos, Judex, etc.

Inspección de Línea de Transmisión con Equipo RPA	Código: PE-03/0000-MT-001-00
	Versión: 00
	Fecha: 28/05/20

## 8. Medio ambiente.

En esta actividad se ha podido identificar los siguientes aspectos ambientales, los cuales serán controlados de acuerdo con la columna de controles asociados descritos en el cuadro adjunto:

### 8.1. Identificación de aspectos ambientales

Actividades	Aspectos ambientales	Impacto ambiental	Medidas preventivas
Transporte de materiales y de persona	Abastecimiento manual y cambio de aceite.	Contaminación del suelo	Registro de revisión técnica y mantenimiento del equipo, hacer uso de surtidor y bandejas
Transporte de materiales y de persona	Emisiones a la atmósfera por gases de vehículos	Contaminación del aire	Registro de revisión técnica y mantenimiento del equipo según programa de mantenimiento. Procedimiento y estándares de equipo de transporte.
Inspección de Línea de transmisión con equipo RPA	Generación de desechos y otros.	Contaminación del suelo	Todos los residuos generados por alimentación serán recogidos, hacer buen manejo de residuos sólidos.
	Consumo de recursos naturales	Agotamiento del recurso	Los recursos propios del lugar no deberán ser retirados ni cambiados, cumplir el procedimiento de manejo de materia prima.

### 8.2. Medidas complementarias

- Minimizar en lo posible, el roce de la vegetación a lo largo de la línea, en las zonas adyacentes al área de trabajo.
- No dejar residuos y desperdicios en terreno, retirando diariamente el total producido a lugares expresamente habilitados
- Evitar los derrames de combustibles y aceites por el uso de equipos de combustión interna.
- Se debe tener la política de reciclar los residuos inorgánicos y su traslado hacia las zonas destinadas para los mismos.

Inspección de Línea de Transmisión con Equipo RPA	Código: PE-03/0000-MT-001-00
	Versión: 00
	Fecha: 28/05/20

- Las zonas que se consideren restos arqueológicos no serán manipuladas u otros y se dará aviso a los responsables del proyecto.

## 9. Responsabilidades.

### Gerente de Proyecto / Gerente de Obra

- Aplicar e impulsar las políticas de Calidad, Seguridad, Salud Ocupacional y, ambiental.
- Velar por el cumplimiento del Plan de Calidad, Programa de Seguridad, Salud Ocupacional y, Medio Ambiente del proyecto.
- Proporcionar toda la logística y facilidades requeridas para el cumplimiento del presente procedimiento durante toda la ejecución de los trabajos.

### Ingeniero Residente

- Aplicar e impulsar las políticas de Calidad, Seguridad, Salud Ocupacional y, ambiental.
- Velar por el cumplimiento del Plan de Calidad, Programa de Seguridad, Salud Ocupacional y, Medio Ambiente del proyecto.
- Velar porque los trabajos se ejecuten de acuerdo con todos los documentos técnicos del proyecto aprobados, tales como: Procedimientos Ejecutivos, Planos, Especificaciones Técnicas, Formatos y Normas, etc.
- Proporcionar toda la logística y facilidades requeridas para el cumplimiento del presente procedimiento durante toda la ejecución de los trabajos.
- Asegurar que los recursos humanos proporcionados sean competentes y con la experiencia idónea al cargo que ejercen. Para el caso de los recursos materiales deberá asegurarse que cuenten con la certificación acreditada que garantice su calidad.
- Difundir y hacer de conocimiento entre toda la línea de mando operativa del proyecto el presente procedimiento y exigir su estricto cumplimiento.
- Verificar o repasar previamente las maniobras críticas, con el personal asignado a la actividad del replanteo topográfico y medición de resistividad de suelo, para asegurar el cumplimiento de seguridad y calidad requeridas.



Inspección de Línea de Transmisión con Equipo RPA	Código: PE-03/0000-MT-001-00
	Versión: 00
	Fecha: 28/05/20

- Programar las distintas actividades en los frentes de trabajo, comunicándole a los supervisores las prioridades de ejecución de la obra.
- Asegurar el cumplimiento del mecanismo de reporte escrito de los incidentes o actos y condiciones subestándares y desviaciones en el proceso constructivo, en todos los niveles de jerarquía, para lo cual se utilizará el formato implementado en el proyecto.

#### Coordinador SIG

- Asegurar la difusión del presente procedimiento ejecutivo entre todos los trabajadores asignados a la actividad de replanteo topográfico y medición de resistividad de suelo, para que se garantice el estricto cumplimiento.
- Realizar la revisión y actualización del presente procedimiento, cuando se amerite.
- Asesorar y controlar el cumplimiento del presente procedimiento en todos los niveles de jerarquía del proyecto.
- Velar por el estricto cumplimiento del procedimiento, adoptando oportunamente las medidas correctivas entre el personal que incurra en infracciones al procedimiento aprobado.
- Evaluar y controlar a través de inspecciones de seguridad y observaciones en las tareas que realiza el personal durante la actividad programada.
- Realizar inspecciones periódicas a los equipos, herramientas y EPP, previamente en almacén y en obra.
- Asesorar a los trabajadores en la identificación y control de Peligros y/o Riesgos.
- Capacitar a los trabajadores en temas relacionados con el control y prevención de los riesgos presentes en la actividad de replanteo topográfico.
- Supervisar el estricto cumplimiento del presente procedimiento ejecutivo.
- Realizar la correcta gestión de los incidentes, actos y condiciones subestándares y desviaciones de los procesos constructivos reportados por los trabajadores.

Inspección de Línea de Transmisión con Equipo RPA	Código: PE-03/0000-MT-001-00
	Versión: 00
	Fecha: 28/05/20

#### Supervisor de Campo

- Es responsable de difundir el presente procedimiento ejecutivo a todos los trabajadores asignados a la actividad de replanteo topográfico y de asegurar su estricto cumplimiento.
- Verificar que se cumplan los estándares de seguridad, calidad, medio ambiente y los procedimientos establecidos y aprobados para el proyecto.
- Revisión diaria del procedimiento ejecutivo, previo al inicio de las actividades.
- Planificar y asegurar que se dispongan de todos los recursos humanos y materiales necesarios para una correcta ejecución de los trabajos programados.
- Reportar a su jefe inmediato y al Dpto. del SIG, la ocurrencia de incidentes, actos y condiciones subestándares y/o desviaciones en el proceso previsto.
- Supervisar la ejecución de todas y cada una de las actividades programadas, de acuerdo con los AST elaborados, a fin de verificar el cumplimiento seguro; caso contrario ordenará paralizar su ejecución hasta que se adopten las medidas correctivas que garanticen un trabajo seguro.
- Asumir la dirección y responsabilidad de los trabajos o decidir la paralización de éstos, si por motivos de fuerza mayor se ausentara el capataz.
- Verificar el correcto estado de operación de todos los equipos y herramientas que se utilizaran en la actividad.
- Asegurar que todo el personal haga uso adecuado de los EPP's asignados.

#### Capataz / Jefe de Campo

- Es el técnico responsable de la cuadrilla y deberá asegurarse del estricto cumplimiento del presente procedimiento, por parte de los trabajadores.
- Debe dar a conocer e instruir a todo el personal acerca del alcance del presente procedimiento ejecutivo para la actividad de replanteo topográfico.
- Es la persona responsable de dirigir el replanteo topográfico en coordinación con los responsables de cada cuadrilla de trabajo involucrada.

Inspección de Línea de Transmisión con Equipo RPA	Código: PE-03/0000-MT-001-00
	Versión: 00
	Fecha: 28/05/20

- Deberá verificar que el personal asignado al replanteo topográfico esté apto para las tareas programadas, caso contrario deberá ordenar su retiro de la zona de trabajo e informar al supervisor y Dpto. del SIG.

- Capacitar al personal antes de la ejecución de las tareas, respecto al proceso constructivo y prácticas de trabajo seguro, dejando el registro como constancia de la capacitación impartida.

- Permanencia obligatoria en su puesto de trabajo durante la ejecución de las actividades, en caso de su ausencia ocasional se detendrá la actividad hasta su retorno.

- Debe verificar permanentemente el cumplimiento por parte de todos los trabajadores, de los estándares de seguridad, calidad, medio ambiente y los procedimientos ejecutivos aprobados y de aplicación obligatoria en el proyecto.

- En caso de comprobar que una tarea no pueda ser ejecutada de una manera segura, de

acuerdo con el AST aprobado, ordenará la paralización de la actividad hasta que se adopten las medidas que conduzcan a la ejecución de un trabajo seguro.

- Informar a su jefe inmediato y al Dpto. SIG sobre la ocurrencia de incidentes, actos y condiciones subestándares y/o desviaciones en el proceso constructivo previsto.

- Verificar el correcto estado de operatividad de todos los equipos y herramientas que se utilizarán en la actividad.

- Velar por disponibilidad y la correcta utilización de los EPP's por parte de todos los trabajadores a su cargo.

- Delimitar el área de trabajo con cintas de señalización, previo al inicio de las actividades, determinando la prohibición de ingreso al área, a todo personal no autorizado.

#### Trabajadores

- Cumplir estrictamente el contenido del presente procedimiento ejecutivo para la actividad replanteo topográfico.

Inspección de Línea de Transmisión con Equipo RPA	Código: PE-03/0000-MT-001-00
	Versión: 00
	Fecha: 28/05/20

- No realizar ninguna actividad, ni operar ningún equipo si no está debidamente capacitado y autorizado.

- Ejecutar todas las actividades encomendadas de acuerdo con lo señalado en el presente procedimiento ejecutivo.

- Asistir a sus labores en forma adecuada y con puntualidad, sin haber ingerido bebidas alcohólicas y/o drogas.

- Informar a su jefe inmediato de cualquier dolencia o afección personal que pudiera poner en riesgo la labor prevista a realizar en el día.



- Informar inmediatamente a su jefe inmediato y al Dpto. SIG, sobre la ocurrencia de incidentes, actos y condiciones subestándares y/o desviaciones en el proceso.

- Verificar el correcto estado de operatividad de los equipos que le asignen para la realización de la actividad replanteo topográfico.

- Utilizar correctamente y en forma permanente sus EPP's.

- Delimitar el área de trabajo con cintas de señalización, previo al inicio de las actividades.

#### 10. Anexos.

Anexos	Código	Nombre	Archivo
Anexo 1	-	IPERC- Inspección de línea con RPA	 IPER Inspección de Línea con RPA
Anexo 2	-	Checklist de operación para RPA	 Proto colio actualizado RPA.pdf