

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS**

---

**“EVALUACIÓN DE COSTOS, RAPIDEZ Y PRECISIÓN EN EL  
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO REALIZADO CON DRON EN  
LA CARRETERA PILLCO MARCA DISTRITO DE CAYRAN 2019”**

---

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Zevallos Estrada, Manuel Orlando

ASESOR: Narro Jara, Luis Fernando

HUÁNUCO – PERÚ

2021

# U

### TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis ( X )
- Trabajo de Suficiencia Profesional ( )
- Trabajo de Investigación ( )
- Trabajo Académico ( )

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Análisis estructural, hidráulica y sanitaria

**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** (2018-2019)

### CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

**Área:** Ingeniería, Tecnología

**Sub área:** Ingeniería civil

**Disciplina:** Ingeniería civil

# D

### DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio ( X )
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

### DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 22497165

### DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 18206328  
Grado/Título: Maestro en ingeniería con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible

Código ORCID: 0000-0003-4008-7633

### DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Mato Vicente, Rosner Nadler	Maestro en gestión pública	41877736	0000-0003-3638-9284
2	Gomez Valles, Jhon Elio	Maestro en diseño y construcción de obras viales	45623860	0000-0001-6424-6032
3	Davila Herrera, Percy Mello	Ingeniero civil	41050949	0000-0003-3299-4655

# H



# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## Facultad de Ingeniería

### PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

---

#### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 19:00 horas del día martes 11 de mayo de 2021, mediante la plataforma Google Meet, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

- MG. ROSNER NADLER MATO VICENTE                      PRESIDENTE
- MG. JHON ELIO GOMEZ VALLES                              SECRETARIO
- ING. PERCY MELLO DÁVILA HERRERA                      VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 474-2021-D-FI-UDH, para evaluar la **Tesis** intitulada: “**EVALUACIÓN DE COSTOS, RAPIDEZ Y PRECISIÓN EN EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO REALIZADO CON DRON EN LA CARRETERA PILLCO MARCA DISTRITO DE CAYRAN 2019**”, presentado por el (la) Bachiller. Zevallos Estrada, MANUEL ORLANDO, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) APROBADO por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 14 y cualitativo de SUFICIENTE (Art. 47).

Siendo las 20:28 horas del día 11 del mes de mayo del año 2021, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

Presidente

Secretario

Vocal

## **DEDIDATORIA**

Agradecer al ser supremo por su bendición, por guiarnos a lo en nuestras y brindarnos fuerza diaria en nuestro diario trajinar de nuestra existencia, por apoyarnos y brindarnos la fortaleza en momentos críticos de dificultad y debilidad.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a Dios, a mi madre desde el cielo, también agradecer a mis maestros en mi formación, a mis colegas, y colaboradores de esta investigación.

# ÍNDICE

DEDIDATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE IMAGENES.....	IX
ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS DE CAMPO .....	X
ÍNDICE DE IMAGEN SATELITAL.....	XI
RESUMEN.....	XII
SUMMARY.....	XIII
INTRODUCCION.....	XIV
CAPITULO I.....	16
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	16
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	16
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.2.1 PROBLEMA GENERAL .....	17
1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	17
1.3 OBJETIVO GENERAL .....	18
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	18
1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	19
1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
CAPITULO II.....	21
MARCO TEORICO .....	21
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES. ....	21
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES. ....	24
2.2 BASES TEÓRICAS.....	27
2.2.1 TOPOGRAFÍA.....	27
2.2.2 DRONES.....	41
2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES .....	45
2.3.1 DRONE .....	45

2.3.2	ALTIMETRÍA .....	46
2.3.3	AZIMUT .....	46
2.3.4	BANCO DE NIVEL DE PRECISIÓN O BM (BENCH MARK) ...	46
2.3.5	COTA .....	47
2.3.6	CURVAS DE NIVEL .....	47
2.3.7	ESCALA TOPOGRÁFICA .....	47
2.3.8	ESTACIÓN DE CONTROL.....	47
2.3.9	ESTACIÓN TOTAL .....	48
2.3.10	GEODESIA .....	48
2.3.11	PLANIMETRÍA .....	48
2.3.12	POSICIONAMIENTO .....	48
2.3.13	RED GEODÉSICA .....	48
2.3.14	SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS): .....	49
2.3.15	TOPOGRAFÍA .....	49
2.3.16	TEODOLITO ÓPTICO.....	49
2.3.17	WAYPOINT .....	49
2.4	HIPÓTESIS.....	52
2.4.1	Hipótesis general.....	52
2.4.2	Hipótesis específica.....	52
2.5	VARIABLES.....	53
2.5.1	VARIABLE DEPENDIENTE .....	53
2.5.2	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	53
2.6	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES .....	54
CAPITULO III .....		55
MÉTODOLÓGIA DE LA INVESTIGACIÓN .....		55
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	55
3.1.1	ENFOQUE.....	55
3.1.2	ALCANCE O NIVEL .....	56
3.1.3	DISEÑO .....	57
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	58
3.2.1	POBLACIÓN .....	58
3.2.2	MUESTRA.....	58
3.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS... 59	
3.3.1	RECOLECCIÓN DE DATOS.....	59

3.3.2	PRESENTACIÓN DE DATOS (CUADROS Y/O GRÁFICOS)..	59
3.3.3	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.....	59
	CAPITULO IV.....	60
	RESULTADOS.....	60
4.1	PROCESAMIENTO DE DATOS .....	60
4.1.1	METODOLOGIA DE CAMPO.....	60
4.1.2	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA .....	60
4.1.3	CARACTERISTICAS DEL EQUIPO DE CAMPO.....	62
4.1.4	OPERACIÓN Y TOMA DE DATOS.....	66
4.1.5	DESARROLLO DE TRABAJO EN GABINETE .....	73
4.2	CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	80
4.3	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES (DIAGRAMA DE GANTT). ....	86
4.4	PRESUPUESTO.....	86
4.4.1	RECURSOS HUMANOS.....	86
4.4.2	RECURSOS MATERIALES .....	87
4.4.3	RECURSOS FINANCIEROS.....	87
	CAPITULO V.....	88
	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	88
5.1	PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN. ....	88
5.1.1	PUNTOS OBTENIDOS DE DRON.....	89
5.1.2	PUNTOS OBTENIDOS DE ESTACIÓN TOTAL EQUIPO.....	91
	CONCLUSIONES .....	92
	RECOMENDACIONES.....	98
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
	ANEXOS .....	105

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: OPERACIÓN DE VARIABLES .....	54
TABLA N° 2: ZONA DE INFLUENCIA GEOREFERENCIADO .....	58
TABLA N° 3: COORDENADAS DE INICIO Y FIN.....	67
TABLA N° 4: RESULTADO – INDICADOR: PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS 1 .....	82
TABLA N° 5: RESULTADO – INDICADOR: PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS 2.....	83
TABLA N° 6: RESULTADO – INDICADOR: PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS 3.....	84
TABLA N° 7: CRONOGRAMA .....	86
TABLA N° 8: PRESUPUESTO.....	87
TABLA N° 9: COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE DRON Y ESTACIÓN TOTAL – EQUIPO Y MANO DE OBRA .....	93
TABLA N° 10: COMPARATIVO EN PORCENTAJE DE COSTO.....	94
TABLA N° 11: COMPARATIVO DE RAPIDEZ ENTRE DRON Y ESTACIÓN TOTAL .....	94
TABLA N° 12: COMPARATIVO DE PRECISIÓN ENTRE DRON Y ESTACIÓN TOTAL .....	96
TABLA N° 13: RESULTADOS COMPARATIVOS DE PRECISIÓN .....	96

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1: MODELO DE PLANIMETRÍA .....	33
FIGURA N° 2: BRÚJULA – TRÁNSITO – TEODOLITO .....	35
FIGURA N° 3: NIVEL DE MANO – NIVEL DE INGENIERO CLINÓMETRO	36
FIGURA N° 4: PARTES DE UNA ESTACIÓN TOTAL.....	37
FIGURA N° 5: DRON DE CUATRO HÉLICES.....	41
FIGURA N° 6: RESULTADO – INDICADOR: PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS 1 .....	82
FIGURA N° 7: RESULTADO – INDICADOR: PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS 2.....	83
FIGURA N° 8: RESULTADO – INDICADOR: PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS 3.....	84
FIGURA N° 9: RESULTADOS DE INDICADORES DE VARIABLE INDEPENDIENTE .....	85
FIGURA N° 10: COMPARATIVA DE COSTOS .....	93
FIGURA N° 11: COMPARATIVA DE RAPIDEZ.....	95

## ÍNDICE DE IMAGENES

IMAGEN N° 1: EJE DE CARRETERA PILLCO MARCA – CAYRÁN EN GLOBAL MAPPER .....	75
IMAGEN N° 2: IMÁGENES DEL DRON EN VISTA AÉREA .....	76
IMAGEN N° 3: BASE DE DATOS PARA PROCESO EN EXCEL.....	80
IMAGEN N° 4: PROCESAMIENTO DE ORTOFOTO – DRON CON GLOBAL MAPPER.....	90

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS DE CAMPO

FOTOGRAFÍA N° 1: DRON PHANTOM 4 PRO.....	62
FOTOGRAFÍA N° 2: ESTACIÓN TOTAL TOPCON CYGNUS 2LS.....	64
FOTOGRAFÍA N° 3: PUNTOS DE APOYO .....	68
FOTOGRAFÍA N° 4: INICIO DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN GEOREFERENCIADA.....	68
FOTOGRAFÍA N° 5: EJE VERTICAL CORREGIDO DE ESTACIÓN TOTAL .....	71
FOTOGRAFÍA N° 6: PUNTOS DE CONTROL DE ESTACIÓN TOTAL.....	73
FOTOGRAFÍA N° 7: ALMACENAMIENTO DE DATOS – ESTACIÓN TOTAL .....	73

## ÍNDICE DE IMAGEN SATELITAL

VISTA SATELITAL N° 1: EJE DE LA CARRETERA PILLCO MARCA - CAYRÁN .....	66
--	----

## RESUMEN

El objetivo central en la presente tesis, es poder identificar aspectos que influyan directamente en el motivo principal, y demostrar así que la aplicación de una tecnología moderna es muy útil para la tecnificación de la ingeniería.

Actualmente, el uso de Dron en la ingeniería, viene cumpliendo un rol muy importante, porque gracias a ello, se puede hoy desarrollar actividades de gran envergadura con la precisión casi exacta de georreferenciación, así como también se concentra en dicha actividad un ahorro económico y un gran ahorro de tiempo, que se convierten en factores a demostrar en la presente investigación.

Definitivamente, se comprueba que la ingeniería no puede marchar con conocimientos obsoletos sino con nuevos descubrimientos tecnológicos aplicados a cada especialidad, en la presente tesis se demuestra que con la aplicación de nuevos instrumentos queda comprobado que la tecnología moderna de levantamiento topográfico con dron nos brinda mejores oportunidades para realizar los proyectos esperados con mejores garantías técnicas.

Palabras clave: Ortofoto, georreferenciación, geodesia, planimetría.

## **SUMMARY**

The central objective in this thesis is to be able to identify aspects that directly influence the main motive, and thus demonstrate that the application of modern technology is very useful for the technification of engineering.

Currently, the use of drones in engineering has been fulfilling a very important role, because thanks to this, today it is possible to carry out large-scale activities with almost exact georeferencing precision, as well as economic savings and a great saving of time, which will become factors to be demonstrated in the present investigation.

Definitely, it is proven that engineering cannot go with obsolete knowledge but with new technological discoveries applied to each specialty, in this thesis it is shown that with the application of new instruments it is proven that modern technology of topographic survey with drone gives us better opportunities to carry out the expected projects with better technical guarantees.

Keywords: Orthophoto, georeferencing, geodesy, planimetry.

## INTRODUCCION

Actualmente la topografía cumple un papel muy importante para el inicio de un proyecto de ingeniería, caso todas las ingenierías tienen una génesis en la topografía, siendo de esta manera que la topografía busca obtener mayor precisión con más rapidez y a un menor costo.

La presente tesis conglomerará la solución a una problemática de conocer la superficie terrestre a través de método científico sustentado en el capítulo I de la presente; del mismo modo, se busca ampliar y modernizar la cartografía con la búsqueda de antecedentes que sustenten una base teórica sobre una hipótesis y sus variables descritas en el capítulo II, en donde se complementa dentro de un marco teórico de fuentes ya establecidas como fuentes de información básica.

Consideremos ahora que en el Capítulo III se hace referencia que el resultado en relación con el tipo de investigación aplicado tendrá amplias posibilidades de generar conocimiento; por otra parte, en el Capítulo IV sostiene la aplicación de la hipótesis en campo con el uso de equipos de dron y estación total, para su desarrollo en área de estudio.

Luego se procede a desarrollar el capítulo V en donde a través de contrastación de resultados obtenidos por los instrumentos de campo se desarrolla el trabajo de gabinete.

Posteriormente, habiendo desarrollado lo antes descrito, manifiesta en las conclusiones los puntos explicativos de la presente tesis, fundamentalmente con una breve explicación de resultados obtenidos desde el planteamiento del problema, y objetivos esperados demostrando que el levantamiento topográfico con el uso de dron se convierte en una gran alternativa para la ingeniería civil en su aplicación técnicamente obtenida.

Así mismo, El desarrollo de la presente investigación no presentó limitaciones para el desarrollo; haciendo de esta manera un normal rol de actividades.

Finalmente, los métodos y técnicas empleados son considerados actualmente como un instrumento de confianza para lo demostrable en la presente, a través de método y técnica moderna y tradicional como el uso de dron y la información de estación total se obtienen datos georreferenciados en coordenadas UTM en el sistema WGS 84, que viene a ser lo más usado a sugerencias de entidades para el desarrollo de actividades de topografía y cartografía.

Demostrable es que el uso de dron para un levantamiento topográfico de una zona de terreno es mucho más conveniente, y de esta manera se obtiene información más precisa con mayor rapidez a un menor costo de inversión.

# CAPITULO I

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La topografía es una ciencia que tiene como objetivo representar gráficamente la superficie de la Tierra, en ese sentido se ha desarrollado procedimientos y métodos para tratar de describir en forma precisa la forma de la Tierra, con el correr de los años y el surgimiento de la tecnología, así como las ciencias de ingeniería, la Topografía se hace cada vez más necesaria en muchos campos del quehacer humano por ejemplo en la Ingeniería Civil, Arquitectura, Agronomía, Minería, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Petrolera, etc., donde es necesario desarrollar proyectos sobre áreas de terreno, del cual se requiere información de sus características físicas, para poder ejecutar estos proyectos.

En definitiva, el realizar la representación gráfica de la superficie terrestre implica conocer su geometría, altimetría, que nos permita calcular su superficie, longitud y desnivel. Este proceso de realizar mediciones y cálculos, requiere del empleo de un buen aparato topográfico, y la experiencia de un buen técnico, quien conjuntamente con su equipo de trabajo realizarán el trabajo de campo con la mayor precisión y exactitud, para evitar repetir el mismo proceso. Pese a ello es inevitable generar los errores, se tiene que identificar entonces el tipo de error y tratar de resolverlo o compensarlo teniendo en cuenta las tolerancias normadas, de no ser así, se tendrá que repetir el proceso, generándose mayores costos, ya que nuevamente se tendría que ir a campo. Se cumple entonces un principio fundamental de la topografía “ninguna medición es exacta y no se conoce el valor verdadero de lo que se mide”.

En ese sentido es importante el desarrollo de nuevas tecnologías para generar información de valor topográfico lo más preciso posible, tenemos, por ejemplo, el Dron que está revolucionando el campo de la Topografía, pues tiene una serie de ventajas en comparación a la Topografía Tradicional, pues reduce los costos de equipo y personal en el trabajo de campo, captura una

mayor cantidad de puntos para crear planimetrías, por otro lado y muy importante la seguridad del topógrafo en zonas peligrosas, pues hay antecedentes de accidentes especialmente en zonas peligrosas, y finalmente permite tener un panorama integral de la zona en estudio inclusive de lugares inaccesibles.

Es necesario evaluar en nuestra región, en forma práctica en qué medida es más conveniente el uso de esta tecnología en comparación de la topografía tradicional en la carretera Pillco Marca-Cayrán, básicamente en lo que corresponde a costo, rapidez y precisión. Esta investigación nos permite tener el criterio necesario, para la toma de decisiones, al momento de realizar el estudio topográfico de un proyecto de carretera, o también se puede tomar como referencia para corroborar el trabajo de campo.

Un levantamiento topográfico es el elemento más importante a inicio de todo proyecto de ingeniería civil, los posibles errores de topografía podrían generar errores al proyecto y que causarían pérdidas irreparables con un dato erróneo al momento de hacer el levantamiento topográfico de topografía.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál es la situación actual de costos, rapidez y precisión al realizar el levantamiento topográfico con Dron en comparación del método tradicional, en la carretera Pillco Marca - Cayrán?

### **1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿Cuáles son los costos, rapidez y precisión del levantamiento topográfico tradicional de la carretera Pillco Marca - Cayrán, en función de las tolerancias mínimas requeridas normativamente?
- ¿Cuáles son los costos, rapidez y precisión del levantamiento topográfico realizado con Dron en la carretera Pillco Marca - Cayrán, en función de las tolerancias mínimas requeridas normativamente?

- ¿Existe diferencias en costos, rapidez y precisión en el levantamiento topográfico realizado por el método tradicional y el realizado con Dron, en la carretera Pillco Marca - Cayrán?

### **1.3 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar costos, rapidez y precisión en el levantamiento topográfico realizado con Dron en comparación con el método tradicional, en la carretera Pillco Marca - Cayrán.

### **1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar el levantamiento topográfico por el método tradicional de la carretera Pillco Marca-Cayrán, determinando costos, rapidez y precisión, en función de la tolerancia mínima requerida normativamente.
- Realizar el levantamiento topográfico con Dron de la carretera Pillco Marca - Cayrán evaluando costos, rapidez y precisión, en función de la tolerancia mínima requerida normativamente.
- Comparar los resultados obtenidos teniendo en cuenta costos, rapidez y precisión, para determinar las ventajas o desventajas del uso del Dron y el método tradicional, en la carretera Pillco Marca – Cayrán.

### **1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Se justifica teóricamente ya que es necesario evaluar la precisión de la información topográfica teniendo en cuenta que hay tolerancias normadas por el MTC, que hay que tener en cuenta, tanto para el levantamiento topográfico por el método tradicional y mediante el Dron, es necesario conocer dichos valores y definir parámetro de valor científico que sirvan como referencia para la toma de decisiones en los estudios topográficos.

En relación con este tema la presente investigación justifica como el punto de vista técnico y práctico, siendo necesario evaluar en cuanto se optimizan los costos y rapidez de ejecución en el levantamiento topográfico realizado en forma tradicional y con el Dron ya que en nuestra región teniendo

en cuenta nuestras particularidades geomorfológicas es necesario precisar valores para poder tomar decisiones.

De esta manera es necesario también en la práctica evaluar los beneficios del uso del DRON para el diseño y mapeo de Evaluación de costos, rapidez y precisión en el levantamiento topográfico realizado con dron en la carretera Pillco Marca distrito de Cayran-2019 específicamente, realmente cuan eficiente es frente a los métodos tradicionales.

Además, los resultados de la investigación permitirán tener las herramientas necesarias para próximas investigaciones, donde se usarán para el levantamiento topográfico el Dron.

(Comunicaciones, 2019) Un dron considerado como un es un vehículo aéreo tiene un vuelo sin tripulación. Derivando del término inglés drone, que en español significa “abeja macho”. Existen actualmente drones de características y tamaños con diferentes finalidades para su uso.

## **1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

- Se presentó la limitación presupuestal para desarrollar varias maneras de realizar el levantamiento topográfico, por lo que nos limitaremos hacer solo el método tradicional con estación total y el levantamiento de información con el uso del Dron.
- No se realizó el análisis del tema de seguridad y riesgo de accidentes por considerarlos temas complementarios a la investigación ingenieril.
- En nuestra región, no se cuenta con profesionales capacitados en el levantamiento topográfico mediante el Dron, por lo que se buscó especialistas en Lima para el respectivo asesoramiento.

## **1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

- Se contó con los permisos necesarios para poder intervenir la carretera Pillco Marca-Cayrán.
- Se contó con los recursos económicos necesarios para poder alquilar los equipos topográficos y el Dron para realizar los trabajos de campo, así como para costear la brigada de campo.

- Del mismo modo se recurrió a proveedores en Huánuco, que cuentan con estos equipos para alquiler, resultando viable en ese sentido.
- Es viable porque los resultados de esta investigación, serán de aplicación inmediata en la toma de decisiones en la etapa de proyecto en lo que corresponde a estudios.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES.**

(Martínez Carricondo, 2016), En su investigación: “Técnicas fotogramétricas desde vehículos aéreos no tripulados aplicadas a la obtención de productos cartográficos para la ingeniería civil”, desarrollado en la Universidad de Almería, España, en dicha investigación llegó a las siguientes conclusiones: que la ingeniería civil viene usando los Modelos Digitales de Elevaciones (DEMs) que son obtenidos por el uso de instrumentos gráficos y ortofotos como material básico para redactar y ejecutar proyectos de ingeniería, controlando de esta manera la información de geometría en las construcciones de forma periódica, así mismo, dentro de los medios técnicos posibles para obtener este tipo de información, los vehículos aéreos no tripulados (Unmanned Aerial Vehicles - UAVs) actualmente se viene incrementando el uso de estos instrumentos debido a la reducción de costos, la flexibilidad y la mejora en la resolución obtenida en un proceso de levantamiento o captura de información.

A través del tiempo y con la evolución de la fotogrametría digital y el uso de algoritmos especiales como el Structure – from - Motion (SfM), y por otro lado la preocupación en mejorar de modernos instrumentos, muchos son los autores desde hace varios años vienen estudiando nuevas aplicaciones de la fotogrametría UAV así como la influencia que determinados parámetros tienen en la precisión de los productos obtenidos, así mismo se ha pretendido profundizar en el estudio de aplicaciones fotogramétricas desde UAVs para situaciones de topografía exigente, en la identificación de fenómenos los deslizamientos de taludes así como la generación de desmonte en obras lineales, y al analizar la influencia que la altura de vuelo, y la morfología del terreno y el número de puntos de apoyo Ground Control Points (GCPs) tienen en la precisión de DEMs y orto imágenes obtenidas mediante fotogrametría UAV a través de software técnico basado en el algoritmo SfM, finalmente los

resultados obtenidos han demostrado que la fotogrametría UAV con el uso de instrumentos modernos constituyen una técnica útil y adecuada para proyectos de ingeniería civil relacionados con la identificación, reparación y gestión de deslizamientos de taludes identificados en carreteras. Del mismo modo, se ha constatado que la descripción e identificación de la morfología del terreno y la altura de vuelo tienen poca influencia sobre la precisión planimétrica alcanzada, debido principalmente al bajo rango de altura de vuelo en el que suelen realizar los vuelos los UAVs (50-120 m). (Martínez Carricondo, 2016)

(Instituto Nacional de Estadística de México, 2019) Sostiene que las ortofotos son imágenes en las cuales a nivel del terreno han sido removidos los desplazamientos causados por la inclinación de la cámara o sensor, las condiciones de toma y el relieve del terreno. Están referidas a una proyección cartográfica, por lo que poseen las características geométricas de un mapa.

(Carretero Segarra, 2015), en su investigación denominado “Modelos digitales de terreno mediante fotogrametría aérea realizado con un vehículo aéreo no tripulado”, que fue desarrollado en la Universidad Politécnica de Madrid - España, manifiesta que dicha investigación tuvo como objetivos principales: Conocer la electrónica integrada en el UAV seleccionado, así como su operatividad; y que fueron analizados en el proyecto Mission Planner y Photomodeler; basado en los costos del proyecto.

Se llegó a las siguientes conclusiones: “La fotogrametría aérea realizada con un vehículo aéreo no tripulado, se presenta como una alternativa muy competitiva de cara a los levantamientos topográficos. El desarrollo de esta técnica viene marcado por el bajo coste que supone, la rapidez y la precisión con la que generan los modelos digitales del terreno seleccionado, así como la cantidad de información que se obtiene de ellos. Para llevar a cabo el objetivo principal de este proyecto, que es la creación de un MDT a partir de la fotogrametría aérea realizada con dron, las herramientas utilizadas, tanto software como hardware, son una de las opciones más económicas, dentro de las posibilidades ofrecidas por el mercado actual, tal y como se puede comprobar en la Tabla E-7 del estudio económico, muchos

equipos de UAS utilizados para fotogrametría aérea parten de un precio base de adquisición muy alto. Mediante la ejecución de este proyecto, se demuestra que se puede ser igual de profesional y efectivo utilizando medios de menor coste”. (Carretero Segarra, 2015),

Respecto al software manejado el Mission Planer posee la principal característica de ser un software libre (código abierto), y a su libre uso. El software Photomodeler cabe destacar la capacidad de procesado de fotografías, obtenidas a través de un vuelo como los resultados que se consiguen y la cantidad de aplicaciones que tiene. Es de fácil aprendizaje, se puede trabajar en modo manual o automático presentan características muy amigables y de fácil manejo.

Un archivo lidar o lidar (acrónimo del inglés LIDAR, Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging) es un dispositivo que permite determinar la distancia desde un emisor láser a un objeto o superficie utilizando un haz láser pulsado. La distancia al objeto se determina midiendo el tiempo de retraso entre la emisión del pulso y su detección a través de la señal reflejada. En general, la tecnología lidar tiene aplicaciones en geología, sismología y física de la atmósfera. También se investiga su uso en vehículos, especialmente los autónomos. (Wikipedia, Lidar, 2019)

Villareal, J. (2015), realizó la investigación: “Análisis de la precisión de los levantamientos topográficos mediante el empleo de vehículos no tripulados UAV respecto a la densidad de puntos de control”, desarrollado en la Universidad Técnica Particular de Loja, Loja-Ecuador. Teniendo como principal objetivo analizar la exactitud de levantamiento de información topográfica mediante el uso de drones y procesando la información obtenida como nube de puntos de control.

Se llegó a las siguientes conclusiones: siendo que la precisión de obtención de información topográfica usando UAVs, varía de acuerdo a la densidad y localización de los puntos de la nube de puntos, teniendo en cuenta la visibilidad en la zona de estudio. La densidad adecuada de los puntos de control para la zona de estudio es de 4 GCP por hectárea de trabajo.

Con la información obtenida en la plataforma UAV, se generó un Modelo de Elevación Digital y la Ortofoto de la zona Jehová referenciada para el estudio técnico.

La precisión obtenida a través de la investigación y en función de los resultados obtenidos de los puntos de control es de 1.64 pixeles por modelo. El número más bajo de puntos de control para realizar un levantamiento topográfico de identifico con plataforma UAV es de 3GCP.

### **2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES.**

(Rojas Silva & Sánchez Vargas, 2017), realizó la investigación: “Determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con dron en la plaza San Luis-2017”, en la Universidad Cesar Vallejo de Trujillo-Perú. Con el objetivo general de: Determinar el grado de confianza de un levantamiento topográfico con Dron en la Plaza Mayor de San Luis. Considerando como principales objetivos: Determinar la precisión del levantamiento de información topográfica con el uso del dron. Así como también se buscó establecer la exactitud del levantamiento topográfico geo referenciado con dron. Así como también la elaboración de un manual para la utilización del dron en un levantamiento topográfico.

Los resultados del estudio, así como la precisión, es la similitud de diferentes resultados obtenidos de una misma zona de estudio con un idéntico herramienta, eso también se puede interpretar por medio de la técnica de precisión. Y que a través de la experimentación seo tiene la precisión promedio de los puntos de control son: en el norte  $1/128788378562$ , en el este  $1/10802906988$  y en la cota  $1/311843$ ; los cuales, son un margen que supera la tolerancia de  $1/20000$  por el Instituto de Estadística y Geografía de México, presentando características de buena precisión.

La precisión conlleva a la cercanía y proximidad al valor esperado, considerándolo como valor real o referencial a los datos obtenidos del trabajo de campo por la estación total, es decir, la diferencia entre el resultado obtenido y el valor real o referencial. Promedio de los Puntos de Control del Dron y divergencias con respecto a los información obtenida de la Estación

Total”, haciendo de esta forma una condición en el que se evidencia los contrastes entre los datos obtenidos de la estación total con respecto al promedio de los valores obtenidos de los 3 vuelos programados y realizados, son como máximo de -4 mm y de 3 mm no supera de 5 mm de diferencia: los que se encuentra establecido en el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones del Perú, considerando de esta forma que tiene una buena exactitud, además, se puede constatar que el grado de confiabilidad de un Levantamiento de información topográfica con dron, depende de sus dimensiones para la programación de vuelo que son la precisión y exactitud, ya que con ello se puede conocer si los datos obtenidos son confiables o no. Si al tener una buena precisión y exactitud, se concluye que el levantamiento topográfico con dron presenta características confiables.

(Chávez Angéles, 2018), realizó la investigación titulada: “Aplicación de tecnología mediante equipos aéreos para mejorar el estudio topográfico de la vía Tingo-Kuelap Amazonas-2018”, realizado en la Universidad Cesar Vallejo, cuyo objetivo general fue: Definir el uso de la aplicación de tecnología moderna mediante equipos aéreos que permite mejorar el estudio topográfico de la vía Tingo-Kuelap Amazonas. Sus objetivos específicos fueron: Establecer la aplicación de tecnología mediante equipos aéreos optimiza los resultados para el diseño de mejoramiento de la vía Tingo-Kuelap. Comprobar que el uso de puntos de control terrestre como complemento de la aplicación de tecnología mediante equipos aéreos mejoraría la precisión de datos obtenidos de la vía Tingo-Kuelap. Determinar que la nube de puntos y fotografías aéreas generadas por la aplicación de tecnología moderna de topografía mediante equipos aéreos mediante el empleo y de software fotogramétrico permite la obtención de un modelo digital 3d y la planimetría de la vía Tingo-Kuelap.

Se llegaron a las siguientes conclusiones: El procesamiento de datos mediante la aplicación de vehículos aéreos, permite la obtención de gran volumen de información, lo cual permite la realización del planeamiento del proyecto y la realización del estudio topográfico. Las fotografías obtenidas mediante el empleo de vehículos aéreos, permite obtener datos en un tiempo

relativamente corto. La versatilidad de la esta tecnología da la ventaja de obtener resultados fiables y en corto tiempo a comparación de métodos convencionales.

Las ortofotos y nube de puntos generados ofrecen una cantidad masiva de datos ya que la nube de puntos ofrece gran cantidad de puntos 3d y en combinación con las ortofotos generadas permiten la obtención de detalles que no sería posible con métodos convencionales. La obtención de datos con estos equipos es conveniente ya que reduce los tiempos en campo y costos, aunque se aumente el tiempo de procesamiento en campo. Este método es conveniente debido a lo accidentada de la zona aledaña a la vía en ciertos tramos ya que la presencia de taludes de difícil acceso en el terreno complica el acceso, además es menos invasivo en áreas pobladas y con viviendas dispersas a lo largo de la vía.

Sedano, F. y Pari, R. (2018), realizaron la investigación titulada: "Ventajas en los levantamientos topográficos con el uso de vehículos aéreos no tripulados (UAV)". En la Universidad Privada del Norte. Considerando su objetivo de Determinar los procedimientos para un levantamiento topográfico geo referenciado y procesamiento de datos hasta llegar a la obtención de mapas y modelos digitales del terreno, ejecutado con el uso y aplicación de la fotogrametría aérea utilizando a través de un vehículo aéreo no tripulado llamado y conocido como dron. Los objetivos específicos: la identificación de los pasos y lineamientos necesarios para un levantamiento de información geográfica, debiendo considerar las limitaciones y dificultades de cada época. Durante el tiempo de evolución de la topografía, así también los factores a tener en cuenta en un levantamiento topográfico geo referenciado han ido cambiando según la tecnología de su tiempo, y como claro ejemplo se puede constatar el avance de la tecnología actual, sin embargo, nos enfocaremos en la actualidad para determinar sus elementos. Comparando los resultados obtenidos a partir de las dos técnicas planteadas para el levantamiento de información que o referencial y recolección de datos en campo (levantamiento convencional y levantamientos con drones), considerando especial atención en la precisión y tiempo.

Sus conclusiones fueron: Con un UAV, se puede demostrar que es fácilmente conseguir millones de puntos del área del proyecto fácilmente en corto tiempo, siendo muy diferente, con el método tradicional, donde apenas se puede conseguir mil puntos diarios aproximadamente con una topografía no accidentada. Los altos costos de estos equipos modernos, como los sensores que se encargan de la captura de puntos geo referenciados hacen suponer que el trabajo deberá ser más fácil. Quedando demostrado que la reducción de tiempos y gastos de movilización que implica la topografía convencional, como un costo final de resultado de 60% más bajo que con topografía tradicional. Concluyendo de esta manera que la topografía con drones reemplaza significativamente a la topografía tradicional con un amplio margen de ventaja considerando costo, calidad de producto y tiempo, el trabajo con dron genera resultados con casi las mismas precisiones de la topografía tradicional y convencional.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 TOPOGRAFÍA**

A través de la historia se ha identificado que la topografía es una parte que jugó un papel importante en el desarrollo de actividades de la ingeniería, la historia evidencia factores en el desarrollo de las culturas antiguas el uso directo e indirecta de la topografía desarrollado por el hombre, porque desde los tiempos más antiguos ha sido necesario marcar límites y dar forma a terrenos. Una parte muy importante el aspecto técnico en la ingeniería viene a ser la topografía y que mediante el uso y aplicación en forma técnica se convierte en una parte muy importante para el desarrollo de actividades en la ingeniería civil, convirtiéndose en herramienta importante para desarrollos de:

- Diseño y elaboración de superficies terrestre o formas de terreno oceanográfico.
- Creación y trazo de rutas para navegación en tierra, mar y aire.
- Levantamiento de información de polígonos para establecer y determinar límites, linderos, impropiedades o zonas geográficas delimitadas.

- En la ingeniería agrícola se la utiliza para levantamientos como trazos, deslindes, divisiones, subdivisiones de la tierra en general para determinar diferentes áreas en el terreno.
- En la Ingeniería Eléctrica se utiliza para levantamiento taquimétrico y de aspectos técnicos de planimetría para considerar y plantear alternativas en trazos de línea de transmisión, así del mismo modo se puede identificar zonas y áreas para la construcción de plantas hidroeléctricas.

La ingeniería civil requiere indiscutiblemente hacer uso de la topografía, en la cual a través del diseño se tiende a formular alternativas técnicas, así como para actividades de replanteo en obras de construcción y movimiento de tierras, así como para identificación de áreas para determinadas misiones en el proyecto, convirtiéndose de esta manera en la parte más sensible que detalla en el uso de las obras de carreteras, edificios, puentes, canales, presas, entre otros.

Según la definición de topografía se puede identificar que proviene (del griego: Topos, lugar y Graphein, describir) como la ciencia que trata los métodos empleados para determinar las posiciones relativas de los puntos en la superficie terrestre dentro del aspecto geo morfológico de la superficie de la tierra por medio de medidas usando los tres elementos del espacio. Estos elementos pueden ser: dos distancias y una elevación más identificado en la ingeniería como datos X, Y y Z, identificados técnicamente como coordenadas y altitud sobre el nivel del mar.

A través de la topografía se identifica las posiciones y formas circunstanciales del suelo a través del uso de instrumentos técnicos; es decir, transcritos el resultado de los instrumentos para poder identificar la información técnica requerida en la ingeniería civil, así como también una descripción técnica de la geomorfología natural y descripción de posibles construcciones.

Con la topografía se puede conocer la formación geo espacial de la zona determinada de estudio. Identificando las posibles alteraciones naturales

o artificiales de una zona determinada para un proyecto el cual, debe ser configurado dentro de un sistema geográfico, así como el datun para ser configurado en los instrumentos a utilizar.

Para el diseño de planos y mapas de la topografía es importante utilizar un sistema de coordenadas tridimensionales como son la X y la Y competentes a la planimetría, que vienen a ser las coordenadas geográficas dentro de un tema de geo referenciación, y la Z estando estrechamente relacionado con la altitud de metros sobre el nivel del mar. Normalmente la X representa a las coordenadas en longitud o Este, la Y representa a la latitud o Norte siendo (X; Y) como coordenadas geográficas y la representación cartesiana de los puntos levantados de acuerdo a un plano entre los hemisferios norte o sur de la tierra. Y Z, es la elevación del punto con respecto al nivel del mar.

La topografía es la ciencia que a través de instrumentos de ingeniería calibrados correctamente y configurados geográficamente nos puede informar de los datos existentes en un área geográfica determinada que mediante el uso de terminales informáticos convertirlos a planos o mapas. La topografía es usualmente utilizada casi mayormente en trabajos de campo en zona rural, no descartando el uso en áreas urbanas que son utilizados para delimitaciones y trazos en catastro urbano y rural siendo requeridos especialmente por gobiernos municipales locales.

Se puede dividir al trabajo topográfico en dos actividades de campo y de gabinete, siendo las actividades iniciales con un levantamiento topográfico con instrumentos como el teodolito, GPS, estación total, y actualmente el uso de drones, el cual presenta características muy importantes, asimismo el trabajo de gabinete se desarrolla con la interpretación de la información obtenida por los instrumentos de campo, el cual con el uso de terminales CD y/o Gis, así como otros de especialidad, es posible el transporte del área natural de la zona levantado de información para poder ser transportado a un papel con las debidas escalas correspondientes y requeridas y demás detalles técnicos para poder hacer uso en un determinado proyecto, según lo explicado se puede llegar a la conclusión que a través del uso de instrumentos

de topografía se traslada una zona al papel que viene a ser el plano o mapa para el inicio de actividades de ingeniería.

#### **1.1.1.1 AVANCES TECNOLÓGICOS EN LA TOPOGRAFÍA.**

En las dos décadas pasadas, la topografía ha presentado avances muy importantes para el desarrollo de esta actividad dentro de la ingeniería, se trasluce estos avances debido a la necesidad de buscar y complementar la exactitud para el desarrollo de un proyecto de ingeniería civil, las condiciones son claras, a mayor exactitud menor riesgo existente generados por posibles afectaciones de suelos, climas y fenómenos naturales o androgénicos que pondría en riesgo el proyecto de infraestructura que compromete gran presupuesto económico, es por estas razones que cada vez la tecnología en la topografía va en avance buscando la mayor precisión.

En la construcción de obras civiles la topografía cumple una parte muy importante para el inicio de las actividades de un proyecto a desarrollarse, pues, a través de la topografía se inicia el planteamiento técnico confiando en la exactitud y veracidad el cual proviene de un levantamiento topográfico inicial que deberá contemplar en el estudio técnico y a través del cual servirá de la columna vertebral para el desarrollo de las diversas especialidades de una infraestructura, considerando especialmente las características superficiales y su descripción técnica.

Los avances técnicos en la topografía inciden especialmente que con el uso de equipos técnicos altamente sofisticados nos asegura datos correctos para un levantamiento de información topografía, del mismo modo uno de los factores también que influyen que los aspectos topográfico sean modernos es su mayor rapidez en el procesamiento trabajo de gabinete, y que actualmente se viene implementando los estudios con naves dirigidas denominadas drones, los cuales efectúan el levantamiento topográfico de coordenadas, altitud geo referenciadas dentro de un sistema de coordenadas el cual es enriquecido con datos de imágenes de fotografías y videos que te significa mucho mejor el área del proyecto a desarrollar sin dejar de lado que se complementa con un GPS.

Actualmente con el uso de Drones en la topografía, la expectativa es muy amplia, debido a que el instrumento de vuelo se encuentra altamente equipado con sensores automatizados que garantizan una mayor precisión en la recolección de datos además incluye otros aspectos de mucha mayor importancia para el desarrollo del proyecto y para el diseño de los planos o mapas en gabinete.

#### **1.1.1.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.**

El levantamiento de información topográfico es el producto técnico descriptivo de una zona y su geografía así como la geomorfología, que a través del uso de instrumentos de especialidad es posible la captación de datos para su posterior procesamiento en terminales informáticos, este desarrollo de la actividad conocido como levantamiento topográfico, compromete una visita de campo de forma obligatoria y que a través del uso de los instrumentos antes mencionado nos va a proporcionar los datos técnicos esperados para el procesamiento o para el replanteo así como para otras especialidades en ingeniería.

La planimetría es el término conocido para un levantamiento de información cartográfica, siendo su principal objetivo identificar la localización geo referenciado sobre un plano horizontal. Esto se realiza mediante un método llamado planimetría. Al mismo tiempo, los instrumentos de topografía nos facilitan la altitud de los puntos de referencia. Es de esta manera de cómo podemos procesar la información de campo y convertirlo a un plano o mapa.

Con el objetivo de buscar la mayor precisión y mejores condiciones de rapidez y menor inversión al momento de que levantamiento de información, actualmente se tiene que recurrir a instrumentos modernos que garantizan mejores resultados de confiabilidad, como por ejemplo la estación total y actualmente el uso y manejo de los drones, y para lo cual se requiere un personal capacitado técnicamente en el uso manejo, y procesamiento de datos topográficos.

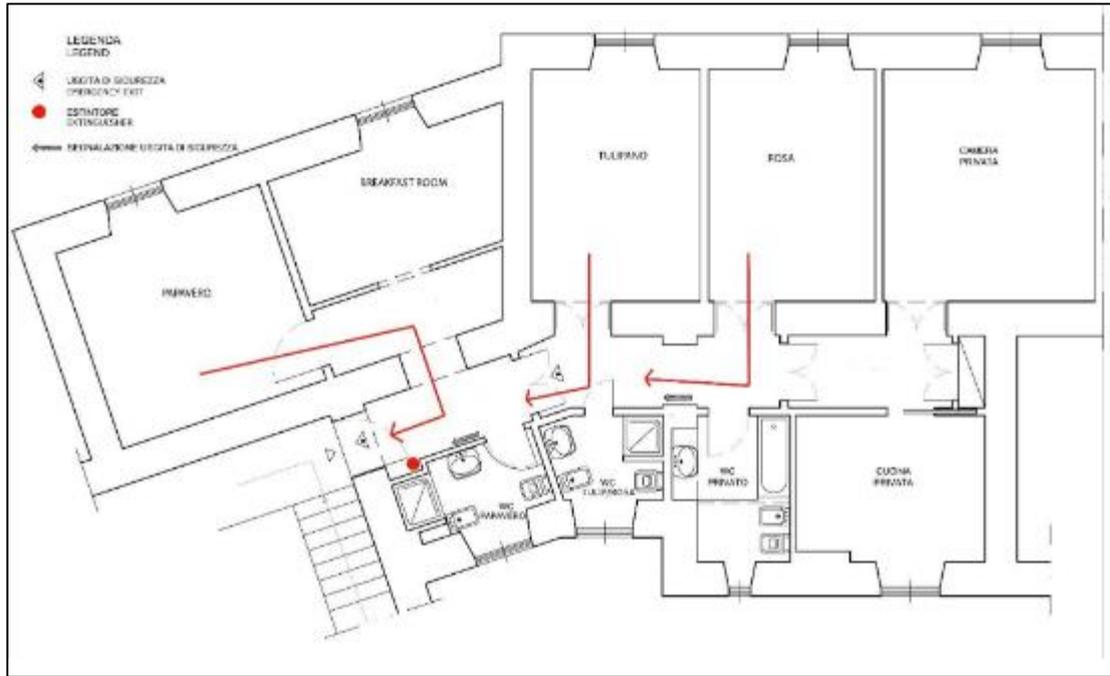
### **1.1.1.3 TIPOS DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS.**

Para un correcto levantamiento de información cartográfica o topográfica se tiene que consolidar dos tipos de levantamientos técnicos, los cuales son datos planimetría cosas así como los datos de altimetría, a través del uso de instrumentos técnicos se logra una información llamado base de datos, lo cual, con el uso de periféricos Autocad y Arcgis se procesa la información para lograr un plano o mapa topográfico con curvas de nivel y otros detalles técnicos requeridos para el planteamiento de un proyecto, determinando de esta manera las características específicas en el área de influencia de un futuro proyecto a iniciar de ingeniería civil.

#### **a) PLANIMETRÍA.**

La Planimetría es una parte fundamental de la ingeniería y que específicamente tiene estrecha relación con la topografía, a través de la planimetría se evidencia detalles técnicos generados por un levantamiento topográfico con diversos instrumentos, la planimetría se identifica y lo podemos visualizar en los planos y mapas especificados especialmente por las escalas correspondientes que los debe identificar.

A través de la planimetría las edificaciones presentan características consideradas en un proyecto, pero generados dentro de la planimetría como los planos y detalles a escala.



Fuente: [www.btrastevere.com](http://www.btrastevere.com)

**FIGURA N° 1: MODELO DE PLANIMETRÍA**

**b) ALTIMETRÍA.**

Se conoce como altimetría a un conjunto de datos obtenidos de un procedimiento de levantamiento de información topográfica, el cual se caracteriza por considerar la geomorfología de la forma de la tierra, identificando como metros sobre nivel del mar con detalles específicos, y son de gran utilidad para poder conocer y determinar una zona adecuada para un nuevo proyecto dentro de una superficie o plano de terreno.

La altimetría identifica ciertos puntos técnicos como cotas de elevación, los cuales en un plano o mapa topográfico presentan información valiosa para la determinación de futuros proyectos, del mismo modo a través del dato de altitud como metros sobre nivel del mar se identificará accidentes naturales o artificiales geomorfológicamente, siendo de esta manera, un factor importante para conocer la situación actual de una zona determinada para un proyecto identificando nivel y desnivel.

La altimetría es el dato obtenido a través del uso de instrumentos de topografía que nos identifica las cotas sobre el nivel del mar en un mapa topográfico, la altimetría es el resultado de datos obtenidos de campo,

usualmente se puede utilizar el teodolito, estación total, GPS, los cuales deberán estar manipulados por personal calificado, así como el procesamiento informático para su posterior interpretación en mapas y planos en escalas adecuadas.

Uno de los aspectos más importantes de la altimetría es la aplicación en el cálculo y determinación de volúmenes o porciones, y partes de extensiones de terreno, conociendo de esta manera la posibilidad de poder pronosticar un presupuesto adecuado para posibles descripciones de determinados volúmenes que pueden ser, cantidad de material disponible a extraer de una cantera.

#### **1.1.1.4 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN EN LA TOPOGRAFÍA.**

Actualmente existen diversos tipos de instrumentos de topografía que pueden ser usados en campo para la obtención de datos de campo y su posterior procesamiento en gabinete, cabe recalcar, que actualmente existen diversidad de instrumentos modernos que nos garantizan mayor exactitud en la obtención de una base de datos topográfica.

##### **a) Para la medición de Ángulos.**

Uno de los aspectos importantes la obtención de datos de ángulos o vértices de un trazo o de un polígono geométrico de una zona de terreno con el uso del teodolito, actualmente se utilizan estación total o GPS diferencial.

- **La Brújula.-** Por ser un instrumento pequeño de gran utilidad es útil para la orientación dentro de los puntos cardinales, es un instrumento de fácil transporte que todo topógrafo debe portar para poder identificar la orientación al norte, así como la declinación magnética dentro de un procedimiento de levantamiento de información topográfica o catastral en zona urbana o rural.
- **Tránsito.-** Es un instrumento topográfico que se usa para la obtención de ángulos verticales y horizontales, logrando una precisión de 1 minuto (1') y 20 segundos (20'') tiene especial parecido técnico aún teodolito.

- **Teodolito.-** Es el instrumento que fue indispensable y marcó el inicio dentro de la topografía moderna, y a través de espejos se puede obtener datos técnicos como ángulos verticales y horizontales, en coordenadas previamente configuradas que pueden mostrar datos a través de la obtención como coordenadas y altitud metros sobre el nivel del mar para arrojar una información requerida, el teodolito se complementa de sus accesorios conocido como prisma el cual hace de espejo al momento de efectuar la obtención de información georeferenciada.



Fuente: [www.bbtrastevere.com](http://www.bbtrastevere.com)

**FIGURA N° 2: BRÚJULA – TRÁNSITO – TEODOLITO**

**b) Para medición de pendientes**

Para la obtención de datos dependientes existe del mismo modo diversidad de instrumentos técnicos como por ejemplo el nivel de mano, nivel de ingeniero, clinómetro descritos de la siguiente forma:

- **El nivel de mano.-** Instrumento sumamente sencillo que se encuentra como referencia de horizontal, su procesamiento es a través de una burbuja o gota en líquido en un cuerpo cerrado, actualmente existe nivel digital que presenta características y resultados muy aceptables.
- **Nivel de Ingeniero.-** Este instrumento, tiene características parecidas físicas al teodolito, pero cumple una característica de obtención de datos de nivelación de una zona determinada, tiene parecido al teodolito porque se instala sobre un trípode y tiene un alcance de 200 metros recomendado con el uso de aumentos ópticos, siendo utilizados usualmente para la taquimetría como instrumento de nivel de terreno rápido. Se compone de un compensador, base nivel, telescopio fijo con graduación por lente.

- **Clinómetro.-** El clinómetro, clisimetro o eclímetro es un instrumento de nivel portátil de mano, que cuenta con la incorporación de un semicírculo graduado con el objetivo de obtener visuales inclinadas, este instrumento es de fácil uso y portabilidad, usado ampliamente para el diseño, ejecución y supervisión de obras de carreteras.



Fuente: [www.bbtrastevere.com](http://www.bbtrastevere.com)

### FIGURA N° 3: NIVEL DE MANO – NIVEL DE INGENIERO CLINÓMETRO

#### c) Instrumentos híbridos de topografía

A través del tiempo la necesidad de contar con instrumentos que brinde mayores y mejores condiciones como el transporte, economía aceptación de datos garantizados por la exactitud y calibración de instrumentos, así como la búsqueda de instrumentos de fácil manejo y mejores resultados surgen nuevos instrumentos técnicos que combinan una diversidad de resultados técnicos surgen nuevos instrumentos para el trabajo de campo así como el trabajo de gabinete, como por ejemplo actualmente existen Estación Total, Estación Robótica, GPS navegador y Diferencial y precisión, drones y escáneres topográficos.

- **Estación total.** - Viene a ser un instrumento moderno que incluye un distanciómetro y microprocesador electrónico con una memoria para poder almacenar los datos topográficos obtenidos en un trabajo de campo, los cuales posteriormente pueden ser transportados desde la

memoria a un centro de procesamiento informático, pudiendo ser trabajado y procesado en el arma aquí es u otros softwares de ingeniería.

Dentro de los aspectos técnicos de una estación total se puede enunciar que cuenta con pantalla alfanumérica de cristal líquido (LCD), luces Led de aviso, así como iluminación independiente a la luz solar, calculadora automática, distanciómetro, trackeador o seguidor de trayectoria pudiendo es dar almacenado en una memoria extraíble para su posterior procesamiento.



Fuente: [www.bbtrastevere.com](http://www.bbtrastevere.com)

#### FIGURA N° 4: PARTES DE UNA ESTACIÓN TOTAL

- Consideraciones en una Estación Total.
  - \* Partes Principales:
    - ✓ Distanciómetro.
    - ✓ Elementos físicos y electrónicos.
    - ✓ Mini procesador
    - ✓ Memoria de almacenamiento extraíble.
  - \* Entradas de información:
    - ✓ Altura instrumental.
    - ✓ Constante y altura de prisma.
    - ✓ Escala del trabajo.
    - ✓ Temperatura.
    - ✓ Presión atmosférica.
  - \* Parámetros que se deben observarse en el trabajo:

- ✓ Precisión en medidas de ángulos y vértices compuestos horizontales y verticales.
- ✓ Precisión en toma de distancias inclinadas y horizontales.
- ✓ Orientación de los puntos cardinales o geográficos N, S, E, O y W.
- ✓ Altitud, altimetría y metros sobre nivel del mar de la superficie.

\* Datos que se pueden ingresar en una Estación Total:

- SD Distancia Inclinada
- Az Ángulo Azimutal
- V o V % ángulo vertical, cenital o % de pendiente.
- DH. Distancia horizontal.
- Cotas o Niveles topográficos
- N, E, Z coordenadas geo referenciadas Norte, Este y Elevación.

► **Error instrumental de una Estación Total.**

Durante el desarrollo de la actividad en la obtención de datos técnicos de un levantamiento de información topográfica con una estación total se debe cumplir con los siguientes detalles:

- El eje vertical corregido debe encontrarse en forma vertical al cenit.
- El eje de puntería debe ser perpendicular de la inclinación al eje horizontal.
- La inclinación de eje vertical debe ser perpendicular al eje horizontal.
- La lectura de eje vertical al apuntar al cenit debe ser cero, como parte de la configuración.
- En caso de que estos no se cumplan se debe describir los errores para cada caso.
- La inclinación del eje vertical (es el vértice formado entre la plomada y el eje vertical).

- Error en el Eje de Puntería (viene a ser la desviación con respecto al ángulo recto entre eje de puntería y eje de inclinación).
- Error del eje de inclinación (es la desviación del ángulo recto entre el eje de inclinación y el eje vertical).

Es probable que los errores en mediciones de ángulos horizontales, se incrementen según aumente la diferencia de altitud entre los puntos o zona geográfica a medir.

Los errores del eje de puntería y del eje de inclinación se eliminan en base a la recomendación y a la toma de mediciones en las dos posiciones del anteojo. El error del eje de puntería también se puede determinar y registrar cuando se mide ángulos automáticamente, estos posibles errores se toman en consideración, por lo que la medición efectuada puede considerarse prácticamente como datos libres de errores, aun en caso de hacer la lectura con una sola posición del anteojo. La inclinación del eje vertical no se toma en cuenta por considerar como error del instrumento.

▶ **Estación Total Robótica.**

Actualmente uno de los instrumentos modernos es la estación total robótica que tiene una funcionalidad de buscar por su cuenta el objetivo normalmente programado, y como parte de su complemento del instrumento tiene una tableta que recolecta datos de operación según donde se localiza el prisma.

Este instrumento se compone de una estación base y prisma con un plato GPS de localización geográfica satelital, y que a través del objetivo busca fácilmente este tipo de estación, normalmente son utilizados en campo abierto o en construcciones para definir alturas y otros aspectos técnicos requeridos.

▶ **El GPS. (Sistema de Posicionamiento Global) Navegador.**

Actualmente es un complemento para instrumentos electrónicos de fácil acceso que son utilizados con fines recreativos y aplicaciones que no

necesitan una buena precisión, actualmente se puede encontrar dispositivos pequeños que caben en la palma de la mano como por ejemplo en celulares de comunicación, su precisión a veces es menor a 15 metros. El cual muestra una localización del instrumento y su localización geo referencía a través del uso de fuentes satelitales, tiene funciones como son la altura, presión atmosférica y ubicación con la ayuda satelital.

▶ **El GPS Diferencial o de Precisión.**

El GPS de precisión es un instrumento moderno y se compone de uno o varios receptores móviles y un fijo o estación base para la captación de datos. Es usual que la base se considera como un punto conocido con todos sus detalles de coordenadas, altura y corrección la forma de la tierra como base técnica fundamental.

La estación de base o referencia a través de un procesamiento de información con la triangulación geodésica de información proporcionada por los satélites. Se encarga de proporcionar y corregir en tiempo real las coordenadas geo referenciadas de puntos obtenidos en campo a través de una localización conocida con exactitud al  $\pm 1\text{cm.}$ , En algunos casos.

Estas condiciones o características presentan dos maneras de aplicar las correcciones diferenciales en tiempo real o post proceso en gabinete u oficina.

- **Tiempo Real.** - Consiste en el uso de un enlace entre la estación de recepción directa y una base de datos, y establece la estación base en un punto geo-referenciado de localización el cual nos brindará correcciones al centímetro en el dispositivo de recepción móvil.
- **Post-Proceso.** - El GPS satelital se encuentra conectado a un procesado de datos que tenga software capaz de capturar o modificar la información de los receptores de campo. Esta información es almacenada y procesada con algún dato de referencia para ser corregida en campo.

Se puede evidenciar que la modernidad actualmente nos proporciona un sistema de corrección en tiempo real conocida como RTK (Real Time Kinematic).

## **2.2.2 DRONES**

### **1.1.1.5 GENERALIDADES**

Puerta (2015), manifiesta que el DRONE es un instrumento técnico con características muy parecidas a un avión, su nombre original es Unmanned Aerial Vehicle (UAV), conocido en el idioma español como vehículo aéreo no tripulado. Actualmente existen y se caracterizan o agrupan según el uso respectivas características, pudiendo ser: de uso militar, de uso investigativo, de uso social. También se los puede clasificar por su aerodinámica en DRONES de ala fija tipo avión y la existencia de otros equipos con hélices tipo helicóptero.



Fuente: Puerta (2015)

### **FIGURA N° 5: DRON DE CUATRO HÉLICES**

### **1.1.1.6 USOS DEL DRONE**

Al-Jarrah & Hasan (2011), asegura que el gran uso y aplicación de los DRONE deriva del hecho de su relativa autonomía y facilidad de uso, siendo muy útiles en operaciones en el campo comercial, militar y civil, pues son capaces de cubrir extensas áreas de terreno con un mínimo recurso de mano de obra.

“La fotogrametría con UAV en la actualidad son operaciones realizadas a control remoto o totalmente autónomo si se cuenta con planes de vuelo, siendo a tiempo real y bajo costo. Con esto la producción de ortofotos y modelos digitales de elevación (DEM) se convirtió en un proceso digital, automático, rápido y accesible”. (Berteska y Ruzgiene, 2013).

“En el campo de la observación de la tierra los DRONE tienen múltiples aplicaciones como: gestión de recursos naturales, gestión del agua, agricultura, meteorología, minería, respuesta a emergencias, forestal, topografía, catastro, entre otras. La mayoría de DRONE usan energía eléctrica para su funcionamiento, otros ocupan motores a combustión, y en la actualidad se han desarrollado modelos más avanzados que trabajan de forma autónoma con energía solar, tal es el caso de DRONE de la empresa Facebook que brindan servicios en red” (Puerta, 2015).

#### **a) USO DE DRON EN TOPOGRAFÍA**

Villarreal y Zárate (2015), hace mención a los levantamientos de información topográfica convencionales requieren mayor costo de recursos y tiempo en diferencia con la aplicación de la topografía aérea realizada con DRONE, constituyéndose de esta forma en una alternativa considerable al momento de realizar actividades que cubran grandes extensiones de terreno o de topografía que presente características fisiográficas muy accidentadas y que dificulte el acceso de personal a la zona del trabajo, con un ahorro significativo de recursos.

El sistema de levantamiento de información topográfica con DRON es la información casi más exacta, debido a que es programada el área de levantar información topográfica y la altura del mismo modo, este instrumento hace un rastreo con un sistema laser fotográfico y video, pudiendo minimizar el tiempo, y exactitud de la información.

Según investigadores Sánchez y compañía sostiene, “el levantamiento láser se efectúa mediante el sistema láser aerotransportado Lidar (Light Detection and Ranging), que consiste en usar un par transmisor y receptor de pulsos láser para hacer un barrido de la superficie del terreno y así registrar

la topografía del área bajo estudio. También es posible obtener en forma simultánea fotos digitales y geo-referenciadas, llamadas ortofotos, mediante una cámara fotográfica digital de alta resolución acoplada al sistema” (Sánchez, 2015).

El uso del DRON, actualmente viene cobrando integran atención debido a la potencialidad y flexibilidad para su uso contra simple una aplicación que podría conectarse a un celular o a una tablet, asimismo que este instrumento conocido como Dron hoy en día es aplicado para la obtención de diversos resultados prácticos como videos y fotografías no bebe puntos orto fotos y otros.

Hoy en día son muchas las instancias interesadas en aplicar el sistema de levantamiento de información con el DRON porque “se le pueden incorporar como carga útil diferentes tipos de sensores ópticos: cámaras de video, cámaras fotográficas de espectro visible, infrarrojo, etc., e incluso otro tipo de sensores. Puede desarrollar diferentes alturas de vuelo (desde 1 m. hasta 500 m.) en vuelos totalmente automáticos programados y controlados de modo remoto o de forma manual mediante un mando de radiocontrol” (Ferreira y Aira, 2010).

El uso de DRON para un levantamiento topográfico no requiere de un equipo completo multidisciplinario y capacitado en uso de equipos topográficos para efectuar la actividad. Como un software conocido como aplicación es el encargado de interactuar y enviar señales para que el objeto volador obedezca y cumpla el programa especificado, tal como lo sustenta Hernández, D. (2015): "Los Drones suelen trabajar en dos áreas: una encargada de fotografiar la zona detallada, que, de acuerdo con algunos proveedores, da menos precisión pero más información sobre la obra; y la segunda con la incorporación de un láser que envía datos obteniendo un modelo del terreno con nube de puntos.

## **b) USO DE DRON EN AGRICULTURA**

En la agricultura el vuelo de DRONE se usa para obtención de imágenes de los campos de cultivo, generando orto mosaicos, pudiendo

usarse para recuento de plantas y especies, cálculos de índice de área foliar, tipos de suelo, humedad de suelo, estado de desarrollo, mediciones de altura de planta, deficiencias de nutrientes, sanidad vegetal, entre otras. Con todos estos productos se puede obtener el índice de vegetación normalizada (NDVI), el cual nos permite estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación (Puerta, 2015).

Dentro de las principales aplicaciones en la agricultura tenemos:

- \* Detección del estado hídrico de las plantas, usando imágenes térmicas de alta resolución, esto debido a que las plantas con estrés hídrico presentan cierre de estomas, reducción de transpiración y aumento de temperatura.
- \* Detección de estrés nutricional en cultivos a partir de la determinación del contenido de clorofila y la concentración de nitrógeno en las hojas, permitiendo realizar fertilización focalizada en zonas con déficit de nutrientes, reduciendo costos.
- \* Detección temprana de plagas y enfermedades en cultivos mediante imágenes multiespectrales, detectando el estrés en la vegetación generando mapas que evitan la aplicación innecesaria de compuestos fitosanitarios.
- \* Control, monitoreo y generación de índices de calidad mediante el uso de imágenes multiespectrales y captura de datos en campo. Información agro meteorológica en tiempo real (Días, 2011).

#### **c) USO DE DRON EN GESTIÓN DE RECURSOS NATURALES**

Los Drones son muy usados en la gestión de recursos naturales, principalmente en el monitoreo de áreas protegidas, detectando amenazas de caza furtiva y deforestación. En hidrología permiten identificar la salud ecológica de las masas de agua, mapeo de tierras de regadío y planificación de cuencas hidrográficas (Puerta, 2015).

#### **d) USO DE DRONE EN CARTOGRAFÍA**

Los DRONE permiten alimentar plataformas UAV con información de imágenes de alto nivel de detalle, obteniendo así cartografía del sitio en

estudio y pudiendo actualizarla en periodos de tiempo relativamente cortos, sirviendo de fuente de información oportuna para investigaciones y en la toma de decisiones, así lo asegura. (Guzmán Paz, 2018).

#### **1.1.1.7 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS DRONE**

Dentro de las principales ventajas tenemos la posibilidad de acceso a zonas de alto riesgo o difícil acceso, disminuir costos y bajar tiempos en trabajos de ingeniería, obtención productos de alta calidad y utilidad, en planificación y monitoreo, entre otros.

Sin embargo, a pesar de todas las bondades que nos ofrece esta tecnología, también es necesario comentar algunas desventajas, tanto en aspectos técnicos como también es aspectos éticos. En el aspecto técnico se menciona la posibilidad de romperse el canal de comunicación entre el operador y el DRONE, la influencia de fenómenos físicos (meteorológicos) en el funcionamiento del DRONE, capacidad de vuelo limitada en la mayoría de DRONE usados en trabajos de ingeniería. En el aspecto ético destaca el uso inapropiado de imágenes o videos tomadas en gran resolución de individuos o espacios privados, constituyéndose en una seria amenaza a la inviolabilidad de la privacidad (Puerta, 2015).

### **2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES**

#### **2.3.1 DRONE**

El dron, es un equipo de navegación autónomo que posee características técnicas particulares para realizar trabajos de todo tipo, se pueden utilizar tanto en el exterior como en el interior de algunos espacios, se le pueden incorporar como carga útil diferentes tipos de sensores ópticos: cámaras de video, cámaras fotográficas de espectro visible, infrarrojo, etc., e incluso otro tipo de sensores. Puede desarrollar diferentes alturas de vuelo (desde 1 m. hasta 500 m.) en vuelos totalmente automáticos programados y controlados de modo remoto o de forma manual mediante un mando de radiocontrol. (Rosana & Gerardo Aira, 2014)

El uso de un Dron para una determinada acción requiere de un centro de mando terrestre a través de una Tablet y/o Smartphone o teléfono inteligente, a través de un software de interconexión denominado Photo Modeler el cual es un software de reconstrucción 3D a partir de fotografías de un objeto o edificio. Se basa en el modelo de malla de polígonos, por el cual se designan puntos manualmente en las fotografías (normalmente vértices), y el programa calcula el punto de vista de cada fotografía y sitúa el objeto en un espacio de tres dimensiones virtual mediante triangulación. El programa es capaz de orientar las fotografías, crear puntos, rectas y planos y extraer texturas de las fotografías.

### **2.3.2 ALTIMETRÍA**

Según (Castilla, 2019) considera que la altimetría es la Determinación de las cotas de los diferentes puntos del terreno, con respecto al plano horizontal de comparación, el cual, aunque puede ser tomado a una altura arbitraria, en general se relaciona con el plano horizontal teórico formado por el nivel medio del mar (NMM).

### **2.3.3 AZIMUT**

Es el ángulo de una dirección contado en el sentido de las agujas del reloj a partir del norte geográfico. Cuando se empieza a contar a partir del norte magnético, se denomina rumbo o acimut magnético. En geodesia, el acimut sirve para determinar la orientación de un sistema de triangulación. Es el ángulo que forma una línea con la dirección Norte, medida de 0° a 360° en el sentido de las agujas del reloj. El término acimut sólo se usa cuando se trata del norte geográfico. (IGN - Ministerio de Defensa del Perú, junio 2016)

### **2.3.4 BANCO DE NIVEL DE PRECISIÓN O BM (BENCH MARK)**

También conocida como Marca de Cota Fija, el cual es un punto de carácter permanente, del cual se conocen su ubicación, localización y altitud que ha sido determinada previamente por una nivelación de precisión. En casos excepcionales y/o especiales, donde no exista Red de Nivelación Nacional se podrá establecer una marca de cota referencial zonal que sirva

de base para efectuar proyectos de nivelación local. (IGN - Ministerio de Defensa del Perú, junio 2016)

Puntos de control vertical materializados en estructuras bien identificadas en el terreno mediante diferentes tipos de monumentos, cuya elevación en metros está referida a la red de nivelación nacional o datum vertical nacional asociado al geoide (NMM).

### **2.3.5 COTA**

Distancia vertical que existe entre un punto del terreno y un plano de referencia horizontal determinado. Si el plano de referencia es el nivel del mar la cota es la misma altitud o altura sobre el nivel del mar (A.S.N.M.) (Solano, 2019)

### **2.3.6 CURVAS DE NIVEL**

De un mapa topográfico con curvas de nivel podemos determinar la cota o elevación de cualquier punto sobre el plano, la pendiente entre dos puntos, estimar los volúmenes de corte y relleno de material requeridos en la ejecución de una obra, proyectar trazado de vías, etc. (Casanova Matera, 2002)

### **2.3.7 ESCALA TOPOGRÁFICA**

Es la relación entre el valor en el plano y el real en el terreno. Por ejemplo, la escala 1:500, significa que 1 cm del plano equivale a 500 cm o 5 m en la realidad. (AristaSur, 2019).

### **2.3.8 ESTACIÓN DE CONTROL**

Estación de posición conocida con precisión, donde se ubica un equipo receptor, que da el control a las unidades establecidas en estaciones remotas, de la cual se derivan todas las demás posiciones desconocidas. (Glosarios, Estación de control, 2019).

### **2.3.9 ESTACIÓN TOTAL**

Se denomina estación total a un aparato electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico, Instrumento de medición topográfica, de precisión que funciona de manera electrónica. (BenjaBot & Wikipedia, 2019).

### **2.3.10 GEODESIA**

La geodesia estudia la forma y dimensiones de la tierra, considerándola en su totalidad. Se ocupa principalmente de su medida, para este fin se apoya en la tecnología actual. Cuando utiliza métodos geométricos se denomina G. matemática, cuando utiliza métodos indirectos (p ej. métodos gravitatorios) se denomina G. dinámica, cuando utiliza la astronomía de posición se denomina G. astronómica. (digitaloceanspaces, 2019)

### **2.3.11 PLANIMETRÍA**

Estudia el conjunto de procedimientos que tienden a conseguir la representación a escala de todos los detalles interesantes del terreno sobre una superficie plana. (Wikipedia, Planimetría, 2019).

### **2.3.12 POSICIONAMIENTO**

Acción mediante el cual se determinan las coordenadas geográficas, producida por un receptor GPS en modo individual. (Mclaud2000, 2019).

### **2.3.13 RED GEODÉSICA**

Conjunto de puntos denominados vértices, materializados físicamente sobre el terreno, de posición conocida tanto en términos absolutos como relativos ligados a un marco de referencia común. Es la estructura que sostiene a toda la cartografía de un territorio. (topografia-geodesia-gps, 2019)

### **2.3.14 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS):**

Es una constelación de 24 satélites que giran alrededor de la tierra dos veces al día. Un receptor en tierra calcula su posición geográfica determinando su posición con respecto a un conjunto de al menos tres satélites. El receptor puede calcular la localización exacta, habitualmente con un error de un centímetro, de un objeto en la superficie de la tierra. (Glosarios, Sistema de posicionamiento global, 2019).

### **2.3.15 TOPOGRAFÍA**

Es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la Tierra, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales. (Topoequipos, 2019)

### **2.3.16 TEODOLITO ÓPTICO**

Es la evolución del tránsito mecánico, en este caso, los círculos son de vidrio, y traen una serie de prismas para observar en un ocular adicional. La lectura del ángulo vertical y horizontal la precisión va desde 1 minuto hasta una décima de segundo. (Servicios de Ingeniería Topográfica, 2019).

### **2.3.17 WAYPOINT**

El waypoint es un punto definido por una posición geográfica, latitud, longitud y en la mayoría de los casos altura, usado por los instrumentos de navegación GPS. Los waypoints se representan en pantalla como puntos a los que se les puede añadir nombre o icono representativo. Un waypoint es un par de coordenadas, latitud y longitud, o norte y este, con un nombre y número asignado, que representa un punto geográfico de interés. (TwoNav, 2019).

## **DEFINICIONES OPERACIONALES**

### **a) Sistema de coordenadas**

Se conoce como sistema de coordenadas al conjunto de los valores que permiten identificar de manera inequívoca la posición de un punto en un espacio euclídeo (un tipo de espacio geométrico). Los sistemas de coordenadas más simples se definen sobre espacios planos. (Pérez Porto & Merino, 2019).

### **b) Coordenadas UTM**

El sistema de coordenadas UTM es el sistema más usado y ha recomendado para los estudios topográficos tanto así que hoy en día las instituciones del estado hacen el requerimiento de planos topográficos para estudios técnicos en coordenadas UTM, para poder superponer en procesadores GIS.

El sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator (en inglés Universal Transverse Mercator, UTM) es un sistema de coordenadas basado en la proyección cartográfica transversa de Mercator, que se construye como la proyección de Mercator normal, pero en vez de hacerla tangente al Ecuador, se la hace secante a un meridiano. A diferencia del sistema de coordenadas geográficas, expresadas en longitud y latitud, las magnitudes en el sistema UTM se expresan en metros únicamente al nivel del mar, que es la base de la proyección del elipsoide de referencia. (Wikipedia, Sistema de coordenadas universal transversal de Mercator, 2019).

### **c) Coordenadas Geográficas**

Actualmente ya no se usa en instituciones del estado para proyectos técnicos de ingeniería. Las coordenadas Geográficas es el mapa de la Tierra mostrando las líneas de latitud (rectas horizontales) y de longitud (arcos) y ángulos laterales. Las coordenadas geográficas son un sistema de coordenadas que permite que cada ubicación en la Tierra sea especificada por un conjunto de números, letras o símbolos. Las coordenadas se eligen, en general, de manera que dos de las

referencias representen una posición horizontal y una tercera que represente la altitud. Las coordenadas de posición horizontal utilizadas son la latitud y longitud, un sistema de coordenadas angulares esféricas o esferoides cuyo centro es el centro de la Tierra y suelen expresarse en grados sexagesimales.

**d) Datum**

Un Datum es un Sistema de Referencia Geodésico definido por la superficie de referencia precisamente posicionada y mantenida en el espacio; y es generada por una red compensada de puntos. El Datum geodésico se define como un conjunto de parámetros que especifican la superficie de referencia o el sistema de referencia de coordenadas utilizado por el apoyo geodésico en el cálculo de coordenadas de puntos terrestres; comúnmente los Datums se definen separadamente como horizontales y verticales (IGN - Ministerio de Defensa del Perú, junio 2016).

Un DATUM de referencia (modelo matemático) es una superficie constante y conocida, utilizada para describir la localización de puntos sobre la Tierra. Dado que diferentes DATUM tienen diferentes radios y puntos centrales, un punto medido con diferentes DATUM puede tener coordenadas diferentes. Existen cientos de DATUM de referencia, desarrollados para referenciar puntos en determinadas áreas y convenientes para esa área. Datum contemporáneos están diseñados para cubrir áreas más grandes. (Wikipedia, Datum, 2019).

Los DATUM más comunes en las diferentes zonas geográficas son los siguientes:

- \* América del Norte: NAD27, NAD83 y WGS84
- \* Argentina: Campo Inchauspe
- \* Brasil: SAD 69/IBGE
- \* Colombia: MAGNA-SIRGAS1
- \* Sudamérica: PSAD 56 y WGS84
- \* España: ED50, desde el 2007 el ETRS89 en toda Europa.

- \* El Sistema de Posicionamiento Global utiliza el Sistema Geodésico Mundial (WGS84, por sus siglas en inglés World Geodetic System 1984) como su sistema de coordenadas de referencia.

Se compone de un elipsoide de referencia, un sistema de coordenadas estándar, datos de altitud y un geoide. Similar al Datum norteamericano de 1983 (NAD83), utiliza el centro de masa de la Tierra como origen de coordenadas. Los geodesistas creen que el error es de menos de 2 centímetros, lo que es mejor que NAD83. (Franz, 2019)

## **2.4 HIPÓTESIS**

### **2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL**

Ha El uso de Dron optimiza costos, rapidez y precisión en el levantamiento topográfico de la carretera Pillco Marca - Cayrán, en comparación con método tradicional. Su aporte técnico contribuye en el trabajo de campo.

Ho El uso de Dron no optimiza costos, rapidez y precisión en el levantamiento topográfico de la carretera Pillco Marca - Cayrán, en comparación con método tradicional. No considera aporte técnico en el trabajo de campo.

### **2.4.2 HIPÓTESIS ESPECIFICA**

Al identificar los parámetros X, Y y Z según procedimiento de campo con dron se podrá conocer la zona de estudio.

Al identificar los parámetros X, Y y Z según procedimiento de campo con estación total se podrá conocer la zona de estudio.

Al identificar las coordenadas X, Y y Z obtenidas por el dron y estación total se podrá conocer el costo y rapidez en el desarrollo del presente estudio.

## **2.5 VARIABLES**

### **2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE**

- Costos, rapidez, precisión en el levantamiento topográfico de la carretera Pillco Marca – Cayrán.

### **2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE**

- El uso del Dron.

Para esta investigación se consideran los datos obtenidos en coordenadas X, Y y Z, obtenidos del levantamiento topográfico de campo.

## 2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

**TABLA N° 1: OPERACIÓN DE VARIABLES**

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>Variable Independiente</b> Uso del DRON	El dron, es un equipo de navegación, se le pueden incorporar diferentes tipos de sensores ópticos: cámaras de video, cámaras fotográficas de espectro visible, infrarrojo, etc., e incluso otro tipo de sensores. Puede desarrollar diferentes alturas de vuelo desde 1 m. hasta 500 m. (Rosana & Gerardo Aira, 2014)	Puntos de control (geodésicos)	Ubicación de los puntos de control
			Documentación del punto
			Tomar coordenadas del punto (modo estático)
		Plan de vuelo y cámara fotográfica	Escoger el UAV de acuerdo al trabajo
			Cámara de alta resolución
		Software para procesar la información	Interpolación de puntos
<b>Variable Dependiente</b> Costos, rapidez, precisión en el levantamiento topográfico de la carretera Pillco Marca - Cayrán	Indicadores que nos sirven para evaluar la conveniencia del uso del Dron en comparación con el método tradicional en lo que se refiere a datos de tipo topográfico.  Una variable es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse. (Hernández Sampieri, Hernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)	Costos	Análisis de costos unitarios del Método Tradicional
			Análisis de costos unitarios con el Dron.
		Rapidez	Cronograma de ejecución del método tradicional.
			Cronograma de ejecución con el uso del Dron.
		Precisión	Error de cierre
			Tolerancia

Fuente: Elaboración propia.

## **CAPITULO III**

### **MÉTODOLÓGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1 ENFOQUE**

Fundamento que la investigación es un proceso de aplicación de sistemas esquemáticos críticos y empíricos se considera un enfoque: Cuantitativo, ya que se usó la recolección de datos (nube de puntos) para probar una hipótesis, con base a un levantamiento de información de campo para su posterior procesamiento CAD y GIS estableciendo patrones de campo y probar teoría. La presente investigación se encuentra encuadrada en la clasificación de investigación cuantitativa (Gidahatari, 2019).

Demostrando de esta manera que, con la investigación y el conocimiento, así como práctica de campo, y uso de instrumentos calibrados técnicamente como el uso del dron y de una estación total aplicados a la ingeniería conjuga un conocimiento de la ingeniería.

Al mismo tiempo, (Hernández Sampieri, Hernández Collado, & Baptista Lucio, 2014), considera al diseño de investigación como Diseño Plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere en una investigación y responder al planteamiento. Al mismo tiempo sostiene que los Diseños longitudinales como estudios que recaban datos en diferentes puntos del tiempo, para realizar inferencias acerca de la evolución del problema de investigación o fenómeno, sus causas y sus efectos.

Ante esta situación se procede a considerar el método No experimental según (APA, 2019) sostiene que estos diseños no hacen manipulación de variables, sino la observación de fenómenos en sus ambientes cotidianos. Eso quiere decir que se fundamentan en la observación sin intervención y, luego, el análisis de los datos observados.

Según (Muñoz Razo, 2011) sostiene Investigación de campo En la ejecución de los trabajos de este tipo, tanto el levantamiento de información

como el análisis, las comprobaciones, la fundamentación de los conocimientos y la aplicación de los métodos utilizados para obtener conclusiones tienen lugar directamente en el ambiente donde se desenvuelve el fenómeno o hecho bajo estudio.

Del mismo modo (Muñoz Razo, 2011) sostiene como método de campo cuantitativa Investigación cuantitativa que esta investigación es de carácter objetivo, pues se dedica a recopilar, procesar y analizar datos de diversos elementos que se pueden contar, cuantificar y medir a partir de una muestra o población en estudio. Sus resultados exponen sólo clasificaciones de datos y descripciones de la realidad para probar la inferencia causal que explica por qué las cosas suceden o no de una forma determinada.

Consecuentemente corresponde el diseño transeccional correlacional - causal en la que (Hernández Sampieri, Hernández Collado, & Baptista Lucio, 2014) describen relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento determinado. A veces, únicamente en términos correlacionales, otras en función de la relación causan efecto (causales).

### **3.1.2 ALCANCE O NIVEL**

La investigación se adecua al diseño donde las variables están correlacionadas y se conoce la magnitud de la asociación desarrollado por (Hernández Sampieri, Hernández Collado, & Baptista Lucio, 2014) en un Diseño de Alcance Correlacional y explicativo.

Correlacional, porque se evalúa la información obtenida de campo (coordenadas X – Y - Z) producto del uso del dron.

Explicativo, porque se explica el proceso de levantamiento de información en base a la información obtenida.

Este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. En ocasiones sólo se analiza la relación entre dos variables... Si dos variables están correlacionadas y se conoce la magnitud de la asociación, se tienen bases para predecir, con mayor

o menor exactitud, el valor aproximado que tendrá un grupo de personas en una variable, al saber qué valor tienen en la otra (Hernández Sampieri, Hernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)

### **3.1.3 DISEÑO**

(Hernández Sampieri, Hernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)  
Menciona a los Diseños transeccionales correlacionales-causales como diseños que describen relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento determinado. A veces, únicamente en términos correlacionales, otras en función de la relación causan efecto (causales).

Además, el diseño considera dos aspectos muy definidos como diseño descriptivo y diseño experimental porque se somete a experimento y mediciones que nos brinda el resultado desde causa – efecto. (Martinez, 2018).

(Granados Mora, 2003) Sostiene que el diseño experimental puede ser considerado como parte del proceso científico y una de las formas en que aprendemos acerca de la forma en que funcionan los sistemas o procesos.

Del mismo modo (Gutiérrez Pulido & Vara Salazar, 2008), sostiene que el diseño de experimentos es la aplicación del método científico para generar conocimiento acerca de un sistema o proceso, por medio de pruebas planeadas adecuadamente.

El diseño considera una investigación aplicada experimental, descriptiva de corte transversal correlacional de las técnicas de recopilación y análisis de la información de campo considerando Identificación de las variables de estudio, así como Operacionalidad de las variables acorde con la hipótesis (Muñoz Razo, 2011).

Son los trabajos de tesis basados en un riguroso marco experimental de pruebas controladas, que el propio investigador manipula libremente para introducir o modificar determinadas variables de estudio y observar los resultados. A estos experimentos también se les denomina pruebas de laboratorio, pruebas controladas o experimentaciones. (Muñoz Razo, 2011)

## 3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

Evaluación de costos, rapidez y precisión en el levantamiento topográfico realizado con dron en la carretera de la carretera Pillco Marca distrito de Cayrán. En tal sentido el área de investigación corresponde a una zona rural de campo, siendo específicamente el eje de la vía mencionada.

### 3.2.1 POBLACIÓN

Para la presente tesis se considera el área de influencia de la carretera que integra la red vial del distrito de Pillco Marca a la capital del distrito Cayrán, según información georeferenciada.

**TABLA N° 2: ZONA DE INFLUENCIA GEOREFERENCIADO**

<b>INICIO DISTRITO DE PILLCO MARCA</b>	<b>FINAL DISTRITO DE CAYRÁN</b>
362651.23 m E	359469.71 m E
8897567.96 m S	8896454.59 m S
2026 msnm	2204 msnm

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2 MUESTRA

Considerando que, la muestra es de donde se obtiene la validez estadística necesaria para la recopilación de datos de una investigación científica. (Muñoz Razo, 2011)

Ante esta situación, se entiende que la determinación de la muestra para la presente tesis se complementa en base a información directa de la carretera y eje de la vía de interconexión entre el distrito de Pillco Marca (inicio) a la capital del distrito Cayrán (fin). Ver **TABLA N° 2: ZONA DE INFLUENCIA GEOREFERENCIADO**.

### **3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

#### **3.3.1 RECOLECCIÓN DE DATOS**

##### **Técnicas:**

En la presente tesis se emplea la Observación e Instrumental de compilación de datos de campo.

Conviene subrayar que los tipos de instrumentos o medios que sirven para medir las variables de interés, involucran técnicas de medición, como la observación y trabajo de campo, así como otros con el fin de recabar mayor cantidad de datos.

#### **3.3.2 PRESENTACIÓN DE DATOS (CUADROS Y/O GRÁFICOS)**

##### **Instrumento:**

Se ha empleado como instrumento la ficha técnica de recolección de datos Diseñado por el tesista.

#### **3.3.3 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.**

Para el análisis de datos obtenido se emplea software de procesamiento de datos cartográficos y georreferenciado así como CAD y GIS, del mismo modo como el Office, aplicando y procesando para la información de campo obtenida del levantamiento de información de campo.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS**

En este capítulo se procedió a realizar una breve descripción de los procesos a llevar a cabo al momento de hacer el levantamiento de información topográfico.

##### **4.1.1 METODOLOGIA DE CAMPO**

Se debe agregar que se inició a realizar un levantamiento de información de campo basándonos en un dron como instrumento, así como también, se está ejecutando levantamiento topográfico con estación total, como factor comparativo en análisis de costo – rapidez y tiempo.

##### **4.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA**

Es necesario recalcar que la zona que comprende la investigación es la integración vial de los distritos de Pillco Marca y de Cayrán; iniciando en el distrito de Pillco Marca, y finalizando en la capital de distrito de Cayrán, haciendo un total de 4,042 metros lineales (4+042). Distritos que se encuentran dentro de la provincia de Huánuco y región del mismo nombre.

Es decir, la zona de estudio se puede describir como área rural y zonas agrícolas del mismo modo se puede evidenciar localizaciones de infraestructuras con características de urbanas - rural a lo largo del trayecto del eje de la carretera. El eje de la carretera se encuentra al margen izquierdo del río Huancachupa altura del Centro poblado de Cayrán y Cayhuayna.

#### **Clima**

El distrito de San Francisco de Cayrán cuenta un medio ambiente variado porque posee el bosque pluvial montañoso por lo tanto es templado cálido a templado Frío. Posee las regiones naturales de Yunga, quechua y Suni. El clima templado y frígido en las alturas, oscila entre los 12 y 18°C

durante el día y por la noche llegando hasta 7° C., bajo cero en horas de helada. Se distingue claramente 2 estaciones:

**Verano:** Desde Mayo a noviembre, caracterizado por un abrasante calor, llegando hasta 24° C por el día y fuertes heladas por la noche.

**Invierno:** Entre Diciembre y abril caracterizado por las lluvias torrenciales y temperaturas ambientales que oscila entre 5°C a 15°C.

### **Geomorfología**

Morfológicamente esta unidad presenta un fondo de valle con amplias terrazas fluvio-aluviales, donde se desarrollan las labores agrícolas de la zona. Estas terrazas están limitadas a ambos flancos por suaves pendientes, las que son disectadas por numerosos ríos y quebradas que vierten sus aguas al río Huallaga. Litológicamente, este valle comprende en gran parte a la secuencia metamórfica, y parte a un intrusivo de edad Cretáceo-Paleógeno. La erosión fluvial-pluvial es el agente principal en su modelado, trayendo consecuentemente una removilización y socavamiento permanente del material a lo largo del río Huallaga.

### **Hidrología**

El sistema de distribución de las aguas de escorrentía superficial que atraviesan el cuadrángulo de Huánuco está controlado en su parte alta por tres colectores principales: el río Huallaga, el río Pumachaca, Rangra Huasi y el río Chinchao; estos ríos finalmente, confluyen en uno sólo que constituye la gran cuenca hidrográfica del río Huallaga, el cual pertenece a la red hidrográfica del Amazonas.

El distrito de San Francisco de Cayrán tiene una extensión de 17.9483 km<sup>2</sup>, y está ubicada al sur oeste de la capital provincial de Huánuco en la margen izquierda del río Huancachupa el cual es afluente del río Huallaga, su capital es la ciudad del mismo nombre; la altitud de la cuenca varía entre 1984 y 4450 m.s.n.m. Parámetros de forma:

- Área de la microcuenca: 18.0175 KM<sup>2</sup>
- Perímetro de la microcuenca: 18.670027 KM

#### 4.1.3 CARACTERISTICAS DEL EQUIPO DE CAMPO

##### 1.1.1.8 CARACTERISTICAS DE DRON

El dron que se usa para el levantamiento de información georeferenciada es el de las siguientes características:



Fuente: Tesista

#### FOTOGRAFÍA N° 1: DRON PHANTOM 4 PRO

##### Phantom 4 Pro

Dron DJI Phantom 4 Pro y control remoto sin pantalla, pero con soporte para colocarle un smartphone o tablet. Con software optimizado para trabajar con la aplicación DJI GO 4 y sistema dual de transmisión Light Bridge en frecuencia doble 2.4Ghz y 5.8Ghz, esto permite a los pilotos evitar interferencias y elimina el retraso de imagen. Ver en la Página 62.

##### Especificaciones principales del Phantom 4 Pro

- Sensor CMOS de 1"
- Grabación de video H.264 4K a 60 fps o H.265 4K a 30 fps a una velocidad de bits de 100 Mbps
- Grabación de fotografías en ráfaga de 14 fps.
- Gimbal contiene 3 ejes. Inclinación de -90 a +30° y Paneo de -30 to +30°

- Grabación con modo Draw para y seguimiento de ruta programada a una misma altura en la grabación y filmación de imágenes.
- Sensor que evita obstáculos por delante entre 0.7 a 15 metros.
- Distancia operativa de 7 Km
- Vuelo inteligente en modos Draw, Active Track, Tap Fly, regresa automáticamente al punto de origen y Modo Gesture.
- Velocidad de 72 Km/h.
- Sistema de visión delantera
- Visión trasera
- Visión hacia abajo
- Altitud máxima de 6000 metros.
- Transmisión de imagen y video: Lightbridge
- Frecuencia operativa 2.4 GHz
- Dimensiones de 289.5 x 289.5 x 196 mm
- Peso de 1388 gramos

#### **Características de la cámara del dron Phantom 4 Pro**

- Sensor CMOS de 1" de 20 MP
- Objetivo FOV: 84 ° con apertura de f/2.8 - 11. Mínima distancia de enfoque de 1 metro a Infinito en Autofoco.
- Rango ISO video: 100 a -3200 Auto / 100 - 6400 Manual
- Rango ISO Foto: 100 a -3200 Auto / 100 - 12800 Manual
- Velocidad del obturador. Electrónico de 8 a 1/8000 seg. Mecánico de 8 a 1/2000 segundo
- Aspectos de tamaño de imagen: 3:2 (5472x3648), 4:3 (4864x3648) y 16:9 (5472x3078)
- Video máximo de 100 Mbps
- Soporta archivos FAT32 ( $\leq$  32 GB) y ex FAT ( $>$  32 GB)
- Soporta archivos de foto en JPG (JPEG), DNG (RAW)
- Soporta formatos de video MP4/MOV (H.264/AVC; H.265/HEVC)

#### **Modos disponibles para fotografía:**

- Foto a Foto
- Disparo en ráfaga. Número de fotos: 3 / 5 / 7 / 10 / 14
- Compensación de la exposición automática 3 / 5 a 0.7 EV

- Intervalo de 2 / 3 / 5 / 7 / 10 / 15 / 20 / 30 / 60 segundos

### 1.1.1.9 CARACTERÍSTICAS DE ESTACIÓN TOTAL

Referente a las características de estación total son los siguientes:



Fuente: Tesista

### FOTOGRAFÍA N° 2: ESTACIÓN TOTAL TOPCON CYGNUS 2LS

#### Estación Total Topcon Cygnus 2LS

El CYGNUS 2LS “ofrece rendimiento superior a un precio inmejorable para sus aplicaciones de agrimensura y construcción. Su construcción es resistente para sobrevivir en condiciones extremas y, al mismo tiempo, es fácil de configurar y ponerse a trabajar rápidamente. Cygnus puede operar a 200 m sin usar un reflector y hasta 2000 m utilizando un único prisma. Tiene incorporado un puntero láser para ayudarle en la demarcación. Con una interfaz alfanumérica de 24 teclas, una memoria capaz de almacenar 24.000 puntos, y hasta tres días de operación con una sola carga, Cygnus es la solución perfecta para la agrimensura de nivel de trabajo medio y demarcación de construcción”. (Topoequipos S.A, 2015)

#### Principales características del Cygnus 2LS

- Precisión del ángulo: 2"
- Resolución del ángulo: 1"/5"

- Rango de EDM: 2000 m con un único prisma. 200 m sin reflector
- Tiempo de medición: 1.1 segundo
- Impermeabilidad: IP54
- Duración de la batería: (20° C) aprox. 23 hrs.

Características y especificaciones de la Estación Total Topcon Cygnus 2LS

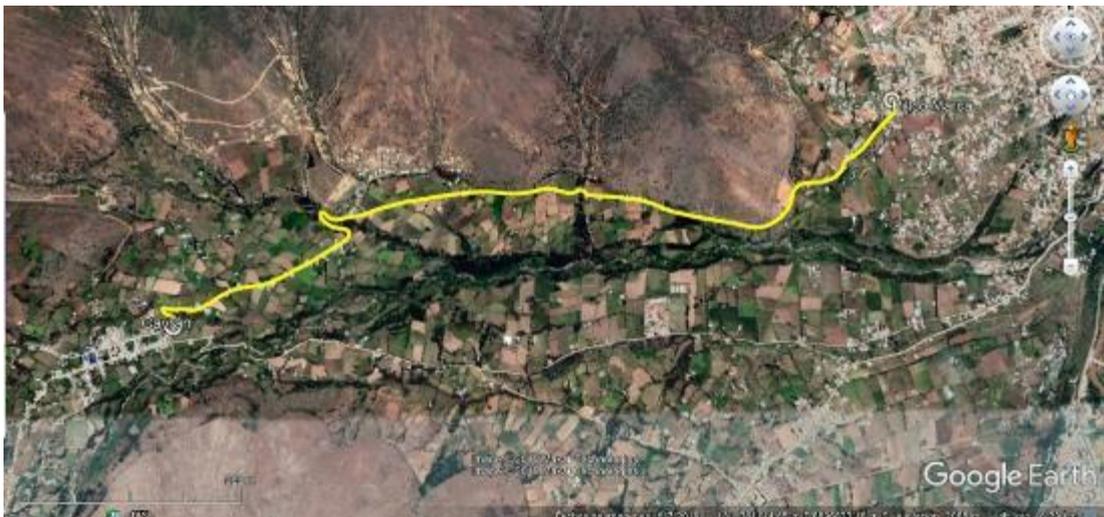
Características	Descripción
<b>► TELESCOPIO</b>	
Ampliación	30x
Imagen	Erecta
Campo de visión	1°30'
Poder de resolución	3,0"
Distancia mínima de enfoque	1,3 m
<b>► MEDICIÓN DE ÁNGULOS</b>	
Resolución de la pantalla	1"/ 5"
Precisión	2"
Compensador de eje	Un eje, $\pm 3'$ (Rango de compensación)
<b>► MEDICIÓN DE DISTANCIAS</b>	
Rango de medición – sin reflector	200 m
Rango de medición, prisma	2.000 m (un único prisma)
Precisión – sin reflector	(3+2 ppm x D) mm
Precisión – con prisma	(2+2 ppm x D) mm
Tiempo de medición (fina) – sin reflector	1,1 s
Tiempo de medición (fina) – prisma	1,1 s
<b>► INTERFAZ Y GESTIÓN DE DATOS</b>	
Pantalla	LCD gráfica
Teclado	24 teclas alfanuméricas
Ubicación del panel de control	2 lados
Almacenamiento de Datos	– 24,000 puntos
Memoria interna	
Almacenamiento de Datos	– N/A
Dispositivo de memoria Plug-in	
Interfaz	Serial RS-232C
<b>► GENERAL</b>	
Niveles – Nivel de placa	30" / 2mm
Niveles – Nivel circular	10' / 2mm
Picado óptico (ampliación)	3x
Protección contra el polvo y el agua	IP54

Temperatura de funcionamiento	-20 to 50°C
Tamaño con asa	336 (Al) x 184 (En) x 172 (L) mm
Peso con batería y base nivelante	4,9 kg
Batería	BT-77Q
Tiempo de funcionamiento (20°C)	Funcionamiento (20°C) Aprox. 23 horas. 23 horas

#### 4.1.4 OPERACIÓN Y TOMA DE DATOS

Para la programación se consideró las siguientes etapas:

- Levantamiento de información topográfica con Dron a través de ortofotos (imágenes obtenidas por el dron)
- Levantamiento de información topográfica con estación total del eje de la carretera Pillco Marca - Cayrán.
- Procesamiento de datos.



Fuente: Tesista – Google earth

### VISTA SATELITAL N° 1: EJE DE LA CARRETERA PILLCO MARCA - CAYRÁN

#### 1.1.1.10 MISIÓN DE VUELO DEL DRON

La planificación del vuelo es muy importante en una misión de vuelo planificado, pues de ellos se obtendrán unos buenos resultados según las características del equipo. ver acápite 1.1.1.8 en la página 62.

Se sigue el procedimiento habitual del software para la planificación del vuelo, realizando mediante el sistema “Aerial Imaging”. Eligiendo la ficha

“Mapa” se utilizó un mapa en línea en la que se introduce la localización del área a levantar la información georeferenciada con el uso del Google Earth, posteriormente se observa la imagen satelital de toda el área a estudiar. Una vez identificado el área o sector, se procede a la descarga de la zona planificada para el trabajo de campo y para su monitoreo desde suelo.

Así mismo, se procede a realizar actividades de campo para el inicio del vuelo del dron con el fin de obtener información georeferenciada.

Ante ésta situación se considera aspectos fundamentales como los factores que podrían afectar la obtención del vuelo y una correcto levantamiento de información con el dron; éstos factores considerando las fuertes corrientes de viento, la presencia de árboles de considerable altura en zonas boscosas y la existencia de redes eléctricas que afectarían y podrían proporcionarnos datos erróneos, se vió por conveniente realizar un plan de vuelo directo, considerando el punto de apoyo como referencia para iniciar el plan de vuelo y la captura de ortofotos.

Es así que se inicia el plan de vuelo que se inicia en las coordenadas y finalizan en las coordenadas siguientes:

**TABLA N° 3: COORDENADAS DE INICIO Y FIN**

<b>INICIO DISTRITO DE PILLCO MARCA</b>	<b>FINAL DISTRITO DE CAYRÁN</b>
362651.23 m E	359469.71 m E
8897567.96 m S	8896454.59 m S
2026 msnm	2204 msnm



Fuente: Tesista

### FOTOGRAFÍA N° 3: PUNTOS DE APOYO



Fuente: Tesista

### FOTOGRAFÍA N° 4: INICIO DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN GEOREFERENCIADA

#### 1.1.1.11 PLANIFICACIÓN DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE ESTACIÓN TOTAL

Para la realización se consideró trabajar con un equipo de características modernas. Ver acápite 1.1.1.9 en la página 64. Considerando a la estación total como herramienta que integra (Torres y Villate, 2001) en un

equipo con las funciones planteadas y programadas por el teodolito electrónico, un medidor y microprocesador para realizar los cálculos que sean necesarios y determinar las coordenadas geográficas rectangulares de los puntos del terreno. (Pachas L., 2009).

El levantamiento topográfico longitudinal “son los levantamientos que sirven para estudiar y construir vías de transporte o comunicaciones como carreteras, vías férreas, canales, líneas de transmisión, acueductos, etc”. (Cruz Meléndes, Eduardo; Rodríguez Mandéz, Anastacio, 2008)

En todas construcciones, como es natural, la precisión es una necesidad absoluta para el correcto funcionamiento de una obra. Las dos funciones esenciales para las que se usaría la estación total son las siguientes: Levantamiento de información topográfica del campo, así como la medición y representación gráfica de la realidad como producto final en planos o mapas.

### **Paso 1: Montaje de la estación total**

Para el inicio de las actividades de trabajo de campo, se debe reconocer que lo más tedioso corresponde a la instalación del trípode el cual a través de la costumbre se hará mucho más fácil, el cual con la constancia y con la persistencia y la necesidad de poder instalar constantemente en los tramos de un proyecto se hará costumbre en el equipo humano.

Es recomendable realizar un trabajo rápido y en equipo y para lo cual se debe seguir una programación de procedimiento en menos de 3 minutos. La manera de armado de la estación total se puede realizar en 3 partes que vienen a ser las siguientes:

### **Referenciación y marcado del punto de control**

Para el cumplimiento de esta parte sideral:

1. Buena visibilidad, se debe considerar una localización de fácil visibilidad, así como también de acceso no muy difícil con el fin de agilizar el trabajo.

2. Seguridad, es una etapa muy importante que no se debe dejar de lado y que, por tanto, se debe considerar un equipo adecuado de protección personal ante clima y otras eventualidades según la actividad a realizar si puede ser en área urbana o zona rural.

### **Montaje y ajuste de la estación total**

Esta parte es muy importante, pues definirá el resultado correcto.

1. Montaje del trípode, para este capítulo se recomienda seguir el procedimiento correcto adecuado y recomendar de las patas plegadas y apoyándolo de pie sobre el punto con el trípode. Luego se procederá soltar los seguros para que las patas se extiendan y levantar desde la base superior hasta aproximadamente el nivel de la barbilla del operador. Y, por último, asegura los seguros para fijar la longitud de las patas.
2. Se separarán las patas del trípode, revisando que estén a la misma distancia y la cabeza del trípode se encuentre totalmente nivelado.
3. Se procede a colocar el trípode de manera que la cabeza esté por encima del punto topográfico y posteriormente se asegura bien las patas del trípode al suelo.

### **Nivelación de la estación total**

posteriormente a la instalación del instrumento topográfico se procederá a:

1. Como primera parte se deberá ajustar la altura de las patas evitando movimientos bruscos en el nivel.
2. Como segunda parte se puede mover los tornillos de la estación total para conseguir movimientos más finos buscando la horizontalidad del aparato. Dichos tornillos se moverán con mucho cuidado hasta llevar la burbuja del nivel al centro del ojo de buey.

Para posteriormente girar 90 grados para cotejar la nivelación en el aparato.



Fuente: Tesista

## FOTOGRAFÍA N° 5: EJE VERTICAL CORREGIDO DE ESTACIÓN TOTAL

### Paso 2: Selección del archivo de trabajo

Se procede al encendido del instrumento topográfico pulsando “ON” en el teclado del tablero. Y una vez encendido se busca el menú principal, el cual se encuentra en tres categorías básicas:

1. Medición: con la que se realiza las mediciones.
2. Memoria: para administrar los archivos con los que se viene trabajando.
3. Configuración: para posibles modificaciones en la configuración del aparato.

El procedimiento antes mencionado corresponde a la apertura de un archivo o continuidad de trabajo del día anterior, por ejemplo, o para el reinicio de actividades anteriores guardadas en el equipo.

### Paso 3: Toma de datos

posteriormente de haber realizado las actividades mencionadas se procede al inicio de actividades para el levantamiento de información georeferencia o topográfica.

Iniciando con la colocación de un nuevo punto donde creamos conveniente y asignándole una identificación (también se puede marcarlo con

pintura o con una estaca de madera), posteriormente a esto colocamos el prisma encima y en dirección a la estación, procediendo a anotar sus coordenadas y guardarlas.

Es así que se debe continuar el procedimiento en las siguientes etapas, y repitiendo las veces que sean necesarias (cuantos datos obtenidos tendremos mayores y mejores detalles), para así tener un buen número nube de puntos, que van a ser las que luego den forma al plano o mapa topográfico.

Posteriormente se puede realizar el procesamiento de datos de campo con la ayuda de equipos informáticos para la obtención de la información requerida para el proyecto u obra de ingeniería.

### **Procedimiento de levantamiento de información de campo - Polígono**

Para esta etapa del trabajo se procede a un reconocimiento de la zona con el fin de identificar la geomorfología y la posterior ubicación e identificación de los vértices de dicha Poligonal de apoyo, realizando la medición de ángulos Horizontales, Verticales y Distancias, para lo cual utilizamos la Estación Total

#### **Medición de Ángulos Horizontales y Verticales**

Esta actividad se realiza apoyado en la Estación Total marca Topcon, ver características en la página 62, considerando una precisión al segundo, mediante el uso de equipo y observación a los prismas ubicados en cada vértice de dicha Poligonal; obteniéndose ángulos Internos (Horizontales), y ángulos Directos (Verticales).

#### **Medición de Distancias y Taquimetría**

Para esta etapa se procede a la medida de lados del polígono apoyados en el distanciómetro de la Estación Total cuya precisión es de 0.001 mts. Aproximadamente



Fuente Tesista

## FOTOGRAFÍA N° 6: PUNTOS DE CONTROL DE ESTACIÓN TOTAL



Fuente: Tesista

## FOTOGRAFÍA N° 7: ALMACENAMIENTO DE DATOS – ESTACIÓN TOTAL

### 4.1.5 DESARROLLO DE TRABAJO EN GABINETE

Para el procesamiento de datos obtenidos se realizó el procesamiento con el software especializado Global Mapper. Siendo un programa capaz de procesar imágenes aéreas y oblicuas tomadas por UAV, en orto mosaicos 2D georreferenciados, así como modelos 3D de superficie y nubes de puntos obtenidos trabajo de campo.

Posteriormente los resultados obtenidos son exportables a cualquier GIS, CAD o software de fotogrametría tradicional georeferenciada, por lo que serán procesados a través de software en una de estas plataformas para obtener un producto cartográfico en mapa y plano topográfico.

#### **1.1.1.12 PROCESADO DE DATOS DEL DRON**

Los datos obtenidos fueron compilados y procesados informáticamente obtenidos del vuelo y levantamiento de información técnica y procesados con el software, Global Mapper.

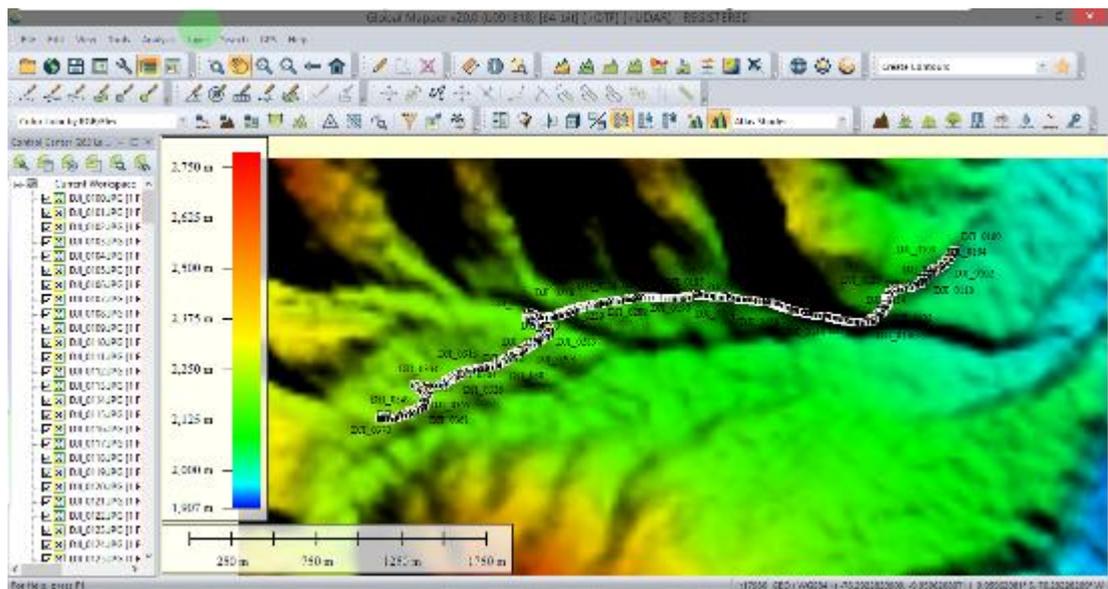
Global Mapper es software muy potente y fácil en su aplicación que armoniza una gama completa de herramientas para el tratamiento de datos tratamiento de datos geo espaciales, con un acceso a una diversidad sin precedentes de formatos de datos. Desarrollado tanto para profesionales SIG, este software es también idóneo como herramienta independiente de gestión y procesamiento de datos SIG, o como complemento a un SIG existente.

El software de procesamiento geo repelen guiado Global Mapper incluye la posibilidad de acceder directamente a varias fuentes cartográficas en línea a través de enlaces y de imágenes, mapas topográficos, y los datos DEM/DSM. Incluyendo el acceso a las imágenes de color de alta resolución de Digital Globe para el mundo entero, también considera mapas detallados de calles de OpenStreetMap.org, y el acceso a la base de datos completa de TerraServer-USA/MSRMaps.com imágenes de satélite y mapas topográficos de la USGS libre de cargo. Global Mapper, actualmente tiene la capacidad de acceder fácilmente a fuentes de datos técnicos de formato WMS, y que incorpora en el acceso a los datos de elevación e imágenes de color, pudiendo tener la posibilidad de configurar la elevación y datos vectoriales en 3D real, con la superposición de imágenes de cualquier dato cargado sobre ellas. (Geosoluciones, 2019)

También el software en fotogrametría puede importar y procesar información con los datos de vuelo y las imágenes recogidas por dron. Produciendo imágenes ortofotos, nubes de puntos 3D y modelos digitales de

superficie más conocido como DEM. Generando imágenes de gran tamaño y generar mosaicos de forma automática.

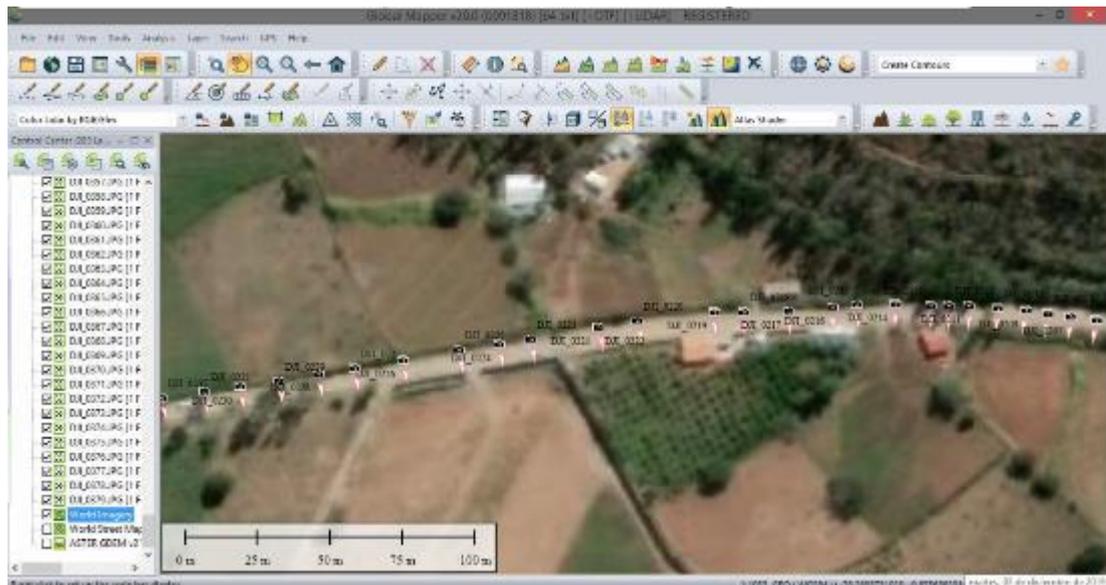
En la IMAGEN N° 1, se puede evidenciar el proceso de las 280 imágenes sobre una capa ASTER GDEM procesándose informáticamente en formato Geo TIFF con coordenadas geográficas lat./long., con una resolución geoespacial de 30 metros con una referencia al geoido WGS84/EGM96. (Ministerio del Ambiente del Perú, 2019).



Fuente: Tesista

### **IMAGEN N° 1: EJE DE CARRETERA PILLCO MARCA – CAYRÁN EN GLOBAL MAPPER**

En la IMAGEN N° 1, se puede evidenciar la superposición de imágenes generadas con el dron en el eje de la carretera Pillco Marca – Cayrán.



Fuente: Tesista

## IMAGEN N° 2: IMÁGENES DEL DRON EN VISTA AÉREA

### 1.1.1.13 PROCESADO DE DATOS DE ESTACIÓN TOTAL

Consta de las sucesivas fases mencionadas a continuación:

- Compilación de datos y comprobaciones generales de Estación total.
- Diseño y generación de planos topográficos con las cuotas correspondientes.

### ELABORACION DE PLANOS

en esta etapa se recurrió al procesamiento de datos obtenidos con los instrumentos topográficos de campo, y para lo cual se ha recurrido al software Autocad Autocad Civil 2019, con el cual se elaboraron los planos con las cuotas correspondientes para su identificación del área de trabajo, asimismo se debe mencionar que estos datos procesados pueden ser exportados a otros softwares de ingeniería como el Arc Map, a través de su aplicación ArcGIS.

### Procesamiento de la información topográfica de campo

La información obtenida en el proceso de levantamiento de información geográfica topográfica del área de estudio fue compilada y procesado con software actualizado con el fin de obtener el mejor resultado procesos esperados presente estudio.

Como primer paso fue el procesamiento y compilado a través de un software denominado Excel que corresponde a la firma Microsoft Office, en la cual, se compiló la primera etapa de los datos obtenidos de la memoria externa del instrumento topográfico, en esta etapa también se puede mencionar que se procedió a trabajar con la hoja de cálculo de los datos siguientes:

<i>N° Punto</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>
-----------------	----------	----------	----------

Posteriormente a la compilación en la hoja de cálculo se procede a exportar en el software de ingeniería conocido como Autocad Civil, y que a través de ciertos comandos se procedió a efectuar el procesamiento y reconocimiento del principal eje del proyecto para posteriormente continuar con sus detalles correspondientes, al mismo tiempo, se debe mencionar que es en este programa donde se procesa la configuración y geo referenciación del sistema de coordenadas a ser usado, siendo en esta oportunidad el sistema de coordenadas UTM WGS84 el cual nos arrojará las grillas con sus respectivas coordenadas y su altitud o cuotas correspondientes.

Con los datos obtenidos de levantamiento topográfico se procedió a diseñar el eje de la carretera en el sistema UTM. (Universal Transverse Mercator) WGS84, con los siguientes detalles para su procesamiento:

- Resumen de dirección horizontal.
- Se procedió a efectuar el cálculo de la excentricidad vertical considerando la diferencia entre la altura del instrumento técnico y altura de la señal vista del prisma. Haciendo uso de la fórmula:

$$\frac{-(t - \acute{o})\text{Sen } Z}{St. \text{sen } 1''} \quad (1)$$

La otra corrección por refracción y curvatura que siempre es positiva se empleó la fórmula de:

$$C = \frac{St. \text{Km}^2 \times 0.0683}{St. \text{sen } 1''} \quad (2)$$

Donde  $St$ . Km2 es la distancia inclinada indicada en Km2., Adicionando las correcciones por excentricidad, refracción y curvatura a la distancia zenital observada, obteniendo la distancia zenital corregida.

- De igual manera se siguió para las distancias zenitales recíprocas.
- El ángulo medio y/o semi diferencial de la distancia zenital corregida recíproca y directa también tienen valores positivos y negativos.

Las distancias horizontales y verticales, así como los desniveles se obtuvieron por las fórmulas:

$$DH = St. \cos h \quad (3)$$

$$DV = St. \sen h \quad (4)$$

Donde:

- DH = Distancia horizontal
- DV = Distancia vertical o desnivel
- St = Distancia inclinada corregida
- h = Angulo medio
- Z = Distancia zenital observada

Teniendo en consideración que el error de cierre vertical está dado por la adición de los desniveles positivos y negativos de una poligonal cerrada debe ser igual a cero. Este error de cierre vertical debe ser compensado distribuyéndose la corrección a las longitudes de los lados de la poligonal.

### **Factor de escala**

Para el "Factor de Escala" del Sistema UTM., se usó la siguiente fórmula:

$$K = 0.9996 [1 + (XVIII)q^2 + 0.0003 q^4 ] \quad (5)$$

Donde:

- (XVIII) = 0.012377
- q = 0.000001E
- E' = E - 500,000

## Cálculo de coordenadas planas

Con los datos obtenidos azimuts planos de cuadrícula realizados los ajustes por cierre azimutal y hechas las correcciones necesarias a los vértices observados y a las distancias horizontales, se convirtieron los valores esféricos a valores planos procediéndose luego al cálculo de la coordenada planar mediante las fórmulas:

$$DN = d \cos ac \quad (6)$$

$$DE = d \sin ac \quad (7)$$

### Donde:

- ac = Es el azimut plano o de cuadrícula
- d = Distancia de cuadrícula
- DN = Incremento o desplazamiento del Norte
- DE = Incremento o desplazamiento del Este

Estos valores se añaden a las coordenadas de un ángulo y encontrar el ángulo siguiente y así sucesivamente hasta completar la poligonal abierta o cerrada según la información de campo.

Al comparar las coordenadas fijas del ángulo de inicio con las calculadas, se encuentra una discrepancia tanto en coordenadas (norte) como en abscisas (este). Este contraste es el error de cierre de posición o error de cierre lineal, cuyo valor es:

$$ep = [(eN)^2 + (eE)^2]^{1/2} \quad (8)$$

### Donde:

- eN = Error en el Norte
- eE = Error en el Este

## Compensación

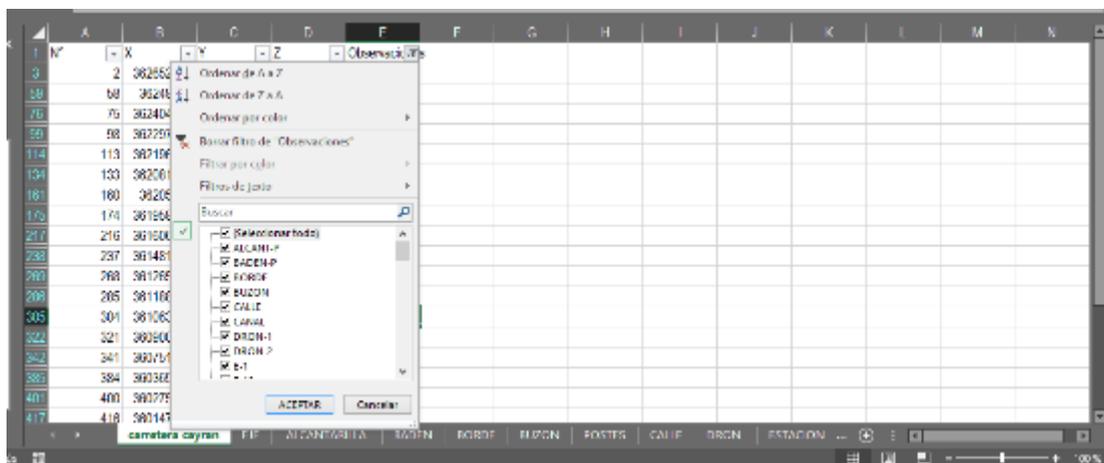
Debido al “error de cierre lineal”, las coordenadas calculadas deben ser corregida mediante una compensación, que consiste en distribuir ese error proporcionalmente a la longitud de cada lado.

Haciendo uso de la fórmula:

$$C = \frac{d}{\sum d} \times eN \text{ ó } eE \quad (9)$$

Donde “d” es la distancia de un lado  $\sum d$  es la suma de las distancias o longitud de la poligonal; eN y eE son los errores en Norte y en Este respectivamente. (Municipalidad Dist. Pachacamac, 2011)

Ante esta situación antes descritas, se puede confirmar que con una correcta aplicación de una Estación total con su prisma se obtiene una precisión adecuada para trabajos de ingeniería.



Fuente: Tesista

### IMAGEN N° 3: BASE DE DATOS PARA PROCESO EN EXCEL

## 4.2 CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

### Hipótesis general

#### a) Hipótesis alterna (Ha):

El uso de Dron optimiza costos, rapidez y precisión en el levantamiento topográfico de la carretera Pillco Marca - Cayrán, en comparación con método tradicional. Su aporte técnico contribuye en el trabajo de campo.

#### b) Hipótesis nula (H0):

El uso de Dron no optimiza costos, rapidez y precisión en el levantamiento topográfico de la carretera Pillco Marca - Cayrán, en

comparación con método tradicional. No considera aporte técnico en el trabajo de campo.

### **Hipótesis específicas**

#### **a) Hipótesis alterna (Ha1):**

Al identificar los parámetros X, Y y Z según procedimiento de campo con dron se podrá conocer la zona de estudio.

#### **b) Hipótesis nula (H01):**

Al identificar los parámetros X, Y y Z según procedimiento de campo con dron no se podrá conocer la zona de estudio.

#### **c) Hipótesis alterna (Ha2):**

Al identificar los parámetros X, Y y Z según procedimiento de campo con estación total se podrá conocer la zona de estudio.

#### **d) Hipótesis nula (H02):**

Al identificar los parámetros X, Y y Z según procedimiento de campo con estación total no se podrá conocer la zona de estudio.

#### **e) Hipótesis alterna (Ha3):**

Al identificar las coordenadas X, Y y Z obtenidas por el dron y estación total se podrá conocer el costo y rapidez en el desarrollo del presente estudio.

#### **f) Hipótesis nula (H03):**

Al identificar las coordenadas X, Y y Z obtenidas por el dron y estación total no se podrá conocer el costo y rapidez en el desarrollo del presente estudio.

### **Caso de la investigación**

La vía de estudio comprende una carretera vecinal que une el distrito de Pillco Marca con la capital del Distrito de Cayrán en doble sentido sin separación, ver coordenadas **TABLA N° 3: COORDENADAS DE INICIO Y FIN** en la página 67.

Longitud: 4+042  
 Ancho de calzada: 4.00  
 Berma: 0.50 cada lado

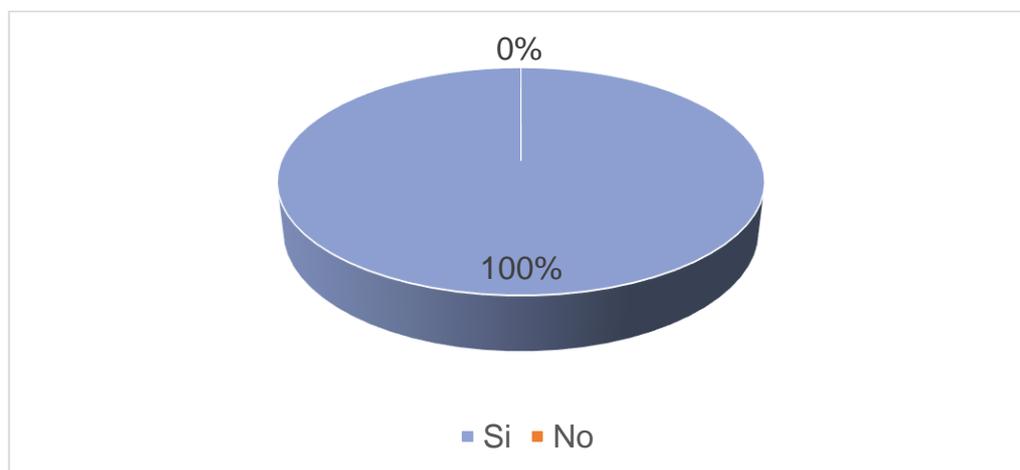
### Análisis e interpretación de la investigación

#### Hipótesis 1:

**TABLA N° 4: RESULTADO – INDICADOR: PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS 1**

Parámetros de evaluación		Si	No
1	¿Se identificó las coordenadas X, Y y Z?		X
2	¿Se conoce la zona de estudios?		X
3	¿Se tiene información de campo obtenido con el dron?		X

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

**FIGURA N° 6: RESULTADO – INDICADOR: PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS 1**

#### Interpretación:

En la FIGURA N° 6: RESULTADO – INDICADOR: PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS 1, no se identifica las coordenadas X, Y y Z; así mismo no se conoce la zona de estudio y del mismo modo no se cuenta con información obtenido con el dron. Por lo tanto, no se puede evidenciar parámetros para el desarrollo de la hipótesis, siendo de esta manera:

Se acepta la hipótesis alterna (Ha1)

Se rechaza la hipótesis nula (H01)

## Hipótesis 2:

**TABLA N° 5: RESULTADO – INDICADOR: PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS 2**

Parámetros de evaluación		Si	No
1	¿Se identificó los parámetros X, Y y Z?		X
2	¿Se conoce los parámetros para procedimiento de campo?		X
3	¿Se tiene información de campo obtenido con estación total?		X

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

**FIGURA N° 7: RESULTADO – INDICADOR: PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS 2**

### Interpretación:

En la FIGURA N° 7: RESULTADO – INDICADOR: PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS 2, se evidencia el 100% como resultado de la TABLA N° 5: RESULTADO – INDICADOR: PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS 2, no pudiéndose realizar el levantamiento de información correspondiente. Por lo tanto, no se puede evidenciar parámetros para el desarrollo de la hipótesis:

Se acepta la hipótesis alterna ( $H_{a2}$ ).

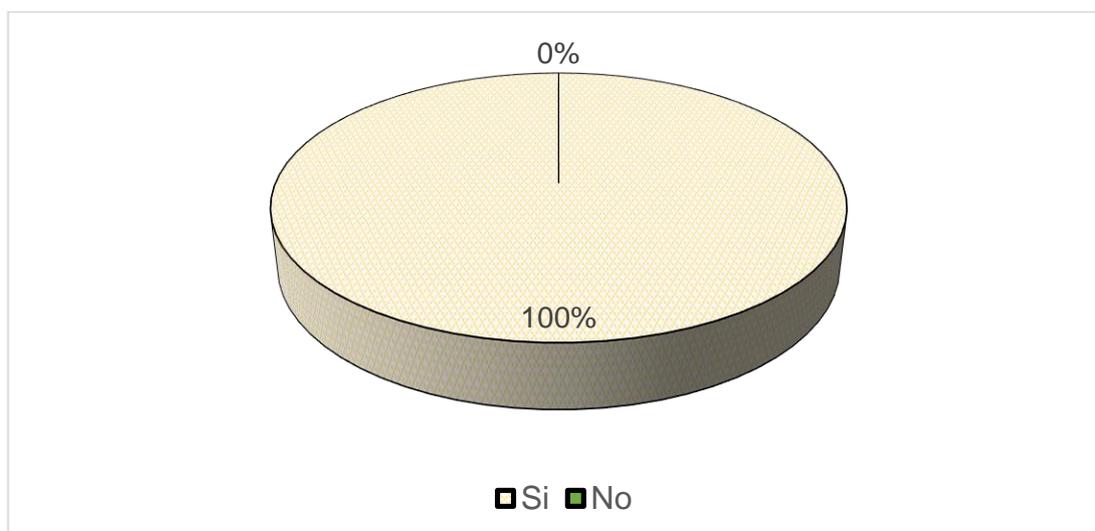
Se rechaza la hipótesis nula ( $H_{02}$ ).

### Hipótesis 3

**TABLA N° 6: RESULTADO – INDICADOR: PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS 3**

Parámetros de evaluación		Si	No
1	¿Se conocen los datos de campo obtenidos con el dron?		X
2	¿Se conoce los parámetros de campo obtenidos con la estación total?		X

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

**FIGURA N° 8: RESULTADO – INDICADOR: PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS 3**

#### Interpretación:

En la FIGURA N° 8: RESULTADO – INDICADOR: PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS 3, acumulando un 100% según la TABLA N° 6: RESULTADO – INDICADOR: PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS 3, en donde se menciona no se conocen los datos obtenidos del trabajo de campo con el dron y del mismo modo se desconocen los datos obtenidos de la estación total. Siendo de esta manera que no se puede evidenciar parámetros para el desarrollo de la hipótesis:

Se acepta la hipótesis alterna (Ha3)

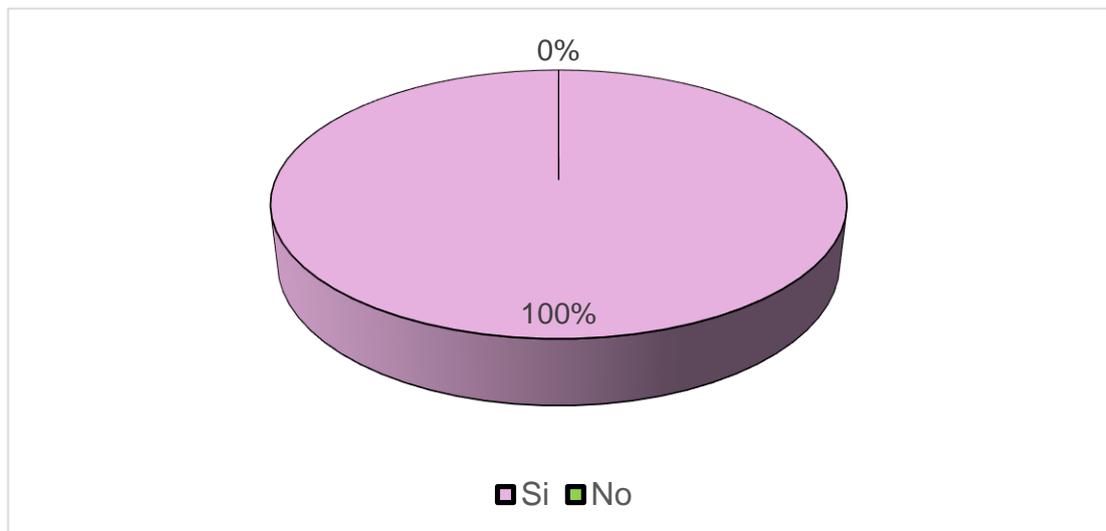
Se rechaza la hipótesis nula (H03)

### Interpretación:

Ante esta situación, se evidencia que un 100% no existen datos para procesar la información, siendo imposible poder realizar la presente sin datos X, y y Z según corresponde para su análisis de evaluación de precisión, rapidez y costos con su correspondiente comparación:

Se acepta la hipótesis alterna (Ha3)

Se rechaza la hipótesis nula (H03)



Fuente: Elaboración propia

### FIGURA N° 9: RESULTADOS DE INDICADORES DE VARIABLE INDEPENDIENTE

Con referencia a los indicadores y parámetros X, Y y Z con el uso del dron y estación total es 0%, y para lo cual no se aplica la metodología. Según (Leandro, 2017)

Ante lo evidenciado, “en el proceso cuantitativo las hipótesis se someten a prueba o escrutinio empírico para determinar si son apoyadas o refutadas, de acuerdo con lo que el investigador observa. De hecho, para esto se formulan en la tradición deductiva”. (Hernández Sampieri, Hernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

Lo fundamentado en la hipótesis contiene como factores de optimización de Costos, rapidez y precisión a través de levantamiento topográfico con dron, se sostiene que a través de levantamiento de información topográfica en

campo, queda demostrado que lo planteado en la hipótesis de la presente tesis se sostiene con los resultados obtenidos, demostrando que en los costos el uso de dron es mucho más beneficioso por requerir de mínimos recursos económicos; del mismo modo se sostiene que la rapidez queda también demostrado que optimiza su aplicación debido a que en corto tiempo se puede levantar información en muchos kilómetros cuadrados, y en cuanto a la precisión garantiza una mayor confiabilidad para poder ejecutar proyectos de ingeniería en comparación con el método tradicional del uso de estación total; la obtención del producto a mayor detalle incrementa la confiabilidad para futuros proyectos.

### 4.3 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES (DIAGRAMA DE GANTT).

**TABLA N° 7: CRONOGRAMA**

N°	ACTIVIDAD	MES 1				MES 2			
		1	2	3	4	1	2	3	4
1	Recopilación de información Bibliográfica	■							
2	Levantamiento de información de campo (Dron y Estación Total)	■							
3	Replanteo de Información Georreferenciado			■					
4	Procesamiento de datos en sistema informáticos		■						
5	Redacción			■					
6	Revisión, corrección e Impresión					■			
7	Presentación de informe final							■	

Fuente: Elaboración propia

### 4.4 PRESUPUESTO

#### 4.4.1 RECURSOS HUMANOS

Los recursos humanos requeridos para el proyecto contarán con la participación directa del tesista, un apoyo como técnico de campo y, por supuesto, el asesor de la investigación.

#### 4.4.2 RECURSOS MATERIALES

Todos los materiales se precisan en el presupuesto que serán utilizados en la medida del avance de la investigación así como papelería y útiles de oficina, materiales de cómputo, memorias, etcétera.

#### 4.4.3 RECURSOS FINANCIEROS

**TABLA N° 8: PRESUPUESTO**

DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	COSTO UNIR S/.	SUB TOTAL	TOTAL
<b>Materiales e insumos</b>					<b>153.00</b>
Papel A4	Mil	2	30.00	60.00	
Lapiceros	Unid	10	4.00	40.00	
Folder manila	Unid	10	0.50	5.00	
Cuadernos	Unid	2	3.00	6.00	
Memoria USB	Unid	1	30.00	30.00	
Disco DVD	Unid	6	2.00	12.00	
<b>Costo por Servicio</b>					<b>3,130.00</b>
Pasaje y Alimentación	Glob	1	500.00	500.00	
Copias Fotostáticas	Glob	1	100.00	100.00	
Internet	Glob	1	80.00	80.00	
Impresión	Glob	1	300.00	300.00	
Anillado	Glob	1	50.00	50.00	
Encuadernado	Glob	1	150.00	150.00	
Gasto de Sustentación	Glob	1	350.00	350.00	
Pruebas de laboratorio	Glob	1	600.00	600.00	
Alquiler Dron	Glob	1	1,000.00	1,000.00	
Imprevistos 15%	Glob				492.45
<b>Costo Total</b>					<b>3,775.45</b>

Fuente: Elaboración propia.

## CAPITULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1 PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.

Con respecto a la presente tesis, considero que es un aporte al conocimiento y el inicio a futuras investigaciones que ampliarán el horizonte prometedor del avance de la ciencia con relación al objetivo general.

Indudablemente el avance tecnológico con respecto al uso del dron es cada vez más avanzado, buscando mayor exactitud y precisión y disminución de costos, contemplados en el objetivo general de la presente tesis.

El aporte de Juan Guillermo Corredor Daza, en su tesis Implementación de modelos de elevación obtenidos mediante topografía convencional y topografía con drones para el diseño geométrico de una vía en rehabilitación sector Tuluá – Rio Frio, manifiesta que... los levantamientos topográficos efectuados con drones **economizan** mucho tiempo en levantamiento de información o referenciado y sus resultados manifiestan muy buenas precisiones que pueden ser usados y aplicados en muchos proyectos de consultoría. (Corredor Daza, 2015)

En relación con lo mencionado, se confirma que el uso del dron para levantamiento topográfico ofrece mayores ventajas por su economía y la persistencia de la información para uso en posteriores estudios.

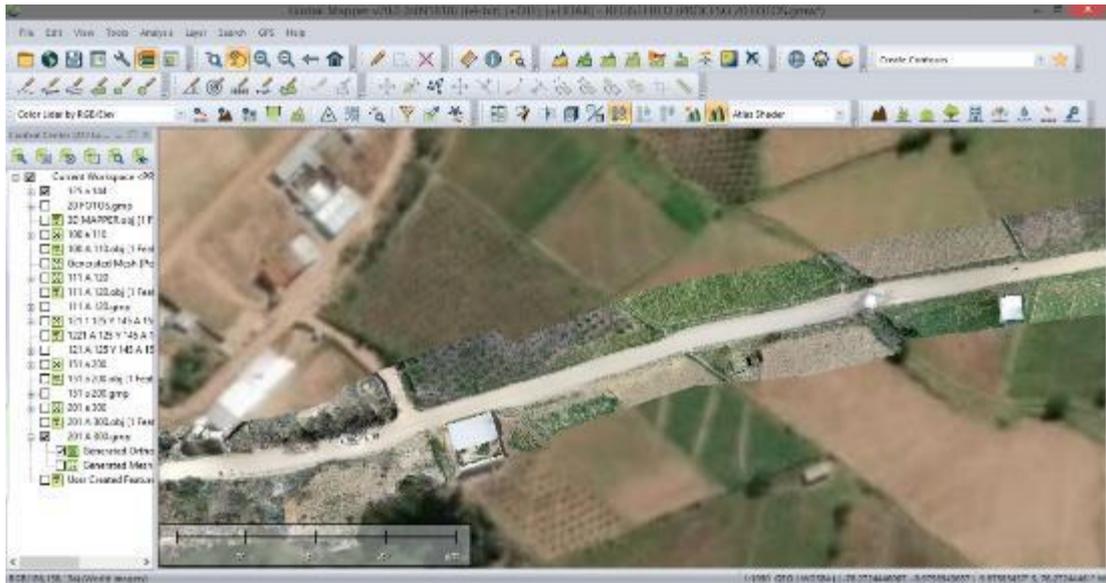
En su estudio La fotogrametría digital mediante dron como alternativa en el registro topográfico y 3D de sitios arqueológicos sostiene... “Podemos concluir que el proceso fotogramétrico aquí propuesto no solo permite un registro más eficaz y **en menor tiempo**, sino incluso más detallado que el obtenido mediante una Estación Total”. (Acosta Ochoa & Jiménez Delgado, 2020)

Como resultado del estudio antes mencionado se puede reconocer que el uso del dron para levantamiento de información topográfica es cada vez más aceptado en diversas especialidades.

Debido a las necesidades para ampliar el conocimiento sobre zonas a veces inaccesibles hoy en día Carlos Alberto Puerta Colorado sostiene en su obra Tecnología drone en levantamientos topográficos sostiene que... “Se utiliza comúnmente Drones para trabajos de ingeniería que requieran **precisiones aceptables** para hacer estudios preliminares para ejecución de proyectos de infraestructura que por accidentes geográficos y longitud considerable sean de difícil acceso y requieran bastante mano de obra de Topografía convencional para relevar superficies y detalles, teniendo en cuenta que estos estudios pueden cambiar en búsqueda de alternativas y trazados”. (Puerta Colorado, 2015).

#### **5.1.1 PUNTOS OBTENIDOS DE DRON**

Según el plan de vuelo se obtuvieron imágenes georreferenciadas conocidos como ortofotos y parte de la fotogrametría. Las cuales presentan condiciones de mapa sin errores ni deformaciones, los cuales fueron obtenidos con cámara del dron descritas en la página 62 en características de Dron.



Fuente: Diseño - Tesista

## **IMAGEN N° 4: PROCESAMIENTO DE ORTOFOTO – DRON CON GLOBAL MAPPER**

### **Imagen obtenida con cámara de Dron Phanthom Pro - DJI:**

- Dimensiones: 4863 x 3648
- Ancho: 4864 pixeles
- Alto: 3648 pixeles
- Resolución horizontal: 72 pp
- Resolución vertical: 72 pp
- profundidad de bits: 24
- Unidad de Resolución: 2
- Representación de color: sRGB
- Bits comprimidos / pixel: 3.231870022506925

### **Cámara de Dron**

- Cámara: DJI
- Modelo de cámara FC6310S
- Punto F: f/5
- Tiempo de exposición: 1/240 s
- Velocidad ISO: ISO-100
- Distancia focal: 9mm
- Apertura máxima: 2.97

- Longitud focal de 35 mm: 24

## 5.1.2 PUNTOS OBTENIDOS DE ESTACIÓN TOTAL EQUIPO

### Topcon Cignus – Modelo KS-102 – (HV4601)

Un levantamiento o captura de información topográfica con una estación total permite efectuar las mismas operaciones que se efectuaban anteriormente con otros instrumentos como como el teodolito y otros, con una diferencia que permite aprovechar los avances en microelectrónica y de la modernidad actual en la que se obtiene por medio de una pantalla digital los datos recolectados: coordenadas XYZ, distancias, y ángulos vertical y horizontal.

Realizado el trabajo de campo con la estación total, calcula automáticamente el Azimut, la distancia horizontal, distancia, pendiente y la diferencia de altitud, del Primer Punto (P1) al segundo Punto (P2).

Del mismo modo, se toma en cuenta la corrección de posibles errores como Error de orientación: Antes de utilizar una estación total se tiene que comprobarse que el eje de dirección (Z) sea perpendicular al eje secundario (K). así como el Error de inclinación que se debe a una falta de perpendicularidad entre el eje principal (S) y el eje secundario (K) de la estación total, así como el Error de índice que se presenta cuando el vértice que se forma entre la dirección cenital y la interpretación en cero del círculo vertical, específicamente cuando la lectura del círculo vertical al hacer uso del eje de puntería vertical, no es de  $90^\circ$ , sino de  $90^\circ + i$ .

Los puntos obtenidos del trabajo de campo con la estación total se procesan bajando los datos para su proceso con software Autocad Civil 3D 2019, con el cual podemos identificar la nube de puntos y posteriormente el proceso de superficie y también la generación de curvas de nivel topográfico para superponer el eje de la carretera Pillco Marca distrito de Cayrán.

## CONCLUSIONES

La presente tesis tiene como objetivo exponer las características y beneficios en la evaluación de costos, rapidez y precisión en el levantamiento topográfico con dron en comparación con el método tradicional usando Estación total.

Con el fin de demostrar las diferencias se realizó un levantamiento de información de una zona identificada con el dron de características mencionadas en la metodología de campo en la página 60, previas, iniciando el levantamiento topográfico con un dron de considerando las características específicas del dron, en la página 62, y posteriormente otro levantamiento topográfico con estación total

En la FOTOGRAFÍA N° 2: ESTACIÓN TOTAL TOPCON CYGNUS 2LSEn la FOTOGRAFÍA N° 2: ESTACIÓN TOTAL TOPCON CYGNUS 2LS, en la página 65, para posteriormente realizar las comparaciones correspondientes en buscar un mejor resultado con menor economía, mayor rapidez y mejor precisión para un producto final esperado.

Lo fundamentado en la hipótesis contiene como factores de optimización de Costos, rapidez y precisión a través de levantamiento topográfico con dron y con estación total, queda demostrado que lo planteado en la hipótesis de la presente tesis se sostiene con los resultados obtenidos, demostrando que en los **costos** el uso de dron es mucho más beneficioso económico y técnicamente; del mismo modo se sostiene que la **rapidez** queda también demostrado y que optimiza su aplicación con mayor amplitud de varios kilómetros en corto tiempo, y la **precisión** garantiza una mayor confiabilidad para poder ejecutar proyectos de ingeniería en comparación con el método tradicional del uso de estación total. Debido a la gran calidad de las orto imágenes procesadas y convertidos en nube de puntos para su procesamiento obtenido del dron.

### Comparativo de costos

Al respecto, en el sentido comparativo se evidencia en la **TABLA N° 9: COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE DRON Y ESTACIÓN TOTAL –**

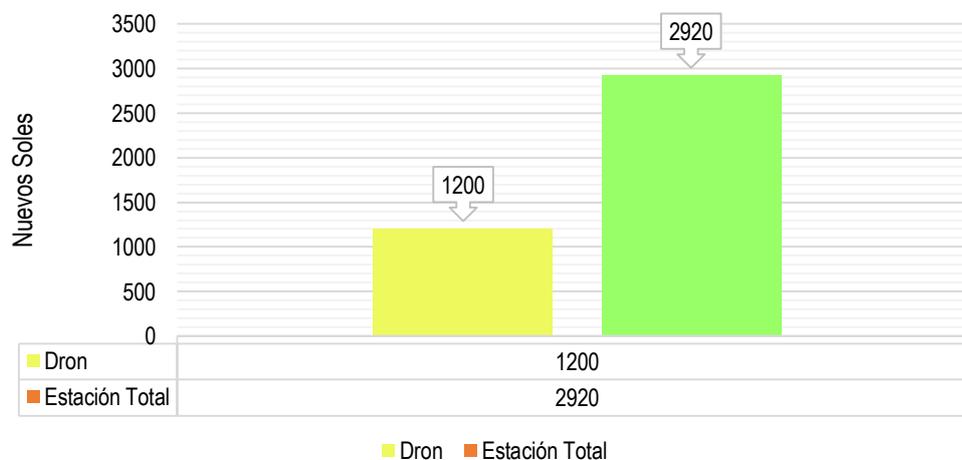
**EQUIPO Y MANO DE OBRA**, en la cual se demuestra costos de alquiler de equipos.

**TABLA N° 9: COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE DRON Y ESTACIÓN TOTAL – EQUIPO Y MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN	Levantamiento con Dron			
	UNID	CANTIDAD	C. UNIT	SUB TOTAL
<b>Presupuesto de Dron</b>				
Alquiler de Dron / piloto	Glob	1	1,000.00	1,000.00
Transporte	Glob	1	20.00	20.00
<b>Total con Dron</b>				<b>1,200.00</b>
<b>Presupuesto de estación total</b>				
Alquiler de estación Total	Glob	1	2,000.00	2,000.00
Topógrafo	Glob	1	300.00	300.00
Ayudante / prismerero	Unid	2	200.00	400.00
Movilidad	Glob	1	20.00	20.00
Refrigerio	Glob	1	100.00	100.00
Otros	Glob	1	100.00	100.00
<b>Total de Estación Total</b>				<b>2,920.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en el **TABLA N° 9: COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE DRON Y ESTACIÓN TOTAL – EQUIPO Y MANO DE OBRA**, se puede evidenciar que los costos para un levantamiento topográfico con dron son considerablemente menores y de mejores condiciones debido a la precisión, rapidez y a un menor costo de inversión en comparación con los gastos de levantamiento topográfico con estación total.



Fuente y diseño: Tesista.

**FIGURA N° 10: COMPARATIVA DE COSTOS**

En la FIGURA N° 10: COMPARATIVA DE COSTOS y TABLA N° 10: COMPARATIVO EN PORCENTAJE DE COSTO, se hace referencia y se puede verificar una considerable diferencia en S/.1,720.00 soles ver **TABLA N° 10: COMPARATIVO EN PORCENTAJE DE COSTO** por alquiler de equipos para el levantamiento de información, exponiendo que el levantamiento de información topográfica con dron es mucho más recomendable para la presente tesis.

**TABLA N° 10: COMPARATIVO EN PORCENTAJE DE COSTO**

Descripción	Soles	Porcentaje
Dron	S/.1,200.00	29.127%
Estación Total	S/.2,920.00	70.873%
<b>Total</b>	<b>S/1,720.00</b>	<b>100.000</b>

Fuente: Elaboración propia

Se puede evidenciar que existe una diferencia de 41.74 % entre costos de levantamiento de información topográfico con dron y levantamiento de información topográfica con estación total. Según TABLA N° 10: COMPARATIVO EN PORCENTAJE DE COSTO.

### Comparativo de rapidez

Mientras que con respecto a la rapidez se entiende que tiene relación directa entre distancia recorrida y el tiempo donde la velocidad tiene en cuenta la dirección. La velocidad es una magnitud vectorial y corresponde el movimiento o cambio de la posición con el tiempo, ante esto, se procedió a realizar la comparación y demostrar los objetivos de la presente tesis.

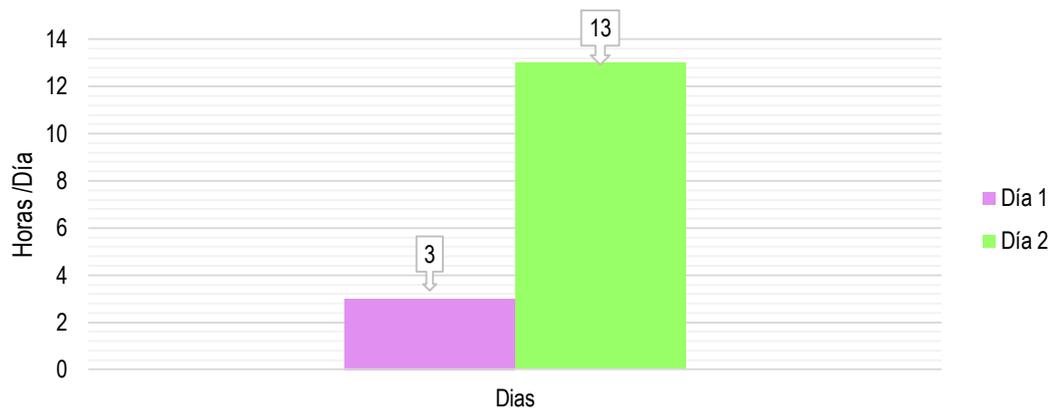
**TABLA N° 11: COMPARATIVO DE RAPIDEZ ENTRE DRON Y ESTACIÓN TOTAL**

N°	Día	Levantamiento con Dron		Levantamiento con estación Total	
		Inicio	Fin	Inicio	Fin
1	Día 1	10:00	13:00	10:00	17:00
2	Día 2	-	-	10:00	16:00
<b>Total</b>		<b>03 horas</b>		<b>13 horas</b>	

Fuente: Elaboración propia

Las evidencias anteriores mencionadas en la **TABLA N° 11: COMPARATIVO DE RAPIDEZ ENTRE DRON Y ESTACIÓN TOTAL**, se

observa una diferencia de tiempos de duración de las etapas de levantamiento de información topográfica con el Dron así como del levantamiento de información topográfica con la estación total, haciendo una jornada de 03 horas para tal efecto, mientras que con la estación total se requirió de 13 horas divididos en 02 jornadas diarias de dos días (día 1 de 07 horas y día 2 de 06 horas).



Fuente y Diseño: Tesista.

**FIGURA N° 11: COMPARATIVA DE RAPIDEZ**

Al respecto de la FIGURA N° 11: COMPARATIVA DE RAPIDEZ se evidencia que el periodo de levantamiento topográfico con Estación total requirió de 13 horas divididos en 2 días, mientras que el levantamiento de información topográfica fue de tan solo de 03 horas; quedando demostrado de la existencia de una diferencia de 10 horas de diferencia, situación que demuestra mejores condiciones y más recomendable es el uso de dron para el levantamiento de información topográfica.

### **Comparativo de Precisión**

La precisión es la proximidad o contigüidad al valor real del mismo modo que se denomina precisión a la interpretación de un instrumento de ingeniería que brinda un mismo resultado en mediciones repetidas diferentes realizadas en las mismas condiciones o al resultado deseado con exactitud.

Por último, se puede mencionar que el levantamiento de información topográfico con estación total y con el vehículo aéreo no tripulado denominado dron es de 0.02 mm como se puede evidenciar en la **TABLA N° 12: COMPARATIVO DE PRECISIÓN ENTRE DRON Y ESTACIÓN TOTAL** partiendo desde los puntos de control como referencia principal para la identificación del punto comparativo.

**TABLA N° 12: COMPARATIVO DE PRECISIÓN ENTRE DRON Y ESTACIÓN TOTAL**

Especificaciones	Punto de control 1			Punto de control 2		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Puntos de Control con dron	362647.782	8897504.146	2027.132	362642.889	8897506.142	2027.042
Puntos de control con estación Total	362647.786	8897504.143	2027.129	362642.892	8897506.141	2027.039

Fuente: Elaboración propia.

Al mismo tiempo se obtiene la información correspondiente comparativo en donde se evidencia en la diferencia entre los datos X y Y, en forma horizontal y verticalmente como datos Z, según la **TABLA N° 13: RESULTADOS COMPARATIVOS**

**TABLA N° 13: RESULTADOS COMPARATIVOS DE PRECISIÓN**

Especificaciones	Punto de control 1			Punto de control 2		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Puntos de Control con dron	0.004	0.003	0.003	0.003	0.001	0.003
Puntos de control con estación Total						

Fuente: Elaboración propia

Como se puede evidenciar en los puntos de control se puede apreciar una diferencia de clara entre las coordenadas siguientes:

**Diferencia del Punto 1:**

- Coordenadas X del punto de control 1 tiene una diferencia de 0.004°
- Coordenadas Y del punto de control 1 tiene una diferencia de 0.003°

**Diferencia del punto 2:**

- Coordenadas X del punto de control 2 tiene una diferencia de 0.003°
- Coordenadas Y del punto de control 2 tiene una diferencia de 0.001°

**Diferencia de Z (msnm)**

Coordenadas Z del punto de control 1 tiene una diferencia de 0.003 msnm

Coordenadas Z del punto de control 2 tiene una diferencia de 0.003 msnm

Por tanto, ante las evidencias mencionadas se puede señalar que existen diferencias mínimas entre la información obtenida con dron y con la información de los puntos de control de la Estación Total.

Otro de los aspectos positivos del levantamiento de información con drones es la posibilidad de usos amplios para diversos proyectos a desarrollarse en la zona, muy por el contrario, a la información obtenida con la estación total que está basado en un solo proyecto...

## RECOMENDACIONES

Para la obtención de un buen resultado se recomienda el uso de cámara de características técnicas recomendables de buena calidad para obtener imágenes de gran detalle como complemento para el dron.

Los datos obtenidos por la fotogrametría del uso del dron se recomiendan ser aplicado para ampliación de información técnica de proyectos o para anteproyectos, por contar con recomendada precisión, exactitud y por el nivel de detalles que alcanza Se sugiere realizar vuelos para comparación de datos en futuras investigaciones.

Definitivamente el resultado de las ortofotos generados por el dron es convertido en nube de puntos y procesados para la obtención de datos topográficos, especialmente en cálculo de volúmenes, localizaciones geodésicas y superficies, así como trazos de polígonos y otros de especificaciones técnicas de ingeniería.

Se recomienda que las imágenes obtenidas por el dron sean complementadas con datos topográficos de estación total como trazo del eje de vía para un proyecto de confiabilidad técnica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Ochoa, G., & Jiménez Delgado, G. (19 de set. de 2020). *La fotogrametría digital mediante dron como alternativa en el registro topográfico y 3D de sitios arqueológicos*. Obtenido de [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/33113717/Poster\\_Fotogrametria\\_Cuicuilco.pdf?1393752097=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLa\\_fotogrametria\\_digital\\_mediant\\_e\\_dron\\_c.pdf&Expires=1601483467&Signature=ETvN2-K4D0rzULpOVC5qvbmcv4jiOomdCvXwc](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/33113717/Poster_Fotogrametria_Cuicuilco.pdf?1393752097=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLa_fotogrametria_digital_mediant_e_dron_c.pdf&Expires=1601483467&Signature=ETvN2-K4D0rzULpOVC5qvbmcv4jiOomdCvXwc)
- Aguilar, M. S. (s.f.). *Drones revolucionan ejercicio profesional del Ingeniero Topógrafo*. San José - Costa Rica: Colegio de Topografos. Recuperado el 13 de Dic de 2018
- APA, N. (22 de Setiembre de 2019). *Normas APA*. Obtenido de <http://normasapa.net/elegir-diseno-de-investigacion/>
- AristaSur. (22 de junio de 2019). *La escala de los mapas topográficos*. Obtenido de <https://www.aristasur.com/contenido/la-escala-en-los-mapas-topograficos>
- BenjaBot, & Wikipedia. (13 de junio de 2019). *Estación total*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Estaci%C3%B3n\\_total](https://es.wikipedia.org/wiki/Estaci%C3%B3n_total)
- Borja Suárez, M. (2012). *Metodología de la Investigación Científica para ingenieros*. Chiclayo.
- Carretero Segarra, S. (2015). *Modelos digitales de terreno mediante fotogrametría aérea realizado con un vehículo aéreo no tripulado*. Madrid: Universidad Politecnica de Madrid.
- Casanova Matera, L. (2002). *Topografía plana*. Merida: Universidad de Los Andes - Facultad de Ingeniería - Dep. de Vías.
- Castilla, A. (18 de Octubre de 2019). *Trapezoide*. Obtenido de Altimetría: <https://trazoide.com/altimetria/>

- Chávez Angéles, A. (2018). *Aplicación de tecnología mediante equipos aéreos para mejorar el estudio topográfico de la vía Tingo-Kuelap Amazonas-2018*. Lima - Perú: Universidad Cesar Vallejo.
- Comunicaciones, V. (23 de julio de 2019). *Concepto Definición*. Obtenido de <https://conceptodefinicion.de/dron/>
- Corredor Daza, J. (2015). *Implementación de modelos de elevación obtenidos mediante topografía convencional y topografía con drones para el diseño geométrico de una vía en rehabilitación sector Tuluá – Rio Frio*. Bogota - Colombia: Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/7596>
- Cortese, A. (27 de febrero de 2020). *Técnicas de estudio - Diseño Transeccional Correlacional / Causales*. Obtenido de <https://www.tecnicas-de-estudio.org/investigacion/investigacion39.htm>
- Cruz Meléndes, Eduardo; Rodríguez Mandéz, Anastacio. (2008). *Estación total aplicada al levantamiento topográfico de una comunidad rural*. Mexico: Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura - Zacatenco.
- digitaloceanspaces. (22 de junio de 2019). *Apuntes de topografía*. Obtenido de [https://rdv-files.nyc3.cdn.digitaloceanspaces.com/pub/pdf/files\\_pdf/7/4/0/00018740.pdf](https://rdv-files.nyc3.cdn.digitaloceanspaces.com/pub/pdf/files_pdf/7/4/0/00018740.pdf)
- Ferreira, M. R., & Aira, V. G. (2010). *Aplicaciones Topográficas de los Drones*. Instituto de Geodesia y Geofísica Aplicadas, Facultad de Ingeniería, UBA, Agrimensor. Las Heras - Argentina: Departamento de Agrimensura, Facultad de Ingeniería, UBA, Agrimensora.
- Franz. (2 de octubre de 2019). *Sistema Geodésico Mundial (WGS84)*. Obtenido de <https://acolita.com/sistema-geodesico-mundial-wgs84/>
- Geosoluciones. (22 de Set de 2019). *Soluciones Integrales en Geomática e Ingeniería Geoespacial*. Recuperado el 20 de Febrero de 2020, de Global Mapper: <https://www.geosoluciones.cl/global-mapper/>

- Gidahatari. (15 de octubre de 2019). *Cuándo un ingeniero / arquitecto debe utilizar CAD o SIG (GIS) en el desarrollo de infraestructura?* Obtenido de <http://gidahatari.com/ih-es/cuando-un-ingeniero-arquitecto-debe-pasar-del-cad-al-sig>
- Glosarios. (22 de Setiembre de 2019). *Estación de control*. Obtenido de <https://glosarios.servidor-alicante.com/topografia-geodesia-gps/estacion-de-control-estacion-base>
- Glosarios. (24 de Julio de 2019). *Sistema de posicionamiento global*. Obtenido de <https://glosarios.servidor-alicante.com/topografia-geodesia-gps/sistema-de-posicionamiento-global>
- Granados Mora, D. (16 de Diciembre de 2003). *Mejoras en el proceso de laminado, para una empresa del ramo de confitería*. Obtenido de Tesis profesional:  
[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lii/granados\\_m\\_d/capitulo6.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lii/granados_m_d/capitulo6.pdf)
- Gutiérrez Pulido, H., & Vara Salazar, R. (2008). *Análisis y Diseño de Experimentos*. México: Mc Graw-Hill Interamericana.
- Guzmán Paz, J. (2018). *Pertinencia del uso de drones en la caracterización geo espacial del módulo dos junta de agua de riego de la comuna Morlán, Imbabura*. Ibarra - Ecuador: Universidad Tpecnica del Norte.
- Hernández Sampieri, R., Hernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.
- IGN - Ministerio de Defensa del Perú. (junio 2016). *Norma Técnica Geodésica - Especificaciones técnicas para levantamientos Geodésicos verticales*. Lima: Instituto Geográfico Nacional.
- Instituto Nacional de Estadística de México, I. (18 de Agosto de 2019). *Ortóimágenes*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/temas/imagenes/ortoimagenes/>

- Leandro, G. (Productor), & Leandro, G. (Dirección). (2017). *Estadística prueba de hipótesis - parte 1 conceptos* [Película].
- Marquez, F. G. (1994). *Curso Básico de Topografía - Planimetría, Agrimensura, Altimetría* (Tercera Impresión ed.). México, D.F. 03310. Col. Sta. Cruz Atoyac, México: Árbol Editorial, S.A. de c.v.
- Martínez Carricondo, P. J. (2016). *Técnicas fotogramétricas desde vehículos aéreos no tripulados aplicadas a la obtención de productos cartográficos para la ingeniería civil*. Almeria: Universidad de Almería.
- Martinez, R. (Dirección). (2018). *Cómo elegir el diseño de una tesis* [Película]. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=gOQc5IGpQIY>
- Mclaud2000. (10 de julio de 2019). *Coordenadas geográficas*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Coordenadas\\_geogr%C3%A1ficas](https://es.wikipedia.org/wiki/Coordenadas_geogr%C3%A1ficas)
- Ministerio del Ambiente del Perú. (19 de julio de 2019). *Geoservidor Minam*. Obtenido de [http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/download\\_raster.aspx](http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/download_raster.aspx)
- Montesinos, H. R. (2015). Los Drones y sus aplicaciones a la Ingeniería Civil. En F. d. Madrid, *Aplicaciones hidrológicas* (pág. 95). Madrid: Gráficas Arias Montano, S. A.
- Municipalidad Dist. Pachacamac. (2011). *Procesamiento de levantamiento topográfico*. Lima: Gerencia de Desarrollo Urbano.
- Muñoz Razo, C. (2011). *Como elaborar y Asesorar una Tesis de Investigación*. Mexico: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.
- Pachas L., R. (2009). *El Levantamiento Topográfico : Uso del GPS y Estación Total*. Trujillo, Venezuela: Academia. Obtenido de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/30397/articulo3.pdf;jsessionid=89E628C018B5D6C0A51241A8D41C5FCC?sequence=1>

Pérez Porto, J., & Merino, M. (22 de julio de 2019). *Definición de coordenadas*.  
Obtenido de <https://definicion.de/coordenada/>

Puerta Colorado, C. (2 de Set. de 2015). *Tecnología Dron en levantamientos topográficos*. Recuperado el 2020, de [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/40714250/TECNOLOGIA\\_DRONE\\_EN\\_LEVANTAMIENTOS\\_TOPOGRAFICOS.pdf?1449715165=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DTECNOLOGIA\\_DRONE\\_EN\\_LEVANTAMIENTOS\\_TOPOG.pdf&Expires=1601487113&Signature=N5NBZ7RgvPbvGqC4vqFc](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/40714250/TECNOLOGIA_DRONE_EN_LEVANTAMIENTOS_TOPOGRAFICOS.pdf?1449715165=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DTECNOLOGIA_DRONE_EN_LEVANTAMIENTOS_TOPOG.pdf&Expires=1601487113&Signature=N5NBZ7RgvPbvGqC4vqFc)

Rojas Silva, V. R., & Sánchez Vargas, I. J. (2017). *Determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con dron en la Plaza San Luis - 2017*. Trujillo - Perú: Universidad Cesar Vallejo.

Rosana, F. M., & Gerardo Aira, V. (2014). *Aplicaciones Topográficas de los Drones*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires Facultad de Ingeniería Las Heras.

Sánchez, C., López, J., & Domingo A., M. (2015). Aplicaciones a la prospección y explotación de recursos minerales. En F. d. Madrid, *Los Drones y sus aplicaciones a la ingeniería civil* (pág. 88). Madrid: Gráficas Arias Montano, S. A.

Servicios de Ingeniería Topográfica. (22 de julio de 2019). *Servicios de Ingeniería Topográfica*. Obtenido de <https://www.facebook.com/324616167645879/posts/326023037505192/>

Solano, E. (3 de octubre de 2019). *Topo2*. Obtenido de <http://artemisa.unicauca.edu.co/~esolano/Topo2.pdf>

Topoequipos. (12 de setiembre de 2019). *Que es topografía*. Obtenido de <http://www.topoequipos.com/dem/qu-es/terminologia/que-es-topografa>

Topoequipos S.A. (22 de octubre de 2015). *CYGNUS ESTACIÓN TOTAL SIN REFLECTOR - KS-102 - EQUIPO TOPOGRÁFICO*. Obtenido de <http://www.topoequipos.com/topoequipos2.0/estaciones-totales/cygnus-estacion-total-sin-reflector-ks-102-equipo-topografico>

topografia-geodesia-gps. (5 de julio de 2019). *Red geodesia*. Obtenido de <https://glosarios.servidor-alicante.com/topografia-geodesia-gps/red-geodesia>

TwoNav. (22 de julio de 2019). *¿Qué es un waypoint?* Obtenido de [http://manual.compegps.com/manual/twonav\\_31\\_es/wiki\\_twonav\\_anim/index.html#!61quesunwaypoint.htm](http://manual.compegps.com/manual/twonav_31_es/wiki_twonav_anim/index.html#!61quesunwaypoint.htm)

Wikipedia. (19 de setiembre de 2019). *Coordenadas geográficas*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Coordenadas\\_geogr%C3%A1ficas](https://es.wikipedia.org/wiki/Coordenadas_geogr%C3%A1ficas)

Wikipedia. (20 de julio de 2019). *Datum*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Datum>

Wikipedia. (22 de julio de 2019). *Lidar*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/LIDAR>

Wikipedia. (24 de setiembre de 2019). *PhotoModeler*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/PhotoModeler>

Wikipedia. (9 de Julio de 2019). *Planimetría*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Planimetr%C3%ADa>

Wikipedia. (13 de julio de 2019). *Sistema de coordenadas universal transversal de Mercator*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_coordenadas\\_universal\\_transversal\\_de\\_Mercator](https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_coordenadas_universal_transversal_de_Mercator)

WordPress. (03 de Diciembre de 2018). *Definición de Topografía*. Obtenido de <https://definicion.de/topografia/>

WordPress. (10 de Enero de 2019). *Cartografía*. Obtenido de <https://definicion.de/cartografia/>

## **ANEXOS**

**ANEXO 1: RESOLUCIÓN APROBACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO**  
**Facultad de Ingeniería**

**RESOLUCIÓN N° 1009-2019-CF-FI-UDH**

Huánuco, 07 de Octubre de 2019

Visto, el Oficio N° 933-2019-C-EAPIC-FI-UDH del Coordinador Académico de Ingeniería Civil, referente a **Manuel Orlando, ZEVALLOS ESTRADA**, del Programa Académico Ingeniería Civil Facultad de Ingeniería, quien solicita Aprobación del Proyecto de Investigación;

**CONSIDERANDO:**

Que, según Resolución N° 560-99-CO-UH, de fecha 06.09.99, se aprueba el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería, vigente;

Que, según el Expediente 2967-19, del Programa Académico de Ingeniería Civil, informa que el Proyecto de Investigación Presentado por **Manuel Orlando, ZEVALLOS ESTRADA** ha sido aprobado, y

Que, según Oficio N° 933-2019-C-EAPIC-FI-UDH, del Presidente de la Comisión de Grados y Títulos del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería. Informa que el recurrente ha cumplido con levantar las observaciones hechas por la Comisión de Grados y Títulos, respecto al Proyecto de Investigación; y

Estando a lo acordado por el Consejo de Facultad de fecha 07 de octubre del 2019 y normado en el Estatuto de la Universidad, Art. N° 44 inc.r);

**SE RESUELVE:**

**Artículo Único.** - **APROBAR**, el Proyecto de Investigación y su ejecución intitulado:

“EVALUACIÓN DE COSTOS, RAPIDEZ Y PRECISIÓN EN EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO REALIZADO CON DRON EN LA CARRETERA PILLCO MARCA DISTRITO DE CAYRAN - 2019” representado por **Manuel Orlando, ZEVALLOS ESTRADA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

**REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE, ARCHÍVESE**



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CONSEJO FACULTAD  
*[Signature]*  
Ing. JOHNNY P. JACHA ROJAS  
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
*[Signature]*  
Mg. Bertha Campos Ríos  
DECANA (U) FACULTAD DE INGENIERÍA

## ANEXO 2: RESOLUCIÓN NOMBRAMIENTO DE ASESOR DE TESIS

### UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO Facultad de Ingeniería

#### RESOLUCIÓN N° 1057-2018-D-FI-UDH

Huánuco, 07 de noviembre de 2018

Visto, el Oficio N 485-C-EAPIC-FI-UDH-2018 presentado por el Coordinador de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil y el Expediente N° 2268-18-FI, del estudiante **Manuel Orlando, ZEVALLOS ESTRADA**, quién solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación.

#### CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45<sup>a</sup> inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 2268-18-FI, presentado por el (la) estudiante **Manuel Orlando, ZEVALLOS ESTRADA**, quién solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación, el mismo que propone al Ing. Josué Choquevilca Chinguel, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27 y 28 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

#### SE RESUELVE:

**Artículo Único.- DESIGNAR**, como Asesor de Tesis del estudiante **Manuel Orlando, ZEVALLOS ESTRADA**, al Ing. Josué Choquevilca Chinguel, Docente de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Regístrese, comuníquese, archívese



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CONSEJO DE FACULTAD  
Ing. JOHIVNYA JACRE ROJAS  
SECRETARÍA DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
Mg. Bertha Campos Flores  
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

#### Distribución:

Fis. de Ingeniería - EAPIC - Asesor - Mat. y Reg. Acad. - Tde Personal - Escribana - Archivo.  
ELCR/JJR/Inte

### ANEXO 3: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Metodología	Población Y Muestra.	Análisis
<p><b>Problema General</b> ¿Cuál es la situación actual de costos, rapidez y precisión al realizar el levantamiento topográfico con Dron en comparación del método tradicional, en la carretera Pillco Marca - Cayrán?</p>	<p><b>Objetivo General</b> Evaluar costos, rapidez y precisión en el levantamiento topográfico realizado con Dron en comparación con el método tradicional, en la carretera Pillco Marca-Cayrán.</p>	<p><b>Hipótesis General</b> <b>Ha:</b> El uso de Dron optimiza costos, rapidez y precisión en el levantamiento topográfico de la carretera Pillco Marca - Cayrán, en comparación con método tradicional. <b>Ho:</b> El uso de Dron no optimiza costos, rapidez y precisión en el levantamiento topográfico de la carretera Pillco Marca - Cayrán, en comparación con método tradicional.</p>	<p><b>Variable Independiente</b> El uso del Dron</p>	<p><b>Alcance:</b> Correlacional, porque se evalúa la información obtenida de campo (coordenadas X – Y - Z) producto del uso del dron. Explicativo, porque se explica el proceso de levantamiento de información en base a la información obtenida.</p>	<p><b>Población.</b> Área de influencia de la Carretera Pillco Marca - Cayrán.</p>	<p>Información georreferenciado X, Y y Z de dron. Información georreferenciado X, Y y Z de estación total</p>
<p><b>Problemas Específicos</b> ¿Cuáles son los costos, rapidez y precisión del levantamiento topográfico tradicional de la carretera Pillco Marca-Cayrán, en función de las tolerancias mínimas requeridas normativamente? ¿Cuáles son los costos, rapidez y precisión del levantamiento topográfico realizado con Dron en la carretera Pillco Marca - Cayrán, en función de las tolerancias mínimas requeridas normativamente? ¿Existe diferencias en costos, rapidez y precisión en el levantamiento topográfico realizado por el método tradicional y el realizado con Dron, en la carretera Pillco Marca-Cayrán?</p>	<p><b>Objetivos específicos</b> Realizar el levantamiento topográfico por el método tradicional de la carretera Pillco Marca - Cayrán, determinando costos, rapidez y precisión, en función de la tolerancia mínima requerida normativamente. Realizar el levantamiento topográfico con Dron de la carretera Pillco Marca - Cayrán evaluando costos, rapidez y precisión, en función de la tolerancia mínima requerida normativamente. Comparar los resultados obtenidos teniendo en cuenta costos, rapidez y precisión, para determinar las ventajas o desventajas del uso del Dron y el método tradicional, en la carretera Pillco Marca - Cayrán</p>	<p>Al identificar los parámetros X, Y y Z según procedimiento de campo con dron se podrá conocer la zona de estudio. Al identificar los parámetros X, Y y Z según procedimiento de campo con estación total se podrá conocer la zona de estudio. Al identificar las coordenadas X, Y y Z obtenidas por el dron y estación total se podrá conocer el costo y rapidez en el desarrollo del presente estudio.</p>	<p><b>Variable dependiente.</b> Costos, rapidez, precisión en el levantamiento topográfico de la carretera Pillco Marca - Cayrán</p>	<p><b>Diseño.</b> investigación aplicada experimental, descriptiva de corte transversal correlacional</p>	<p><b>Muestra</b> Zona rural - Carretera y eje Pillco Marca - Cayrán.</p>	<p>Información georreferenciado X, Y y Z de dron. Información georreferenciado X, Y y Z de estación total</p>

**ANEXO 4: FICHA TECNICA**  
**EVALUACIÓN DE COSTOS, RAPIDEZ Y PRECISIÓN EN EL**  
**LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO REALIZADO CON DRON EN LA**  
**CARRETERA PILLCO MARCA DISTRITO DE CAYRAN-2019**  
**Tesista: Zevallos Estrada Manuel Orlando**

---

**LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON DRON**

<b>Fecha:</b>		<b>Hora:</b>	
<b>Región:</b>		<b>Provincia:</b>	
<b>Distrito:</b>		<b>Localidad</b>	

**Clima:**

**Viento:**

**Inicio de Actividades:**

<b>Coordenada Inicial</b>	<b>Coordenada Final</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Hora</b>
X: Y: Z:	X: Y: Z:		

**ANEXO 5: INFORMACIÓN DE CAMPO ESTACIÓN TOTAL XYZ - UTM - WGS84**

<b>N°</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Observaciones</b>
1	362651.106	8897567.367	2021.46	EJE
2	362657.346	8897546.945	2023.266	EJE
3	362658.389	8897534.81	2024.396	EJE
4	362652.951	8897517.54	2025.756	EJE
5	362642.601	8897501.508	2027.301	EJE
6	362627.435	8897486.401	2029.246	EJE
7	362611.153	8897470.533	2031.497	EJE
8	362593.526	8897452.915	2033.775	EJE
9	362576.608	8897433.865	2036.261	EJE
10	362557.204	8897413.729	2039.271	EJE
11	362542.121	8897396.899	2041.434	EJE
12	362527.16	8897377.532	2043.549	EJE
13	362512.513	8897359.355	2045.482	EJE
14	362497.495	8897342.034	2047.377	EJE
15	362479.167	8897324.938	2049.333	EJE
16	362459.873	8897310.663	2051.435	EJE
17	362438.939	8897297.725	2053.278	EJE
18	362418.525	8897287.793	2054.91	EJE
19	362403.079	8897272.747	2056.457	EJE
20	362394.556	8897250.157	2058.09	EJE
21	362386.304	8897234.128	2058.983	EJE
22	362382.588	8897227.185	2059.447	EJE
23	362360.124	8897210.796	2060.805	EJE
24	362338.893	8897198.916	2062.152	EJE
25	362316.96	8897191.047	2063.497	EJE
26	362296.055	8897185.801	2064.92	EJE
27	362273.144	8897185.097	2066.866	EJE
28	362230.984	8897180.582	2071.057	EJE
29	362211.287	8897177.147	2072.812	EJE
30	362190.427	8897168.607	2074.782	EJE
31	362176.044	8897155.909	2076.203	EJE
32	362166.578	8897138.372	2077.144	EJE
33	362160.921	8897116.311	2077.584	EJE
34	362157.168	8897094.979	2077.876	EJE
35	362146.794	8897071.983	2078.284	EJE
36	362133.206	8897052.658	2078.652	EJE
37	362118.734	8897036.132	2079.52	EJE
38	362100.581	8897019.694	2080.873	EJE
39	362081.474	8897006.821	2082.2	EJE
40	362061.814	8896996.802	2083.263	EJE
41	362023.839	8896985.202	2085.231	EJE
42	362000.68	8896983.031	2086.544	EJE
43	361977.689	8896984.733	2088.034	EJE
44	361956.137	8896988.798	2089.137	EJE
45	361927.039	8896994.565	2089.494	EJE

<b>N°</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Observaciones</b>
46	361903.325	8896999.194	2089.412	EJE
47	361881.012	8897003.668	2089.47	EJE
48	361856.582	8897006.763	2089.444	EJE
49	361829.215	8897011.023	2089.647	EJE
50	361805.373	8897015.663	2089.753	EJE
51	361779.374	8897020.063	2089.423	EJE
52	361750.497	8897024.347	2089.002	EJE
53	361725.859	8897029.387	2088.542	EJE
54	361700.641	8897034.514	2088.218	EJE
55	361673.034	8897041.13	2088.586	EJE
56	361649.188	8897045.596	2089.081	EJE
57	361624.506	8897050.873	2090.017	EJE
58	361606.946	8897055.192	2091.06	EJE
59	361592.066	8897059.581	2091.746	EJE
60	361570.949	8897069.285	2093.17	EJE
61	361548.727	8897078.956	2094.646	EJE
62	361522.924	8897087.543	2096.104	EJE
63	361499.017	8897094.232	2097.416	EJE
64	361472.644	8897100.57	2098.881	EJE
65	361450.222	8897103.756	2099.812	EJE
66	361425.764	8897106.196	2100.6	EJE
67	361394.624	8897110.176	2102.043	EJE
68	361372.058	8897113.704	2103.216	EJE
69	361337.717	8897117.392	2105.529	EJE
70	361312.158	8897119.113	2107.186	EJE
71	361278.116	8897120.633	2109.222	EJE
72	361258.5	8897123.205	2109.739	EJE
73	361242.411	8897129.18	2109.607	EJE
74	361206.934	8897146.551	2109.001	EJE
75	361179.427	8897132.755	2110.909	EJE
76	361156.15	8897136.686	2112.068	EJE
77	361126.858	8897141.912	2113.198	EJE
78	361102.628	8897147.334	2114.163	EJE
79	361072.255	8897155.303	2115.19	EJE
80	361054.039	8897154.177	2116.015	EJE
81	361032.186	8897146.053	2117.132	EJE
82	361005.742	8897140.814	2118.333	EJE
83	360973.999	8897133.176	2119.999	EJE
84	360944.311	8897130.029	2121.731	EJE
85	360897.341	8897128.805	2125.141	EJE
86	360871.495	8897131.24	2126.537	EJE
87	360842.222	8897133.824	2127.335	EJE
88	360816.99	8897135.174	2128.047	EJE
89	360784.496	8897137.035	2129.027	EJE
90	360758.757	8897136.47	2130.16	EJE
91	360727.745	8897133.562	2132.151	EJE
92	360703.982	8897131.997	2134.012	EJE

<b>N°</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Observaciones</b>
93	360676.925	8897127.768	2135.671	EJE
94	360644.18	8897122.396	2137.446	EJE
95	360609.414	8897117.208	2139.034	EJE
96	360580.735	8897113.381	2140.098	EJE
97	360543.063	8897105.884	2141.733	EJE
98	360508.649	8897100.854	2143.498	EJE
99	360476.744	8897095.163	2145.362	EJE
100	360410.966	8897081.726	2149.084	EJE
101	360382.136	8897076.329	2150.908	EJE
102	360338.014	8897060.769	2153.138	EJE
103	360316.841	8897054.228	2154.234	EJE
104	360288.259	8897045.298	2155.266	EJE
105	360269.622	8897038.207	2154.846	EJE
106	360258.63	8897035.066	2154.094	EJE
107	360234.746	8897030.36	2152.198	EJE
108	360211.026	8897026.809	2150.422	EJE
109	360181.8	8897019.899	2148.974	EJE
110	360151.785	8897012.336	2148.307	EJE
111	360128.861	8897017.553	2147.857	EJE
112	360110.595	8897031.802	2147.647	EJE
113	360097.079	8897003.645	2148.902	EJE
114	360120.398	8896986.998	2150.019	EJE
115	360194.627	8896964.215	2154.633	EJE
116	360200.574	8896933.087	2157.158	EJE
117	360180.936	8896917.509	2158.433	EJE
118	360160.202	8896904.09	2159.792	EJE
119	360136.995	8896888.737	2161.284	EJE
120	360112.566	8896872.817	2163.086	EJE
121	360080.785	8896851.656	2165.343	EJE
122	360052.436	8896833.309	2167.144	EJE
123	359988.72	8896800.727	2169.506	EJE
124	359955.875	8896781.996	2170.73	EJE
125	359923.71	8896764.072	2171.746	EJE
126	359874.405	8896741.481	2173.322	EJE
127	359852.488	8896733.386	2174.254	EJE
128	359822.456	8896727.511	2175.603	EJE
129	359794.09	8896723.2	2177.006	EJE
130	359759.306	8896719.084	2179.129	EJE
131	359726.194	8896711.704	2181.294	EJE
132	359691.693	8896697.522	2183.697	EJE
133	359665.131	8896683.179	2185.658	EJE
134	359640.311	8896668.709	2187.503	EJE
135	359617.452	8896654.417	2189.252	EJE
136	359584.503	8896634.664	2191.608	EJE
137	359561.292	8896624.093	2192.627	EJE
138	359544.446	8896621.315	2192.871	EJE
139	359513.729	8896623.511	2192.681	EJE

<b>N°</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Observaciones</b>
140	359483.652	8896625.015	2193.095	EJE
141	359453.848	8896624.564	2193.971	EJE
142	359432.639	8896631.706	2194.417	EJE
143	359434.69	8896606.441	2195.912	EJE
144	359460.683	8896594.128	2197.7	EJE
145	359476.812	8896580.023	2198.579	EJE
146	359477.651	8896559.66	2199.228	EJE
147	359469.639	8896537.591	2199.82	EJE
148	359463.931	8896520.183	2200.284	EJE

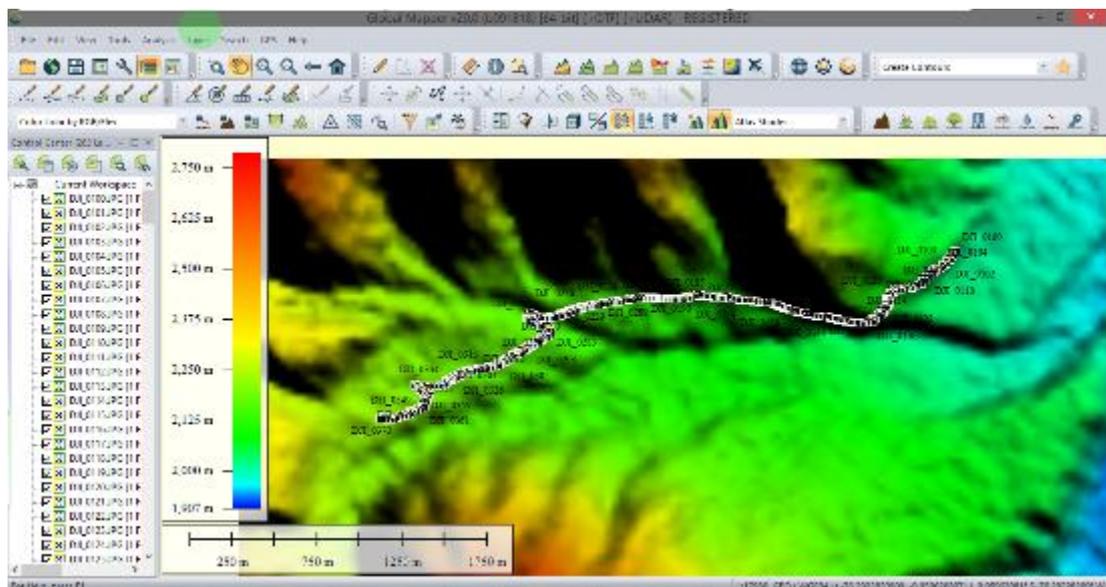
Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 6:



Fuente: Tesista

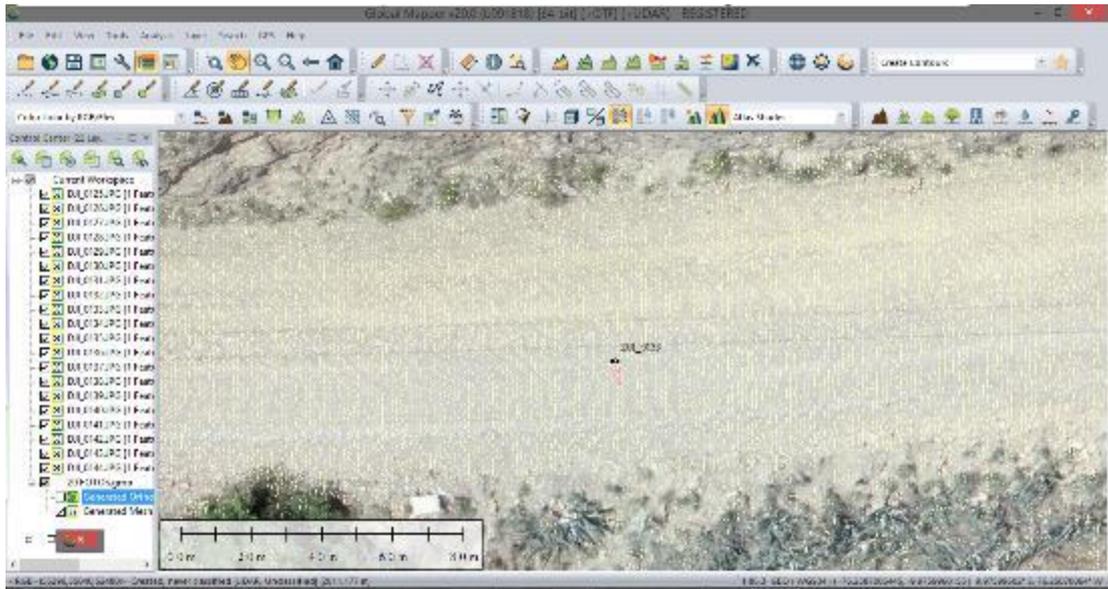
## PROCESAMIENTO DE IMÁGENES EN GLOBAL MAPPER



Fuente: Tesista

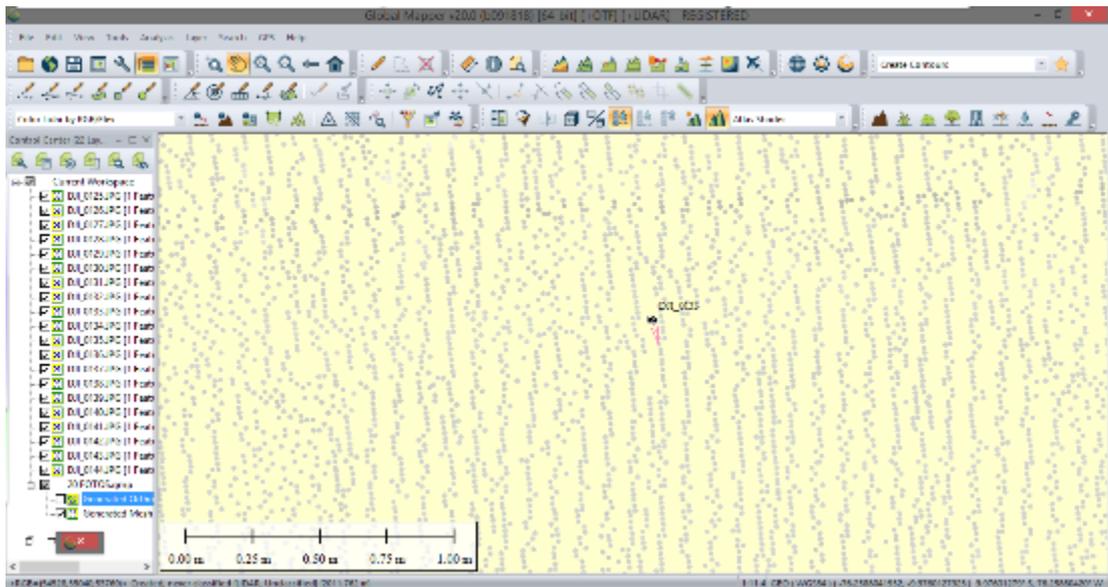
## GEOREFERENCIACIÓN DE IMÁGENES DEL DRON EN EL GLOBAL MAPPER





Fuente: Tesista

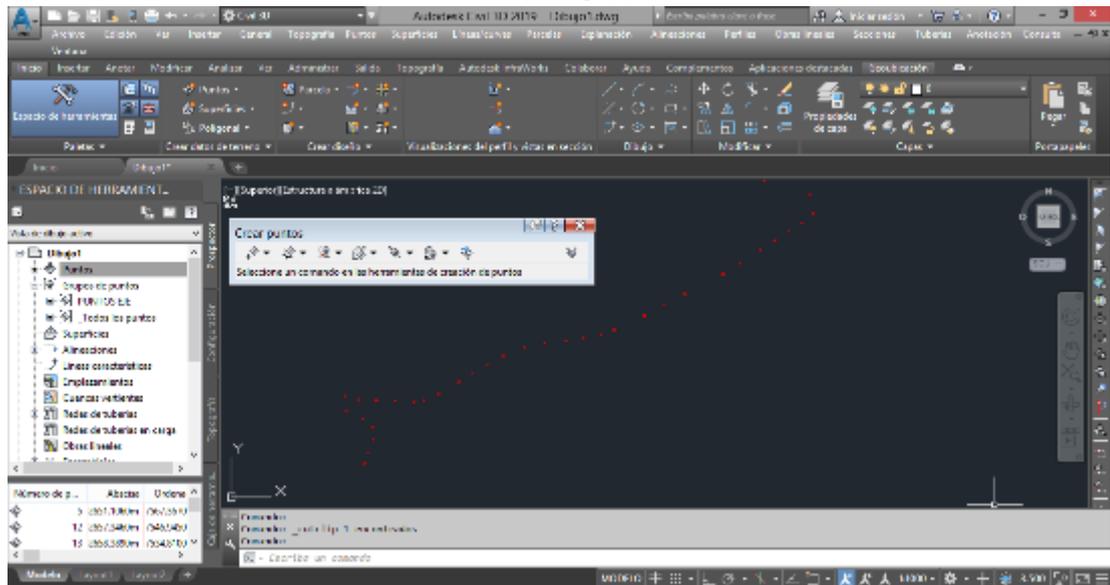
## IMAGEN CREADA CON NUBE DE PUNTOS GENERADOS CON DRON



Fuente: Tesista.

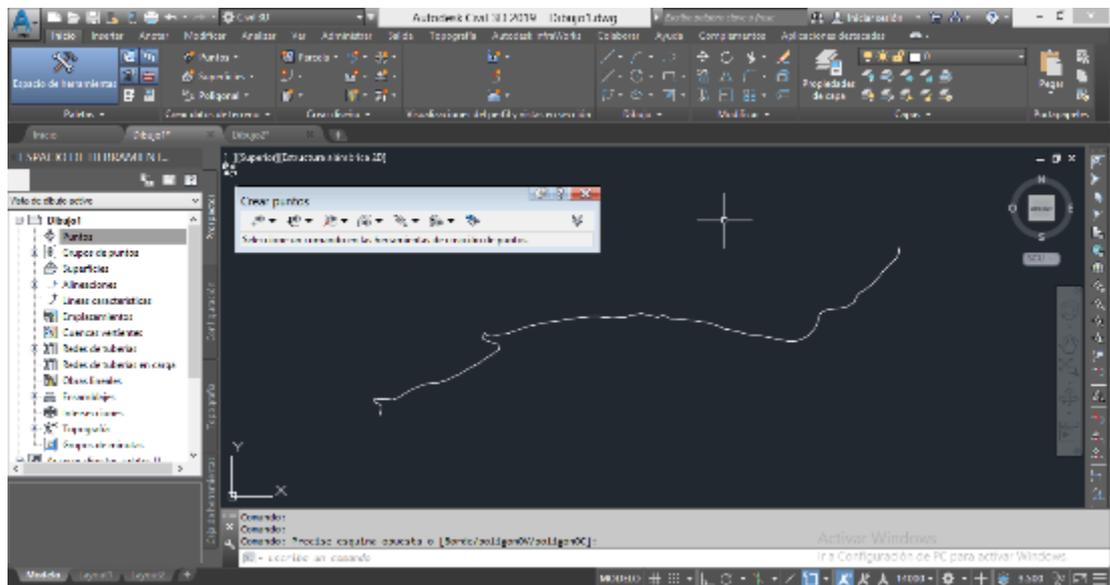
## PUNTOS QUE HACEN LA IMAGEN DE LA NUBE GENERADOS CON EL DRON

## ANEXO 7:



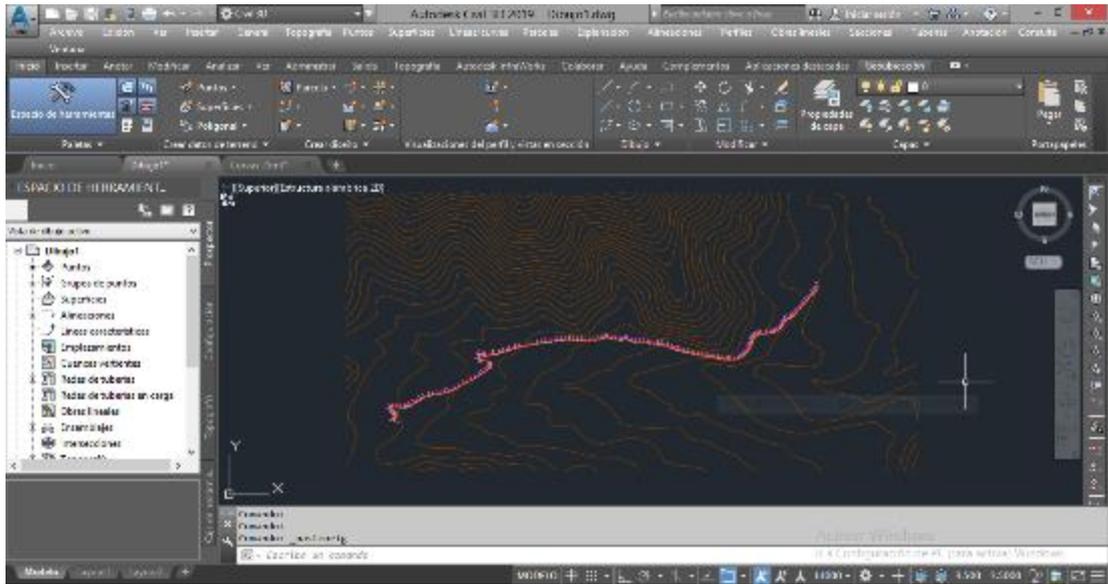
Fuente: Tesista

## PROCESAMIENTO DE DATOS DE ESTACIÓN TOTAL EN AUTOCAD CIVIL 3D



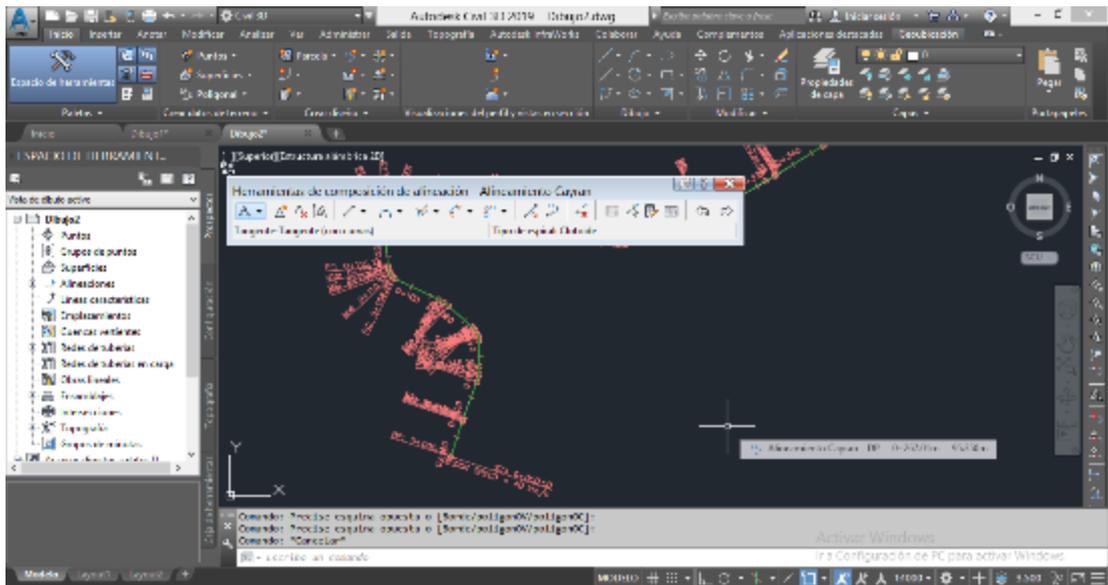
Fuente: Tesista.

## GENERACIÓN DE EJE CON DATOS DE ESTACIÓN TOTAL



Fuente: Tesista

## GENERACIÓN DE SUPERFICIES



Fuente: Tesista.

## ALINEAMIENTO DE EJE

**ANEXO 8:**



Fuente: Tesista

**IMÁGENES DE CAMPO PREPARACIÓN DEL DRON PARA INICIO DE ACTIVIDAD**



Fuente: Tesista.

**DRON PHANTHON PRO**



Fuente: Tesista

## PUNTOS DE APOYO



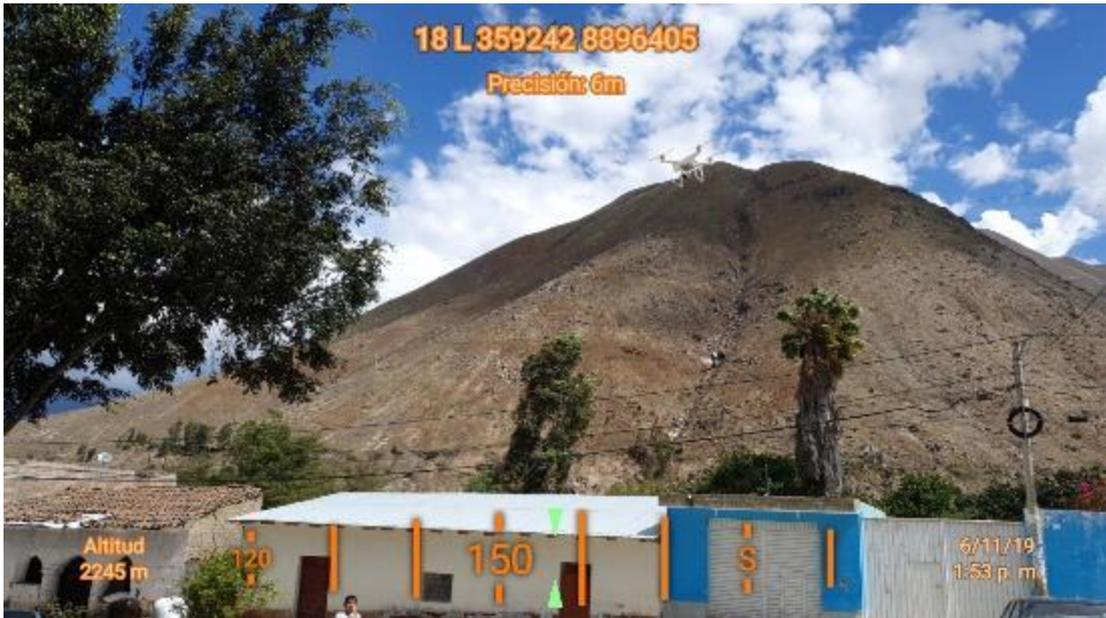
Fuente: Tesista.

## DRON EN VUELO



Fuente: Tesista

### PILOTANDO EL DRON



Fuente: Tesista.

### DRON EN LA PLAZA DEL DISTRITO DE CAYRÁN



Fuente: Tesista

**ANEXO 9: IMÁGENES DE ACTIVIDADES ESTACIÓN TOTAL**  
**ESTACIÓN TOTAL MARCA: TOPCON-CIGNUS – MODELO: KS 102**



Fuente: Tesista.

**PUNTO DE APOYO**



Fuente: Tesista

### PRISMA MANIPULA POR AYUDANTES



Fuente: Tesista

### PRISMA CIRCULAR PROPICIO PARA LAS DISTANCIAS



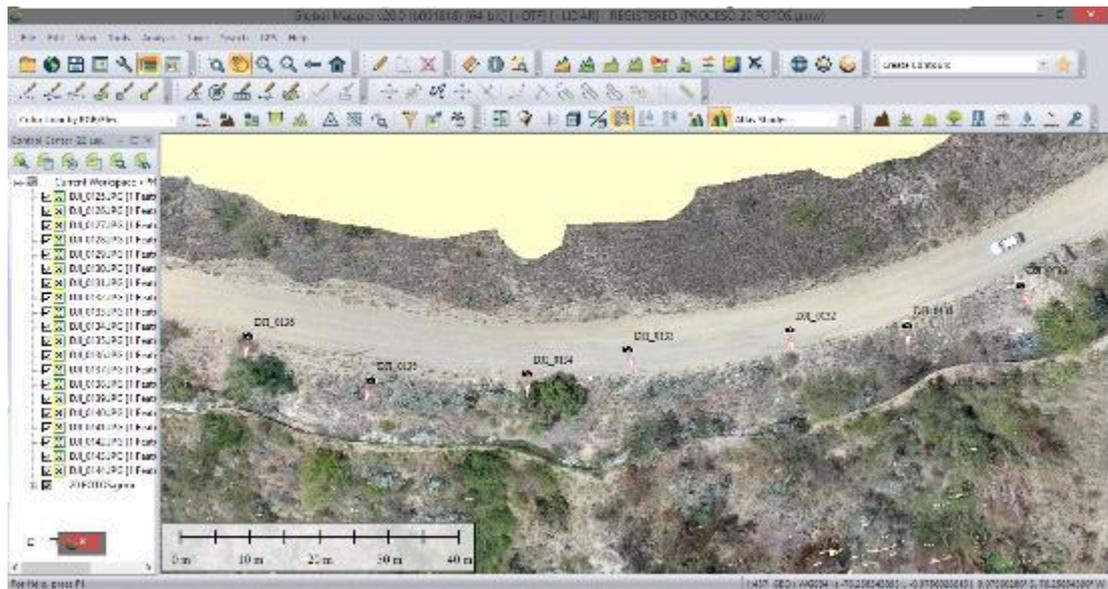
Fuente: Tesista

## ESTACIÓN TOTAL - CORRECCIÓN



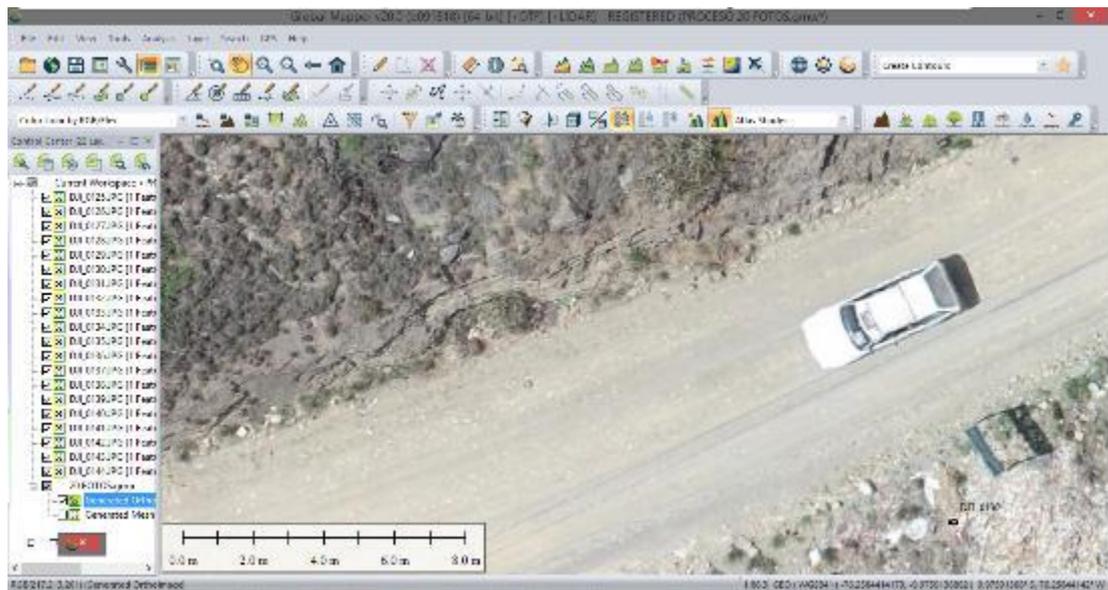
Fuente: Tesista

## CORRECCIÓN DE ESTACIÓN TOTAL



Fuente: Tesista

## ORTOFOTOS OBTENIDAS DEL DRON A 50 MT DE ALTURA



Fuente: tesista.

## ORTOFOTOS OBTENIDAS CON DRON

## ANEXO 10: FICHA TECNICA DE CAMPO DEL DRON

### FICHA TECNICA

EVALUACIÓN DE COSTOS, RAPIDEZ Y PRECISIÓN EN EL  
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO REALIZADO CON DRON EN LA  
CARRETERA PILLCO MARCA DISTRITO DE CAYRAN-2019

Tesisista: Zevallos Estrada Manuel Orlando

### LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON DRON

Fecha:	06 noviembre 2019	Hora:	10:00 am
Región:	Huánuco	Provincia:	Huánuco
Distrito:	Pillco Marca	Localidad:	Cayhuayna Alta

**Clima:**

Buen clima - soleado - cielo despejado

**Viento:**

minimos vientos del este

**Inicio de Actividades:**

Coordenada Inicial	Coordenada Final	Observaciones	Hora
X: 362647.786 Y: 8897504.14 Z: 2027.129	X: Y: Z:	Punto de Control 1	10:30 am
X: 362642.892 Y: 8897506.14 Z: 2027.039	X: Y: Z:	Punto de Control 2	
X: Y: Z:	X: Y: Z:		

Fuente: Elaboración propia

**ANEXO 11: FICHA TECNICA DE ESTACION TOTAL**  
**FICHA TECNICA**  
 EVALUACIÓN DE COSTOS, RAPIDEZ Y PRECISIÓN EN EL  
 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO REALIZADO CON DRON EN LA  
 CARRETERA PILLCO MARCA DISTRITO DE CAYRAN-2019  
 Tesista: Zevallos Estrada Manuel Orlando

**LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON ESTACION TOTAL**

Fecha:	28/11/19	Hora:	28/11/19-10:00pm
Región:	Huánuco	Provincia:	Huánuco
Distrito:	Pillco Marca	Localidad:	Cayhuayna AITA

**Clima:**

Buen clima soleado - cielo despejado

**Viento:**

Vientos suaves

**Inicio de Actividades:**

Coordenada Inicial	Coordenada Final	Observaciones	Hora
X: 362660 Y: 8897525 Z: 2025	X: Y: Z:	Estación 1	10:00 am
X: 362483.085 Y: 8897325.01 Z: 2049.223	X: Y: Z:	Estación 2	10:15 am
X: 362400.628 Y: 8897261.82 Z: 2057.186	X: Y: Z:	Estación 3	10:30 am
X: 362371.172 Y: 8897215.10 Z: 2060.308	X: Y: Z:	Estación 4	10:45
X: 362289.825 Y: 8897183. Z: 2065.496	X: Y: Z:	Estación 5	11:20
X: 362189.811 Y: 8897172.20 Z: 2074.61	X: Y: Z:	Estación 6	11:45
X: 362082.16 Y: 8897035.38 Z: 2092.239	X: Y: Z:	Estación 7	12:15

Fuente: Elaboración propia

### FICHA TECNICA

EVALUACIÓN DE COSTOS, RAPIDEZ Y PRECISIÓN EN EL  
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO REALIZADO CON DRON EN LA  
CARRETERA PILLCO MARCA DISTRITO DE CAYRAN-2019

Tesista: Zevallos Estrada Manuel Orlando

#### LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON ESTACION TOTAL

Fecha:	28/11/19	Hora:	13:15 m
Región:	Huánuco	Provincia:	Huánuco
Distrito:	Pillco Marca	Localidad:	Cayhuayna Alta

#### Clima:

Buen clima soleado - cielo despejado

#### Viento:

Presencia de vientos suaves

#### Inicio de Actividades:

Coordenada Inicial	Coordenada Final	Observaciones	Hora
X: 362042.033 Y: 8896986.34 Z: 2084.509	X: Y: Z:	Estación 8	13:15 m
X: 361951.237 Y: 8896988.16 Z: 2089.283	X: Y: Z:	Estación 9	13:40
X: 361614.315 Y: 8897050.15 Z: 2090.452	X: Y: Z:	Estación 10	14:15
X: 361475.347 Y: 8897102.68 Z: 2098.726	X: Y: Z:	Estación 11	15:00
X: 361251.018 Y: 8897122.70 Z: 2109.855	X: Y: Z:	Estación 12	15:30
X: 361195.218 Y: 8897129.37 Z: 2111.119	X: Y: Z:	Estación 13	16:10
X: 361074.259 Y: 8897152.41 Z: 2114.93	X: Y: Z:	Estación 14	16:45

Fuente: Elaboración propia

**EVALUACIÓN DE COSTOS, RAPIDEZ Y PRECISIÓN EN EL  
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO REALIZADO CON DRON EN LA  
CARRETERA PILLCO MARCA DISTRITO DE CAYRAN-2019**  
Tesisista: Zevallos Estrada Manuel Orlando

**LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON ESTACION TOTAL**

Fecha:	29/11/19	Hora:	10:00 m
Región:	Huanuco	Provincia:	Huánuco
Distrito:	Pillco Marca - Cayrán	Localidad:	Cayhuayna - Cayrán

**Clima:**

Buen clima soleado - cielo despejado

**Viento:**

Presencia de Vientos Suaves

**Inicio de Actividades:**

Coordenada Inicial	Coordenada Final	Observaciones	Hora
X: 360911.624 Y: 8897125.76 Z: 2123.989	X: Y: Z:	Estación 15	10:00m
X: 360745.197 Y: 8897141.98 Z: 2132.412	X: Y: Z:	Estación 16	10:20m
X: 360350.912 Y: 8897068.81 Z: 2152.286	X: Y: Z:	Estación 17	10:40m
X: 360267.323 Y: 8897034.33 Z: 2154.688	X: Y: Z:	Estación 18	11:10m
X: 310139.14 Y: 8897010.82 Z: 2148.223	X: Y: Z:	Estación 19	11:35m
X: 360213.589 Y: 8896946.08 Z: 2156.329	X: Y: Z:	Estación 20	12:00m
X: 360002.79 Y: 8896804.61 Z: 2168.994	X: Y: Z:	Estación 21	13:30m

Fuente: Elaboración propia

## FICHA TECNICA

EVALUACIÓN DE COSTOS, RAPIDEZ Y PRECISIÓN EN EL  
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO REALIZADO CON DRON EN LA  
CARRETERA PILLCO MARCA DISTRITO DE CAYRAN-2019

Tesis: Zevallos Estrada Manuel Orlando

### LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON ESTACION TOTAL

Fecha:	29/11/19	Hora:	14:00m
Región:	Huánuco	Provincia:	Huánuco
Distrito:	Pillco, Marca - Cayran	Localidad:	Cayrán

**Clima:**

clima calido - cielo despejado

**Viento:**

Presencia de vientos fuertes

**Inicio de Actividades:**

Coordenada Inicial	Coordenada Final	Observaciones	Hora
X: 359850.264 Y: 8896730.43 Z: 2174.503	X: Y: Z:	Estación 22	14:00m
X: 359707.172 Y: 8896708.66 Z: 2182.482	X: Y: Z:	Estación 23	14:35m
X: 359559.446 Y: 8896621.87 Z: 2192.684	X: Y: Z:	Estación 24	15:00m
X: 359439.309 Y: 8896624.53 Z: 2194.213	X: Y: Z:	Estación 25	15:30m
X: 359401.387 Y: 8896574.77 Z: 2198.946	X: Y: Z:	Estación 26	16:00m
X: Y: Z:	X: Y: Z:		
X: Y: Z:	X: Y: Z:		

Fuente: Elaboración propia

**ANEXO 12: MANUAL DE DRON**

# PHANTOM 4 PRO/PRO+

Manual del usuario V1.2

2017.07

