



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**ELÉCTRICA**

Utilización de Dron para mejorar el proceso de registro de  
mediciones eléctricas en redes de baja tensión

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTOR:**

Silva Esquen, Ronald Arturo (orcid.org/0000-0002-7289-4141)

**ASESOR:**

Mg. Diaz Rubio, Deciderio Enrique (orcid.org/0000-0001-5900-2260)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Generación, Transmisión y Distribución

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO – PERÚ

2023

## Dedicatoria

*El presente trabajo de investigación se lo dedico principalmente a Dios por darme la fortaleza de seguir adelante y no desistir en cada meta propuesta y especialmente a mi padre David que partió a la eternidad y que desde allá cuida de mi familia.*

## Agradecimiento

*Agradecer a mi familia por el apoyo incondicional en los buenos y malos momentos por ese aliento de motivación en cada etapa de mi vida*

*También a los docentes y colegas que me apoyaron en cada etapa de desarrollo de este proyecto de investigación, agradecer sus aportes y conocimientos.*

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA.....	17
IV. RESULTADOS .....	24
V. DISCUSIÓN .....	48
VI. CONCLUSIONES.....	52
VII. RECOMENDACIONES .....	54
REFERENCIAS.....	55
ANEXOS .....	61

## Índice de tablas

Tabla 1. Accidentes e incidentes empresa Cix Orión año 2020.....	31
Tabla 2. Comparación tiempos de registro .....	35
Tabla 3. Frecuencia de deficiencias en vuelo .....	41
Tabla 4. Matriz de riesgos.....	42
Tabla 5. Resumen de especificaciones drone de propuesta .....	44
Tabla 6. Resumen de presupuesto .....	45
Tabla 7. Flujo de caja proyectado .....	46

## Índice de figuras

Figura 1.	Drone de uso militar.....	8
Figura 2.	Drone de uso urbano DJI FPV.....	8
Figura 3.	Drone de ala fija.....	10
Figura 4.	Drone cuadricópteros para cine.....	11
Figura 5.	Principio de funcionamiento de un medidor.....	14
Figura 6.	medidor electromecánico.....	14
Figura 7.	medidor electrónico.....	16
Figura 8.	Diagrama de Procedimiento.....	21
Figura 9.	Vista de ubicación empresa Cix Orión.....	24
Figura 10.	Organigrama empresa Cix Orión.....	25
Figura 11.	Personal técnico realizando mediciones.....	27
Figura 12.	Diagrama de proceso mediciones eléctricas.....	28
Figura 13.	Medidor con protección.....	29
Figura 14.	Drone empleado en prueba piloto DJI Mavic Air.....	34
Figura 15.	Registro de medidor con drone de prueba.....	36
Figura 16.	Registro fallido con drone de prueba.....	37
Figura 17.	Variación del proceso propuesto.....	38
Figura 18.	Diagrama de Pareto.....	42
Figura 19.	Drone DJI Phantom 4 v2.0.....	43

## Resumen

La investigación aquí presentada de título “UTILIZACIÓN DE DRON PARA MEJORAR EL PROCESO DE REGISTRO DE MEDICIONES ELÉCTRICAS EN REDES DE BAJA TENSIÓN”, presenta la propuesta del uso de una aeronave no tripulada (drone) para el registro de mediciones eléctricas, con la finalidad de dar solución al problema actual encontrado en la empresa Cix Orión Contratistas Generales S.A.C., de implementarse la propuesta se contara con una mejora de la producción y reducción de costos en el desarrollo de las actividades, beneficiando a la empresa.

La metodología empleada para el desarrollo de la investigación fue descriptivo – correlacional, para poder describir la problemática y riesgos que conlleva continuar realizando de la manera tradicional los trabajos de registro, así como mostrar la relación que existe entre la implementación de la propuesta y el cambio de indicadores y mejoras en la empresa, para esto se empleó herramientas de investigación para recolección de datos en campo como bibliográfica, se establecieron los parámetros de funcionamiento necesarios y se realizó la selección de los equipos necesarios, así como la definición del nuevo procedimiento de trabajo presentado en los anexos conjuntamente con la documentación técnica.

Según las evaluaciones realizadas se concluyó que la propuesta planteada es factible tanto técnica como económicamente, basándose en las pruebas piloto realizadas en zonas ya intervenidas con métodos tradicionales y midiendo la variación de tiempos, realizando los cálculos de indicadores económicos como el VAN y TIR, para un periodo de medio año, encontrando resultados alentadores para la implementación de la inversión.

**Palabras clave:** Baja tensión, drone, mediciones eléctricas, medidor.

## **Abstract**

The research presented here entitled "USE OF A DRONE TO IMPROVE THE PROCESS OF RECORDING ELECTRICAL MEASUREMENTS IN LOW VOLTAGE NETWORKS", presents the proposal for the use of an unmanned aircraft (drone) for the recording of electrical measurements, with the purpose of provide a solution to the current problem found in the company Cix Orión Contratistas Generales S.A.C., if the proposal is implemented, there will be an improvement in production and cost reduction in the development of activities, benefiting the company.

The methodology used for the development of the research was descriptive - correlational, in order to describe the problems and risks involved in continuing to carry out the registration work in the traditional way, as well as to show the relationship that exists between the implementation of the proposal and the change of indicators and improvements in the company, for this research tools were used for data collection in the field such as bibliography, the necessary operating parameters will be produced and the necessary equipment was selected, as well as the definition of the new procedure of work presented in the annexes together with the technical documentation.

According to the evaluations carried out, it was concluded that the proposed proposal is feasible both technically and economically, especially in the pilot tests carried out in areas already intervened with traditional methods and measuring the variation of times, and performing the calculations of indicators comy Témonic IR, V. for a period of half a year, finding encouraging results for the implementation of the investment.

**Keywords:** Low voltage, drone, electrical measurements, meter.

## I. INTRODUCCIÓN

Las mediciones precisas de los parámetros eléctricos han constituido un aspecto relevante en el sector eléctrico, específicamente en la comercialización de la energía eléctrica, así como también el registro oportuno de las mediciones eléctricas; teniendo en cuenta que el subsector de distribución eléctrica también realiza las funciones de venta de energía a diferentes niveles de tensión.

En América Latina, tiene diferentes formas de operación y supervisión; existiendo países en el cuál las empresas son de índole estatal y en otros con concesión de la empresa privada; sin embargo, aún existe el problema de la lectura eficiente del consumo de energía eléctrica, debido a que la inversión en tecnología tiene valores mínimos, así como también poco incentivo hacia la innovación en los procesos de toma de registros de los medidores eléctricos. Ramírez C. (2017)

En el Perú, las empresas de distribución de energía han mostrado una diferencia notable entre la energía consumida por los usuarios de baja tensión, con respecto a la energía que compran de las generadoras, debido a que, en el proceso de toma de mediciones de consumo de energía eléctrica, se realizan aún en muchos casos de manera personalizada. Las causas son diversas, siendo una de ellas la poca accesibilidad hacia los medidores del personal de toma de lectura. León H. (2018)

En el departamento de Lambayeque se encuentra establecida la empresa Cix Orión Contratistas Generales S.A.C. que entre sus actividades productivas tiene el área de registro de mediciones eléctricas en baja tensión, para clientes mayores de la red eléctrica, donde se debe acceder hasta los medidores totalizadores de energía para tomar el registro del consumo y poder generar el recibo por el mismo. La empresa cuenta con personal técnico especializado para desarrollar esta labor, pero se generan situaciones que ponen en riesgo al personal por la naturaleza del trabajo desarrollado en altura, asimismo no se puede acceder a la totalidad de los medidores totalizadores, debido al difícil acceso que estos presentan, esto genera que la empresa no cumpla con las metas propuestas, así como las fallas en el registro o la nulidad de este perjudica

a la empresa concesionaria y hasta los clientes finales, generando pérdidas económicas significativas y problemas de trayectoria a la empresa Cix Orión Contratistas generales S.A.C.

En la presente investigación se buscó mejorar el proceso de registro de mediciones eléctricas en redes de baja tensión, en la empresa Cix Orión Contratistas Generales S.A.C, con la finalidad de reducir los riesgos que conllevan los procesos actuales, adicionalmente mejorar la productividad de la empresa en el área de interés y así generar beneficios económicos para la misma.

El desarrollo de la presente investigación se justificó a nivel técnico al presentar una mejora en el área de desarrollo, debido a que nivel nacional los procesos de registro de mediciones se realizan de manera tradicional, muchas veces poniendo en riesgo la integridad de los operarios debido a los riesgos que conlleva la actividad, en esta investigación se buscó la implementación de tecnologías actuales en los campos de la ingeniería, para generar una mejora técnica en el personal y la empresa que adopte estos nuevos procesos.

En el ámbito económico se tuvo en cuenta que la utilización de drones para el registro de mediciones eléctricas representa una disminución de costos para la empresa debido a la reducción de tiempos y personal necesarios en comparación con el proceso que desarrollan actualmente, a la vez se mejoraron los indicadores de productividad, y eliminaron gastos en uso de EPP para el personal, como resultado es una opción rentable para la empresa.

En el área ambiental se justificó considerando que la implementación de drones controlados de manera remota, reduce la huella de carbono de las actividades, al hacer innecesario el traslado del personal en camionetas por el recorrido de la ruta, asimismo se redujeron los desechos de equipos de protección desechable empleados al momento de tomar los registros de manera convencional.

Para el ámbito social se tuvo en cuenta que el proceso de registro de mediciones eléctricas, por ser una labor de riesgo, produce desgaste físico y mental, generando estrés a los trabajadores, por lo cual su calidad de vida e integridad física se ven comprometidas, con la utilización de drones para el registro, esta

situación mejoro en favor de los trabajadores, quienes disponen de tiempo para desarrollar otras actividades menos riesgosas al interior de la empresa.

La solución a la problemática planteada se logró al dar respuesta a la pregunta “¿De qué manera la utilización de un Dron, mejorará el proceso de registro de mediciones eléctricas para redes de baja tensión en la empresa Cix Orión Contratistas Generales S.A.C.?”, para lograr esto se debió seguir una serie de objetivos descritos a continuación.

El objetivo principal que se buscó en la investigación fue mejorar el proceso de registro de mediciones eléctricas en redes de baja tensión que se desarrollaba en la empresa Cix Orión Contratistas Generales S.A.C., mediante la utilización de un dron, en este contexto los objetivos específicos necesarios para conseguirlo fueron los siguientes:

1. Evaluar la situación actual del proceso de registro de mediciones eléctricas en redes de baja tensión en la empresa Cix Orión Contratistas Generales S.A.C.
2. Describir las necesidades técnicas de los equipos necesarios para el proceso de registro de mediciones eléctricas de la empresa Cix Orión Contratistas Generales S.A.C.
3. Seleccionar los equipos técnicamente compatibles con las necesidades, tiempo de vuelo, resistencia al viento, calidad de imagen para el proceso de registro de mediciones en la empresa Cix Orión Contratistas Generales S.A.C.
4. Elaborar una propuesta de solución para mejorar el proceso de registro de mediciones eléctricas en redes de baja tensión, en la empresa Cix Orión Contratistas Generales S.A.C.
5. Evaluar la factibilidad económica de la propuesta de solución.

La hipótesis de la investigación: La Utilización de Dron Mejora el Proceso de Registro de Mediciones Eléctricas en Redes de Baja Tensión.

## II. MARCO TEÓRICO

Varas (2022), en su tesis titulada “Diagnóstico visual – térmico en sistemas eléctricos de subtransmisión y distribución con el uso de drones para efectuar mantenimientos”, presentada en la Universidad Politécnica Salesiana, se buscó desarrollar un modelo de mejora al momento de efectuar los mantenimientos eléctricos empleando la tecnología de drones, en sistemas de distribución. Para lograrlo empleo un modelo de investigación inductiva con examen aplicado, limitada a sistemas eléctricos de 13,8 – 69 kV en torres de distribución. Para las pruebas de campo desarrolladas se utilizó una aeronave no tripulada DJI Mavic 2 versión Enterprise, por contar con cámara termográfica acorde a los requerimientos de la investigación, por lo cual se pudo identificar las fallas en los sistemas eléctricos estudiados. En la investigación se concluyó que el uso de drones permitió la reducción de costos y la eliminación de riesgos al personal mejorando la calidad del trabajo en comparación a las inspecciones visuales del personal técnico, adicionalmente resalta la utilidad de las herramientas adicionales Flir Tools y Dji Thermal análisis, logrando generar información de calidad superior para beneficio de la empresa.

Gonzales (2021), en su trabajo de investigación titulado “Adecuación y puesta a punto de un dron para fotogrametría”, presentado a la Universidad Tecnológica de Pereira, presentó un equipo de fotogrametría accesible, manteniendo la eficiencia, ya que se aplica en diferentes campos como la topografía, la construcción, la agricultura, la inspección de redes eléctricas, etc. En las pruebas de vuelo ocurrieron varios inconvenientes que se fueron corrigiendo en todo el trayecto de proyecto, por ejemplo, se evidenciaron caídas durante el vuelo por desbalanceo de las baterías. Al desarrollar el proyecto se optó por utilizar un dron con chasis S500 siendo este más grande, tiene una controladora Pixhawk 2.4.8 donde su interfaz restringe las modificaciones al firmware a pesar que es un software libre. Las baterías de 4500mA no proporciona la energía suficiente para cubrir un terreno extenso.

Duran (2020), en su tesis titulada “Operación de mantenimiento predictivo en empresas de electricidad mediante la integración de aeronaves no tripuladas (drones)”, presentada en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, describe el estudio de viabilidad económica para un modelo de operación en mantenimientos preventivos eléctricos basado en el uso de aeronaves no tripuladas (drones). Tomando un modelo de operaciones de cuatro etapas Captura, Procesamiento, Análisis y Resultados. Se determinó que, para cumplir con la demanda proyectada de 612 km de línea y 764 torres, por año, son necesarios tres drones y un equipo de 16 empleados. Según la estimación de costos para el desarrollo del proyecto requiere una inversión de \$ 142'183'170.00 (pesos colombianos) y se consideraron tres escenarios para la evaluación económico – financiera, para el escenario Realista a un periodo de 5 años se obtuvo un Valor Actual Neto de \$ 106'618'372,84 y una Tasa Interna de Retorno del 53,64%, mientras que para el escenario pesimista se obtuvieron valores negativos de -25.11%, mostrando alta variabilidad del proyecto, con las adecuaciones necesarias se concluyó que es una opción rentable para invertir.

Vilca y Chura (2021), en su tesis titulada “Inspección preventiva mediante el uso del vehículo aéreo no tripulado (drone), para evitar interrupciones del suministro de energía en los elementos del sistema de distribución”, presentada en la Universidad Nacional del Altiplano, tuvo como objetivo la realización de inspecciones preventivas para mejorar la calidad y continuidad del suministro de energía eléctrica, mediante el uso de aeronaves no tripuladas (drones), para lograr los resultados emplearon trabajo de campo y pruebas piloto sobre una muestra representativa de 71 casos, entre subestaciones, líneas eléctricas y armados estructurales. Para las pruebas realizadas se empleó un drone DJI Phantom 4, con adaptaciones para cámara termográfica y RGB, las observaciones permitieron detectar un 66% de averías pasados por alto con los métodos tradicionales, así como la reducción de un 100% de los accidentes relacionados a las labores de mantenimiento en comparación con la metodología usada anteriormente.

Huallpa (2020), en su tesis titulada “Aplicación del sistema de aeronave pilotada a distancia para optimizar la supervisión del alimentador eléctrico de ingenio – Electrocentro S.A”, presentada en la Universidad Nacional del centro del Perú, el sistema de aeronave a distancia (RPAS) en le alimentador eléctrico A4504 se optimizaron los tiempos, obteniendo solo 49 días de supervisión utilizando un dron a 111 días en una supervisión tradicional, reduciéndose un 55.9% en días ahorrados y mejorando la productividad por estructura de media tensión y subestación, donde más se aprovecha son en las geografías accidentadas donde resaltan las ventajas de un dron, además reduciendo indirectamente los riesgos por accidentes del personal. En la evaluación de costos se obtiene un ahorro de 43.95% en estructuras de media tensión y 52.10% en subestaciones. Para el presente alimentador se observó un ahorro total de S/34,255.43 que representa el 93.99% de ahorro generado en los 49 días de inspección con el dron.

León (2018), en su tesis titulada “Diseño de hexacóptero autónomo para mantenimiento en líneas eléctricas”, presentada en la Pontificia Universidad Católica del Perú, busco diseñar una aeronave no tripulada (hexacóptero) para realizar inspecciones visuales y termográficas, para asistir en los mantenimientos de forma autónoma, para esto se necesitó que el diseño supere los 20.33 m/s con viento en contra y una resistencia de 19.8N de empuje, asimismo debe tener una autonomía de 10 km, con un tamaño máximo de 1.2 m y contar con una unidad de GPS integrado. El armazón de equipo se diseñó en fibra de carbono por sus propiedades mecánicas y se seleccionó los componentes electrónicos del mercado. En su propuesta económica calcularon una inversión de \$ 27784.58 (dólares americanos), concluyendo que el diseño es viable para la implementación para mejorar los mantenimientos predictivos en líneas eléctricas.

Segura (2018), en su tesis titulada “Diseño de estructura soporte de cámara termográfica de un dron – hexarotor para optimizar tiempo de inspección de sistemas de distribución Eléctrica – Herzab S.A.C”, presentada en la Universidad César Vallejo, muestra el diseño de un dron con características específicas para el ambiente de desempeño realizando la correcta selección y dimensionamiento

de compones necesarios para el funcionamiento de la aeronave, esto lo logro haciendo uso de las técnicas de observación y consulta a expertos mediante entrevistas personales, así como la asistencia de programas especializados en diseño como el caso del DJI Nasa v2. Los cuales le permitieron dimensionar según los requerimientos, adicionalmente se desarrolló el modelado 3D en el software Solidworks. Se concluye que se disminuyen costos de mantenimiento y se mantiene la calidad del servicio, asimismo el costo de inversión asciende a S/. 5355.00, y se obtuvo un beneficio del 50% en reducción de gastos de inspección en zonas no alcanzables, de la evaluación económica realizada se concluye que para un periodo de 12 meses se tiene un Valor Actual Neto de S/. 5925.00 y una Tasa Interna de Retorno del 14%, resultando en una opción rentable para la empresa de estudio.

Dron es en términos tecnológicos, que hace referencia a una aeronave no tripulada. Los drones según la organización de aviación civil internacional tienen otras terminologías como UAVS o RPAS, y el termino más utilizado es Dron que deriva del vocablo ingles drone que significa Zángano.

El control automático de los drones requiere algoritmos la cual recogen la información del entorno mediante sensores conectados a una tarjeta de control que tiene la capacidad de procesar la información externa, estos sensores pueden ser como: sensores de rango, IMU, GPS, etc., para obtener la ubicación real. Para el caso de una localización en interior sin GPS, se requiere un reconocimiento del entorno utilizando cámaras, sensores como escáner laser, RGBD (Kinect).

El dron es un autómata volador que se puede controlar remotamente a cierta distancia o también puede volar de forma autónoma mediante un software de vuelo desarrollado en su sistema, con la información dotada de los sensores. Estos equipos se desarrollaron para aplicaciones militares que reemplazaron a los humanos para realizar tareas peligrosas.



*Figura 1. Dron de uso militar*  
Fuente: [klipartz.com/es](http://klipartz.com/es)

A pesar de ser equipos que se iniciaron para uso militar, estos dispositivos se están diversificando en aplicaciones civiles en campos como la agrícola, científicas, comerciales, recreativas etc. Según cifras de un estudio del 2015 afirma que hay más drones de uso civil que drones en el ejército.



*Figura 2. Dron de uso urbano DJI FPV*  
Fuente: [dji.com/dji-fpv](http://dji.com/dji-fpv)

Los drones comerciales entraron en servicio recientemente, además son útiles en tareas donde la persona no puede o no quiere realizar, entre estos se tienen los siguientes:

*Topografía:* una de los usos más desarrollados en los últimos años, debido a la significativa mejora que se obtiene en calidad y tiempo de procesamiento frente a métodos tradicionales, actualmente se cuenta con drones especializados con mejora en calibración GPS y geolocalización para esta rama.

*Análisis de cultivos:* La empresa especializada en drones DJI ha desarrollado equipos con sensores multiespectrales, lo cual permite a los usuarios evaluar el estado de conservación y salud que tienen sus cosechas, ampliamente difundido en las agroexportadoras.

*Servicio de logística:* Actualmente existen empresas de retail que ya cuentan con despacho de paquetería empleando drones, esta se encuentra en etapa experimental en zonas exclusivas de países desarrollados, pero en poco tiempo podría verse desarrollado a nivel mundial, por los beneficios que conlleva.

*Cine y grabaciones:* el área audiovisual también se ha visto mejorada por el uso de esta tecnología, empleándose drones para la grabación de imágenes aéreas o de alto riesgo, labores que anteriormente se desarrollaban con helicópteros y un personal de grabación.

*Militar:* las aeronaves no tripuladas tuvieron sus inicios en aplicaciones militares, actualmente se han seguido desarrollando en esta área empleándose para el reconocimiento y despliegue de armamento remoto.

*Atención de emergencias:* debido a su autonomía se emplean para las labores de búsqueda y rescate, así como medición de daños por catástrofes naturales, como terremotos, tsunamis, entre otros. Existen drones de mayor envergadura empleados en el traslado de polvos extintores para mitigar los incendios forestales.

En la clasificación de estos se diferencian dos grandes grupos, según el tipo de sustentación que tienen al momento de realizar los vuelos, estos son de ala fija y de ala rotatoria, descritos a continuación

Los drones de ala fija son equipos que tienen un perfil de alerón permitiendo que pueda moverse por el aire generando fuerzas que lo mantienen en el aire. Estos drones tienen la apariencia similar a los aeromodelos de radiocontrol, al igual que estos requieren impulso de vuelo inicial para poder mantenerse en el aire. No pueden despegar por si solos estos requieren de un mecanismo impulsor.

La gran ventaja de este tipo de drones es su gran autonomía permitiéndole volar varias horas debido a su eficiencia aerodinámica. Los drones de ala fija su principal aplicación es el mapeo de grandes áreas de terreno, tan solo con una sola batería alcanzar grandes extensiones. Gracias a estas ventajas son muy utilizados en trabajos de fotogrametría y agricultura.



*Figura 3. Drone de ala fija  
Fuente: [elvelodeldrone.com/](http://elvelodeldrone.com/)*

Los drones de ala rotatoria son las mas conocidas y comerciales. Estos equipos logran sustentarse en el aire gracias a las hélices que incorporan en el extremo de sus brazos. Estas hélices rotan gracias a un motor eléctrico permitiéndole una gran estabilidad en el vuelo. Este tipo de drones pueden permanecer en un solo lugar sobrevolando, esto no sucede con los drones de ala fija. Los drones de ala rotatoria se pueden organizar según el número de motores o brazos que tienen por ejemplo: tricópteros (3 motores), cuadricópteros (4 motores), hexacópteros (6 motores) y optacópteros (8 motores).



*Figura 4. Drone cuadricópteros para cine*  
Fuente: [dronplanet.com/](http://dronplanet.com/)

Considerando el marco legal para el uso de estas aeronaves en espacios públicos se debe tener en cuenta lo establecido en la Norma Técnica Complementaria 001-2015, ya que estos equipos tecnológicos se rigen a la legislación aeronáutica peruana, indicando que toda persona u organización que quiera pilotear estas unidades deberá

Registrarlo: El piloto del drone solicitara a la Dirección de certificaciones y autorizaciones de la DGAC (Dirección General Aeronáutica Civil) un carnet de registro donde dejara constancia los datos del equipo.

Este documento se solicita presencialmente en la sede central del Ministerio de Transportes y comunicaciones y también en sedes regionales, este tramite dura 48 horas.

Acreditación: La DGAC habilitara al ciudadano como piloto de drones cuando haya recibido la capacitación certificada por un centro de instrucción de aviación civil acreditada por el MTC. También deberá aprobar la evaluación teórica tomada por el área de licencias aeronáuticas. Este proceso toma un plazo máximo de 30 días hábiles.

Solicitar permiso para sobrevuelo: no existe restricción para sobrevolar en zonas rurales, para el caso de zonas urbanas, el piloto solicitara anticipadamente un permiso al MTC. Está prohibido el sobrevuelo de drones en zonas restringidas como Palacio de gobierno, aeropuertos, áreas militares, centros arqueológicos y áreas naturales protegidas, el plazo de este trámite toma un máximo de 60 días hábiles.

Las mediciones eléctricas se realizan al medir parámetros eléctricos en un sistema o conjunto de sistemas.

Baja tensión, Tensión eléctrica de valor inferior a 1000 V nominales, en Perú se tiene normalizados los niveles de 380/200 V en sistemas trifásicos y 440/220 V para sistemas monofásicos (Código Nacional de Electricidad - Suministro, 2011). Se indica a menudo con las siglas BT.

Drones, equipo aéreo no tripulado, utilizado para aplicaciones militares(detección táctica a gran altura, supervisión del campo de batalla) y civil (observación de manifestaciones, control de contaminación e incendios forestales, entre otros.).

Riesgo eléctrico, se define como la existencia de una posibilidad de contacto entre el cuerpo y la corriente eléctrica, pudiendo resultar un peligro para las personas.

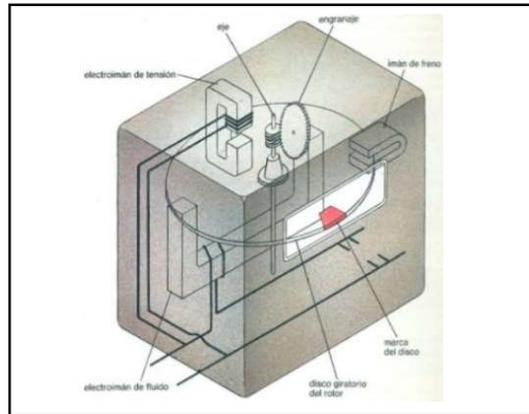
Productividad hace referencia al total producido por unidad de trabajo (cantidad de horas trabajadas o personas empleadas), durante un determinado tiempo.

Procedimiento es un grupo de acciones que deben realizarse en la misma medida, para lograr los mismos resultados y en las mismas circunstancias.

Drone DJI Mavic Air tiene un diseño plegable y una cámara con estabilizador de 3 ejes capaz de obtener grabaciones en 4K y tomar fotos de hasta 12 megapíxeles. Las tecnologías de esta marca como el sistema de anticolisión y los tipos de vuelo inteligente (Smart capture, Quick shots, Active Track™ y Tap Fly™), ayudan a mejorar la captura de fotos complejas. Mavic Air tiene una velocidad de vuelo máxima de 68.4 km/h (42.5mph) con una autonomía o duración de batería máxima de 21 minutos de vuelo. Cámara y estabilizador puede grabar videos en 4K a 30 fotogramas por segundo tomando fotografías de hasta 12 megapíxeles con una gran calidad, gracias al estabilizador que integra. Controlador de vuelo: este se ha actualizado para mejorar la experiencia de vuelo siendo más segura y confiable. Este dron puede retornar a su punto de origen cuando se pierda la señal del control remoto o cuando el nivel de batería se esté agotando. A parte de realizar vuelo estacionario a bajas altitudes como para espacios de interiores, este equipo puede detectar y evadir obstáculos que interfieran en el camino aumentando notablemente la seguridad. Transmisión de video HD: cuenta con WI-Fi mejorada integrada al control remoto ofreciendo un alcance de transmisión de hasta 4 km (2,49 millas) permitiendo transmitir video en 720p al móvil. DJI manual (2018)

Un medidor de energía eléctrica es un dispositivo que contiene elementos electromecánicos o electrónicos para contabilizar el consumo de energía activa o reactiva e incluso algunos pueden medir la máxima demanda. Este instrumento mide la energía integrando la potencia activa en función del tiempo.

El principio de funcionamiento se basa en el par motor. Cuando la bobina de corriente y de tensión son alimentados se crea un campo magnético. Dentro de este campo se encuentra un disco con eje, colocado sobre unos cojinetes; la velocidad de rotación del disco es proporcional a la carga que se encuentra conectada. El eje tiene un sinfín que a la vez hace rotar un piñón conectado al numerador o registro. Queda claro que estamos hablando de un sistema de medición electromecánico. El numerador tiene 5 dígitos adicionalmente un dígito de decimales. El fabricante nos indica en la placa de características la constante o el número de giros por kWh, esta constante puede estar dada por kd o revoluciones por kWh o kh dada en Wh por revolución. Heredia L. (2013)



*Figura 5. Principio de funcionamiento de un medidor*  
 Fuente: bricolage-pvc.com

Medidor electromecánico: estos medidores se consideran de clase 2 o precisión de tipo 2 debido a que internamente trabaja con elementos mecánicos como el disco giratorio, engranajes, sinfín y una bobina que genera el par motor, debido a esta forma de funcionamiento el margen de error es mayor a los medidores actuales.



*Figura 6. medidor electromecánico*  
 Fuente: redaguilera.com

Medidor electrónico: o también llamados medidores estáticos debido a que estos dispositivos no tienen piezas móviles o mecánicas internamente solo integran una tarjeta electrónica y un visor que puede ser un ciclómetro o una pantalla digital

display, estos medidores tienen una mayor precisión con valores como 1, 0.5, 0.2 de margen de error estos medidores son ultra precisos donde además integran otras funciones y múltiples parámetros eléctricos como energía activa, reactiva, potencia en hora punta, fuera punta, multi tarifas etc.

El medidor electrónico y el electromecánico ambos tienen dos partes principales, una caja principal y la caja de borneras. Pero la diferencia está en los componentes internos, estos elementos son:

Circuito electrónico: el microprocesador se encarga de procesar los datos de tensión y corriente que son recibidos desde los convertidores de señal analógica a digital, y un algoritmo se encarga de calcular la energía consumida por el cliente. Heredia L. (2013)

Shunt: es una resistencia de precisión utilizada en instrumentación para medir la corriente eléctrica de una carga, se basa en la medición de tensión en sus terminales, valiéndose de la ley de Ohm.

Registrador: es un tambor giratorio o también llamado ciclo métrico, la unidad de medida es el kWh, los engranajes o piñones son hechos de plástico dura que resiste a los rayos ultravioleta, alta resistencia a las deformaciones por temperatura y al desgaste.

El chasis principal del medidor y el motor son una sola pieza por lo que no necesitan ajustes durante toda su vida útil. El registrador está diseñado para que corra o gire en sentido positivo aun cuando las conexiones estén invertidas convirtiéndolo en ANTIFRAUDE. También cuenta con protectores contra campos magnéticos y perforaciones externas. Heredia L. (2013)

Protector de campos electrostáticos y magnéticos: evita manipulaciones provocados por el cliente intencionalmente.

Medidor monofásico bifilar (fase y neutro): es el medidor más utilizado en instalaciones residenciales. Se compone de una bobina de tensión y una de corriente. Su rango de corriente está entre 15 y 60 A.

Medidor monofásico trifilar (dos fases): conformado por dos bobinas de tensión y dos de corriente. Utilizado para medir consumos de aparatos que funcionan a 220 V sobre todo en zonas rurales.

Medidor bifásico trifilar (dos fases y un neutro): conformado por dos bobinas de tensión y dos de corriente. Utilizado para medir consumos de aparatos que necesitan dos fases a 220V como por ejemplo equipos de aire acondicionado de 12000 BTU, motores de hasta 10 HP, también registra el consumo de aparatos que funcionen a 120V. Heredia L. (2013)

De acuerdo con la exactitud o precisión los medidores pueden ser:

Clase 2: nos certifica que el error se sitúa en un intervalo del 2%

Clase 1: nos certifica que el error se sitúa en un intervalo del 1%

Clase 0,5: nos certifica que el error se sitúa en un intervalo del 0,5%

Clase 0,2: nos certifica que el error se sitúa en un intervalo del 0,2%



*Figura 7. medidor electrónico*

Fuente: docplayer.com

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### 3.1.1. Tipo de investigación

Según la naturaleza de la investigación desarrollada se empleó el tipo de investigación Aplicada, ya que este tipo busca emplear los conocimientos y experiencias del investigador, y llevarlas a estudios de campo (Sanca, 2011). Adicionalmente este tipo de investigación encaja en la finalidad del presente estudio, pues se propone entregar soluciones útiles que generen impacto en la sociedad o punto de desarrollo (Departamento Universitario Obrero Campesino, 2022).

##### 3.1.2. Diseño de investigación

La investigación se basó en el diseño experimental, este se basa en la manipulación de variables de manera organizada para lograr la obtención de datos reproducibles en diferentes entornos controlados (Espinosa, 2010). En el desarrollo de los resultados se manipulo la variable independiente para medir los efectos sobre la variable dependiente, observar sus variaciones, de esta manera evaluar y poder generar conclusiones. Según el modelo empleado se puede clasificar como Diseño pre experimental de un grupo con pre prueba y post prueba (Salinas, Cárdenas, 2009)., cuya diagramación se presenta a continuación.

$$O_1 \Rightarrow X \Rightarrow O_2$$

Donde:

- $O_1$  : Estado de la variable dependiente antes.
- $X$  : Manipulación de la variable independiente.
- $O_2$  : Estado de la variable dependiente después.

## **3.2. Variables y operacionalización**

### **3.2.1. Variables**

- ✓ **Variable Independiente:** Uso de tecnología de drones.
- ✓ **Variable Dependiente:** Proceso de registro de mediciones eléctricas.

### **3.2.2. Operacionalización**

En el anexo 01 se encuentra la matriz de operacionalización de variables.

## **3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis**

### **3.3.1. Población**

La población del estudio se define como el conjunto de casos, con limitaciones y accesibilidad, que comparten criterio predeterminados por el investigador (Arias et al., 2016). Según esta definición se consideró los medidores que se encuentran en altura con tarifa BT5B en baja tensión de la zona rural del departamento de Lambayeque, bajo responsabilidad de registro por la empresa Cix Orión Contratistas generales S.A.C., teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- **Criterios de exclusión:** Los medidores y totalizadores de clientes comunes que se encuentran en murete.
- **Criterios de inclusión:** Medidores multifunción o de otras tarifas que se encuentran en altura, asignados al técnico.

### **3.3.2. Muestra**

Se seleccionaron seis medidores totalizadores por sus características comunes, las codificaciones seleccionadas fueron 35574888, 35636066, 35680353, 35756986, 35839376, 35915159.

### **3.3.3. Muestreo**

Los elementos fueron seleccionados intencionalmente debido a las causas de la investigación y experiencia del investigador en el campo desarrollado, configurando un muestreo no probabilístico, con naturaleza dirigida o por conveniencia (Otzen, Monterola, 2017).

### **3.3.4. Unidad de análisis**

La unidad de análisis se define como la unidad indivisible principal sobre la cual se realiza el estudio o medición (Fernández, 2015)., para el caso desarrollado se tomó como unidad de análisis los medidores totalizadores donde se efectuó el registro de mediciones eléctricas.

## **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **3.4.1. Técnicas de recolección de datos**

#### **a) Observación**

Con esta técnica se puede obtener información cualitativa y cuantitativa dentro la empresa Cix Orión Contratistas Generales S.A.C, de acuerdo al instrumento diseñado y su aplicativo, este se utiliza en cualquier tipo y áreas de la investigación, resultando idóneo para la presente investigación.

#### **b) Entrevista**

La entrevista es un procedimiento utilizado para recolectar información mediante una conversación formal o direccionada, dependiendo del tema y la persona a entrevistar, por lo regular se aplican en investigaciones que tienen población finita o también para recolectar opiniones y experiencias de expertos en un tema específico.

#### **c) Análisis documental**

Esta técnica se utilizó para consultar procedimientos en información respecto a metodologías, estándares y normativas del tema central de la investigación, para analizar y aplicar según las reglas establecidas del mismo instrumento.

### **3.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

#### **a) Guías de observación**

Se diseñó una guía de observación para estructurar datos recogidos en campo, los indicadores principales son el proceso de registro de mediciones, tiempo de ejecución y posibles deficiencias actuales.

#### **b) Cuestionario de entrevista**

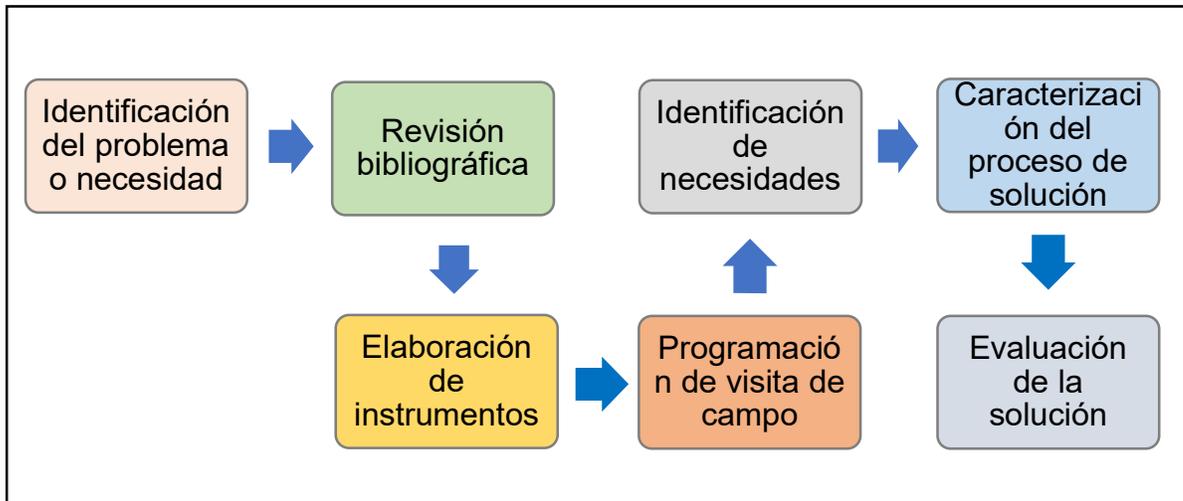
Se ejecutó una entrevista a el trabajador que desarrolla la actividad con el fin de recoger datos reales del proceso de registro de mediciones y que objetivos lograr para cumplir con las necesidades requeridas.

#### **c) Guía de análisis de documentos**

Se revisó y analizó la documentación perteneciente a los sistemas eléctricos, vuelo de aeronaves no tripuladas, análisis asistido por computadora para lograr seleccionar de forma óptima los equipos que cumplan con las necesidades exactas de la empresa, así obtener un correcto gasto sin perjudicar la operatividad del proceso.

### **3.5. Procedimientos**

El proceso que se empleó para desarrollar la presente investigación obedece al siguiente diagrama de procesos, posteriormente se detalla cada etapa abordada por el investigador



*Figura 8.* Diagrama de Procedimiento  
Fuente: Elaboración propia

### **Etapa 01: Identificación del problema o necesidad**

En la rutina laboral se pudo observar que los técnicos no lograban culminar las lecturas de medidores en altura asignadas en el día, por lo que generaba retrasos y se acumulaba con la asignación del día siguiente, visto esta necesidad se realizó un seguimiento en campo para detectar cual es la causa raíz que genera este problema.

### **Etapa 02: Elaboración de instrumentos**

Se plantearon los instrumentos más importantes para recopilar datos relevantes para la presente investigación, teniendo en cuenta las guías de observación para las inspecciones técnicas llevadas al momento de estudio del proceso y el procedimiento del personal desarrollando su labor actualmente, para la recolección de datos en campo.

### **Etapa 03: Revisión bibliográfica**

Se analizaron diversas opciones con las que se cuenta para llegar a solucionar la problemática planteada, en este proceso se analizó la documentación virtual y física, para fijar los parámetros mínimos necesarios en el registro de mediciones y así asegurar el cumplimiento de todos los requerimientos de este proceso

necesarios en el registro de mediciones y así asegurar el cumplimiento de todos los requerimientos de este proceso.

#### **Etapa 04: Programación de visita de campo**

El trabajo en equipo con el encargado de la empresa Cix Orión Contratistas Generales S.A.C. se designó la fecha ideal para llevar a cabo la visita técnica, con el objeto de determinar las pautas y condiciones para el estudio, así como también la toma de datos en campo, aplicando los instrumentos adecuados.

#### **Etapa 05: Identificación de necesidades**

La información determinada con los instrumentos e inspecciones técnicas hechas en campo, dio como resultado la necesidad de la empresa Cix Orión Contratistas Generales S.A.C para ser descrita en términos de ingeniería, como tiempo de operaciones, personal empleado, costos, entre otros, estableciendo los parámetros óptimos para la correcta selección y diseño de proceso.

#### **Etapa 06: Caracterización del proceso de solución**

Según las necesidades consignadas en la etapa anterior, se utilizó la información recopilada en la etapa de revisión bibliográfica para establecer los parámetros y características dando solución a la problemática mediante los procesos y seleccionando los equipos necesarios para el desarrollo de las mediciones.

#### **Etapa 07: Evaluación de la solución**

Definida la solución planteada en la etapa anterior se procedió a evaluar la viabilidad de esta, empleando los métodos de análisis económico tomando como base los indicadores de rentabilidad como Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR), para emitir conclusiones sobre la propuesta presentada.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Se utilizaron hojas de cálculo del software excel para estructurar la información estadística obtenida de los datos recogidos en campo, para luego realizar un análisis usando como técnica la estadística descriptiva y así lograr conclusiones determinantes, mostradas en gráficos y tablas demostrativas.

### **3.7. Aspectos éticos**

Se respeto el contenido de los autores y la no adulteración de los trabajos realizados por ellos, para este trabajo de investigación, manteniendo siempre la transparencia y veracidad de los resultados obtenidos. Se mantuvo la privacidad y discreción de los datos recopilados en campo, para no difundir la información que comprometa al personal o a los procesos propios de la empresa Cix Orión Contratistas Generales S.A.C.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Evaluar la situación actual del proceso de registro de mediciones eléctricas en redes de baja tensión en la empresa Cix Orión Contratistas Generales S.A.C.

#### 4.1.1. Historia

La empresa Cix Orión Contratistas Generales S.A.C inicio operaciones en el año 2007 en la ciudad de Chiclayo, empezó con los servicios de mantenimiento eléctrico a empresas privadas, continuo a incursionar en las contrataciones con entidades públicas, en el año 2016 expandió sus operaciones y gano contratos con el Fondo de Inversión Social y Energético, a partir de esa fecha ha venido diversificando los servicios que ofrece a medida que crecía como empresa, en la actualidad brinda servicios tercerizados en el área de mantenimiento eléctrico, toma de registros eléctricos, entre otros.

#### 4.1.2. Localización

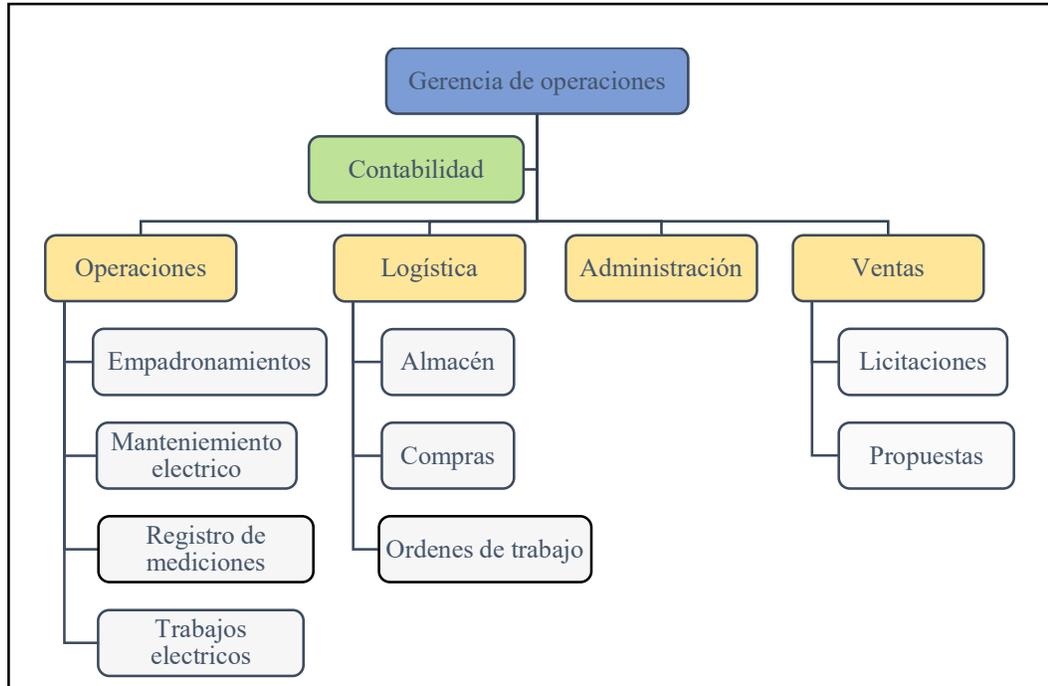
La empresa cuenta con oficinas en el centro histórico de la Ciudad de Chiclayo, a unas cuadras del parque principal, en esta oficina se realiza todo el trabajo de gabinete, ya que adicionalmente cuenta con cuadrillas desplazadas por todo el territorio del departamento, según la actividad que se desarrolle. En la siguiente figura se muestra una vista satelital de la ubicación de la Oficina central.



*Figura 9. Vista de ubicación empresa Cix Orión*  
Fuente: Google earth

### 4.1.3 Organización

La empresa tiene una jerarquía típica donde la gerencia está a la cabeza de todas las operaciones, asistido por el área de contabilidad, bajo estas se encuentran las subgerencias respectivas en cada ámbito de interés de la empresa, con sus respectivos encargados como jefes de área, adicionalmente se tiene un tercer nivel donde se definen las sub secciones.



*Figura 10. Organigrama empresa Cix Orión*  
Fuente: Elaboración propia

### 4.1.4 Sistema de producción

La empresa cuenta con varios y definidos procesos de producción para cada ámbito en el que se desempeña, pero en este apartado se tomó especial énfasis en la labor de interés para esta investigación, el registro de mediciones eléctricas en redes de baja tensión.

#### **4.1.3. Personal**

En la labor específica de mediciones eléctricas en baja tensión se cuenta con una cuadrilla ya establecida, con un mínimo de cuatro integrantes, entre estos se tiene al chofer de la movilidad, encargado de llevar a la cuadrilla al punto de operaciones, dos técnicos electricistas, uno encargado de realizar el ascenso al poste y otro encargado de operar en tierra, en caso de tener que intervenir en alguna situación y finalmente un supervisor de campo, encargado de verificar las condiciones de seguridad y correcto cumplimiento de los protocolos para dicha labor.

#### **4.1.4. Equipos**

Los equipos requeridos para esta labor incluyeron los medios de transporte, como es una camioneta tipo pick up modelo Hilux, equipos de operación para el personal técnico, una escalera telescópica de dos cuerpos, estrobos para el ascenso, todo el equipo de protección personal (EPP), y equipos para el registro y control (hojas de registro, cámara fotográfica, laptop), en casos especiales se puede hacer uso de una grúa de operaciones, para labores desarrolladas en zona urbana.

#### **4.1.5. Proceso de producción**

El proceso da inicio con la identificación del medidor a intervenir, donde se realiza la medición, una vez que se determina la ubicación se prepara la cuadrilla de personal y la movilidad para el traslado al lugar de operaciones.

Una vez in situ se despliega el personal técnico, tras una revisión visual el supervisor determina si se tendrá alguna consideración especial para el punto, y se procede a preparar el área de trabajo, instalación de escalera, señalamiento de seguridad y preparación de material necesario para el registro, se evalúa en caso se tenga acceso al registro del medidor o en caso se requiera emplear alguna herramienta para abrir los medidores.

Ya instalado y definido todo, un técnico procede a subir al poste, hasta la altura de los medidores de baja tensión, para tomar registro, de manera manual, en una hoja de control, y generar una evidencia fotográfica, con cámara digital o cámara de celular, el técnico en tierra se encarga de ingresar los datos a una aplicación del control y verificar si las mediciones son congruentes con el consumo promedio



*Figura 11. Personal técnico realizando mediciones*  
Fuente: Elaboración propia

Ya registrado se procede a generar un informe de registro, para dejar constancia de la operación realizada, se desmonta, recoge los equipos, señalizaciones y se da por culminada la labor, dirigiéndose a otro punto de operación.

#### 4.1.6. Diagrama

En el siguiente diagrama de flujo se pueden observar las tareas que se llevaron a cabo para cumplir con la labor de registro de mediciones eléctricas en baja tensión, en la empresa Cix Orión Contratistas Generales S.A.C. Se deja remarcada las tareas en las que se intervino con la propuesta de mejora.

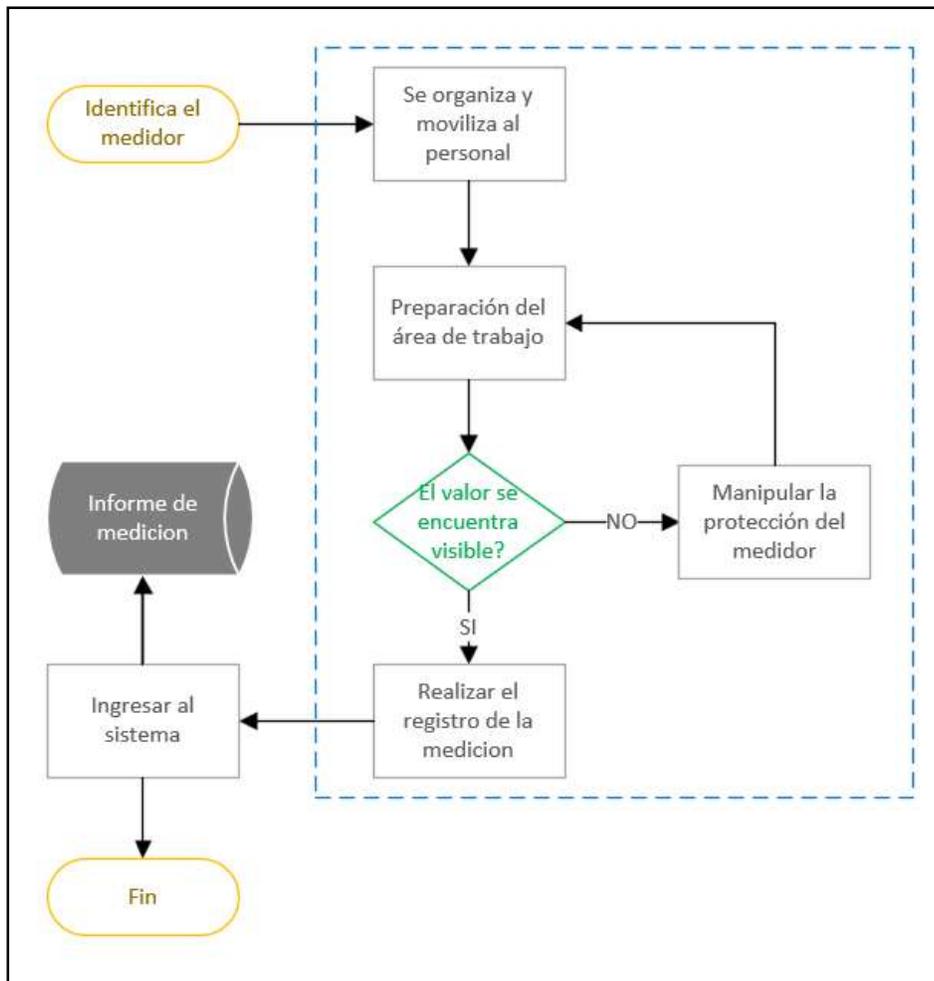


Figura 12. Diagrama de proceso mediciones eléctricas  
Fuente: Elaboración propia

## 4.2. Describir las necesidades técnicas de los equipos necesarios para el proceso de registro de mediciones eléctricas de la empresa Cix Orión Contratistas Generales S.A.C.

### 4.2.1. Deficiencias

Una de las principales deficiencias que se observó hizo referencia a la cantidad de personal necesario para el desarrollo de la tarea, haciéndose evidente que con la implementación de nuevas tecnologías este se reduce en un 50% en comparación con los métodos tradicionales, así como el tiempo que se empleó, en la actualidad la empresa Cix Orión Contratistas Generales S.A.C, tarda entre 20 a 30 minutos una vez localizado el punto de medición (sin tener en cuenta el tiempo de traslado de persona, ya que este no presentaría variación con la propuesta), sin embargo este tiempo se vio reducido de 8 a 10 minutos, en los casos más prolongados por el estado del medidor totalizador, como es el presentado en la siguiente imagen.



*Figura 13. Medidor con protección*

Fuente: Elaboración propia

Aun así, el tiempo de mejora fue significativamente representativo, asimismo se eliminó la problemática que se genera cuando los medidores no son accesibles por personal técnico, esto puede ser por representar un peligro real para el técnico, o encontrarse por encima de la capacidad ofrecida por las escaleras telescópicas, en esos casos, se perdió de realizar esa medición con el método convencional.

Entre los principales riesgos que presentaron en el proceso de mediciones eléctricas tenemos los relacionados a trabajos en altura y riesgo de contacto eléctrico, por la naturaleza del trabajo. Estos son detectados directamente por la necesidad de Permisos de Trabajo de Alto Riesgo (PTAR), generados de manera individual para cada medición que se realiza, a fin de llevar un mejor manejo de la seguridad en la empresa.

Asimismo, el área de mediciones en baja tensión, mantiene registro mensual de los accidentes e incidentes ocurridos al desarrollar las actividades, se proporcionó las métricas de los años 2019 y 2020, debido a que, en los posteriores años, no se trabajó en condiciones normales a las acostumbradas por las restricciones generadas en la pandemia, en las siguientes tablas se presenta un registro anual según severidad del accidente, cabe aclarar que en ambos periodos no se tuvo accidentes fatales.

Tabla 1. Accidentes e incidentes empresa Cix Orión año 2020

<b>Mes</b>	<b>Tipo</b>	<b>Numero</b>
Enero	Accidente incapacitante	0
	Accidente leve	3
Febrero	Accidente incapacitante	0
	Accidente leve	3
Marzo	Accidente incapacitante	1
	Accidente leve	2
Abril	Accidente incapacitante	0
	Accidente leve	1
Mayo	Accidente incapacitante	1
	Accidente leve	3
Junio	Accidente incapacitante	1
	Accidente leve	4
Julio	Accidente incapacitante	0
	Accidente leve	3
Agosto	Accidente incapacitante	0
	Accidente leve	2
Setiembre	Accidente incapacitante	0
	Accidente leve	2
Octubre	Accidente incapacitante	1
	Accidente leve	3
Noviembre	Accidente incapacitante	0
	Accidente leve	1
Diciembre	Accidente incapacitante	1
	Accidente leve	3

Fuente: Cix Orión Contratistas Generales S.A.C-

## 4.2.2. Indicadores

### Productividad

Para evaluar la productividad de la cuadrilla de trabajadores en el desarrollo de las mediciones eléctricas en baja tensión, se empleó el índice de productividad en función a las mediciones realizadas en comparación con el número de trabajadores empleados en dicho trabajo, el indicador se evaluó en periodos diarios, con los datos proporcionados por la empresa para el 2020, la formula a emplearse es la siguiente

$$IP = \frac{N^{\circ} \text{ de mediciones}}{N^{\circ} \text{ trabajadores}}$$

Reemplazando los valores anuales conseguidos por la data de la empresa Cix Orión Contratistas Generales S.A.C, se pudo obtener el índice de productividad para el último año

$$IP = \frac{29}{4}$$

$$IP = 7.25$$

### Seguridad

Como indicador de la seguridad al desarrollar las labores de medición se tomó la métrica Índice de frecuencia, por cada millón de horas trabajadas, al evaluar este índice se consideró una cuadrilla de cuatro trabajadores, y un horario de ocho horas diarias, se evaluó para un periodo anual con la siguiente formula

$$IF = \frac{N^{\circ} \text{ de accidentes}}{N^{\circ} \text{ hora trabajadas}} \times 10^6$$

Reemplazando los valores anuales conseguidos por la data de la empresa Cix Orión Contratistas Generales S.A.C, considerando una cuadrilla de cuatro trabajadores con jornadas de 48 horas semanales y 52 semanas por año, se pudo obtener el índice de frecuencia para el último año

$$IF = \frac{35}{9984} \times 10^6$$

$$IF = 3505.61$$

Estos indicadores sirvieron como línea base para las mediciones de mejora al implementar la propuesta de mejora, estos indicadores mostraron una variación cuantificable al momento de evaluar el desempeño siendo importantes para la toma de decisión de implementación.

#### **4.3. Seleccionar los equipos técnicamente compatibles con las necesidades, tiempo de vuelo, resistencia al viento, calidad de imagen para el proceso de registro de mediciones en la empresa Cix Orión Contratistas Generales S.A.C**

Como propuesta de mejora desarrollada, se consideró el uso de una aeronave no tripulada (drone), de uso urbano, para evitar el despliegue del personal a la cima del poste, reduciendo los riesgos que estos trabajos conlleva y mejorando los indicadores de producción del personal, al reducir los tiempos.

#### 4.3.1. Descripción

Para la mejora de la situación actual en la empresa Cix Orión Contratistas Generales S.A.C, se propuso la implementación de una aeronave no tripulada (drone), para reemplazar las labores desarrolladas por el personal técnico actualmente, en la tarea de subir hasta el medidor para realizar el registro, para tener una idea del posible escenario se realizó una prueba piloto. Esta se desarrolló en los puntos de medición ubicados en el área urbana, para esta se empleó la siguiente aeronave DJI Mavic Air, mostrada en la imagen a continuación



*Figura 14. Drone empleado en prueba piloto DJI Mavic Air*  
Fuente: [dji.com/mavic-air/](https://dji.com/mavic-air/)

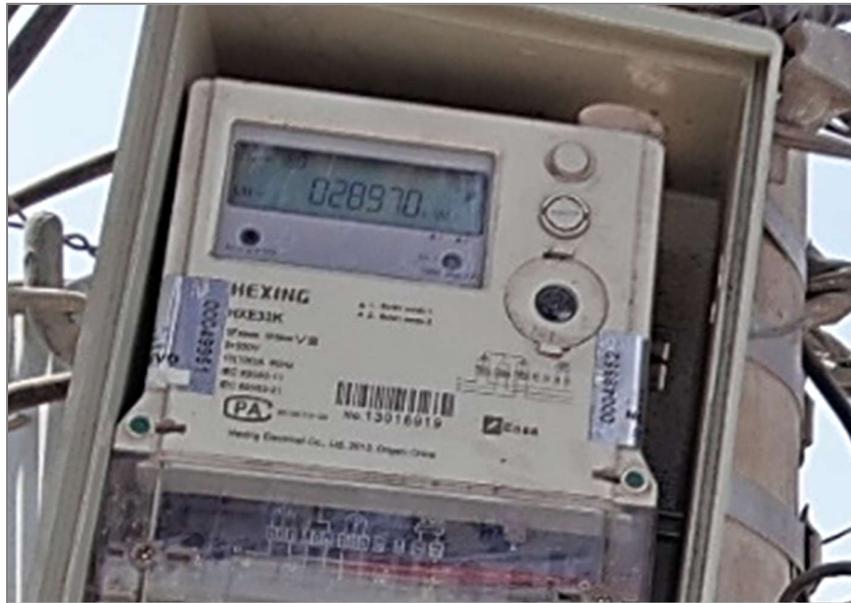
Para la prueba se tomó en cuenta seis ubicaciones, donde anteriormente se realizaron mediciones con el método convencional que viene trabajando la empresa para poder determinar la reducción del tiempo que represento la mejora, así mismo poder identificar las complicaciones generadas por esta nueva tecnología en los puntos donde se mantuvo operando, en el siguiente cuadro se pueden observar los resultados obtenidos

Tabla 2. Comparación tiempos de registro

Punto de medición	Tiempo de medición		Mejora
	Convencional	Propuesta	
Punto totalizador 35574888	22	8	64%
Punto totalizador 35636066	25	10	60%
Punto totalizador 35680353	32	9	72%
Punto totalizador 35756986	-	6	100%
Punto totalizador 35839376	23	11	52%
Punto totalizador 35915159	20	7	65%

Fuente: Elaboración propia

De las mediciones piloto realizadas se pudo observar que la mejora en tiempo por cada medición, se mejoró en un 69% aproximadamente, teniendo en cuenta también la reducción del personal necesario ya que para desarrollar esta mediciones solo se empleó dos operarios, la imagen obtenida de los medidores fue de bastante calidad, haciéndose legible con gran facilidad, en la siguiente imagen se presenta una imagen aumentada de la prueba realizada, donde se aprecia con detalle los números para tomar la lectura del consumo.



*Figura 15. Registro de medidor con dron de prueba*  
Fuente: Elaboración propia

Asimismo también se pudo observar deficiencias en el equipo empleado para la realización de la prueba piloto, entre estas se encuentra la poca estabilidad que presento frente a los fuertes vientos existentes en nuestro departamento, generando registros fotográficos con poca nitidez, generando lecturas erróneas en la medición, por la poca definición de las imágenes, adicionalmente el riesgo de accidente por la existencia de cableados desordenados en los puntos de medición, en la siguiente imagen se presenta los registros fallidos que genero la prueba piloto.



*Figura 16. Registro fallido con drone de prueba*  
Fuente: Elaboración propia

Según las pruebas realizadas la opción de implementar una aeronave no tripulada (Drone) como alternativa a el ascenso de técnicos para el registro de mediciones eléctricas resulto en una opción muy conveniente para la empresa, por las mejoras en tiempos de registro y reducción de personal, sin embargo, se encontraron algunos imprevistos en la prueba piloto

Entre estos se encuentran la poca estabilidad del drone empleado (DJI Mavic Air) por la presencia de fuertes ráfagas de viento presentes en nuestro departamento, asimismo se observó que en zonas céntricas se encuentra mayor cantidad de cableado telefónico, eléctrico y tendido de alambres para publicidad u otros, lo cual interfiere en el vuelo del drone, creando un riesgo de accidente a la aeronave y dejarla inutilizable.

Un último inconveniente encontrado es la existencia de medidores cubiertos o de difícil acceso al visor de mediciones, en algunos casos este se puede mejorar con una cámara de mayor espectro (rango de giro/ movilidad) o dejando descubiertos los medidores para las futuras mediciones, a consideración del cliente, en caso

contrario se hace necesario un equipo con mayor rango de visión, estos inconvenientes se pueden resolverse al emplear un equipo diseñado para estas labores en específico, con mejores capacidades técnicas.

#### 4.3.2. Nuevo proceso

El nuevo diagrama de procesos para realizar las mediciones se vio afectado según la línea punteada mostrada en el diagrama anterior, en este caso el proceso se cambió por la cantidad de personal a movilizar y la tarea de medición completamente al eliminar las maniobras aéreas y el ascenso del personal técnico se eliminan los riesgos de seguridad asociados, asimismo las labores se ven reducidas en tiempo de duración, el nuevo flujo de trabajo propuesto se muestra en la siguiente figura.

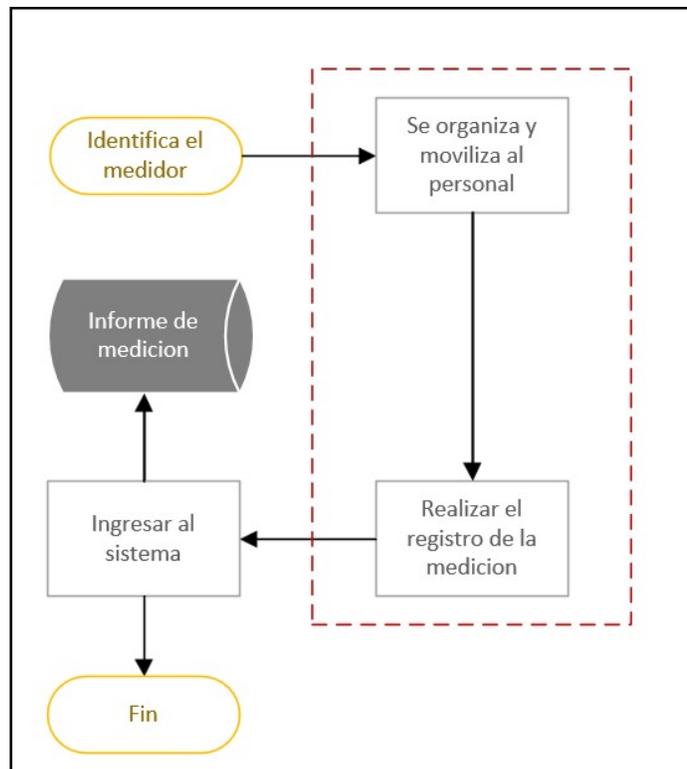


Figura 17. Variación del proceso propuesto  
Fuente: Elaboración propia

### 4.3.3. Nuevos indicadores

#### Productividad

Se empleo el mismo índice de productividad calculado anteriormente, esta vez teniendo un factor de corrección igual a la mejora en las mediciones realizadas en la prueba piloto, para obtener el nuevo valor del índice, así como teniendo en cuenta la consideración de la reducción del personal en la cuadrilla, de cuatro a dos trabajadores, la formula a emplearse es la siguiente: Duran R. (2020)

$$IP = \frac{N^{\circ} \text{ de mediciones} \times (1 + k)}{N^{\circ} \text{ trabajadores}}$$

Donde

$k$ : Factor de mejora obtenido en campo [-]

Reemplazando los valores de mediciones obtenidas por data de la empresa, el nuevo número de personal y el promedio de mejora en los tiempos, se tiene

$$IP = \frac{29 \times (1 + 66\%)}{2}$$

$$IP = 23.23$$

Frente a los resultados obtenidos anteriormente con el método tradicional, se observó una mejora del 220% en la producción total del área de registro y mediciones eléctricas en baja tensión, significando una mejora considerable para la empresa Cix Orión Contratistas Generales S.A.C.

## **Seguridad**

Los accidentes e incidentes casi en su totalidad se producen por los riesgos eléctricos y por trabajos en altura que se desarrollaron al momento de ejecutar las labores de medición por el personal técnico que asciende al poste, al cambiarse esta dinámica por el uso de una aeronave no tripulada estos riesgos se eliminaron completamente pero a su vez se generaron nuevas posibilidades, estas con posibilidades negativas para los equipos mas no para el personal, en este sentido la seguridad se vio mejorada en un 100% al anular la participación humana en el desarrollo de las mediciones.

Este beneficio no pudo calcularse como indicador, por la poca información de la que se dispuso al momento de realizar la investigación, pero como incentivo para la empresa al mostrar un ambiente de trabajo más seguro y motivación para su personal, al tener en cuenta que no se está arriesgado su integridad para desarrollar estas labores.

### **4.3.4. Documentación**

Se adjunta en los anexos los manuales y guías de usuarios del equipo seleccionado (presentación de caratulas), los archivos completos se encuentran en el digital de esta investigación.

#### **4.4. Elaborar una propuesta de solución para mejorar el proceso de registro de mediciones eléctricas en redes de baja tensión, en la empresa Cix Orión Contratistas Generales S.A.C.**

la propuesta planteada se basó en los datos recopilados tras las pruebas realizadas en campo utilizando un dron de la marca DJI modelo Mavic Air, a continuación, se presenta la siguiente tabla:

Tabla 3. Frecuencia de deficiencias en vuelo

Deficiencias	Tipo de problema	frecuencia
D1	imágenes fotográficas distorsionadas	13
D2	inestabilidad por fuertes vientos	17
D3	interferencias en el vuelo en zonas urbanas	5
D4	poca duración de vuelo por batería	6
D5	cámara de corto alcance o zoom	10

Fuente: Elaboración propia

en las pruebas realizadas en campo de un total de 20 medidores en altura se logró observar deficiencias durante la operación de vuelo del dron con un total de 5 deficiencias listadas en tabla donde la inestabilidad por fuertes vientos tiene mayor frecuencia acumulada, esto dificultaba el enfoque de la captura fotográfica donde además sumado a eso las características de la cámara que integra el dron no era la adecuada para la aplicación en campo.

En las deficiencias de poca frecuencia tenemos la duración limitada de la batería del dron donde según sus características técnicas tiene una duración de 25 minutos de vuelo pero en las pruebas realizadas solo duró 15 minutos obteniendo 20 suministros leídos asumimos que las fuertes corrientes de aire hacen que el dron se esfuerce aun mas para lograr su estabilidad, y por ultimo las interferencias en zonas urbanas por la presencia de antenas cercanas y armónicos de la mis red.

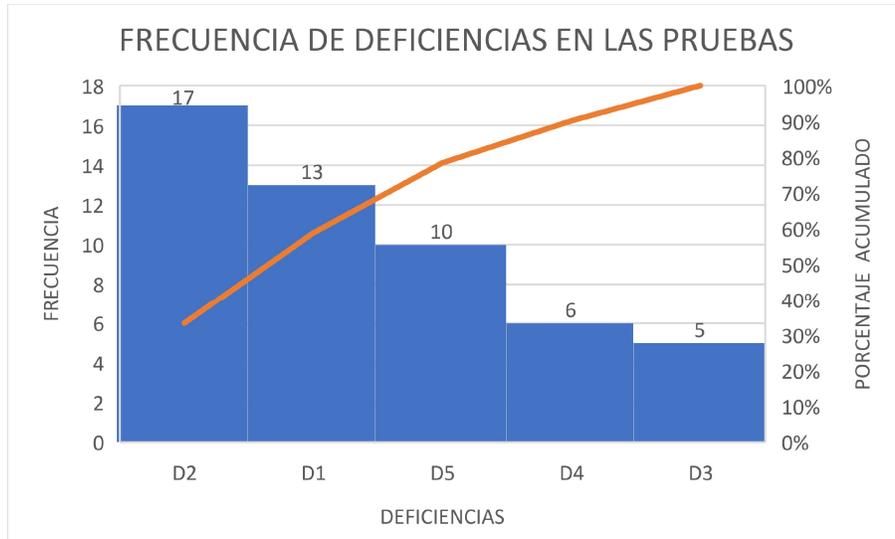


Figura 18. Diagrama de Pareto

Fuente: Elaboración propia

En el diagrama de Pareto se observó el orden decreciente de las ocurrencias en campo teniendo una visión gráfica de las deficiencias en función a su frecuencia.

Tabla 4. Matriz de riesgos

Tareas	Probabilidad de accidentes	Severidad
ubicar suministro	Menor	
delimitar área de trabajo		
instalar dron	Moderado	
poner en funcionamiento al dron		
iniciar el vuelo (elevación) del dron	Critico	
capturar la lectura del medidor		
aterrizaje del dron		

Fuente: Elaboración propia

Según lo que se pudo observar existieron varias deficiencias de usar un equipo como el anterior descrito, por su poca estabilidad frente a corrientes de vientos, existencia de interferencias al momento de volar en zonas urbanas, para dar

solución a esta situación se propuso la implementación de un dron especializado para este tipo de mediciones, un DJI Phantom 4 v2.0, como el mostrado en la siguiente imagen



*Figura 19. Dron DJI Phantom 4 v2.0*  
Fuente: [dji.com/phantom-4-pro-v2](http://dji.com/phantom-4-pro-v2)

El dron DJI Phantom 4 v2.0 al ser más pesado (1375 g) presenta mayor estabilidad frente a los vientos, este puede resistir hasta ráfagas de 36 kph en condiciones normales, asimismo presenta un mejor sistema de evasión de obstáculos, contando con sensores visuales e infrarrojos con una precisión que va desde los 0.20 centímetros hasta los 30 metros, permitiendo un mayor acercamiento a la zona de registro sin correr el riesgo de accidente con los cables existentes en la zona, en la siguiente tabla se presenta algunas de las características de la aeronave.

**Tabla 5.** Resumen de especificaciones drone de propuesta

---

**Aeronave**

Peso (incluido batería y hélices)	1375 g
Máxima velocidad de ascenso	6 m/s
Máxima velocidad de vuelo	72 kph
Máxima resistencia al viento	10 m/s
Máximo tiempo de vuelo	30 min

**Gimbal**

Estabilización	3 ejes
Rango de vibración	$\pm 0.02^\circ$

**Sistema de visión**

Detección de obstáculos	0.7 - 30 m
-------------------------	------------

**Sistema infrarrojo**

Detección de obstáculos	0.2 - 7 m
-------------------------	-----------

**Cámara**

Sensor	1-pulgada CMOS Píxeles efectivos: 20M
Formato de fotos	JPEG, DNG (RAW), JPEG + DNG
Formato de video	MP4/MOV (AVC/H.264; HEVC/H.265)

---

Fuente: DJI drones

#### 4.5. Evaluar la factibilidad económica de la propuesta de solución.

Para la implementación de la propuesta de solución se consideró los costos de adquisición de equipos como el dron propuesto, las mejoras para la autonomía de vuelo de este y los permisos necesarios, así como el costo de la capacitación del personal que operara la aeronave no tripulada.

*Tabla 6.* Resumen de presupuesto

<b>Componente</b>	<b>P. unit.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Sub total</b>
Dron DJI Phantom 4 v2.0	S/ 10,940.00	1	S/ 10,940.00
Juego de baterías extra	S/ 959.00	6	S/ 5,754.00
Permisos y licencias	S/ 1,200.00	1	S/ 1,200.00
Capacitación PUCP	S/ 1,300.00	1	S/ 1,300.00
<b>TOTAL</b>			<b>S/ 19,194.00</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.1. Balance

##### Ingresos

Considerando una reducción de personal de cuatro a dos (chofer de móvil y técnico operador de dron), y un sueldo promedio de S/. 1 800.00 mensuales, se puede entender.

$$\text{Ingreso mensual} = N^{\circ} \text{ personal} \times \text{sueldo mensual}$$

$$\text{Ingreso mensual} = 2 \times 1800$$

$$\text{Ingreso mensual} = \text{S/}. 3600$$

## Egresos

El ingreso más significativo para la implementación está reflejado en el presupuesto de inversión, que asciende a S/ 19 194.00, ya que posteriormente no se tendrán costos recurrentes, ni de operación, esto al considerar la capacitación de un técnico para desarrollar la labor que esta conlleva.

## Flujo de caja

El flujo de caja se construye teniendo en cuenta la diferencia de ingresos y egresos, se tiene en cuenta periodos anuales, la siguiente tabla muestra los flujos de caja económicos durante un periodo de Cix Orión Contratistas Generales S.A.C años, para la propuesta de solución presentada, se consideran tres escenarios proyectados, para posibles situaciones presentadas en el momento de implementación.

*Tabla 7. Flujo de caja proyectado*

	<b>Mes 0</b>	<b>Mes 1</b>	<b>Mes 2</b>	<b>Mes 3</b>
<b>Beneficio</b>		S/ 3,600.00	S/ 3,600.00	S/ 3,600.00
<b>Inversión</b>	S/ 19,194.00			
<b>Balance</b>	-S/ 19,194.00	S/ 3,600.00	S/ 3,600.00	S/ 3,600.00
<b>Acumulado</b>	-S/ 19,194.00	-S/ 15,594.00	-S/ 11,994.00	-S/ 8,394.00
		<b>Mes 4</b>	<b>Mes 5</b>	<b>Mes 6</b>
<b>Beneficio</b>		S/ 3,600.00	S/ 3,600.00	S/ 3,600.00
<b>Inversión</b>				
<b>Balance</b>		S/ 3,600.00	S/ 3,600.00	S/ 3,600.00
<b>Acumulado</b>		-S/ 4,794.00	-S/ 1,194.00	S/ 2,406.00

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.2. Indicadores económicos

##### Valor actual neto (VAN)

Se empleo una tasa de descuento del 10%, para actualizar los flujos proyectados, para el caso actual se evalúa para un periodo de doce meses.

$$VAN_{12} = \sum_{t=1}^{12} \frac{FC_t}{(1 + 10\%)^t} - 19\,194.00 = 0$$

$$VAN_{12} = S/. 5\,335.29$$

##### Tasa interna de retorno (TIR)

Se calculo la rapidez en recuperar la inversión, igualando los flujos de caja proyectados a la inversión inicial, se compara con la tasa de descuento considerada anteriormente.

$$\sum_{t=1}^{12} \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} = 19\,194.00$$

$$TIR_{12} = 15 \%$$

Podemos determinar que la TIR es mayor a la tasa de descuento elegida para el cálculo de la VAN donde se concluye que el proyecto de inversión es RENTABLE, también considerar que la VAN es positiva.

##### Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)

$$PRI = periodo + \frac{inversion - acumulado}{flujo}$$

$$PRI = 5 + \frac{19\,194 - 18\,000}{3\,600}$$

$$PRI = 5.33 \text{ meses}$$

Según el cálculo el recupero de la inversión se efectúa en un periodo de 5.33 meses.

## V. DISCUSIÓN

En el estudio de la mejora del proceso de toma de lecturas mediante el uso de un dron se pudo determinar los siguientes indicadores:

El índice de productividad antes de la propuesta, teniendo en cuenta el cociente entre el número de mediciones y el número de trabajadores da como resultado 7.25.

El índice de frecuencia de accidentes antes de la propuesta teniendo en cuenta el cociente del número de accidentes entre las horas trabajadas multiplicado por diez elevado a la seis da como resultado 3505.61.

En la comparación de tiempos de registro de las lecturas en seis puntos de medición en altura se contrastó el tiempo que demanda la forma convencional de tomar la lectura con el tiempo que demanda utilizando el dron, se pudo determinar una mejora en rapidez de un 69%.

La reducción de personal se reduce en un 50% a comparación del procedimiento tradicional o convencional donde se necesitaban 4 técnicos ahora con el dron solo se necesitan 2 técnicos.

En el nuevo indicador del índice de productividad se utiliza la misma fórmula, pero agregando un factor de mejora obtenido en campo dando como resultado 23.23 observando una mejora del 220%

En materia de seguridad por la misma naturaleza del trabajo en altura y el contacto directo del técnico al manipular los cables y caja del medidor los accidentes en incidentes se eliminan en su totalidad, pero siempre teniendo en cuenta las medidas de seguridad en el pilotaje del dron.

Los indicadores económicos tienen como referencia el presupuesto de inversión y el flujo de inversión proyectado que sirven como datos para calcular el valor actual neto dando como resultado s/. 5 335.29 y el cálculo de la rapidez de recuperación de la inversión nos conduce a una tasa interna de retorno que da como resultado 15 %.

En comparación con los antecedentes de estudio Vilca y Chura (2021), Huallpa (2020), se pudo observar que para este tipo de proyectos la mejoras son similares bordeando los 66%, 55.9% respectivamente, mostrando congruencia en comparación con el 69% del presente estudio. Los indicadores de seguridad muestran relación con los trabajos de Vilca y Chura (2021), coincidiendo con el calculado en este estudio de una mejorar del 100% con respecto a los accidentes del personal. Adicionalmente se comparó la reducción de personal o ahorro en gastos.

En cuanto a la investigación de Varas (2022), en su tesis titulada “Diagnóstico visual – térmico en sistemas eléctricos de subtransmisión y distribución con el uso de drones para efectuar mantenimientos”, presentada en la Universidad Politécnica Salesiana, se concluye que el uso de drones reduce los costos y la eliminación de riesgos al personal mejorando la calidad del trabajo en comparación a las inspecciones visuales del personal técnico, en esta comparativa también se observa que las inspecciones se realizan en altura considerado como trabajo de alto riesgo, en donde al utilizar un dron queda totalmente anulada la labor de tener que subir al punto o zona de inspección y los accidentes que lo conllevan, también hace mención de reducción de costos operativos como mano de obra pólizas de seguro etc. Las similitudes con la presente investigación son notables debido a que las condiciones de trabajo antes de emplear el uso de dron son las mismas, pero con diferentes funciones.

Con respecto a la viabilidad económica según Segura (2018), en su tesis titulada “Diseño de estructura soporte de cámara termográfica de un dron – hexarotor para optimizar tiempo de inspección de sistemas de distribución Eléctrica – Herzab S.A.C” concluye que se obtuvo un beneficio del 50% en reducción de gastos con una tasa interna de retorno de 14% resultando rentable para la empresa, acá podemos confirmar que los indicadores económicos son positivos para este tipo de inversión alegando la rentabilidad del proyecto.

coincidiendo nuevamente en una reducción de gastos del 50% por la implementación de drones, si bien es cierto el pilotaje de este mismo también tiene sus propias medidas de seguridad lo cual también supone un cierto grado de riesgo, pero siendo menor a comparación con el trabajo de tener que subir al

poste y tener contacto directo con el tendido eléctrico aumentado las probabilidades de que ocurra un accidente, y la reducción de gastos tanto en mano de obra por tener menos numero de trabajadores, las similitudes son evidentes en los beneficios de utilizar un drone y la versatilidad que esta tiene para cumplir múltiples tareas que requieran la inspección de puntos críticos en altura por lo general en postes y torres de alta o media tensión.

la metodología de la investigación es del tipo aplicada ya que este busca mejorar una labor experimentada donde además utiliza los conocimientos del investigador que tienen afinidad con el trabajo de campo en donde se requiere aplicar, este tipo de investigación encaja con el presente estudio ya que propone entregar soluciones útiles.

El diseño es experimental debido a que en el desarrollo de los resultados de la presente investigación se manipulo la variable independiente para medir los efectos sobre la variable dependiente para luego observar sus variaciones y finalmente sacar conclusiones.

La metodología utilizada es fundamentada por las pruebas piloto que se realizaron en campo, ya que se pretende dar solución a un problema real de una empresa, para verificar y medir el comportamiento de las maniobras bajo las condiciones climáticas de la zona y a la vez observar las tomas fotográficas o grabaciones que se realizaron para obtener la información de las lecturas de los medidores en altura.

este debido a su naturaleza aplicada se basa en el diseño experimental, con esa información recogida en campo se analiza y se concluye que los beneficios son reales y congruentes con respecto a otras investigaciones ya realizadas anteriormente, bajo estos resultados también se pudo mejorar el modelo de drone seleccionado para las pruebas ya que presento ciertas limitaciones por factores externos.

La presente investigación es de suma importancia para la empresa la cual fue planteado como una opción para solucionar un problema cotidiano en donde se tenía que lograr terminar la asignación de lectura de medidores en altura que por

lo general era un promedio de 30 suministros por día pero a veces tiende a aumentar a 45 o 60 suministros debido al sector que tocaba según el cronograma de toma de lecturas en donde los encargados de esta labor es una cuadrilla que lo conformaba un chofer, y tres técnicos además de una móvil que es una camioneta pick up que a su vez transporta una escalera telescópica, el problema era que no se terminaba la asignación diaria por varios factores entre ellos habían suministros no ubicados, cajas de medidor con alturas no estandarizadas superando la altura de una escalera telescópica etc.

Además en los últimos cinco años se viene utilizando de forma masiva el uso de drones que es una tecnología que tuvo sus inicios para fines militares y que ahora se utiliza para uso civil y profesional dado a que este dispositivo forma parte de la coyuntura tecnológica de los últimos años y a los avances cada vez más versátiles, los drones ya incursionaron en diferentes disciplinas profesionales que incorporan dispositivos específicos para cada aplicación.

En el sector eléctrico que es el área específico al que pertenece esta investigación ya cuenta con aplicaciones en la vida real actualmente, la utilización de drones en este campo la mayoría en aplicaciones de inspección y supervisión en redes primarias esta logrando mayor aceptación por los profesionales de esta disciplina debido a los grandes beneficios como ahorro de costos, rapidez en las tareas, y sobre todo lo más importante la disminución o anulación de riesgos de accidentes por caídas o electrocuciones.

En labores de mantenimiento en redes primarias aún se requiere la mano de obra de un operario para poder realizar las tareas por lo que actualmente un dron de gama alta no puede realizar dichas labores, pero siendo optimistas la tecnología no se detiene y quizás en un futuro los drones puedan realizar labores cada vez más complejas.

## **VI. CONCLUSIONES**

1. Mediante la presente investigación sintetizando los objetivos específicos se logró demostrar en campo la mejora del proceso de registro de mediciones en redes de baja tensión utilizando un drone, desarrollada en la empresa Cix Orión Contratistas Generales S.A.C., en cuanto a la mejora de la medición se logró obtener imágenes más nítidas de alta resolución permitiendo una mejor lectura de los parámetros eléctricos mostrados en el display del equipo de medida.
2. Mediante el trabajo de campo y la investigación de bibliografía se logró determinar la situación actual de la empresa Cix Orión Contratistas Generales S.A.C, para el proceso de mediciones eléctricas en redes de baja tensión, logrando identificar al personal y equipos involucrados.
3. Mediante el trabajo de campo, se logró determinar la necesidad de la empresa Cix Orión Contratistas Generales S.A.C, en términos de seguridad y productividad para la labor de mediciones eléctricas en redes de baja tensión, logrando la correcta propuesta para implementación.
4. Teniendo en cuenta las pruebas realizadas y los datos recolectados en la investigación se pudo definir los parámetros óptimos y necesarios para la implementación de la propuesta según los requerimientos de la empresa Cix Orión Contratistas Generales S.A.C, optando por una aeronave no tripulada de la marca DJI, modelo Phantom 4 pro V2.0, por cumplir con las necesidades observadas.
5. Se elaboro la documentación técnica necesaria para el nuevo proceso de mediciones eléctricas en baja tensión, empleando la propuesta técnica, asimismo se adjuntan los documentos de operación de los equipos y nuevo protocolo de registro propuesto.

6. Se determino un presupuesto necesario de S/. 19 194.00, para la implementación de la propuesta de solución, y según la evaluación económica realizada se cuenta con los indicadores VAN de S/. 5 335.29, y TIR de 15%, para un periodo de 12 meses en ambos casos. Se consideró un periodo de 6 meses según el flujo de caja proyectado en donde indica que la inversión inicial se amortiza en el periodo ya mencionado debido a que se obtiene beneficio desde el primer mes, dando a entender que la propuesta es económicamente factible para la empresa Cix Orión Contratistas Generales S.A.C.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda un estudio mas detallado de las condiciones ambientales como la velocidad del viento, temperatura ambiental, humedad etc., del lugar donde se va a operar este tipo de aeronaves no tripuladas para optimizar la operación de vuelo obteniendo mejores resultados, evitar accidentes y prolongar la vida útil del mismo.
2. Se recomienda el diseño de un sistema de comunicación o algoritmo informático donde también se requiere hardware como el uso de protocolos de comunicación como el bluetooth, entre el dron y el aplicativo del equipo móvil donde se ingresa el valor numérico de los parámetros eléctricos, con la finalidad de evitar los errores humanos al ingresar los datos manualmente y a la vez ahorrar el tiempo que lo demanda.
3. Se recomienda realizar pruebas de vuelo en redes de baja tensión donde las interferencias de radio frecuencia o armónicos sean intensas, para obtener los intervalos adecuados de operación permitidos por las especificaciones de la aeronave ya que esto conlleva a bloquear o interferir la comunicación entre el dron y el operador de vuelo y evitar posibles accidentes.
4. Se recomienda elaborar un plan de trabajo para ubicar los medidores en altura que no son accesibles visualmente al display de parámetros eléctricos y tomar una acción correctiva para que en el momento de operación de vuelo del dron logre capturar los datos con mayor nitidez.

## REFERENCIAS

Camacho, B. (2008). *Metodología de la investigación científica: un camino fácil de recorrer para todos*. Impresiones y Publicaciones de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

<https://librosaccesoabierto.uptc.edu.co/index.php/editorial-uptc/catalog/view/124/154/3259>

Cimadevilla, S. (2018). *La aplicación de las nuevas tecnologías a los ámbitos de la cooperación al desarrollo y ayuda humanitaria; casos específicos: impresión 3D y el uso de drones* [Tesis de maestría, Universidad Pontificia de Comillas]. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/43408/TFM001284.pdf>

De la Cruz, L. (20 de octubre de 2015). *Concepto de medida – Mediciones Eléctricas*. <https://ingenieriaelectronica.org/concepto-de-medida-mediciones-electricas/>

DUOC OC bibliotecas. (31 de mayo de 2022). *Diferencia entre la Investigación Básica y la Aplicada*. <https://bibliotecas.duoc.cl/investigacion-aplicada/Investigacion-basica-y-aplicada#:~:text=De%20este%20modo%2C%20la%20Investigaci%C3%B3n,que%20impacten%20a%20la%20sociedad.>

Duran, C. (2020). *Operación de mantenimiento predictivo en empresas de electricidad mediante la integración de aeronaves no tripuladas (Drones)* [Tesis de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/29987>

Escuela de pilotos de dron Qualifier. (14 de diciembre de 2017). *El uso de Drones. Actualidad y FUTURO*. <https://www.areadron.com/el-uso-de-drones-actualidad-y-futuro/>

Espinoza, C. (2010). *Metodología de investigación tecnológica – Pensando en sistemas.* Imagen Gráfica S.A.C.  
<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1146/mit1.pdf>

Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar. (s.f.). *Métodos de recolección de datos para una investigación.* Boletín Electrónico, (03), 4-7.  
<http://148.202.167.116:8080/jspui/bitstream/123456789/2817/1/M%c3%a9todos%20de%20recolecci%c3%b3n%20de%20datos%20para%20una%20investigaci%c3%b3n.pdf>

Fernández, V. (2015). *Fundamentos de Metodología de Investigación: Un Libro de Referencia para Estudiantes de Doctorado en Organización de Empresas.* OmniaScience.  
[https://www.researchgate.net/profile/Vicenc-Fernandez/publication/340591861\\_Fundamentos\\_de\\_Metodologia\\_de\\_Investigacion/links/5f3ab2a2a6fdcccc43d01b87/Fundamentos-de-Metodologia-de-Investigacion.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Vicenc-Fernandez/publication/340591861_Fundamentos_de_Metodologia_de_Investigacion/links/5f3ab2a2a6fdcccc43d01b87/Fundamentos-de-Metodologia-de-Investigacion.pdf)

Gonzales, L. (2021). *Adecuación y puesta a punto de un dron para fotogrametría* [Tesis de grado, Universidad Tecnológica De Pereira].  
<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/db3ddf58-3c99-4dc6-abd7-3b9ab9bb5e83/content>

Huallpa, R. (2020). *Aplicación del sistema de aeronave pilotada a distancia para optimizar la supervisión del alimentador eléctrico de ingenio – Electrocentro S.A* [Tesis de grado, Universidad Nacional Del Centro Del Perú].  
[https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6345/T010\\_48314286\\_T\\_compressed.pdf](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6345/T010_48314286_T_compressed.pdf)

IBERFDRONE. (2020). *Tipos de drones y sus características.*  
<https://iberfdrone.es/tipos-drones-y-caracteristicas/>

León, H. (2018). *Diseño de hexacóptero autónomo para mantenimiento en líneas eléctricas* [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica Del Perú].

[https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/12407/LE%C3%93N\\_HESER\\_HEXAC%C3%93PTERO\\_TESIS.pdf](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/12407/LE%C3%93N_HESER_HEXAC%C3%93PTERO_TESIS.pdf)

Ministerio de Trabajo y promoción del empleo. (s.f.). *Propuesta de indicador de accidentabilidad laboral para Perú*. [http://www.trabajo.gob.pe/CONSSAT/PDF/2018/Propuesta\\_Indicador\\_Accidentabilidad\\_Laboral\\_%20Peru\\_.pdf](http://www.trabajo.gob.pe/CONSSAT/PDF/2018/Propuesta_Indicador_Accidentabilidad_Laboral_%20Peru_.pdf)

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (5 de setiembre de 2019). *MTC: Conoce los requisitos para operar un drone*. <https://www.gob.pe/institucion/mtc/noticias/50511-mtc-conoce-los-requisitos-para-operar-un-drone>

Otzen, T., Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227 – 232. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>

RAMIREZ, Carlos. Captura de información topográfica con drones, para el diseño de proyectos lineales de energía eléctrica. Tesis (Gerencia de proyectos). Colombia: Universidad Piloto de Colombia, 2017.

Disponible en <https://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/4408/Trabajo%20de%20grado.pdf>

Salinas, P. y Cárdenas, M. (2009). *Métodos de investigación social*. Editorial "Quipus", CIESPAL. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/55365.pdf>

Segura, M. (2018). *Diseño de estructura soporte de cámara termográfica de un drone-hexarotor para optimizar tiempo de inspección de sistemas de distribución Eléctrica-Herzab S.A.C* [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/31664/Segura\\_RM.pdf](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/31664/Segura_RM.pdf)

SYDLE. (3 de mayo de 2022). *Indicadores de productividad: ¿qué son y cómo medirlos?*. <https://www.sydle.com/es/blog/indicadores-de-productividad->

60c3708b688db6117f3d5c09/#:~:text=Los%20indicadores%20de%20productivida  
d%20o,ya%20sea%20positiva%20o%20negativamente.

Varas, J. (2022). *Diagnóstico Visual-Térmico En Sistemas Eléctricos De Subtransmisión Y Distribución Con El Uso De Drones Para Efectuar Mantenimientos* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22503/1/UPS-GT003710.pdf>

Victor Delgado Cinematographer. (29 de mayo de 2016). *Historia de los drones*. <http://eldrone.es/historia-de-los-drones/>

Vilca, E. & Chura, O. (2021). *Inspección preventiva mediante el uso del vehículo aéreo no tripulado (drone), para evitar interrupciones del suministro de energía en los elementos del sistema de distribución* [Tesis de grado, Universidad Nacional Del Altiplano De Puno]. [https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/15408/Vilca\\_Elisban\\_Chura\\_Oliver.pdf](https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/15408/Vilca_Elisban_Chura_Oliver.pdf)

Villasís, M., Arias, J. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México*, 63(2), 201 – 206. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=486755023011>

ENERGETICA 21 (2021). El uso de los Drones en las operaciones energéticas. <https://energetica21.com/articulos-y-entrevistas-online-ver/el-uso-de-los-drones-en-las-operaciones-energeticas>

Drone Powered Solutions (2019). Aplicación de la tecnología de Drones para el monitoreo de inversiones Eléctricas. <https://www.pwc.com/co/es/assets/video/PwC-Soluciones-Drones-Para-Energia.pdf>

Drones, R. (01 de Febrero de 2018). INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE LÍNEAS ELÉCTRICAS CON DRONES. <https://www.rpas-drones.com/inspeccion-lineas-electricas-drones/>

Endesa. (2017). Nuevas tecnologías para la optimización de la red. <https://www.endesa.com/es/proyectos/todos-los-proyectos/transicion-energetica/digitalizacion/nuevatecnologias-mantenimiento#>

Guerr, R. (2015). El mantenimiento de una línea de transmisión. <http://www.laenergiadelcambio.com/el-mantenimiento-de-una-linea-de-transmision/>

Sector, E. (2018). Drones para supervisión de líneas eléctricas. <http://www.sectorelectricidad.com/12678/redes-inteligentes-drones-para-supervision/>

Cite energía (2019). Uso de Drones para redes eléctricas de alta Tensión. [http://www.citeenergia.com.pe/wp-content/uploads/2020/12/Ing.-Victor-Gonzales-Zamora\\_compressed-4.pdf](http://www.citeenergia.com.pe/wp-content/uploads/2020/12/Ing.-Victor-Gonzales-Zamora_compressed-4.pdf)

Duran R. (2020). Operación de mantenimiento predictivo en empresas de electricidad mediante la integración de aeronaves no tripuladas. Tesis de la universidad Distrital José de Caldas, Colombia.

S. Carrascosa and E. Escorsa (2018), Hovering over the Drone Patent Landscape: hovering over the Drone Patent Landscape. New Haven, USA: IFI CLAIMS. [Online]. Available: <https://www.ificlaims.com/news/view/blog-posts/hovering-over-the-drone.htm>.

González Regueral, Carlos Calvo(2014), De los UAVS a los RPAS. Madrid, España: IDS.

S. for A. Markus Mueller (2018) «eCalc - propCalc - the most reliable Propeller Calculator on the Web».[Online]. Available: <https://www.ecalc.ch/motorcalc.php?ecalc>.

L. A. Bendayán Acosta (2015), Sistema de adquisición remota de imágenes con vehículos aéreos no tripulados. Iquitos, Perú: Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana.

[http://www.iiap.org.pe/Archivos/publicaciones/Publicacion\\_1533.pdf](http://www.iiap.org.pe/Archivos/publicaciones/Publicacion_1533.pdf)

Autoridad de aviación civil El Salvador (2018), Regulación de Los Vehículos Aéreos No Tripulados <http://www.aac.gob.sv/?wptdmpro=rac-vant>

Energía y Debate (2022). Drones en el mantenimiento de energías renovables. <https://energia Debate.com/destacan-drones-y-ai-en-mantenimiento-de-las-energias-renovables/>

Energías Renovables (2021). Los Drones con inteligencia artificial harán más fácil la inspección y el mantenimiento de las líneas eléctricas. <https://www.energias-renovables.com/panorama/los-drones-con-ia-haran-mas-facil-20210324>

Aero Cámaras (2019). Inspecciones de redes eléctricas con Drones. <https://cursodedrones.es/inspecciones-de-redes-electricas-con-drones/>

## ANEXOS

### ANEXO 01: Matriz de Operacionalización de Variables

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Proceso de registro de mediciones eléctricas en baja Tensión 220 / 380 V (DEPENDIENTE)	Conjunto de tareas llevadas a cabo para tomar un valor eléctrico expresado numéricamente por un instrumento de medición (De La Cruz, 2015).	Medición de productividad, según número de personal mediciones y tiempo que tarda	Método de registro	Número de mediciones eléctricas	De razón/ ratio
				Tiempo de proceso	De razón/ ratio
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Uso de tecnología de drones (INDEPENDIENTE)	Empleo de aeronaves no tripuladas para optimizar los trabajos en diferentes áreas de interés (Cimadevilla, 2019).	Medición resultante de la mejora por el uso de aeronaves no tripuladas	Sistema de vuelo	Autonomía de vuelo	De razón/ ratio
			Registro de datos	Confiabledad de medición	Ordinal
			Procedimiento de trabajo	Estabilizador de vuelo	De razón/ ratio

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 02: Ficha De Análisis Documentario



UNIVERSIDAD  
CESAR VALLEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
MECÁNICA ELÉCTRICA

### Guía de análisis documentario

Proyecto : Utilización de Dron para Mejorar el Proceso de Registro de Mediciones Eléctricas en Redes de Baja Tensión

Investigador : Silva Esquén Ronald Arturo

Titulo	Pagina	Ubicación	Fecha de consulta
<i>Mejoramiento continuo de procesos</i>	<i>125</i>	<i>Virtual</i>	<i>10/07/2022</i>

  
JOSÉ CARLOS ARANA TORRES  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
REG. CIP. 218415



## ANEXO 04: Formulario De Entrevista



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACEDÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
MECÁNICA ELÉCTRICA**

### Formulario de entrevista

Proyecto	Utilización de dron para mejorar el proceso de registro de mediciones eléctricas en redes de baja tensión.	
Entrevistador	Silva Esquén Ronald Arturo	DNI N°: 47382760
Entrevistado	María Paico Carlos	DNI N°: 46831543
Fecha	15 de julio del 2022	

La entrevistada es María Paico Carlos, ingeniera industrial en el cargo Analista de datos en la empresa Cix Orión Contratistas Generales SAC

¿Cuál es la cantidad de registros que se pueden realizar en una jornada de trabajo?

¿Cuentan con otros procesos para el registro de mediciones eléctricas?

¿Cuáles son los costos que conlleva el desarrollar el registro de mediciones eléctricas en forma tradicional?

¿Cuáles considera serían los mayores riesgos, para el personal y la empresa de seguir empleando métodos tradicionales?

¿Cree que, con la implementación de un dron para el registro de mediciones, mejorara la situación de la empresa?

  
JOSÉ CARLOS ARANA TORRES  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
REG. CIP. 218415

## ANEXO 05: Validación de instrumentos de recolección de datos

### FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

#### Titulo del proyecto de investigación

Utilización de Dron para Mejorar el Proceso de Registro de Mediciones Eléctricas en Redes de Baja Tensión.

#### Datos personales del experto

Apellidos y Nombres     = Arana Torres José Carlos

Profesión                 = Ingeniero Mecánico Electricista

Grado académico        = Ingeniero titulado y colegiado

Código CIP               = 218415

#### Instrumentos evaluados

1. Ficha de análisis documentario
2. Ficha de observación
3. Formulario de entrevista



JOSÉ CARLOS ARANA TORRES  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
REG. CIP. 218415

\*Estimado experto con el objetivo de validar los instrumentos de recolección de datos mostrados a continuación, marcar con check o aspa en los recuadros de indicadores de cada criterio tomado en cada instrumento.

**Instrumento: Ficha de análisis documental**

CRITERIOS		INDICADORES			
		DEFICIENTE	REGULAR	BUENA	EXCELENTE
a)	la información manejada y recopilada son fuentes relacionadas a la especialidad.			x	
b)	las ideas principales son extraídas de capítulos relevantes o conclusiones finales.				x
c)	la sintetización de de la información principal ayudaron a contrastar los datos obtenidos en campo.			x	
d)	este instrumento ayudo a recabar información para lograr los objetivos planteados en la investigación.				x
e)	la interpretación y análisis de la información se realizó respetando el procedimiento protocolar.			x	

  
**JOSÉ CARLOS ARANA TORRES**  
 INGENIERO MECÁNICO-ELECTRICISTA  
 REG. CIP. 218415

## Instrumento: Ficha de observación

CRITERIOS	INDICADORES			
	DEFICIENTE	REGULAR	BUENA	EXCELENTE
a) se logró observar los acontecimientos más importantes del proceso en estudio.			x	
b) se estructuró meticulosamente cada paso o etapa del suceso observado con el fin de tener un esquema organizado.			x	
c) se elaboró un registro de los datos recopilados para su respectivo análisis y deducción de conclusiones.			x	
d) los datos obtenidos se analizaron para luego interpretarlos según las necesidades de la investigación.				x
e) este instrumento ayudo a rescatar información para lograr los objetivos planteados en la investigación.				x

  
JOSÉ CARLOS ARANA TORRES  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
REG. CIP. 218415

## Instrumento: Formulario de entrevista

CRITERIOS	INDICADORES			
	DEFICIENTE	REGULAR	BUENA	EXCELENTE
a) la comunicación establecida con el entrevistado permitió obtener la información objetiva de la investigación.			x	
b) se elaboró la secuencia adecuada de las interrogantes para obtener un esquema formal de lo investigado.				x
c) las interrogantes fueron estructuradas como preguntas claves para no caer en las redundancias.			x	
d) la recolección de datos de la entrevista fue puntual en el área de interés del investigador.			x	
e) este instrumento ayudó a rescatar información para lograr los objetivos planteados en la investigación.				x

  
JOSÉ CARLOS ARANA TORRES  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
REG. CIR. 218415

## ANEXO 06: Panel Fotográfico



Figura 01. Prueba piloto de registro de medidor cerrado  
Fuente: Elaboración propia



Figura 02. Recepción del drone (aterrizaje)  
Fuente: Elaboración propia



Figura 03. Distancia de seguridad para la aeronave  
Fuente: Elaboración propia



Figura 04. Existencia de varios cableados en registro  
Fuente: Elaboración propia



Figura 05. Vuelo de drone a distancia de 1m  
Fuente: Elaboración propia



Figura 06. Operador realizando vuelo de dron  
Fuente: Elaboración propia



Figura 07. Registro de mediciones a distancia media de 2m  
Fuente: Elaboración propia



Figura 08. Preparación del dron para inicio de vuelo  
Fuente: Elaboración propia

**ANEXO 07: Especificaciones Técnicas De  
Drone Dji Phantom 4 Pro V2.0**

# PHANTOM 4 PRO V2.0

## Quick Start Guide

v1.4



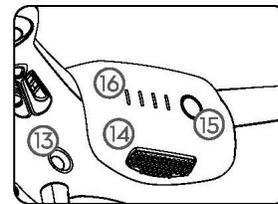
## Phantom 4 Pro V2.0

The DJI PHANTOM™ 4 Pro V2.0 is a smart prosumer flying camera capable of shooting 4K video at 60 fps and at up to 100 Mbps, and capturing 20 megapixel stills. 4 directions of obstacle avoidance allow it to intelligently avoid obstacles during flight. Using TapFly™ and ActiveTrack™ through the DJI GO™ 4 app, you can fly anywhere visible on your screen or track a moving subject smoothly and easily with a simple tap. The camera uses a 1-inch CMOS sensor offering unprecedented clarity, lower noise, and better quality images.

In addition to the above features, improved propulsion system efficiency means aircraft noise is 4dB (60%) lower than on the Phantom 4 Pro.



- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| 1. Gimbal and Camera                               | 9. Motors                      |
| 2. Downward Vision System*                         | 10. Propellers                 |
| 3. Micro USB Port                                  | 11. Aircraft Status Indicators |
| 4. Camera/Linking Status Indicator and Link Button | 12. Antennas                   |
| 5. Camera Micro SD Card Slot                       | 13. Rear Vision System         |
| 6. Forward Vision System                           | 14. Intelligent Flight Battery |
| 7. Infrared Sensing System*                        | 15. Power Button               |
| 8. Front LEDs                                      | 16. Battery Level Indicators   |

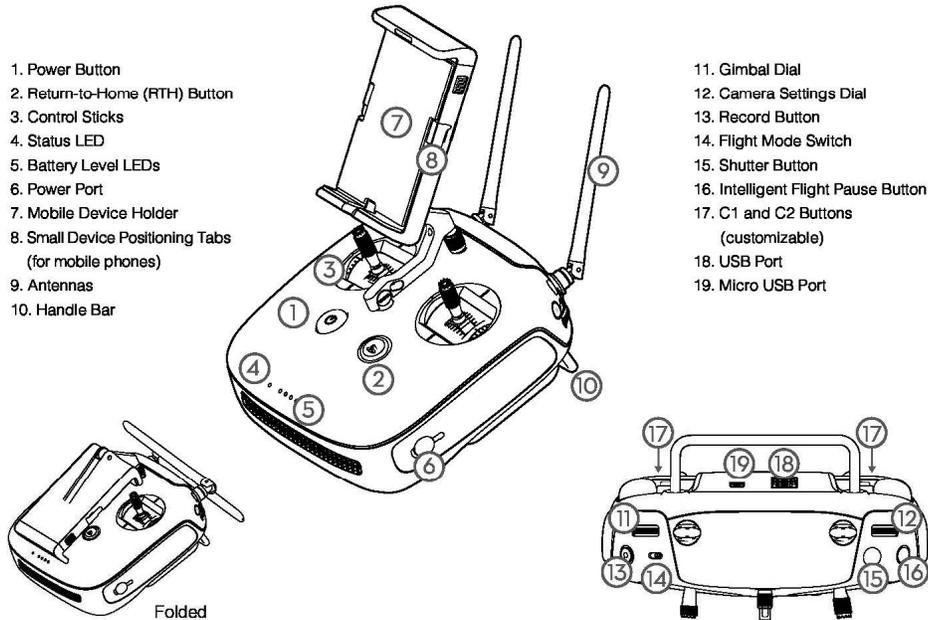


\* The Vision and Infrared Sensing Systems are affected by surrounding conditions. Read the Disclaimer and Safety Guidelines and watch the tutorials in the DJI GO 4 app or on the official DJI website to learn more.  
<http://www.dji.com/phantom-4-pro-v2>

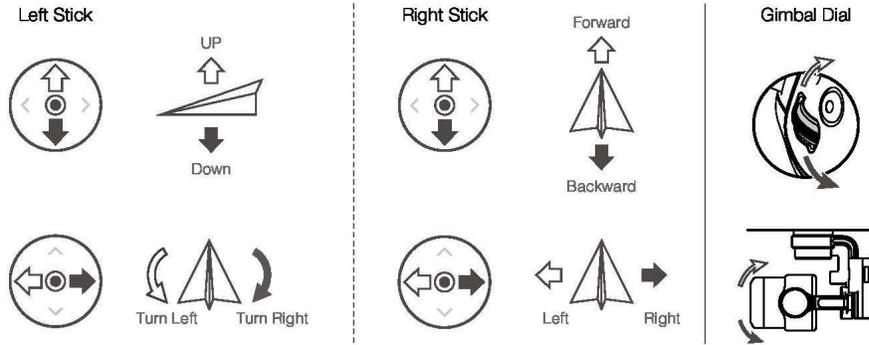
# Remote Controller

The powerful remote controller of the Phantom 4 Pro V2.0 has a transmission range extending up to 6.2 mi (10 km)\*. It features physical buttons and dials to control exposure, camera tilt, photo capture, and video recording.

Built into the remote controller is DJI's latest long-range transmission technology OCUSYNC™, which when paired with a compatible mobile device gives you a live HD view from the Phantom's camera. Dual frequency support makes the HD video downlink more stable.



The default flight control is known as Mode 2. The left stick controls the aircraft's altitude and heading, while the right stick controls its forward, backward, left and right movements. The gimbal dial controls the camera's tilt.



\* The remote controller is able to reach its maximum transmission distance (FCC) in a wide open area with no Electro-Magnetic Interference, and at an altitude of about 400 feet (120 meters).

# Using Phantom 4 Pro V2.0

## 1. Download the DJI GO 4 App

Search for 'DJI GO 4' on the App Store or Google Play, and install the app on your mobile device.



DJI GO 4 App

## 2. Watch the Tutorial Videos

Watch the tutorial videos at [www.dji.com](http://www.dji.com) or in the DJI GO 4 app.

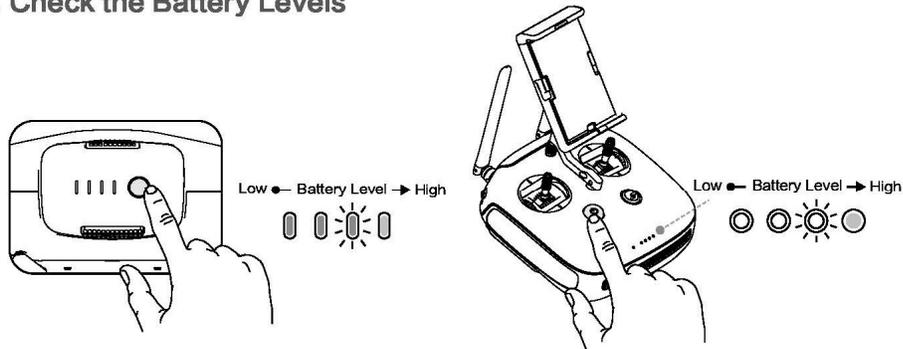


Tutorial Videos



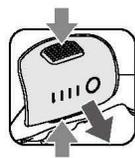
• DJI GO 4 supports iOS 9.0 (or later) or Android 4.4 (or later).

## 3. Check the Battery Levels

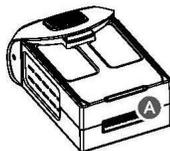


Press once to check the battery level. Press once, then again and hold to turn on/off.

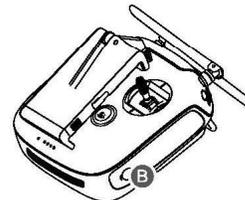
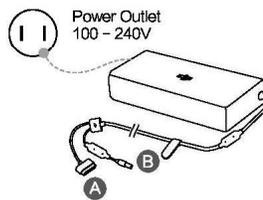
## 4. Charge the Batteries



Remove the battery.



Charge Time:  
~1 hr 20 min

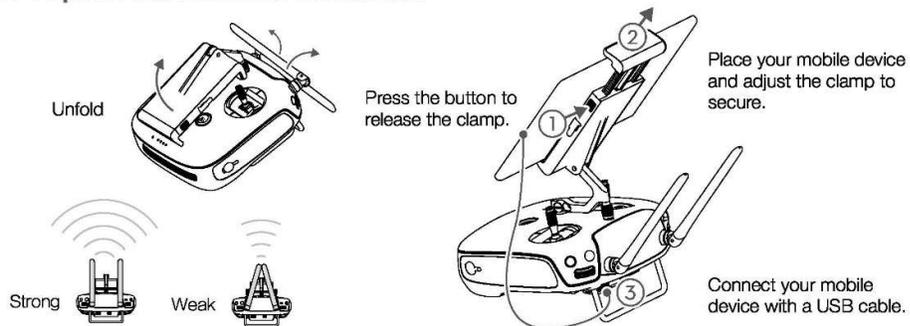


Charge Time:  
~3 hr 40 min

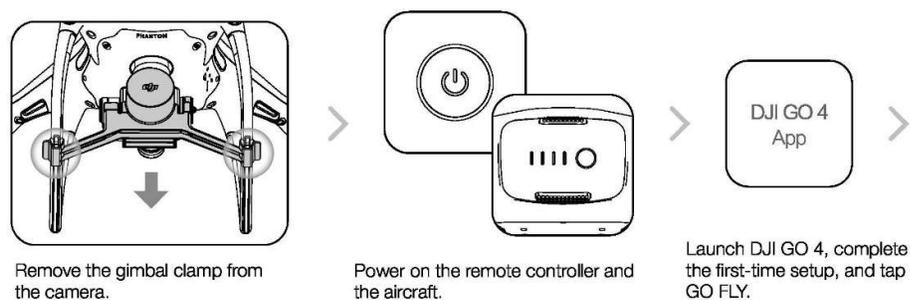


• When charging is complete, the battery level indicators will automatically turn off.

## 5. Prepare the Remote Controller



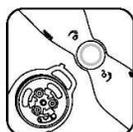
## 6. Prepare for Takeoff



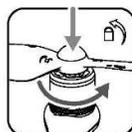
First-time activation requires your DJI account and internet connection.



Black propeller rings go on motors with black dots.



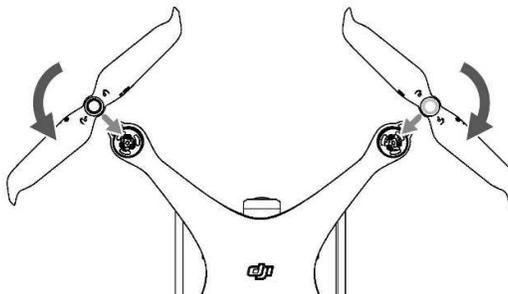
Silver propeller rings go on motors without black dots.



Press the propeller down onto the mounting plate and rotate in the lock direction until secure.



Check that the propellers are secure before each flight.



## 7. Flight

### Ready to Go (GPS)

Before taking off, make sure the Aircraft Status Bar in the DJI GO 4 app indicates 'Ready to Go (GPS)' or 'Ready to Go (Vision)' if flying indoors.

In the DJI GO 4 App:



#### Auto Takeoff

The aircraft will take off and hover at an altitude of 4 feet (1.2 meters).



#### Auto Landing

The aircraft will land vertically and stop its motors.



#### Return-to-Home (RTH)

Bring the aircraft back to the Home Point. Tap again to stop the procedure.



#### Normal

You are in control of the Phantom, with satellite and Return-to-Home support.



#### TapFly

Tap on your screen to fly your Phantom in that direction, avoiding obstacles as it flies.



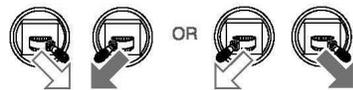
#### ActiveTrack

Mark an object on your screen to track it as it moves.

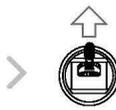


- Watch the tutorial in the DJI GO 4 app or on the official DJI website to learn more.
- Always set an appropriate RTH altitude before takeoff. When the aircraft is returning to the Home Point, you should guide it with the control sticks. Refer to the Disclaimer and Safety Guidelines for more details.

### Manual Takeoff



Combination Stick Command to start/stop the motors



Left stick up (slowly) to take off

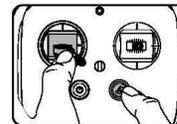
### Manual Landing



Left stick down (slowly) until you touch the ground  
Hold a few seconds to stop the motors



- Rotating propellers can be dangerous. Do not start the motors when there are people nearby.
- Always keep your hands on the remote controller so long as the motor is still spinning.
- **Stop motor mid-flight:** Pull the left stick to the bottom inside corner while simultaneously pressing the RTH button. Only stop motors mid-flight in emergency situations when doing so can reduce the risk of damage or injury. Refer to the user manual for details.



Stop motor mid-flight

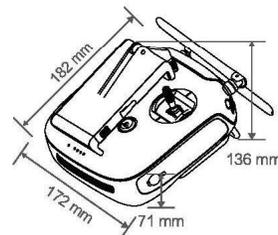
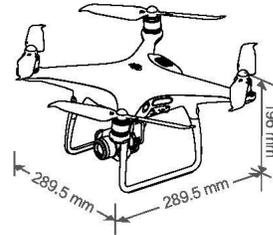


It's important to understand basic flight guidelines, for the safety of both you and those around you. Don't forget to read the Disclaimer and Safety Guidelines.



## Specifications

<b>• Aircraft</b>		
Weight (Battery & Propellers Included)	1375 g	
Max Ascent Speed	S-mode: 6 m/s; P-mode: 5 m/s	
Max Descent Speed	S-mode: 4 m/s; P-mode: 3 m/s	
Max Speed	45 mph (72 kph) (S-mode); 36mph (58 kph) (A-mode); 31 mph (50 kph) (P-mode)	
Max Service Ceiling Above Sea Level	19685 ft (6000 m)	
Max Flight Time	Approx. 30 minutes	
Operating Temperature	32° to 104° F (0° to 40° C)	
GNSS	GPS+GLONASS	
Operating Frequency	2.400 - 2.483 GHz and 5.725 - 5.850 GHz	
Transmitter Power (EIRP)	2.4 GHz: ≤26 dBm (FCC); ≤20 dBm (CE); ≤20 dBm (SRRC) 5.8 GHz: ≤26 dBm (FCC); ≤14 dBm (CE); ≤26 dBm (SRRC)	
Hover Accuracy Range	Vertical: ±0.1 m (With Vision Positioning); ±0.5 m (With GPS Positioning) Horizontal: ±0.3 m (With Vision Positioning); ±1.5 m (With GPS Positioning)	
<b>• Gimbal</b>		
Controllable Range	Pitch: -90° to +30°	
<b>• Vision System</b>		
Velocity Range	≤31 mph (50 kph) at 6.6 ft (2 m) above ground	
Altitude Range	0 - 33 ft (0 - 10 m)	
Operating Range	0 - 33 ft (0 - 10 m)	
Obstacle Sensory Range	2 - 98 ft (0.7 - 30 m)	
Operating Environment	Surfaces with clear patterns and adequate lighting (> 15 lux)	
<b>• Infrared Sensing System</b>		
Obstacle Sensory Range	0.6 - 23 ft (0.2 - 7 m)	
Operating Environment	Surface with diffuse reflection material, and reflectivity > 8% (such as wall, trees, humans, etc.)	
<b>• Camera</b>		
Sensor	1" CMOS; Effective pixels: 20M	
Lens	FOV (Field of View) 84°, 8.8 mm (35 mm format equivalent: 24 mm), f/2.8 - f/11, auto focus at 1 m - ∞	
ISO Range	Video: 100 - 3200 (Auto); 100 - 6400 (Manual); Photo: 100 - 3200 (Auto); 100 - 12800 (Manual)	
Mechanical Shutter	8 - 1/2000 s	
Electronic Shutter	8 - 1/8000 s	
Max Image Size	3:2 Aspect Ratio: 5472x3648; 4:3 Aspect Ratio: 4864x3648; 16:9 Aspect Ratio: 5472x3078	
Still Photography Modes	Single Shot Burst Shooting: 3/5/7/10/14 frames Auto Exposure Bracketing (AEB): 3/5 bracketed frames at 0.7EV Bias Interval: 2/3/5/7/10/15/30/60 s	
Video Recording Modes	H.265 •C4K: 4096x2160 24/25/30p •4K: 3840x2160 24/25/30p •2.7K: 2720x1530 24/25/30/48/50/60p •FHD: 1920x1080 24/25/30/48/50/60/120p •HD: 1280x720 24/25/30/48/50/60/120p 100 Mbps FAT32 (≤ 32 GB); exFAT (> 32 GB)	H.264 •C4K: 4096x2160 24/25/30/48/50/60p •4K: 3840x2160 24/25/30/48/50/60p •2.7K: 2720x1530 24/25/30/48/50/60p •FHD: 1920x1080 24/25/30/48/50/60/120p •HD: 1280x720 24/25/30/48/50/60/120p
Video Storage Bitrate	100 Mbps	
Supported File Systems	FAT32 (≤ 32 GB); exFAT (> 32 GB)	
Photo	JPEG, RAW (DNG), JPEG + RAW	
Video	MP4/MOV (AVC/H.264; HEVC/H.265)	
Supported SD Cards	Micro SD, Max Capacity: 128 GB. Class 10 or UHS-1 rating required	
Operating Temperature	32° to 104° F (0° to 40° C)	
<b>• Remote Controller</b>		
Operating Frequency	2.400 - 2.483 GHz and 5.725 - 5.850 GHz	
Max Transmission Distance (Unobstructed, free of interference)	2.4 GHz: 10 km (FCC); 6 km (CE); 6 km (SRRC) 5.8 GHz: 10 km (FCC); 6 km (CE); 6 km (SRRC)	
Operating Temperature	32° - 104° F (0° - 40° C)	
Battery	6000 mAh LiPo 2S	
Transmitter Power (EIRP)	2.4 GHz: ≤26 dBm (FCC); ≤20 dBm (CE); ≤20 dBm (SRRC) 5.8 GHz: ≤26 dBm (FCC); ≤14 dBm (CE); ≤20 dBm (SRRC) 1.2 A @ 7.4 V	
Operating Voltage		
<b>• Charger</b>		
Voltage	17.4 V	
Rated Power	100 W	
<b>• Intelligent Flight Battery (PH4-5870mAh-15.2V)</b>		
Capacity	5870 mAh	
Voltage	15.2 V	
Battery Type	LiPo 4S	
Energy	89.2 Wh	
Net Weight	468 g	
Charging Temperature Range	41° to 104° F (5° to 40° C)	
Max Charging Power	100 W	



Download the user manual for more information:

<http://www.dji.com/phantom-4-pro-v2>

※ This Quick Start Guide is subject to change without prior notice.

For online support, please scan this code with Facebook Messenger

PHANTOM is a trademark of DJI.  
Copyright © 2021 DJI All Rights Reserved.

# PHANTOM 4 PRO V2.0

[www.dji.com](http://www.dji.com)



11UDWPRMJK05

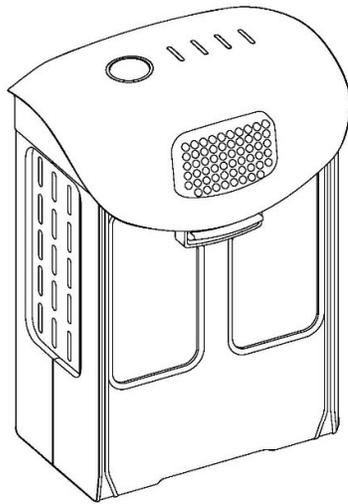
**ANEXO 08: Especificaciones Técnicas De  
Batería Li-On Dji Phantom Series**

# PHANTOM 4 SERIES

## INTELLIGENT FLIGHT BATTERY

### Safety Guidelines

V1.0 2017.04



## NOTICE

All instructions and other collateral documents are subject to change at the sole discretion of SZ DJI TECHNOLOGY CO., LTD. For up-to-date product information, visit <http://www.dji.com> and click on the product page for this product.

## Glossary

The following terms are used throughout the product literature to indicate various levels of potential harm when operating this product:

**NOTICE** NOTICE: Procedures, which if not properly followed, create a possibility of physical property damage AND a little or no possibility of injury.

**CAUTION** CAUTION: Procedures, which if not properly followed, create the probability of physical property damage AND a possibility of serious injury.

**WARNING** WARNING: Procedures, which if not properly followed, create the probability of property damage, collateral damage, and serious injury OR create a high probability of superficial injury.



### WARNING

Read the ENTIRE user manual to become familiar with the features of this product before operating. Failure to operate this product in a safe and responsible manner could result in injury or damage to the product or other property. This is a sophisticated product. It must be operated with caution and common sense and requires some basic mechanical ability. This product is not intended for use by children without direct adult supervision. Do not use with incompatible components or alter this product in any way outside of the documents provided by SZ DJI TECHNOLOGY CO., LTD. These Safety Guidelines contain instructions for safety, operation and maintenance. It is essential to read and follow all of the instructions and warnings in the user manual, prior to assembly, setup or use, in order to operate the product correctly and avoid damage or serious injury.

## Intelligent Flight Battery Safety Guidelines



To avoid fire, serious injury, and property damage, observe the following safety guidelines when using, charging, or storing your batteries.

### Battery Use

1. **DO NOT** allow the batteries to come into contact with any kind of liquid. **DO NOT** leave batteries out in the rain or near a source of moisture. **DO NOT** drop the battery into water. If the inside of the battery comes into contact with water, corrosion may occur, potentially resulting in the battery catching on fire, and may even lead to an explosion.
2. **Never use non-DJI™ batteries.** Go to [www.dji.com](http://www.dji.com) to purchase new batteries. DJI takes no responsibility for any damage caused by non-DJI batteries.
3. **Never use or charge swollen, leaky, or damaged batteries.** If your batteries are abnormal, contact DJI or a DJI authorized dealer for further assistance.
4. **Never install or remove the battery from the aircraft when it is turned on. DO NOT** insert or remove batteries if the plastic cover has been torn or compromised in any way.
5. **The battery should be used in temperatures from 0°C to 40°C.** Use of the battery in environments above 50°C can lead to a fire or explosion. Use of battery below 0°C can lead to permanent damage.

6. **DO NOT use the battery in strong electrostatic or electromagnetic environments. Otherwise, the battery control board may malfunction and cause a serious accident during flight.**
7. **Never disassemble or pierce the battery in any way or the battery may leak, catch fire, or explode.**
8. **Electrolytes in the battery are highly corrosive. If any electrolytes make contact with your skin or eyes, immediately wash the affected area with fresh running water for at least 15 minutes, and then see a doctor immediately.**
9. **DO NOT use the battery if it was involved in a crash or heavy impact.**
10. **If the battery falls into water with the aircraft during flight, take it out immediately and put it in a safe and open area. Maintain a safe distance from the battery until it is completely dry. Never use the battery again, and dispose of the battery properly as described in the Battery Disposal section below. DO NOT heat batteries. Put out any battery fire using sand or a dry powder fire extinguisher.**
11. **DO NOT put batteries in a microwave oven or in a pressurized container.**
12. **DO NOT place loose battery cells on any conductive surface, such as a metal table.**
13. **DO NOT put the loose cells in a pocket, bag or drawer where they may short-circuit against other items or where the battery terminals could be pressed against each other.**
14. **DO NOT drop or strike batteries. DO NOT place heavy objects on the batteries or charger. Avoid dropping batteries.**
15. **Clean battery terminals with a clean, dry cloth.**

#### **Battery Charging**

1. **DO NOT attach the batteries to wall outlets or car charger sockets directly, and always use a DJI approved adapter. DJI takes no responsibility if the battery is charged using a non-DJI charger.**
2. **Never leave the battery unattended during charging. DO NOT charge the battery near flammable materials or on flammable surfaces such as carpet or wood.**
3. **DO NOT charge battery immediately after flight, because the battery temperature may be too high. DO NOT charge the battery until it cools down to near room temperature. The ideal charging temperature range is from 15°C to 40°C.**
4. **Disconnect the charger when not in use. Examine the charger regularly for damage to the cord, plug, enclosure, or other parts. DO NOT clean the charger with denatured alcohol or other flammable solvents. Never use a damaged charger.**

#### **Battery Storage**

1. **Keep batteries out of the reach of children and pets.**
2. **DO NOT leave the battery near heat sources such as a furnace or heater. DO NOT leave the batteries inside of a vehicle on hot days. The ideal storage temperature is 22°C-28°C.**
3. **Keep the battery dry. Never drop the battery into water.**
4. **DO NOT drop, strike, impale, or manually short-circuit the battery.**
5. **Keep the battery away from metal objects such as glasses, watches, jewelry, and hairpins.**
6. **Never transport a damaged battery or a battery with power level higher than 30%.**

#### **Battery Disposal**

1. **Dispose of the battery in specific recycling boxes only after a complete discharge. DO NOT place the battery in regular trash containers. Strictly follow your local regulations regarding the disposal and recycling of batteries.**

#### **Battery Maintenance**

1. **Never use the battery when the temperature is too high or too low.**
2. **Never store the battery in environments with a temperature higher than 60°C.**

**ANEXO 09: Contenido Manual De Usuario**  
**Drone Dji Phantom 4 Pro V2.0**

# PHANTOM 4 PRO/PRO+ SERIES

User Manual **V2.0**

2021.11



 **Searching for Keywords**

Search for keywords such as “battery” and “install” to find a topic. If you are using Adobe Acrobat Reader to read this document, press Ctrl+F on Windows or Command+F on Mac to begin a search.

 **Navigating to a Topic**

View a complete list of topics in the table of contents. Click on a topic to navigate to that section.

 **Printing this Document**

This document supports high resolution printing.

## Using this manual

### Legends

 Warning     Important     Hints and Tips     Reference

### Read Before the First Flight

Read the following documents before using the PHANTOM™ 4 Pro / Pro+:

1. *In the Box*
2. *User Manual*
3. *Quick Start Guide*
4. *Disclaimer and Safety Guidelines*
5. *Intelligent Flight Battery Safety Guidelines*

We recommend that you watch all tutorial videos on the official DJI™ website and read the Disclaimer before you fly. Prepare for your first flight by reviewing the Quick Start Guide and refer to the User Manual for more details.

### Watch the Tutorial Videos

Please watch the tutorial videos at the link below, which demonstrates how to use Phantom 4 Pro / Pro+ safely:

<https://www.dji.com/phantom-4-pro-v2/video>



### Download the DJI GO 4 App

Be sure to use the DJI GO™ 4 app or other apps compatible with DJI aircraft during flight. Scan the QR code on the right to download the latest version. The Android version of the DJI GO 4 app is compatible with Android 4.4 or later. The iOS version of the DJI GO 4 app is compatible with iOS 9.0 or later.



\* For increased safety, the flight is restricted to a height of 30 m and distance of 50 m when not connected or logged into the app during flight, including DJI GO 4 and all apps compatible with DJI aircraft.

### Download the DJI Assistant 2

<https://www.dji.com/phantom-4-pro-v2/downloads>



The operating temperature of this product is 0° to 40° C. It does not meet the standard operating temperature for military grade application (-55° to 125° C), which is required to endure greater environmental variability. Operate the product appropriately and only for applications that it meets the operating temperature range requirements of that grade.

# Contents

<b>Using this manual</b>	2
Legends	2
Read Before the First Flight	2
Watch the Tutorial Videos	2
Download the DJI GO 4 App	2
Download the DJI Assistant 2	2
<b>Product Profile</b>	6
Introduction	6
Features Highlights	6
Installing the Aircraft	6
Aircraft Diagram	8
Remote Controller Diagram	8
<b>Aircraft</b>	13
Flight Controller	13
Flight Mode	13
Flight Status Indicator	14
Return-to-Home (RTH)	15
Intelligent Flight Mode	19
Vision System and Infrared Sensing System	27
Flight Recorder	30
Attaching and Detaching the Propellers	30
DJI Intelligent Flight Battery	31
<b>Remote Controller</b>	36
Remote Controller Profile	36
Using the Remote Controller	36
Remote Controller Status LED	41
Linking the Remote Controller	42
<b>Camera and Gimbal</b>	45
Camera	45
Gimbal	47
<b>DJI GO 4 App</b>	49
Equipment	49
Editor	52
SkyPixel	52
Me	52

<b>Flight</b>	54
Flight Environment Requirements	54
Flight Limits and GEO Zones	54
Preflight Checklist	56
Calibrating the Compass	56
Auto Takeoff and Auto Landing	57
Starting/Stopping the Motors	58
Stop the Motor Mid-flight	59
Flight Test	59
<b>Appendix</b>	61
Specifications	61
Upgrading the Firmware	64
Intelligent Flight Mode	65
After-Sales Information	66

## **ANEXO 10: Procedimientos operacionales de Seguridad**

### **Procedimiento de trabajo de toma de lecturas para medidores en altura**

#### **Actividades de Operación**

- Ubicar el primer predio mediante la dirección que le indique el dispositivo móvil de lectura.
- Delimitar y señalizar la zona de trabajo, donde se realizará la lectura de medidor en altura, para restringir el acceso del público y de terceros al área de trabajo.
- Verificar el estado general del poste teniendo en cuenta condiciones de este y tomar las acciones correctivas necesarias para evitar un accidente, si en la verificación se encuentra fallas o anomalía, el procedimiento de trabajo se cancela y se da aviso inmediato al Supervisor para tomar las acciones correctivas necesarias, evidenciando mediante fotografías.
- El trabajo SOLO se reanuda, siempre y cuando las condiciones de riesgo han sido ELIMIDADAS o CONTROLADAS.
- Inspeccionar el área para identificar los riesgos revisando el estado de los conductores, estructuras y la presencia de animales ponzoñosos.
- Seleccionar los elementos de protección personal contra caídas y verificar la compatibilidad y acople de los componentes de estos con el poste.
- Ubicar todas las herramientas, materiales y equipos necesarios para efectuar el trabajo dentro del área delimitada y señalizada.
- Verifique el estado de la escalera siguiendo la lista de verificación y chequeo para esta misma.
- Ubicar y asegurar la escalera telescópica al poste.
- Determinar los eventuales riesgos que se puedan presentar en la estructura tales como perfiles deteriorados, abejas, superficies resbalosas, riesgo eléctrico, malas condiciones atmosféricas, o cualquier otro que pueda presentarse. Si existen condiciones inseguras informar rápidamente al Supervisor. Solicitar la suspensión temporal de la labor hasta tanto cambie las condiciones.
- Seleccionar el sistema de acceso seguro al poste, los sistemas de protección personal contra caídas que se van a usar, los sitios de anclaje fijos y/o provisionales, las condiciones y equipos para ascender/descender por la estructura.
- Preparar el equipo para ascenso: Escaleras telescópicas, cuerda para el amarre al poste, freno de cuerda para línea de vida vertical portátil, mosquetones con cierre automático, eslingas de posicionamiento y en "Y" Ubicarlos en las diferentes anillas del arnés, así como la cuerda que se va

a usar para subir elementos (cuerda de servicio) según altura de la estructura donde se trabajará.

- Tener claro el procedimiento del plan de rescate, la planeación de este mismo, así utilización del equipo de rescate y el modo de llamar a los organismos de socorro.
- Colocarse el arnés de cuerpo completo y demás conectores previa verificación e inspección del mismo.
- Personal técnico, para realizar trabajos en altura utilizará SISTEMA DE ESCALAMIENTO (freno de cuerda, cuerdas de servicio o línea de vida) y deberá utilizar todos sus implementos de seguridad (arnés de seguridad, faja de anclaje, línea de vida y estrobo de posicionamiento).
- Previo a entrar en contacto con la caja porta medidor, el técnico lectorista debe utilizar el probador de tensión en dicha caja y descartar que la caja porta medidor esté energizada, caso contrario deberá reportar inmediatamente del hecho al supervisor responsable.
- El técnico lectorista, visualizará e identificará el número del medidor grabado en el equipo de medición, verificando que corresponda al suministro y datos registrados en los dispositivos móviles. De no coincidir, se debe indicar la correspondiente observación.
- A través de la caja porta medidor visualiza el registro del medidor, observa la lectura que marca el medidor y la ingresa en el dispositivo móvil el valor de la lectura; una vez que ingresó la lectura espera la confirmación, previa toma fotográfica.
- Verificar que se encuentre rotulado el número de suministro al exterior de la tapa, en su defecto deberá proceder a rotularla (Plumón indeleble para codificación de cajas porta medidor despintadas o sin codificación).
- Personal técnico lectorista, descenderá de escalera cuidadosamente y retirar elemento de señalización y delimitación.
- Se desplazará hacia el siguiente suministro previo las acciones a seguir para culminación de trabajo.
- Se sigue la misma secuencia con todos los suministros de la ruta asignada.

## **Procedimiento de seguridad para accidentes fortuitos ocurridos en la operación de vuelo del drone**

Tener en cuenta que un evento fortuito es un hecho que a pesar de ser previsto es inevitable, inesperado y casual, bajo este contexto se considera lo siguiente:

**Accidentes por factores internos :** Desperfectos técnicos

**Accidentes por factores externos**

- Maniobra inadecuada
- Colisión del drone con objetos extraños
- Atmosferas explosivas
- Condiciones climatológicas no favorables
- Vuelos en áreas restringidas

**Actividades preliminares**

- Implementación de un botiquín portable con todo el medicamento necesario para auxiliar lesiones propias causadas por drones.
- Implementación de un segundo drone de respaldo y o repuestos que permitan mantener la continuidad de operación del mismo.

**Procedimiento:**

- Presionar el botón de parada de emergencia, después de presenciar cualquier evento imprevisto.
- Asegurar que el drone se encuentre ya aterrizado a nivel del suelo.
- Verificar que las personas cercanas al área no se hayan visto perjudicada su integridad física, de ser el caso auxiliar inmediatamente.
- Verificar la integridad física del piloto que opera el drone, de ser el caso auxiliar inmediatamente.
- Verificar que el drone este completamente apagado e inmediatamente retirar la batería o paquetes de batería.
- Revisar meticulosamente toda la estructura del drone y cerciorarse que las hélices se encuentren en perfecto estado o caso contrario cambiarlo.
- Verificar el estado de la batería o de preferencia reemplazarlo.
- Si se observa que el drone se encuentra en condiciones inoperativas reemplazarlo con el segundo drone de respaldo.
- Una vez cambiado los repuestos necesarios se procede hacer las pruebas respectivas de vuelo con todos los cuidados.
- Observar el área de vuelo u operación para evitar nuevamente un accidente.
- Si se observa un fenómeno climático de repente que pueda afectar el vuelo y operación, cancelar el trabajo hasta que este pase.

## ANEXO 11: MATRIZ IPER (Operación de vuelo de Dron en campo)

ACTIVIDADES AREAS CARGOS	PERSONAS QUE PARTICIPAN	PELIGRO	RIESGOS O EFECTOS	FACTOR DE RIESGO	SEVERIDAD	PROBABILIDAD	VALORACION	DESCRIPCION DEL CONTROL IMPLEMENTADO
TRANSPORTE DE PERSONAL HASTA LOS PUNTOS DE TRABAJO	CONDUCTOR Y TECNICO ELECTRICISTA	Fisicoquimico (seguridad): contacto con fuentes de calor en tanqueo de vehiculos	Quemaduras de 1er y 2do grado, muerte a la persona	Fisicoquimico	Dañino	Media	MODERADO	No fumar ni realizar actividades que produzcan chispa. Realizar inspeccion preoperacional al vehiculo con el fin de evitar que este presente fugas de gasolina.
		Mecanico (Seguridad): Falla de los mecanismos de mando durante el transporte de personal por falta de mantenimiento e inspeccion al vehiculo.	Colision y vuelco del vehiculo, atropello a personas y muerte de pasajeros.	Mecanico	Extremadamente dañino	Media	IMPORTANTE	Realizar inspeccion preoperacional de vehiculos y mantenimiento preventivo. Divulgar instructivo para manejo seguro de vehiculos, y ficha de respuesta ante emergencia vial.
		Ergonomico (Salud): Adoptar malas posturas al conducir el vehiculo.	Dolor Lumbar.	Ergonomico	Dañino	Media	MODERADO	Divulgar instructivo de prevencion de riesgos ergonomicos. Realizar inspeccion preoperacional al vehiculo
		Mecanico (Seguridad): Infringir las normas de seguridad vial al conducir el vehiculo que transporta al personal de obra.	Colision vuelco del vehiculo, atropello a personas y muerte de pasjeros.	Mecanico	Extremadamente dañino	Media	IMPORTANTE	Realizar inspeccion preoperacional de vehiculos y mantenimiento preventivo Seguro de vehiculos, ficha de respuesta ante emergencia vial.
OPERACIÓN DEL DRON	TECNICO OPERADOR DEL DRON Y PERSONAS ALEDAÑAS	Mecanico: caída del dron	Lesiones graves en cabeza, daños a terceros, daños a propiedad de la empresa	Mecanico	Extremadamente dañino	Baja	MODERADO	Antes de iniciar actividades verificar bateria del equipo, definir tiempo de vuelo del dron, verificar que la zona este libre no haya nadie alrededor. Peso del dron no debe superar los 25kg. Encaso de detectar algun problema llevar el dron a zona alejada, Definir ATS o permiso de trabajo para la actividad, el operador del dron debe estar entrenado.
		Locativo: Daños a lineas de energia o choques con aves o edificios aledaños.	Lesiones graves al personal, daños a terceros, daños a propiedad de la empresa.	Locativos	Extremadamente Dañino	Baja	MODERADO	Sus helices o rotores no seran metalicas. la estacion de pilotaje a distancia debe permitir el control (via radio) en todas sus fases de vuelo y proveer informacion sobre sus condiciones de operacion. Los colores exteriores de la RPA la hacen claramente visible y detectable a distancia.
SEÑALIZACION DEL AREA DE TRABAJO	CONDUCTOR Y OPERADOR TECNICO ELECTRICISTA	Ergonomicos (SALUD): Adoptar posturas inadecuadas y sobre esfuerzos en las actividades	Lesiones en la espalda, dolor lumbar y traumas del sistema osteomusculares, agotamiento fisico.	Ergonomico	Extremadamente dañino	Media	IMPORTANTE	Realizar pausas activas, alternar trabajos entre el personal. Divulgar al personal el instructivo de prevencion de riesgos ergonomicos o capacitaciones del tema relacionadas con higiene postural.
		Mecanico (SEGURIDAD): utilizar herramientas defectuosas manipulacion incorrecta por parte de la persona que opera.	Golpes, contusiones en el cuerpo	Mecanico	Ligeramente dañino	Media	Baja	Realizar inspeccion preoperacional a herramientas menores, usar los EPP segun labor a realizar (guantes, casco, ropa overol, botas de seguridad). Realizar actividades a una distancia prudencial, señalar el area.
RIESGOS COMUNES EN LAS AREAS DE TRABAJO	CONDUCTOR, TECNICO ELECTRICISTA PILOTO DEL DRON	Locativo (SEGURIDAD): caidas de ramas de arboles	Golpes, contusiones	Locativos	Ligeramente dañino	Media	Baja	Utilizar casco de seguridad, no realizar trabajos cerca de arboles que presenten ramas secas o quebradizas.
		Electrico (Seguridad): contacto con lineas de alta tension en el area de trabajo.	Electrocuciones, quemaduras de 1er y 2do grado y muerte a la persona.	Electrico	Dañino	Media	MODERADO	Verificar previamente que no existan lineas de tension energizadas en el suelo, no trabajar en caso de lluvia.
		Biologicos (Salud): Exposicion a vegetacion, animales e insectos.	Enfermedades infecciosas, alergias e hinchazon en el cuerpo	Biologicos	Dañino	Media	MODERADO	Realizar jornada de vacunacion con el personal de las areas antes de realizar labores, realizar inspeccion.
		Locativo (Seguridad): Desplazarse por terrenos quebrados, resbalosos en la realizacion de actividades.	Caidas, fracturas, esguinces, luxaciones en el cuerpo.	Locativos	Dañino	Media	MODERADO	Verificar condiciones del terreno. Mantener botiquin, camilla, medio de transporte, y sistemas de comunicacion para solicitar apoyo en caso de una emergencia. Se debera verificar previamente el terreno que presente riesgo de deslizamiento con un madero o barra con el fin de evitar transitar por terrenos resgosos. Usar los EPP recomendados (casco, ropa overol, botas). Divulgar al personal la ficha de emergencia medica, transitar por las vias menos riesgosas.
		Fisicos (Salud): Exposicion a radiaciones no ionizantes y rayos ultravioletas.	Insolacion y deshidratacion a la persona, quemaduras en la piel.	Fisicos	Extremadamente dañino	Media	IMPORTANTE	Suministrar agua potable, con suero oral, realizar pausas activas. mantener botiquin, camilla, medio de transporte y sistemas de comunicacion para solicitar apoyo en caso de emergencia. Usar los EPP para proteccion de radiaciones ionizantes (Guantes, gafas, casco, overol, botas) y aplicar bloqueados solar.



## Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, Deciderio Enrique Díaz Rubio, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional / Programa académico Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo (filial o sede) de Chiclayo, asesor (a) del Trabajo de Investigación / Tesis titulada:

### “ UTILIZACIÓN DE DRON PARA MEJORAR EL PROCESO DE REGISTRO DE MEDICIONES ELÉCTRICAS EN REDES DE BAJA TENSIÓN”

del autor **Br. SILVA ESQUÉN RONALD ARTURO**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el trabajo de investigación / tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha: Pimentel, 31 de mayo de 2023

Díaz Rubio Deciderio Enrique	
DNI 16728343	Firma 
ORCID 0000-0001- 5900 - 2260	