



FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“DETERMINAR EL GRADO DE CONFIABILIDAD DEL
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON DRON EN LA
PLAZA SAN LUIS-2017”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTOR:

SANCHEZ VARGAS, IRVIN JONATHAN

ASESOR:

Mgtr. ROJAS SILVA VÍCTOR ROLANDO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Administración y Seguridad de la Construcción.

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2017

PÁGINA DEL JURADO

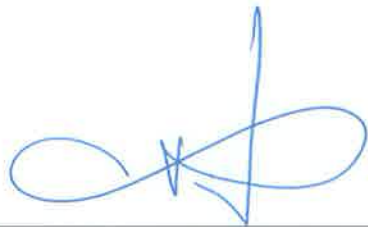
Los miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo damos conformidad para la sustentación de la Tesis Titulada "Determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con dron en la plaza san luis-2017", la misma que debe ser defendida por el tesista Sanchez Vargas Irvin Jonathan, aspirante a obtener el título Profesional de Ingeniero Civil.



Mgtr. Diaz Garcia Gonzalo Hugo

PRESIDENTE



Mgtr. Rojas Silva Víctor Rolando

SECRETARIO



Bach. Beltran Cruzado Abimael Antonio

VOCAL

DEDICATORIA

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres Sanchez Nuñovero German Enrique y Vargas Ramírez Elizabeth Lidia por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo, por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mi hermano Sanchez Vargas Christian Enrique por estar a mi lado apoyándome. A todos los que de una manera u otra me han ayudado, mil gracias.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer enormemente a todo el personal de la Empresa Consultora Corporación MW Contratista Generales S.A.C., quienes brindaron la posibilidad de acceder a sus oficinas y prestaron toda la ayuda posible, para poder realizar los levantamientos topográficos.

Quiero agradecer sinceramente a aquellas personas que compartieron sus conocimientos conmigo para hacer posible la conclusión de esta tesis. Especialmente agradezco a mis padres por apoyarme en los mejores y peores momentos, a su vez al Ing. Díaz García Gonzalo Hugo.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo **Irvin Jonathan Sánchez Vargas** con DNI N.º 77140922, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería Escuela de Académico Profesional de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

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

Nuevo Chimbote, 29 de Noviembre 2017



Irvin Jonathan Sánchez Vargas

DNI: 77140922

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Administración y Seguridad de la Construcción”, el cual el objetivo general es determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con dron en la plaza san Luis por medio de los detalles que presenta, tanto de los escalones rampas, veredas, entre otras. El capítulo I la introducción es donde se expresa la realidad problemática, trabajos previos, teorías relacionadas al tema, formulación del problema, justificación del estudio. Continúa con el capítulo II Método, donde trata sobre el diseño de investigación, las variables que la componen, operacionalización de las mismas, la población y la muestra, técnica e instrumento de recolección de datos, instrumentos, método de análisis de datos y el aspecto ético, ya culminando con la investigación se presenta los capitulos III, IV, V y VI respectivamente, que consisten en resultados, discusión, conclusiones, recomendaciones, referencias y anexos.

Irvin Jonathan Sánchez Vargas

INDICE

PÁGINA DEL JURADO	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	iv
PRESENTACIÓN	v
INDICE	vi
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I INTRODUCCION.....	12
1.1 Realidad Problemática	12
1.2 Trabajos Previos	13
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	15
1.4 Formulación del problema.....	23
1.5 Justificación del Estudio	23
1.6 Objetivos	23
1.7 Objetivos Específicos:.....	23
II METODO	24
2.1 Diseño de investigación	24
2.2 Variables y Operacionalización de variables.....	25
2.3 Población y muestra.....	26
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	26
2.5 Métodos de análisis de datos.....	26
2.6 Aspectos éticos.	26
III RESULTADOS	27
IV DISCUSION.....	31
V CONCLUSIONES	33
VI RECOMENDACIONES.....	34
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	35
ANEXOS	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Poligonal Cerrada.....	16
Figura 2 Poligonal Abierta con Control.....	16
Figura 3 Poligonal Abierta sin Control.....	16
Figura 4 Esquema de Proceso para la Obtención de Datos	18
Figura 5 Ejemplos Visuales de Precisión y Exactitud.....	20

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01 Tabla de precisiones del Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México	22
Tabla N° 02 Operacionalización de las variables	25
Tabla N° 03 Datos Fotogramétricos del Vuelo N°01	27
Tabla N° 04 Datos Fotogramétricos del Vuelo N°02	27
Tabla N° 05 Datos Fotogramétricos del Vuelo N°03	28
Tabla N° 06 Desviaciones Estándar de los Puntos de Control.....	28
Tabla N° 07 Precisiones de los Puntos de Control.....	29
Tabla N° 08 Puntos de Control de la Estación Total	29
Tabla N° 09 Promedio de los Puntos de Control del Dron y Diferencias con Respecto a los Puntos de la Estación Total	30
Tabla N° 10 Matriz de Operacionalización de Instrumento	44

ANEXO

Anexo 1: Ficha de Recolección de Datos.....	38
Anexo 2: Matriz de Operacionalización de Instrumento	43
Anexo 3: Proceso de Calculo	45
Anexo 4: Proceso de Fotometría Digital.....	50
Anexo 5: Panel Fotográfico	54
Anexo 6: Costos Comparativos	59
Anexo 7: Manual	61

RESUMEN

El presente trabajo de investigación denominado: "Determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con Dron en la Plaza San Luis-2017", tiene como objetivo general determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con Dron, utilizando una ficha técnica, para recoger los datos de campo y procesarlos mediante software.

El trabajo de investigación es no experimental, descriptiva de corte transversal, la población y muestra es la plaza mayor de san Luis. La trayectoria de vuelo del dron se ha programado a través de la aplicación Pix4Dcapture para reducir el mayor error posible. El procesamiento de datos, es decir, la fotometría, se realizó con Pix4Dmapper.

Como resultado se obtuvo los datos: Norte, Este y Cota de todos los puntos que se necesiten (puntos de control), además se realiza un levantamiento topográfico con estación total de los mismos puntos, en el cual sea evaluado a través de fórmulas y se realizó la respectiva comparación de acuerdo a las tolerancias para levantamiento topográficos, concluyendo que es confiable.

Palabras claves: Topografía, Dron, Fotometría, Precisión y Exactitud

ABSTRACT

The present research work called "Determine the degree of reliability of the topographic survey with drone in the Plaza San Luis-2017", has as its general objective to determine the degree of reliability of the topographic survey with Drone, using a technical sheet, to collect the field data and retransmission by software.

The research work is non-experimental, descriptive cross-sectional, the population and the sample in the main square of San Luis. The flight path of the drone has been programmed through the Pix4Dcapture application to reduce the greatest possible error. The data processing, that is, the photometry, was done with Pix4Dmapper.

As a result, they obtained the data: North, East and Cota of all the points that are needed, in addition a topographic survey is made with a total station of the points, in which the sea is evaluated through formulas and the comparison of according to the tolerances for topographic surveys, concluding that it is reliable.

Key words: Topography, Drone, Photometry, Accuracy and Accuracy

I INTRODUCCION

1.1 Realidad Problemática

Para iniciar la ejecución de los diferentes tipos de obras civiles como carreteras, canales, edificación, redes de agua potable, alcantarillado, puentes, etc., se hace necesario realizar un levantamiento topográfico, que permita tener una concepción general de la morfología del terreno.

Este primer paso, también llamado “reconocimiento de campo”, permitirá tener una idea de cuál es la forma del terreno donde se realizará la ejecución, además de conocer los puntos donde se generan las diferentes variaciones de alturas, contornos, que presenta el suelo, entre otros.

En ese sentido, los instrumentos que se utilicen para la obtención de la información de campo, deben ser lo más confiables posibles, ya que un elevado margen de error durante la etapa de levantamiento topográfico conlleva a un mal cálculo en la etapa de gabinete, y, por ende, el resultado sería la Proyección de un Expediente Técnico con serias deficiencias.

Actualmente, los últimos avances tecnológicos, permiten contar con nuevas herramientas que se pueden poner al servicio de la ingeniería y en especial en el campo de la topografía. Los drones, ya no son instrumentos de apoyo exclusivo al sector de las telecomunicaciones, sino también al sector de la construcción; debido a su reducido tamaño, versatilidad y mando a distancia (elementos no tripulados).

Estos aparatos son robots que tienen una gran autonomía de vuelo y pueden ser empleados en diversas aplicaciones. Debido al uso de procesadores electrónicos y Sistema de Posicionamiento Global (GPS), permiten el control automático en base a información de los sensores de las aeronaves que permiten rápida reacción correctiva gracias al procesamiento de la información reduciendo las posibles desviaciones entre el comportamiento real y el esperado, lo que le permite desempeñar tareas en diversos ámbitos tales como: Filmación de películas y fotografía deportiva, Inspección de infraestructuras, Levantamientos topográficos, Localización de bancos de

pesca, Control medioambiental, Gestión de riegos y desastres naturales, Exploración geológico-minera, entre otros.

El presente trabajo de investigación se desarrolla con la finalidad de encontrar medidas precisas y determinar el grado de confiabilidad en el levantamiento topográfico realizado con un dron en comparación al que se realiza con una estación total, tomando como ámbito de estudio, la Plaza Central del A. H. San Luis en el Distrito de Nuevo Chimbote.

1.2 Trabajos Previos

A continuación, las investigaciones antecedentes que ayudaron con la presente investigación:

Villareal Moncayo J. (2015) en su trabajo de titulación en la Universidad Técnica Particular de Loja titulado “Análisis de la precisión de levantamientos topográficos mediante el empleo de vehículos no tripulados (UAV) respecto a la densidad de puntos de control”, realizó una investigación con el objetivo general de realizar un análisis de la precisión de levantamientos topográficos mediante el empleo de drones respecto a la densidad de puntos de control, tomando como sitio de prueba el campus de la Universidad Técnica Particular de Loja, ubicada en la ciudad de Loja, provincia de Loja, al sur del Ecuador.

Entre las principales conclusiones obtuvo que usando UAVs la precisión de los levantamientos topográficos varía de acuerdo a la densidad y ubicación de los puntos de control y considerando la visibilidad en el terreno de estudio; el mínimo número de puntos de control para un levantamiento topográfico mediante UAV es de 3 GCP.

Corredor Daza J. (2015) en su tesis presentada en la Universidad Militar Nueva Granada de Bogotá, Colombia, titulada “Implementación de modelos de elevación obtenidos mediante topografía convencional y topografía con drones para el diseño geométrico de una vía en rehabilitación sector Tulua – Rio Frio” realizó un estudio con el objetivo de implementar modelos de elevación obtenidos mediante topografía convencional y topografía con drones para el diseño geométrico de 12,62 Km de una vía en rehabilitación en el departamento del Valle del Cauca en el Sector Tulua – Rio Frio, realizando

comparaciones de modelos digitales de topografía con drones y topografía convencional, concluyendo las condiciones topográficas en el que se desarrolla el corredor vial son muy buenas; los levantamientos topográficos realizados con drones permiten ser utilizados en gran cantidad de proyectos de consultoría ya que economizan tiempo en la recolección de información, presentando alta precisión; en el diseño de vías se recomienda trabajar con las dos técnicas de captura en forma conjunta ya que la topografía convencional proporciona información más detallada lo que permite hacer una mejor descripción de obras, mientras que la topografía con dron permite capturar una amplia zona del terreno con mayor precisión.

Coello A. y Ballesteros G. (2013) en su tesis presentada en la Universidad Politécnica de Madrid, España, titulada "Fotogrametría de UAV de ala fija y comparación con Topografía clásica", realizó una investigación con el objetivo general de realizar un estudio comparativo utilizando dos procedimientos diferentes para la obtención de mapas y modelos digitales del terreno, por un lado, realizando un levantamiento de una zona determinada mediante GPS y por otro lado mediante fotogrametría aérea utilizando un vehículo aéreo no tripulado, mediante un estudio comparativo entre levantamiento taquimétrico empleando equipo GNSS R8 modelo 3 de Trimble, obtención de coordenadas mediante equipo GNSS R10 de Trimble y toma de datos mediante avión de ala fija UX5 de Trimble para luego realizar la comparativa de los resultados obtenidos con el vuelo y los obtenidos en el levantamiento taquimétrico.

En el estudio se obtuvo entre las principales conclusiones que desde el punto de vista de la fotogrametría, se encontró en los vehículos aéreos no tripulados una nueva solución para la captura de imágenes aéreas y generación de productos topográficos; la ampliación de su uso en aplicaciones civiles, la integración de los mismos o la puesta en marcha de aplicaciones y basadas en su uso sigue en pleno desarrollo; desde el punto de vista topográfico, el uso de equipos GNSS con metodología RTK VRS Now permitió obtener correcciones en tiempo real eliminando los errores con respecto a la distancia a la base y mejorando las precisiones; las mediciones se realizan de manera rápida y con muy buenas precisiones utilizando esta metodología.

Tacca H. (2015) en su tesis presentada en la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, titulada "Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional" realizó una investigación con el objetivo general de comparar los resultados del método drone y del software Pix4D Mapper, y el método directo, mediante un estudio comparativo en el que se empleó la toma de datos con una estación total Leica TS 02 de 5ll, de todos los puntos resaltantes tales como desniveles y cambios de pendiente de la excavación así como del acopio del material tipo núcleo, así como las tomas fotográficas aéreas, mediante el apoyo del drone Phantom 2 Visión.

Entre las principales conclusiones obtuvo que los datos obtenidos en campo tomados con el drone Phantom 2 Visión + y las medidas obtenidas con la estación total, ambos equipos georreferenciados, tienen resultados muy similares, sin embargo el primer método es el menos costoso por su versatilidad esto con un 95% de confianza; los cálculos de volúmenes y excavaciones con el uso de la fotogrametría y el drone Phantom 2 Visión +, se realiza en menor tiempo que con la estación total, además se requiere mucho menos personal que el método clásico.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 La Topografía

De acuerdo con la definición de García Márquez en "Curso Básico de Topografía: Son los principios y métodos empleados con el fin de determinar las posiciones relativas de puntos encontrados en la superficie, usando tres elementos del espacio, dos de ellos es la distancia y una es la elevación.

La topografía, constituye una aplicación de la geometría por lo que, no se podría cumplir con el cometido asignado sin conocimientos Geométricos; así mismo a la topografía se le considera una de las herramientas básicas de la ingeniería civil. (García, 1994, p.1)

Siguiendo a CASANOVA (2002) p.139, por más simple que sea el proyecto, es difícil el procesamiento topográfico.

La poligonal constituye uno de los procedimientos que emplea la topografía más comúnmente, las cuales se usan para establecer puntos de control y puntos de apoyo para el levantamiento de detalles y la elaboración de plano, para el replanteo de proyecto y para el control de ejecución de obras.

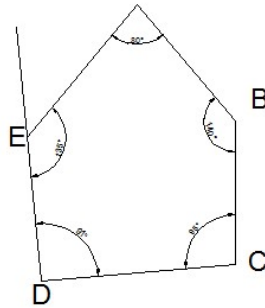


Figura 1 Poligonal Cerrada

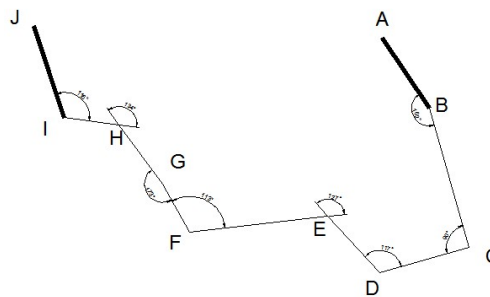


Figura 2 Poligonal Abierta con Control

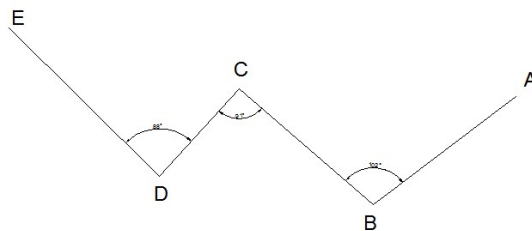


Figura 3 Poligonal Abierta sin Control

1.3.2 La Cartografía

La cartografía es un procedimiento gráfico el cual permite una representación del espacio geográfico mediante la escala y los sistemas de proyección, dando como resultados la representación del terreno en Planos en función de la escala empleada. Los diversos formatos en los que se puede procesar la

Información pueden ser desde formato vectorial, puntos, líneas o polígonos, formato ráster u orto imágenes, todos en ellos en dos dimensiones, sin embargo, hoy en día también se puede visualizar la información en tres dimensiones mediante los modelos 3D. Todas las representaciones gráficas deben ir acompañadas de su respectiva escala, sistemas de coordenadas y leyenda de los elementos que aparecen en el área representada.

En la actualidad, el empleo de Drones ha reducido el costo de estas actualizaciones, lo que permite acercar al usuario final una actualización interactiva sencilla y totalmente actualizada de los terrenos en los que sobrevuelan estos equipos. (MENDOZA ,2012, p.125)

1.3.3 El Dron

El dron, se define como un vehículo sin tripulación reutilizable, teniendo la capacidad de mantener un mismo nivel de vuelo controlado y sostenido, que es propulsado por un motor de explosión o de reacción, son usados en aplicaciones militares y también de uso civil.

En pocos años los drones han revolucionado el sector audiovisual, tal es así que habría sido imposible capturar imágenes con métodos tradicionales, análogamente ha demostrado ser un gran auxiliar en topografía. Un dron topográfico estándar tiene la capacidad de cubrir en un día 100 hectáreas de terreno, sin embargo, existen drones más avanzados que pueden cubrir sin problemas hasta 5 000 hectáreas diarias.

Anteriormente los drones, eran piloteados de forma remota, pero se ha implementado el control autónomo. Por tal motivo se conoce 2 variantes: drones que son controlados de forma remota y otros a base de programación de vuelo. (SANI, MORILLO, TIERRA, 2014, p. 68)

1.3.4 Fotogrametría

Es la ciencia que a partir de fotografías tomadas al terreno se podrá conseguir una aproximación de la forma del terreno y sus detalles, el cual se divide en 2 ramas una que es la fotogrametría área y terrestre. A su vez se define como el conjunto de procesos y métodos para deducir medidas de un objeto. (Santamaria y Teófilo, 2011, p. 9)

Tipos de Fotografías Aéreas:

Existen 3 tipos de fotografías aéreas, se diferencian por el ángulo de inclinación del eje óptico:

Fotografía vertical: son las fotografías que se aproximan a la verticalidad (90%) y como máximo la inclinación de la cámara no supera los 3 grados.

Fotografía Oblicua: son las fotografías que el ángulo de inclinación de la cámara supera los 3 grados y no registra el horizonte.

Fotografías Panorámicas: Son fotografías que registran el horizonte. (Orellana,2006, p.9 y p.10)

Proceso Fotogramétrico digital

La obtención de la información espacial de objetos que partan de imágenes es el objetivo de un sistema fotogramétrico, cualquiera que sea el método empleado, en el caso de la fotogrametría digital parte de imágenes en formato digital. (Orellana,2006, p.38)

Apuntes Fotogrametría Básica de Rodrigo Orellana Ramírez

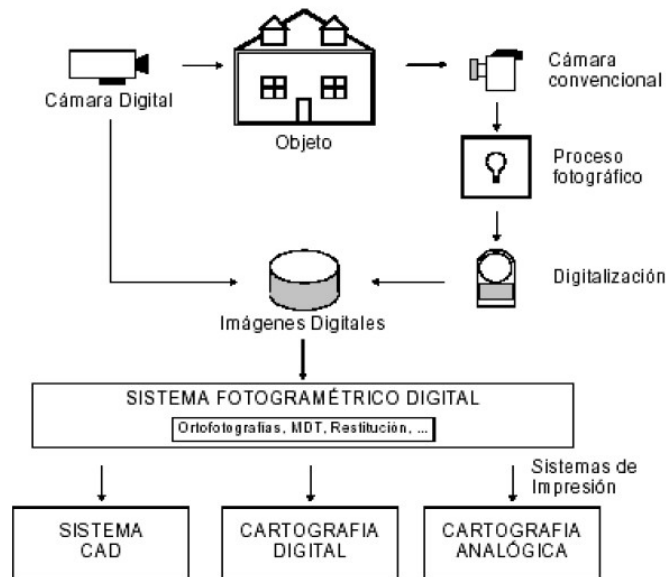


Figura 4 Esquema de Proceso para la Obtención de Datos

1.3.5 Software Pix4D Mapper

Pix4D Mapper es un programa o software de escritorio que a partir de imágenes obtenidas tierra o aire, genera orto mosaicos de alta gama, DSM (modelo digital de superficie) y nube de puntos con unos cuantos clics. Por medio del programa evalúe, modifique, interprete y mejore sus resultados directamente con la interface de Pix4D.

Puede Mantener el control total sobre sus proyectos en cualquier momento por medio la evaluación y edición de todos los puntos de enlace o puntos de control. (Runco, s.f., p 1)

1.3.6 Confiabilidad

Es la probabilidad que un sistema cumpla correctamente sus funciones durante un determinado tiempo y en condiciones establecidas. El que se ocupa de las fallas del sistema es la teoría de la probabilidad, sin embargo, no indaga sobre la falla que la causa sino en la frecuencia con la que ocurre, por ello no es una física sino una teoría estadística. (CienciaHoy, 1996, p1)

1.3.7 Exactitud

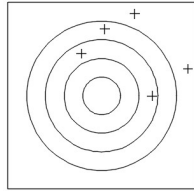
Es la proximidad al valor verdadero, sin embargo, el valor verdadero nunca se podrá determinar se sustituye por un valor casi verdadero o valor de referencia.

1.3.8 Precisión

Es la concordancia de diferentes resultados realizado a un mismo objeto, el cual es afectado por condiciones medioambientales durante el proceso de medida. (La Estadística en Topografía, s.f., p 2)

Ilustración De Exactitud-Precisión de la Estadística en Topografía

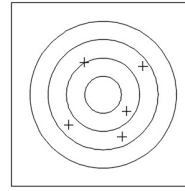
Los valores medidos son:



Pocos Precisos

Pocos Exactos

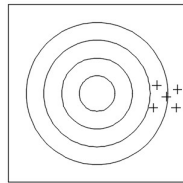
Los valores medidos son:



Pocos Precisos

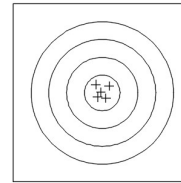
Más Exactos

Los valores medidos son: Los valores Medidos son:



Muy Precisos

Pocos Exactos



Muy Precisos

Muy Exactos

Figura 5 Ejemplos Visuales de Precisión y Exactitud

Error: Es una magnitud desconocida debido a un sinnúmero de causas.

Clasificación de los errores

Se clasifican de acuerdo a las causas:

Naturales: Debido a las diferentes variaciones de los fenómenos naturales como la temperatura, viento, sol, entre otros.

Personales: Debido a que el observador no cuenta con la habilidad suficiente, y estos son errores involuntarios.

Instrumentales: Corresponde a los generados por los mismos instrumentos topográficos, por ello es adecuado revisar el estado de los instrumentos antes de realizar cualquier trabajo. (Navarro, 2008, p. 17)

De acuerdo a su forma son:

Sistemáticos: Son errores acumulativos siempre y cuando las condiciones permanezcan invariables, un claro ejemplo: en aparatos mal graduados, cintas, medidas de ángulos, error por temperatura, que son posible realizar las correcciones.

Accidentales: Son errores que no controla el observador por lo cual no es posible corregirlas para cada observación, por ejemplo, en medidas de ángulos, lecturas de graduaciones, visuales descentradas de la señal, en medidas de distancias.

Comparación entre sistemáticos y Accidentales:

Sistemáticos:

Se rigen a la ley fisicomatemáticas, se conocen como magnitudes y signos exceso (+) faltante (-), se puede corregir, son cantidades y varía de acuerdo con el número de observaciones

Accidentales

Se rigen a la ley de las probabilidades, no se conoce ni su magnitud ni su signo, no se puede corregir, pero si disminuir de acuerdo a un determinado proceso, no son de cuantía. (Navarro, 2008, p. 18)

1.3.9 Teorías Estadísticas

De acuerdo con el Ingeniero Navarro Hudiel en el Libro de Manual de Topografía del 2008:

Media Aritmética: Es la sumatoria de todos los valores observados entre el número de veces observado.

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_N}{n}$$

Error Residual o desviación: Es el valor absoluto diferencia entre el valor observado y la media aritmética

$$V_i = X_i - \bar{X}$$

Error Medio Cuadrático (Desviación Típica o Estándar): Suma de los errores residuales.

$$Ec = \sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum V^2}{n}}$$

Error Probable de la Media Aritmética

$$Ev = Ec/(n)^{1/2}$$

Precisión: Es la relación que existe entre la distancia y el error cometido en su medición.

$$P = \frac{E_L}{\sum L} \quad \text{ó} \quad P = \frac{1}{\frac{E_L}{\sum L}} = \frac{1}{\bar{E}_v}$$

1.3.10 Tolerancias

Según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México, la medición de distancias es una operación básica en topografía, a través de la distancia se puede determinar las precisiones en función del instrumental y la metodología aplicada, resumen de métodos aplicables a la medición de distancias y sus precisiones. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2009, p1)

Tabla N° 01 Tabla de precisiones del Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México

METODO	PRECISION
A pasos	1/50 a 1/100
Estadía	1/150 a 1/750
Estadía invar	1/1000 a 1/2500
Cadeneo ordinario	1/1000 a 1/5000
Cadeneo de precisión	1/5000 a 1/10000
Medición electrónica	1/20000

En carreteras la tolerancia es de 5mm para puntos de control (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, s.f., p.1)

1.4 Formulación del problema

Por lo mencionado se plantea el siguiente problema:

¿Cuál es el grado de confiabilidad de levantamiento topográfico con Dron en la Plaza San Luis?

1.5 Justificación del Estudio

El presente trabajo de investigación se realiza con la finalidad de conocer cuál es el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con Dron. Se está adentrando el uso del dron como levantamiento topográfico, por la gran versatilidad de vuelo y su capacidad de toma de datos.

Metodológicamente está justificada porque se basa en métodos analíticos doctrinarios y estadísticos de acuerdo con los diversos autores de la investigación científica.

Al punto de vista teórico se justifica porque estará basada en documentos, libros y otros estudios e informes relacionados al planteamiento del problema.

La investigación ayudara al personal ingenieros y topógrafos, a determinar el grado de confiabilidad de un levantamiento topográfico con Dron a fin de proponer alternativas en cuanto al empleo de estos equipos en las tareas de construcción.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General:

Determinar el grado de confiabilidad de un levantamiento topográfico con Dron en la Plaza Mayor de San Luis.

1.7 Objetivos Específicos:

- Determinar la precisión del levantamiento topográfico con dron.
- Determinar la exactitud del levantamiento topográfico con dron.
- Elaborar un manual acerca de la utilización del dron para realizar un levantamiento topográfico.

II METODO

2.1 Diseño de investigación

La presente investigación se encuentra encuadrada en la clasificación de investigación cuantitativa, de diseño no experimental, descriptiva de corte transversal.

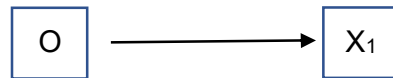
Cuantitativa porque se usa la recolección de datos para probar hipótesis en base a la medición numérica y el análisis estadístico.

No Experimental, porque se realiza el estudio sin la manipulación de las variables, observándolas en su ambiente natural.

Descriptiva porque tiene como objetivo indagar la incidencia de las modalidades de la variable en estudio.

Transversal debido a que sólo se tomarán los datos una vez y las variables no sufrirán alteraciones en el transcurso del estudio. (HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ y BAPTISTA, 2006, p.151)

El diseño empleado responde al siguiente gráfico:



O = Observación

X₁ = Variable (Grado de Confiabilidad del levantamiento topográfico con dron)

2.2 Variables y Operacionalización de variables.

Tabla N° 02 Operacionalización de las variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
Grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con dron.	La confiabilidad se refiere a la consistencia y coherencia de los resultados obtenidos.	Para el levantamiento de datos se empleó un Dron Phantom 3 Professional, equipado con una cámara Sony Exmor de 12.4 Mega píxeles y Software PIX 4D.	Precisión.	Fotometría Digital	Razón.
			Exactitud.	Fotometría Digital Topografía con Estación Total	Razón.

Fuente: Elaboración propia

2.3 Población y muestra

2.3.1 Población:

La población analizada está constituida por la Plaza San Luis del Distrito de Nuevo Chimbote, la cual tiene un área aproximada de 20,000 m².

2.3.2 Muestra:

La población analizada está constituida por la Plaza San Luis del Distrito de Nuevo Chimbote, la cual tiene un área aproximada de 20,000 m².

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

2.4.1 Técnicas:

Para el presente estudio se empleó la Observación.

2.4.2 Instrumento:

El instrumento empleado fue una ficha técnica de recolección de datos diseñado diseñada para tal fin (Anexo 1)

2.5 Métodos de análisis de datos

Para el análisis de datos se empleó la hoja de cálculo Excel, aplicando estadística descriptiva e inferencial, para hallar la media, Desviación estándar y varianza.

2.6 Aspectos éticos.

El presente estudio se realizó tomando en cuenta consideraciones éticas tales como reserva, confidencialidad y anonimato de la información, por lo que los hallazgos resultantes de la investigación no serán empleados para aspectos administrativos o de orden legal que puedan perjudicar al personal o a las instituciones que han intervenido en la misma.

III RESULTADOS

PRECISIÓN

Tabla N° 03 Datos Fotogramétricos del Vuelo N°01

VUELO N°01			
DESCRIPCION	Norte (m)	Este (m)	Cota (m.s.n.m.)
BM-01	8989258.253	773562.304	28.060
BM-02	8989321.322	773617.173	29.102
BM-03	8989269.473	773668.957	28.960
BM-04	8989218.059	773610.438	28.222
BM-05	8989221.359	773707.291	29.484
BM-06	8989168.950	773656.661	27.834
BM-07	8989245.168	773635.389	29.812

Al procesar las fotos del vuelo N°01, se obtiene el norte, este y cota de los puntos de control o BM; el cual el menor valor en el norte es del 8989168.950m del BM-06, el mayor valor en el norte es 8989321.322m, que pertenece al BM-02. En el este el menor valor es BM-01: 773562.304m, el mayor es 773707.291m del BM-05. Por último, la menor cota es 27.834m del BM-06m y la mayor cota es 29.812m del BM-07

Tabla N° 04 Datos Fotogramétricos del Vuelo N°02

VUELO N°02			
DESCRIPCION	Norte (m)	Este (m)	Cota (m.s.n.m.)
BM-01	8989258.249	773562.303	28.063
BM-02	8989321.324	773617.175	29.101
BM-03	8989269.472	773668.955	28.959
BM-04	8989218.061	773610.441	28.222
BM-05	8989221.358	773707.287	29.480
BM-06	8989168.952	773656.660	27.831
BM-07	8989245.167	773635.390	29.815

Al procesar las fotos del vuelo N°02, se obtiene el norte, este y cota de los puntos de control o BM; el cual el menor valor en el norte es del BM-06: 8989168.952m, el mayor valor en el norte es 8989321.324m, que pertenece al BM-02. En el este el menor valor es 773562.303m del BM-01, el mayor es 773707.287m del BM-05. Por último, la menor cota es 27.831m del BM-06m y la mayor cota es 29.815m del BM-07

Tabla N° 05 Datos Fotogramétricos del Vuelo N°03

VUELO N°03			
DESCRIPCION	Norte (m)	Este (m)	Cota (m.s.n.m.)
BM-01	8989258.250	773562.303	28.061
BM-02	8989321.320	773617.176	29.101
BM-03	8989269.470	773668.958	28.957
BM-04	8989218.058	773610.440	28.226
BM-05	8989221.358	773707.289	29.481
BM-06	8989168.951	773656.658	27.830
BM-07	8989245.167	773635.389	29.813

Al procesar las fotos del vuelo N°03, se obtiene el norte, este y cota de los puntos de control o BM; el cual el menor valor en el norte es del BM-06: 8989168.951m, el mayor valor en el norte es 8989321.320m, que pertenece al BM-02. En el este el menor valor es 773562.303m del BM-01, el mayor es 773707.289 del BM-05. Por último, la menor cota es 27.830m del BM-06m y la mayor cota es 29.813m del BM-07

Tabla N° 06 Desviaciones Estándar de los Puntos de Control

DESCRIPCION	σ Norte (m)	σ Este (m)	σ Cota (m.s.n.m.)
BM-01	0.00170	0.00047	0.00125
BM-02	0.00163	0.00125	0.00047
BM-03	0.00125	0.00125	0.00125
BM-04	0.00125	0.00125	0.00189
BM-05	0.00047	0.00163	0.00170
BM-06	0.00082	0.00125	0.00170
BM-07	0.00047	0.00047	0.00125

Para obtener los datos que se encuentra en la Tabla 6 Desviaciones Estándar de los Puntos de Control se obtuvo primero, la media y error media aritmético. Donde en el norte el menor valor es 0.00047 de los BM-05, BM-07, el mayor valor es 0.00163 del BM-02; en el Este el menor es 0.00047m correspondiente de los BM-01 y BM-07; por último, en la cota el menor valor es de 0.00047 del BM-02 y el mayor valor es de 0.00189m del BM-04.

Tabla N° 07 Precisiones de los Puntos de Control

PRECISION			
DESCRIPCION	Norte (m)	Este (m)	Cota (m.s.n.m.)
BM-01	1/9160496103	1/2842249256	1/38970
BM-02	1/9534613535	1/1074345488	1/106925
BM-03	1/12483675797	1/1074417435	1/40216
BM-04	1/12483596095	1/1074336135	1/25925
BM-05	1/33028502855	1/820640515	1/30043
BM-06	1/19068903842	1/1074400367	1/28362
BM-07	1/33028590335	1/2842517791	1/41403

En la tabla n°07 se aprecia fracciones correspondiente a la representación de la precisión, donde el menor valor en el divisor corresponde a la cota del BM-04 que es 25925, y el mayor divisor corresponde al BM-07 que es 33028590335.

EXACTITUD

Tabla N° 08 Puntos de Control de la Estación Total

DESCRIPCION	Puntos control		
	Norte (m)	Este (m)	Cota (m.s.n.m.)
BM-01	8989258.255	773562.303	28.064
BM-02	8989321.324	773617.179	29.105
BM-03	8989269.470	773668.957	28.959
BM-04	8989218.060	773610.442	28.223
BM-05	8989221.356	773707.290	29.481
BM-06	8989168.952	773656.661	27.829
BM-07	8989245.167	773635.388	29.813

En la tabla n°08 se aprecia los datos obtenidos del levantamiento topográfico con estación total, que se consideraran como el valor real, al ser un instrumento de medición para el levantamiento topográfico.

Tabla N° 09 Promedio de los Puntos de Control del Dron y Diferencias con Respecto a los Puntos de la Estación Total

DESCRIPCION	Puntos Dron promedio			Diferencia		
	Norte (m)	Este (m)	Cota (m.s.n.m.)	Norte (m)	Este (m)	Cota (m.s.n.m.)
BM-01	8989258.251	773562.303	28.061	-0.004	0.000	-0.003
BM-02	8989321.322	773617.175	29.101	-0.002	-0.004	-0.004
BM-03	8989269.472	773668.957	28.959	0.002	0.000	0.000
BM-04	8989218.059	773610.440	28.223	-0.001	-0.002	0.000
BM-05	8989221.358	773707.289	29.482	0.002	-0.001	0.001
BM-06	8989168.951	773656.660	27.832	-0.001	-0.001	0.003
BM-07	8989245.167	773635.389	29.813	0.000	0.001	0.000

En la tabla n°09 se aprecia el promedio de los datos recolectados y procesados de los 3 vuelos del dron y la diferencia que tienen con respecto a los datos obtenidos del levantamiento topográfico con estación total, donde el menor valor es de -0.004 y mayor valor es de 0.003.

IV DISCUSION

A partir de los resultados encontramos por Villareal Moncayo en la tesis titulada “Análisis de la precisión de levantamientos topográficos mediante el empleo de vehículos no tripulados(UAV) respecto a la densidad de puntos de control”, concluye que la ubicación los puntos de control o GCP () mejora la precisión de los levantamientos topográficos usando UAVs () o dron, la mínima cantidad de puntos de control para realizar un levantamiento topográfico de precisión es necesario 3 GCP. Estos resultados guardan relación con los datos obtenido del levantamiento topográfico de la plaza san luis, donde se ubicó 7 puntos de control de los cuales 6 están ubicados al borde de la plaza y uno en el centro, ello es acorde con lo que se ha obtenido.

En la 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” elaborado por Corredor Daza, con la finalidad de conocer las diferencias del levantamiento topográfico convencional y con drones, concluye que el levantamiento topográfico con dron presenta muy buenas precisiones que pueden ser utilizados en proyecto de consultoría. Los datos que se obtiene del levantamiento topográfico con dron demuestran gran detalle tales como: rampas, escalones, árboles, postes, entre otros, con lo cual se está de acuerdo que los datos obtenidos por dron se pueden utilizar en los proyectos de consultoría.

En la tesis de Alba Coello Romero y Gonzalo Ballesteros Abellán denominada: “Fotogrametría de UAV de ala fija y comparación con Topografía clásica”, el objetivo principal es realizar un estudio comparativo de dos procedimientos diferentes, donde concluyen que la mayor diferencia entre los levantamientos topográficos es en el Z(cota). Los mejores resultados se presentan en zonas sin masa forestal ni matorral. Al hallar las respectivas precisiones del levantamiento topográfico con dron en el norte, este y cota; el que presenta menor precisión es la cota, guindando relación con el estudio e Alba Coello Romero y Gonzalo Ballesteros Abellán.

De acuerdo con Hilario QQuelca en su tesis denominada: "Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional" el objetivo principal es la comparación de resultados. Los resultados obtenidos de ambos levantamientos topográfico son muy similares, sin embargo, el levantamiento topográfico con dron es menos costoso por su versatilidad esto con un 95% de confianza. Esto concuerdan con lo obtenidos en la exactitud del levantamiento topográfico con dron de la plaza san Luis, donde es muy similar al del levantamiento topográfico con estación total.

V CONCLUSIONES

La precisión es la similitud de diferentes resultados obtenidos de una misma zona de estudio con un mismo instrumento, eso también se puede interpretar por medio de la fórmula de precisión. Los resultados obtenidos aplicando la fórmula de precisión se visualiza en la “Tabla N°05 Precisiones de los Puntos de Control”, donde 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 superan la tolerancia de $1/20000$ por el Instituto de Estadística y Geografía de México, por lo que se concluye que tiene una buena precisión.

La exactitud es la cercanía o proximidad al valor real, en este caso se considera como valor real o referencial los datos obtenidos por la estación total, es decir la diferencia entre el resultado obtenido y el valor real o referencial. Por ello en la “Tabla 7. Promedio de los Puntos de Control del Dron y Diferencias con respecto a los Puntos de la Estación Total” el rango en el que se encuentra las diferencias entre los datos obtenidos de la estación total con respecto al promedio de los valores obtenidos de los 3 vuelos, 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, por lo cual se considera que tiene una buena exactitud.

El grado de confiabilidad de un Levantamiento Topográfico con dron, depende de sus dimensiones que son la precisión y exactitud, ya que con ello se puede conocer si los datos obtenidos son confiables o no. Al tener una buena precisión y exactitud, se concluye que el levantamiento topográfico con dron es confiable.

VI RECOMENDACIONES

Las entidades o empresas consultoras al realizar un levantamiento topográfico con dron deben considerar el clima, la temperatura y el viento, porque afectan directamente al ejecutar la programación de vuelo del dron. Para cada uno de ellos, como el clima: la lluvia estropearía el dron, la iluminación del sol afecta a la calidad de la fotografía, en este caso una solución factible es reducir el brillo al realizar las capturas de imágenes, con respecto a la temperatura, podrían recalentar el motor las hélices tanto por la alta temperatura o por bajas, en el caso del viento, desestabiliza la cámara y como consecuencia la fotografía será borrosa o afectaría a la verticalidad de la cámara que es programada.

Los datos generados por la fotogrametría del dron se recomiendan utilizarlo para ampliación de proyectos o para anteproyectos, por contar con buena precisión, exactitud y por el nivel de detalles que alcanza. En el caso proyectos donde requiere una mayor precisión y exactitud, tales como los proyectos de carretera u obras hidráulicas, canales, líneas de agua potable o alcantarillado, no es recomendable. Una recomendación en este tipo de proyecto para conseguir se recomienda que el levantamiento con dron tenga apoyo con un nivel eléctrico o GPS diferencial para realizar cualquier corrección y así reducir los errores para este tipo de proyectos donde requieren mucha mayor precisión y exactitud.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CASANOVA MATERA, Leonardo, Topografía Plana, Venezuela, 2002.
- CLAVO L.P. Topografía Apuntes de Fotogrametría, Madrid, 1982
- COELLO A. y Ballesteros G. (2013) Fotogrametría de UAV de ala fija y comparación con Topografía clásica. Tesis presentada en la Universidad Politécnica de Madrid, España. Disponible en: http://oa.upm.es/34699/1/PFC_ALBA_COELLO_ROMERO.pdf
- 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 – Río Frio. Tesis de licenciatura en la Universidad Militar Nueva Granada de Bogotá, Colombia. Disponible en: <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/7596/1/CorredorDazaJuanGuillermo2015.pdf>
- GARCIA MARQUEZ, Fernando, Curso Básico de Topografía, Mexico, 1994.
- HERRERA B. Elementos de la fotogrametría, Ed. Limusa. México. 1987.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA DE MÉXICO. http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825224554/702825224554_2.pdf
- LEMA GARCIA, Jose Luis, Fotogrametría Moderna Analítica y Digital, Madrid 2002.
- NAVARRO HUDIEL, Sergio Junior, Manual de Topografía-Planimetría, 2008.
- MENDOZA DUEÑAS, Jorge; Topografía Técnicas Modernas ,2012.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES, http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/EG-2000/cap1/seccion102.htm

- MORA NARANJA, Santiago Proyecto fin de carrera, Proyecto de Ortofoto digital, Madrid, 2002.
- PÉREZ J. A. APUNTES DE FOTOGRAMETRIA II. 2001
- RUNCO, Software Pix4dmapper Disponible en:
<http://www.runco.com.ar/pix4dmapper.html>:
- SANI J., MORILLO A., TIERRA A. Seminario de Vehículos aéreos no tripulados (UAV) para la elaboración de cartografía escalas grandes referidas al marco de referencia sirgas-ecuador. 2014
- SANTAMARIA PEÑA, Jacinto; Sanz Mendez, Teofilo, Fundamentos de Fotogrametría
- TACCA H. (2015) Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional. Tesis de licenciatura presentada en la Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Disponible en:
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3882>
- VILLAREAL MONCAYO J. (2015) Análisis de la precisión de levantamientos topográficos mediante el empleo de vehículos no tripulados (UAV) respecto a la densidad de puntos de control. Tesis de grado en la Universidad Técnica Particular de Loja. Disponible en:
<http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/13079/1/Villareal%20Moncayo%20Joffre%20Vicente.pdf>

ANEXOS

Anexo 1: Ficha de Recolección de Datos

Anexo 2: Matriz de Operacionalización de Instrumento

Tabla N° 10 Matriz de Operacionalización de Instrumento

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADOR	ITEM	INSTRUMENTO	ESCALA VALORATIVA	
Grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con dron.	Precisión	Fotometría Digital - Media - Desviación estándar - Error promedio de la media aritmética	Tipo de Fotografía	Ficha Técnica	Por encima de 1/20000	
			Altura de Vuelo			
			Numero de Punto de Control			
			Clima			
			Viento			
			Pixel de la Fotografía			
	Exactitud	Fotometría Digital	Topográfica con Estación Total	Coordenadas UTMGS84	Ficha Técnica	0.00mm-5mm
				Norte(m) Este(m) Elevación(m)		

Anexo 3: Proceso de Calculo

Datos de los puntos de control de vuelos 1, 2 y 3:

VUELO - 01			
DESCRIP.	N (m)	E (m)	Z (m.s.n.m.)
BM-01	8989258.253	773562.304	28.060
BM-02	8989321.322	773617.173	29.102
BM-03	8989269.473	773668.957	28.960
BM-04	8989218.059	773610.438	28.222
BM-05	8989221.359	773707.291	29.484
BM-06	8989168.95	773656.661	27.834
BM-07	8989245.168	773635.389	29.812

VUELO - 02			
DESCRIP.	N (m)	E (m)	Z (m.s.n.m.)
BM-01	8989258.249	773562.303	28.063
BM-02	8989321.324	773617.175	29.101
BM-03	8989269.472	773668.955	28.959
BM-04	8989218.061	773610.441	28.222
BM-05	8989221.358	773707.287	29.480
BM-06	8989168.952	773656.66	27.831
BM-07	8989245.167	773635.39	29.815

VUELO - 03			
DESCRIP.	N (m)	E (m)	Z (m.s.n.m.)
BM-01	8989258.250	773562.303	28.061
BM-02	8989321.320	773617.176	29.101
BM-03	8989269.470	773668.958	28.957
BM-04	8989218.058	773610.44	28.226
BM-05	8989221.358	773707.289	29.481
BM-06	8989168.951	773656.658	27.830
BM-07	8989245.167	773635.389	29.813

Aplicación de Formula:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_N}{n}$$

PROMEDIO			
DESCRIP.	N (m)	E (m)	Z (m.s.n.m.)
BM-01	8989258.251	773562.303	28.061
BM-02	8989321.322	773617.175	29.101
BM-03	8989269.472	773668.957	28.959
BM-04	8989218.059	773610.440	28.223
BM-05	8989221.358	773707.289	29.482
BM-06	8989168.951	773656.660	27.832
BM-07	8989245.167	773635.389	29.813

Diferencias entre promedio y cada uno de los tres vuelos:

DIFERENCIA ENTRE PROMEDIO Y VUELO-01			
DESCRIP.	N	E	Z
BM-01	0.002	0.001	-0.001
BM-02	0.000	-0.002	0.001
BM-03	0.001	0.000	0.001
BM-04	0.000	-0.002	-0.001
BM-05	0.001	0.002	0.002
BM-06	-0.001	0.001	0.002
BM-07	0.001	0.000	-0.001

DIFERENCIA ENTRE PROMEDIO Y VUELO-02			
DESCRIP.	N	E	Z
BM-01	-0.002	0.000	0.002
BM-02	0.002	0.000	0.000
BM-03	0.000	-0.002	0.000
BM-04	0.002	0.001	-0.001
BM-05	0.000	-0.002	-0.002
BM-06	0.001	0.000	-0.001
BM-07	0.000	0.001	0.002

DIFERENCIA ENTRE PROMEDIO Y VUELO-03			
DESCRIP.	N	E	Z
BM-01	-0.001	0.000	0.000
BM-02	-0.002	0.001	0.000
BM-03	-0.002	0.001	-0.002
BM-04	-0.001	0.000	0.003
BM-05	0.000	0.000	-0.001
BM-06	0.000	-0.002	-0.002
BM-07	0.000	0.000	0.000

Error medio cuadrático – Desviación estándar:

$$Ec = \sigma = \sqrt{\frac{\sum V^2}{n}}$$

EC	ERROR MEDIO CUADRATICO - DESVIACION ESTANDAR		
DESCRIP.	N	E	Z
BM-01	0.001699673	0.000471405	0.001247219
BM-02	0.001632993	0.001247219	0.000471405
BM-03	0.001247219	0.001247219	0.001247219
BM-04	0.001247219	0.001247219	0.001885618
BM-05	0.000471405	0.001632993	0.001699673
BM-06	0.000816497	0.001247219	0.001699673
BM-07	0.000471405	0.000471405	0.001247219

Error probable de la media aritmética:

$$Ev = Ec/(n)^{1/2}$$

EV	ERROR PROBABLE DE LA MEDIA ARITMETICA		
DESCRIP.	N	E	Z
BM-01	0.000981307	0.000272166	0.000720082
BM-02	0.000942809	0.000720082	0.000272166
BM-03	0.000720082	0.000720082	0.000720082
BM-04	0.000720082	0.000720082	0.001088662
BM-05	0.000272166	0.000942809	0.000981307
BM-06	0.000471405	0.000720082	0.000981307
BM-07	0.000272166	0.000272166	0.000720082

Precisión:

P	PRECISION		
DESCRIP.	N	E	Z
BM-01	1/9160496103	1/2842249256	1/38969.61964
BM-02	1/9534613535	1/1074345488	1/106925.1263
BM-03	1/12483675797	1/1074417435	1/40215.77349
BM-04	1/12483596095	1/1074336135	1/25924.78707
BM-05	1/33028502855	1/820640514.8	1/30043.27269
BM-06	1/19068903842	1/1074400367	1/28361.84129
BM-07	1/33028590335	1/2842517791	1/41402.67486

Anexo 4: Proceso de Fotometría Digital



Fuente: Propia

Se programa el area que se realizara el Levantamiento Topografico con Dron, despues se asigna la altura de vuelo y por ultimo la inclinacion del angulo de la camara.



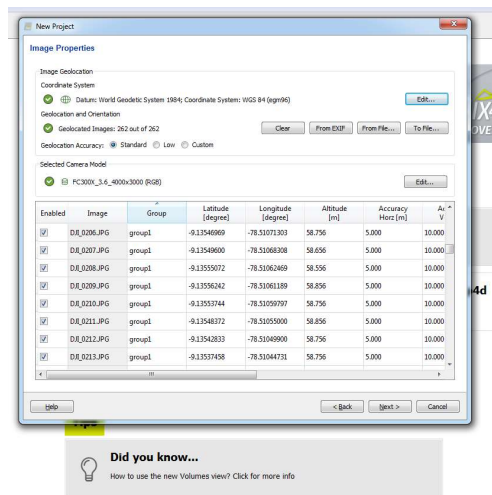
Fuente: Pix4D

Antes de realizar el vuelo, se actualizan los programas y aplicaciones, se continua con la calibración del dron y del mando, por último, se activa la programación del vuelo

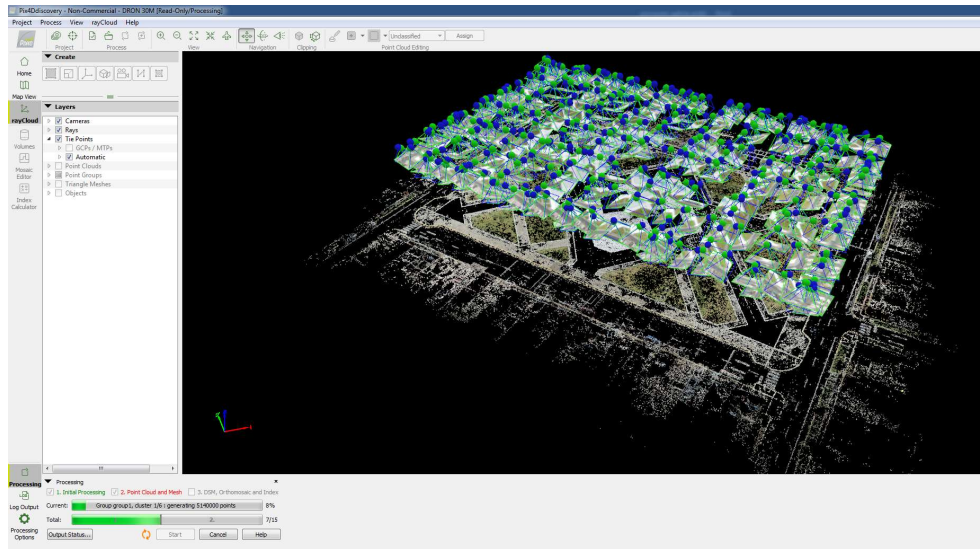


Fuente: Pix4D

Al terminar el vuelo, se extrae la microSD, donde se encuentra las imágenes con sus respectivos datos, se examina cada foto para verificar que todas las fotos estén en buen estado y se procede a procesar.

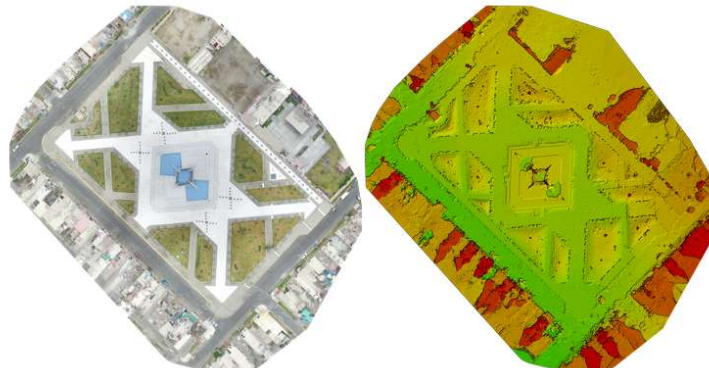


Fuente: Propia



Fuente: Propia

Conforme se va procesando los datos, va adquiriendo forma la visualización de los puntos de control, nube de puntos (detalles del área).

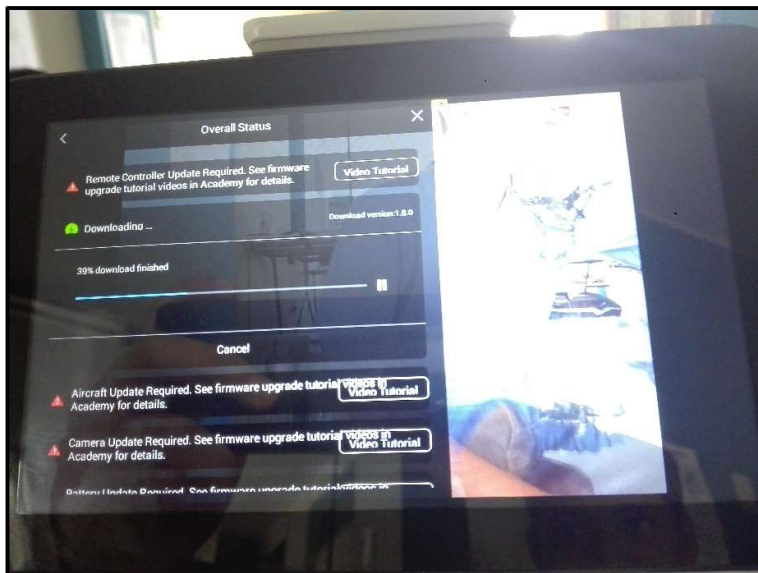


Por último, nos genera, el orto mosaico y otra imagen donde indica que zonas se obtiene con mayor facilidad los datos.

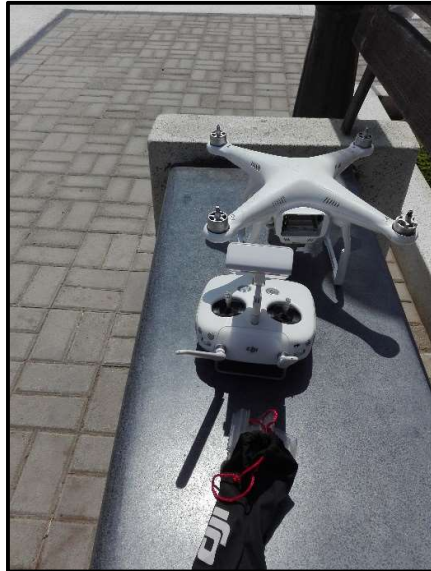
Anexo 5: Panel Fotográfico



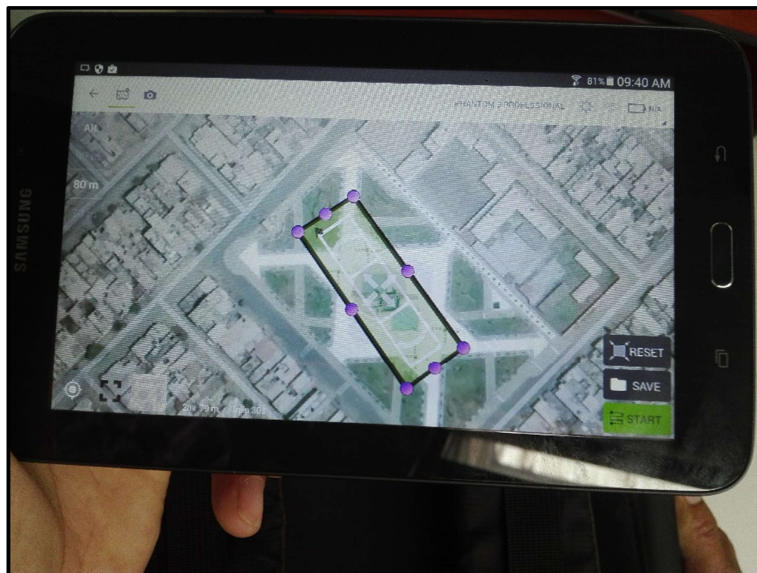
Verificar el estado físico de los componentes del dron, batería cargado del dron y el control del dron



Actualizar el software de control remoto, dron, cámara, controlares.



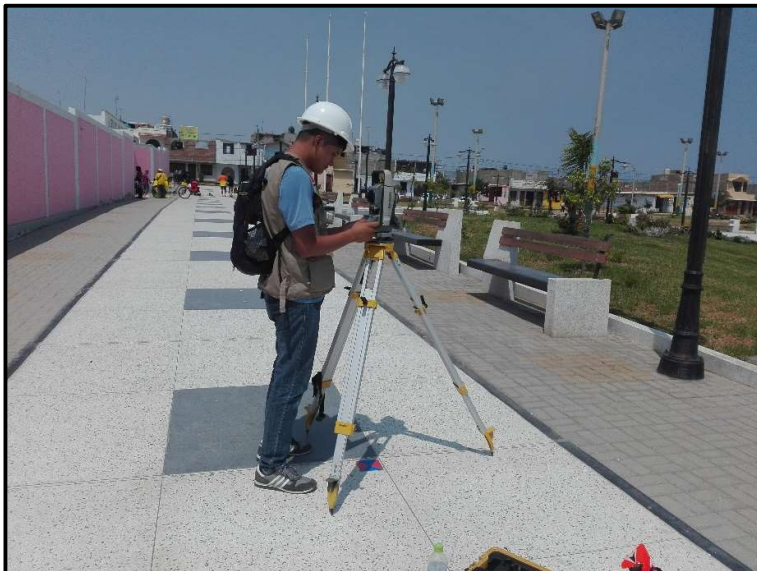
Antes de cada vuelo se realiza la calibración del dron, y se verifica que las hélices estén bien colocadas y se debe observar si existe algún objeto o animal que pueda estropear el dron.



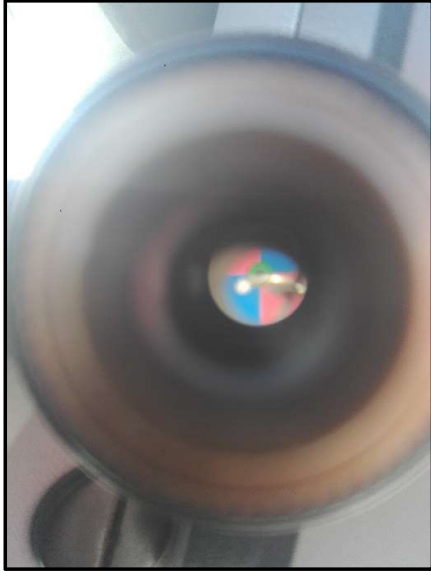
Se programa el área de vuelo del dron, teniendo en cuenta la altura de vuelo, grado de inclinación de la cámara, duración de la batería, iluminación del sol.



Se coloca el dron dentro del área de vuelo, se continúa ejecutando lo programado en la aplicación pix4D, se tiene precaución en el caso de que al momento de realizar su recorrido no



Levantamiento topográfico con estación total de los puntos de control y los puntos de relleno.



Se verifica que la vista vertical de la estación total este en el centro del BM o punto de control para reducir al mínimo los errores.

Anexo 6: Costos Comparativos

Comparación en compra de equipos:

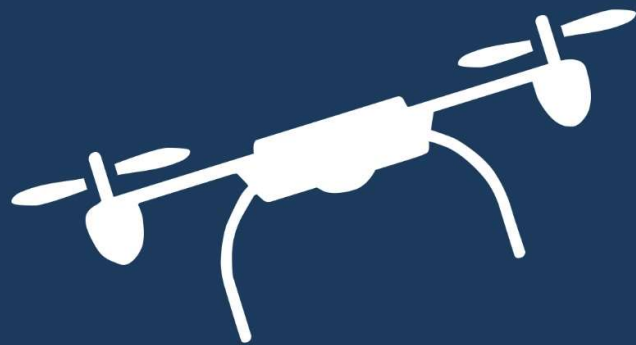
Levantamiento Topográfico – Estación Total		Levantamiento Topográfico - Dron	
Descripción	Precio	Descripción	Precio
TOPCON GOWIN TKS	S/. 12000	DJI PHATOM 3 PROFESIONAL	S/. 4800
CPU – Tarjeta de Video 2 GB	S/. 3000	CPU – Tarjeta de Video de 4 GB	S/. 4000
		MicroSD 64GB	S/. 100
TOTAL	S/. 15000	TOTAL	S/. 8900

Comparación en alquiler de equipos:

Levantamiento Topográfico – Estación Total				Levantamiento Topográfico - Dron			
Descripción	Und.	Cant.	Subtotal	Descripción	Und.	Cant.	Subtotal
TOPCON GOWIN TKS	S/. 150 por día	2 días	S/. 300	DJI PHATOM 3 PROFESIONAL	S/. 90 por hora	1h	S/. 90
CPU – Tarjeta de Video 2 GB	S/ 80 por día	2 días	S/. 160	CPU – Tarjeta de Video de 4 GB - Procesamiento	S/100 por día	1 día	S/. 100
				CPU- Tarjeta de Video 2 GB	S/ 80 por día	2 días	S/. 160
TOTAL			S/. 460				S/. 350

Nota: El cuadro correspondiente a “Comparación en alquiler de equipos”, es para un proyecto de aproximadamente de 2 hectáreas (20000m²). Además, que en el caso de levantamiento topográfico – dron, no es necesario volver a la zona del proyecto, porque a partir del procesamiento de datos, se puede seguir extrayendo puntos.

Anexo 7: Manual



MANUAL SOBRE LA UTILIZACIÓN DEL DRON PARA LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

SANCHEZ VARGAS
IRVIN JONATHAN

PRESENTACION

Este informe es el resultado de la tesis denominado “Determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con dron en la Plaza San Luis-2017” y de las experiencias adquiridas al participar de levantamientos topográficos con dron, tiene la finalidad de brindar indicaciones para la obtención del mejor levantamiento topográfico con dron.

El presente informe contiene:

Capítulo I, se presenta los trabajos previos y experiencias adquiridas que se tomaran en cuenta para el mejor uso del dron. Además de ello se presenta el objetivo principal que se basa el presente informe. El área de aplicación, menciona para que tipo de trabajos se recomienda, ya que en no es lo mismo levantamiento topográfico para edificaciones que carreteras.

Capítulo II, se explicará a detalle los procesos para realizar un buen levantamiento con dron, con imágenes ilustrativas de paso a paso de cómo realizar un buen levantamiento.

Capítulo III Consideraciones y Recomendaciones, se detalle puntos importantes que se tendrá en cuenta en el levantamiento topográfico con dron

Contenido

PRESENTACION	2
I.INTRODUCCION	4
TRABAJOS PREVIOS	4
OBJETIVOS.....	5
CAMPO DE APLICACION.....	5
II.PROCEDIMIENTOS.....	6
PLANEAMIENTO	6
PROCESOS EN CAMPO	9
PROCESOS EN GABINETE	10
III.CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIÓN.....	14
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	15

I.INTRODUCCION

TRABAJOS PREVIOS

A continuación, las investigaciones que ayudaron para la elaboración del manual:

Sanchez Vargas I. (2017) en su trabajo de investigación titulado “Determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con dron en la plaza san luis-2017”, el objetivo principal es conocer si es confiable los puntos que obtienen a partir de la topografía con dron en este proyecto toma como lugar de estudio una plaza donde cuenta con varios detalles, concluyendo que si es confiable el levantamiento topográfico con dron.

Villareal Moncayo J. (2015) en su trabajo de titulación en la Universidad Técnica Particular de Loja titulado “Análisis de la precisión de levantamientos topográficos mediante el empleo de vehículos no tripulados (UAV) respecto a la densidad de puntos de control”, una las principales conclusiones obtuvo que usando UAVs la precisión de los levantamientos topográficos varía de acuerdo a la densidad y ubicación de los puntos de control y considerando la visibilidad en el terreno de estudio; el mínimo número de puntos de control para un levantamiento topográfico mediante UAV es de 3 GCP.

Corredor Daza J. (2015) en su tesis presentada en la Universidad Militar Nueva Granada de Bogotá, Colombia, titulada “Implementación de modelos de elevación obtenidos mediante topografía convencional y topografía con drones para el diseño geométrico de una vía en rehabilitación sector Tulua – Rio Frio”, determino que los levantamientos topográficos realizados con drones permiten ser utilizados en gran cantidad de proyectos de consultoría ya que economizan tiempo en la recolección de información, presentando alta precisión; en el diseño de vías se recomienda trabajar con las dos técnicas de captura en forma conjunta ya que la topografía convencional proporciona información más detallada lo que permite hacer una mejor descripción de obras, mientras que la topografía con dron permite capturar una amplia zona del terreno con mayor precisión.

Coello A. y Ballesteros G. (2013) en su tesis presentada en la Universidad Politécnica de Madrid, España, titulada “Fotogrametría de UAV de ala fija y comparación con Topografía clásica”, el estudio obtuvo entre las principales conclusiones que desde el punto de vista de la fotogrametría, se encontró en los vehículos aéreos no tripulados una nueva solución para la captura de imágenes aéreas y generación de productos topográficos; la ampliación de su uso en aplicaciones civiles, la integración de los mismos o la puesta en marcha de aplicaciones y basadas en su uso sigue en pleno desarrollo; desde el punto de vista topográfico, el uso de equipos GNSS con metodología RTK VRS Now permitió obtener correcciones en tiempo real eliminando los errores con respecto a la distancia a la base y mejorando las precisiones; las mediciones se realizan de manera rápida y con muy buenas precisiones utilizando esta metodología.

Tacca H. (2015) en su tesis presentada en la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, titulada "Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional" realizó una investigación con el objetivo general de comparar los resultados del método drone y del software Pix4D Mapper, y el método directo, mediante un estudio comparativo en el que se empleó la toma de datos con una estación total, tienen resultados similares, sin embargo el primer método es el menos costoso por su versatilidad esto con un 95% de confianza los cálculos de volúmenes y excavaciones con el uso de la fotogrametría y el drone Phantom 2 Vision+, se realiza en menor tiempo que con la estación total, además se requiere mucho menos personal que el método clásico.

OBJETIVOS

El objetivo principal del presente manual es brindar información al proyectista sobre los alcances que tiene el levantamiento topográfico con dron y consideraciones que debe tener el topógrafo o personal a cargo para realizarlo, basado en experiencias adquiridas en diferentes proyectos.

Los objetivos específicos del manual son:

- Delimitar en que campos de aplicación se puede utilizar el dron
- Plantear un conjunto de procedimientos para realizar un mejor levantamiento topográfico con dron.
- Recomendar a los proyectistas, topógrafos y/o personal a cargo para realizar un buen levantamiento topográfico con dron.

CAMPO DE APLICACION

El presente manual es para los siguientes campos de aplicación de proyectos:

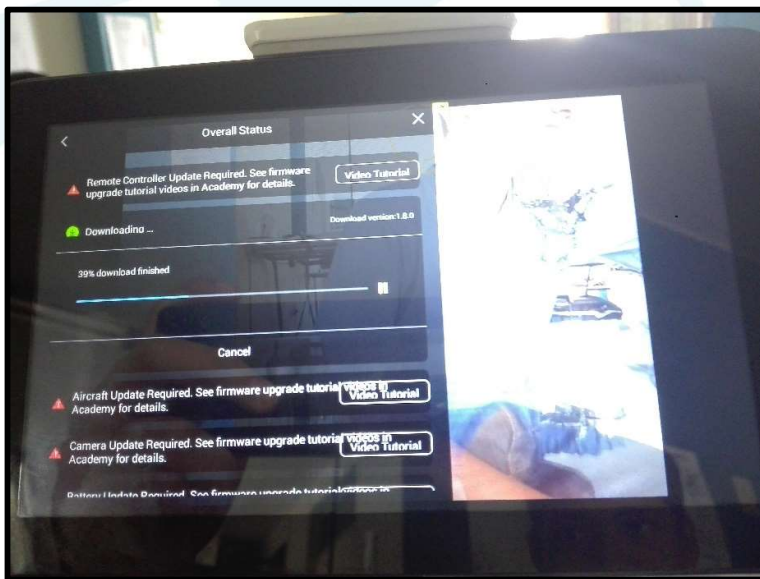
- Planos de Lotización
- Planos de Catastro
- Planos de Ampliación Urbana
- Plano de Situación Actual
- Planos de Movimiento de tierras

II.PROCEDIMIENTOS

PLANEAMIENTO

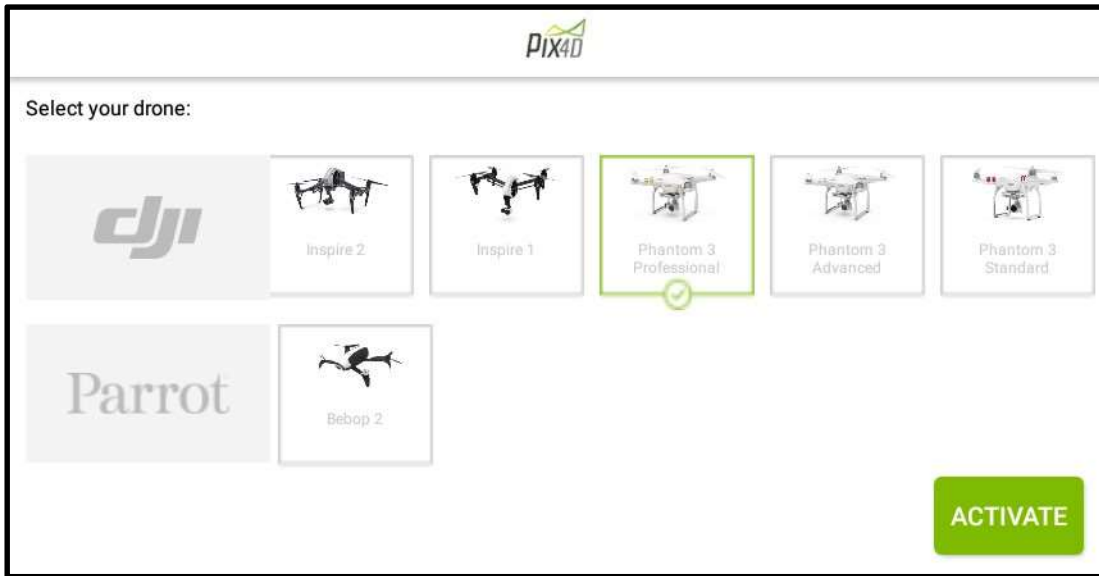


Verificar el estado físico de los componentes del dron, batería cargada del dron y el control del dron

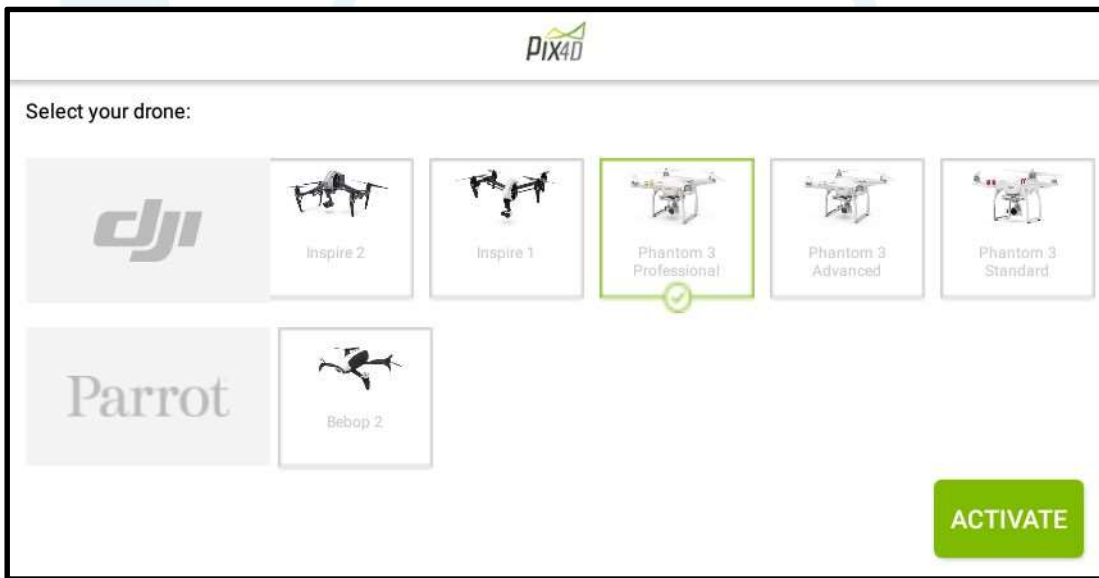


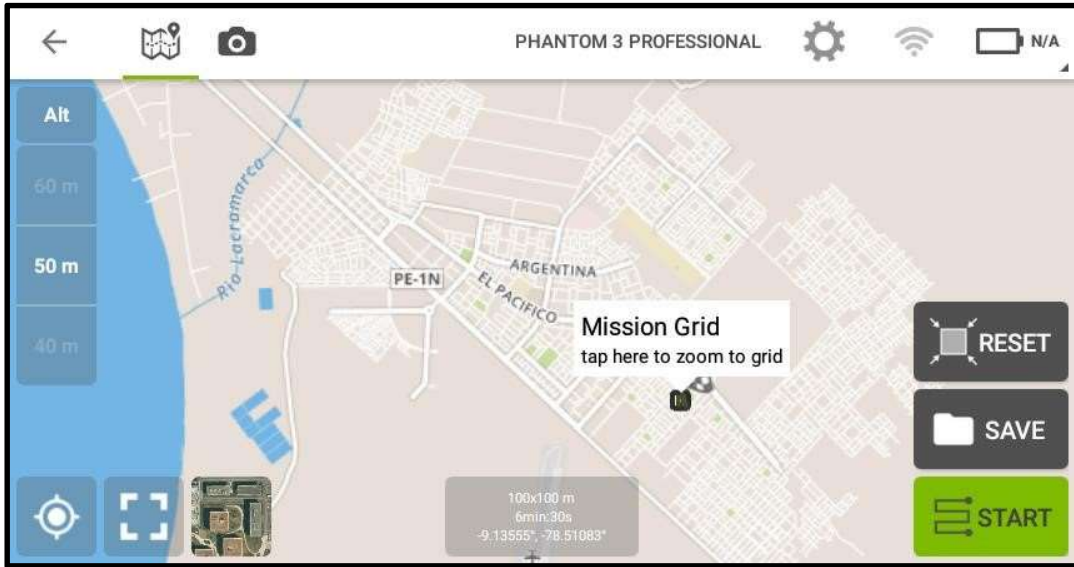
Estado del software del control remoto, dron, cámara, controlares, si se encuentran en bien estado.

Continuamos con la programación de vuelo, para ello usamos el aplicativo Pix4Dcapture. Para poder usar el aplicativo debemos crearnos una cuenta, ya creada la cuenta, nos aparecerá los modelos de drones que son compatibles, en este caso se usó el Phantom 3 Profesional



Después de seleccionar el modelo, nos aparece 4 opciones: Grid Mission, se usa para generar modelos en 2 dimensiones, Double Grid Mission es para modelamientos en 3 dimensiones, Circular Mission para un objeto en específico y Free Mission para vuelos de forma manual.

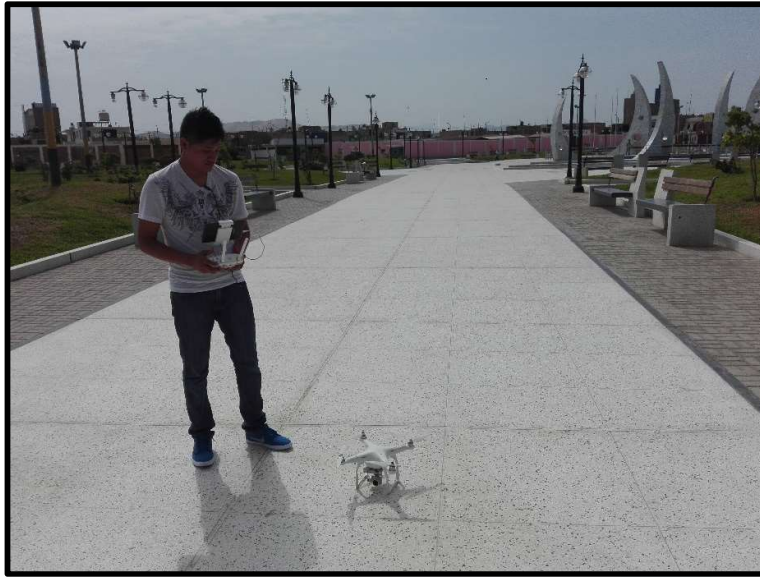




Ubicamos la zona el cual se realizara el vuelo del dron. En la parte izquierda se visualiza la altura en la que se encontrara el dron realizando el vuelo, los rangos mínimos y máximos son: 10m a 150m; la velocidad del dron, el ángulo de inclinación de la cámara y el nivel de empalmes. Se recomienda realizarlo de acuerdo con la visualización de la siguiente imagen.



PROCESOS EN CAMPO

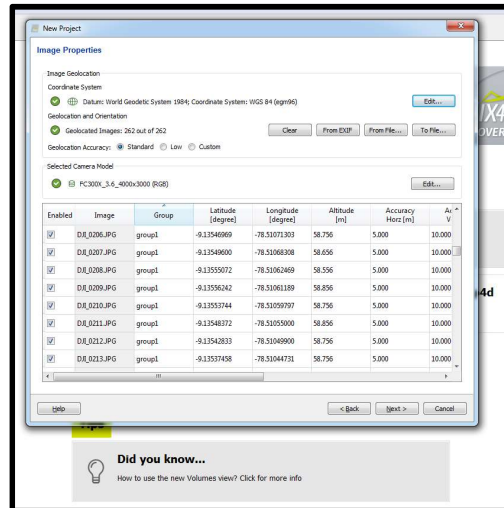


Justo antes de realizar cada vuelo se debe calibrar el dron de acuerdo al modelo que se esté usando, después se continua colocando el dron dentro del área de vuelo, se continua ejecutando el programa de vuelo del dron con la aplicación Pix4Dcapture, se tiene precaución al momento que el dron realice su recorrido porque puede existir algún objeto o animal que se interponga en la trayectoria de vuelo.

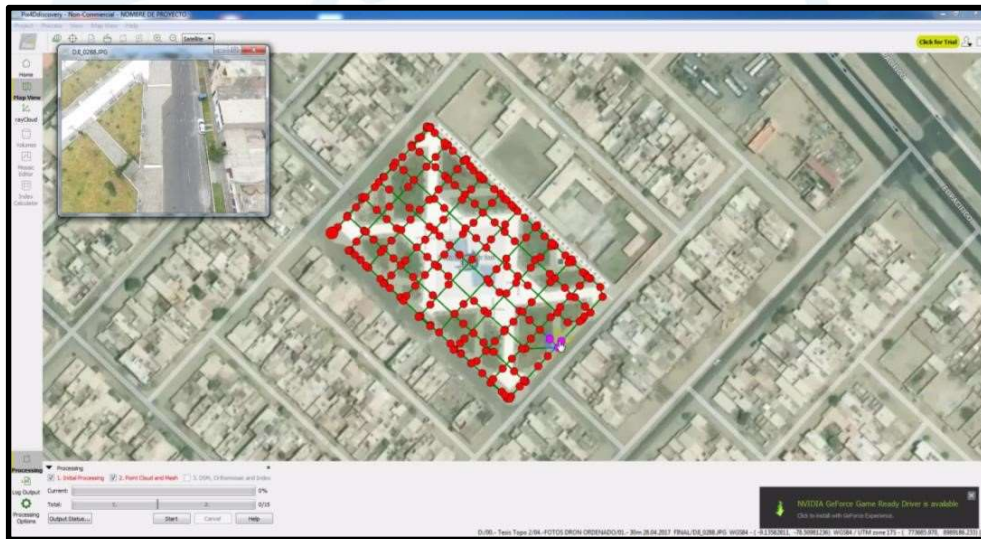


PROCESOS EN GABINETE

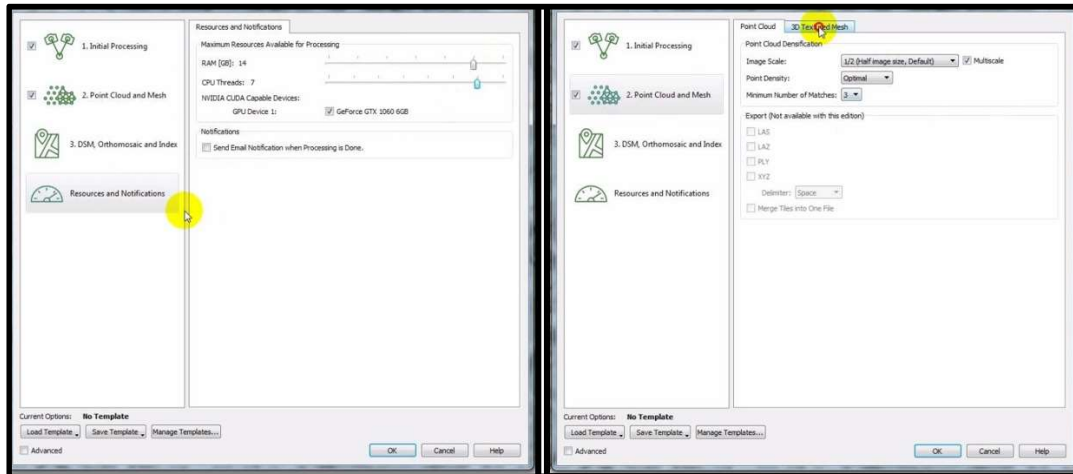
Al terminar el vuelo, se extrae la microSD, donde se encuentra las imágenes con sus respectivos datos, se examina cada foto para verificar que todas las fotos estén en buen estado y se procede a procesar



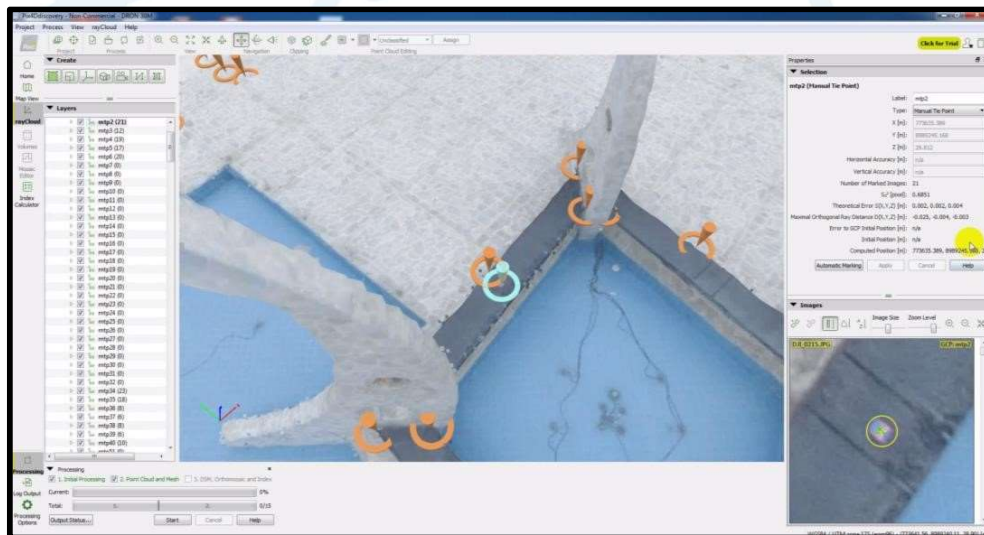
Al cargar las imágenes al programa se puede visualizar en donde se ubican las imágenes dentro del proyecto



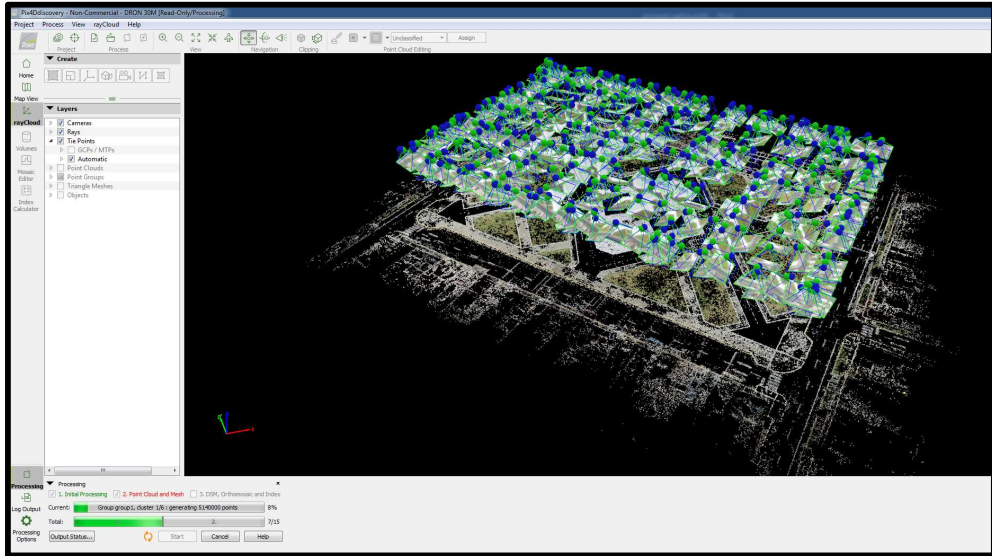
La configuración con el cual se procederá los datos es a mitad de calidad de imagen, ya que las imágenes son en resolución 4K y se trabaja con $\frac{1}{4}$ de todo el rendimiento de la computadora.



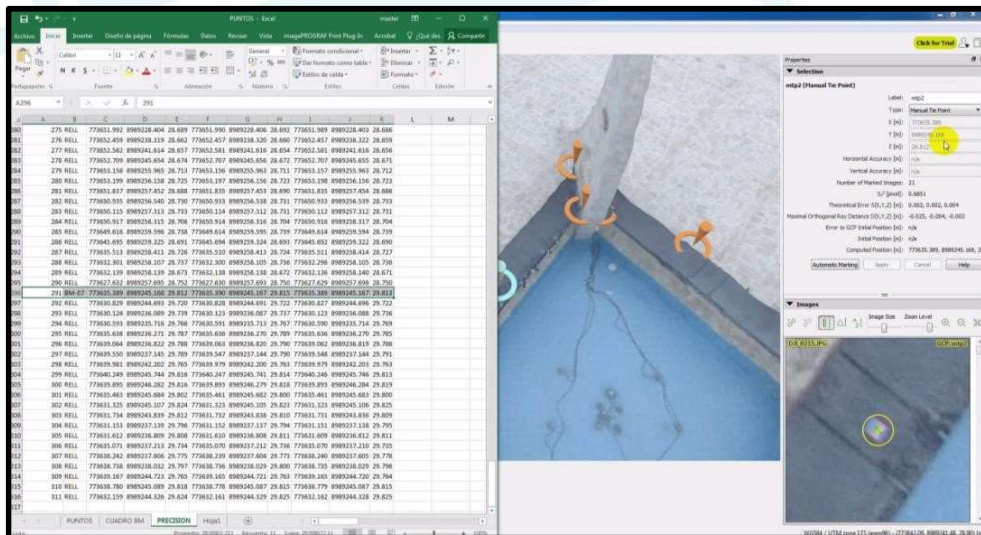
Luego de realizar el proceso 1 y 2 , se continua asignando el punto de control base, para ello se debe localizar un punto cercano al punto de control, se continua seleccionando la ubicación del punto de control en cada imagen Enel cual se visualice el punto de control, las imágenes se encuentran localizadas en la parte inferior derecha, se debe seleccionar un mínimo de 8 imágenes por cada punto de control.



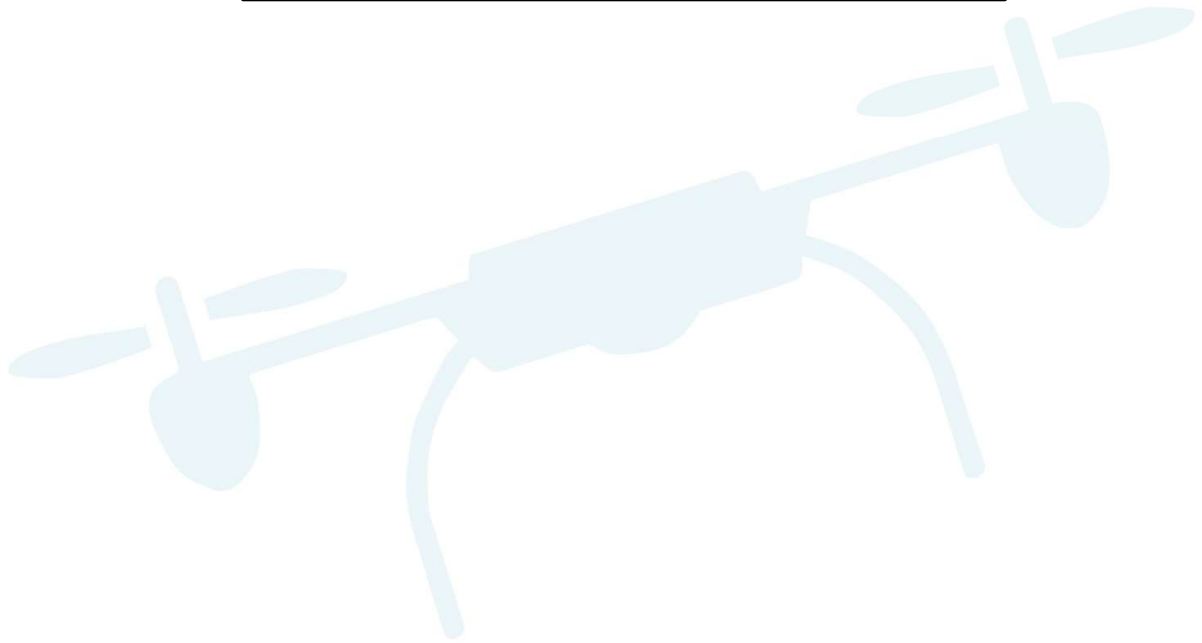
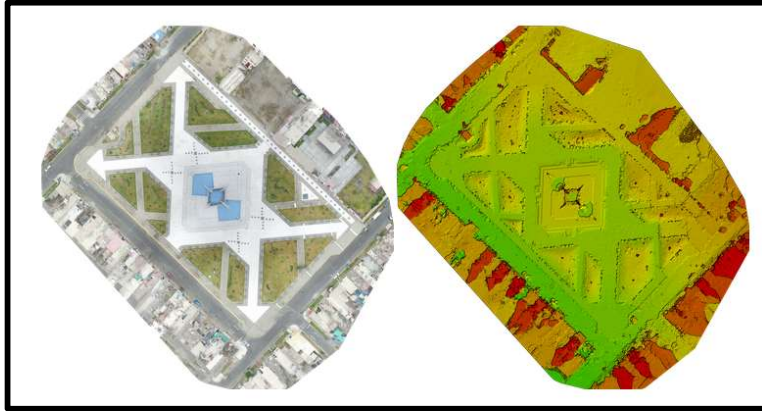
Ya localizado todos los puntos de control se realiza nuevamente el procedimiento de datos 1 y 2 para que reajuste todos los puntos que se generan a través del programa.



Para exportar los puntos se debe cambiar la configuración de los puntos automáticos a puntos 3 a través de esa configuración se extrae rápidamente los datos en formato de Excel.



Se puede extraer del programa , el orto mosaico y otra imagen donde indica que zonas se obtiene con mayor facilidad los datos



III. CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIÓN

Se recomienda, para realizar un levantamiento topográfico confiable, se debe tener en cuenta:

- El clima de la zona de estudio, ello influye directamente a los datos que se obtiene del dron, ya que, al ser un clima nublado, no se podrá obtener fotografías en óptimas condiciones.
- La altura de vuelo, a mayor altura de vuelo menor precisión y habrá dificultad de encontrar los puntos de control.
- El número de puntos de control o GCP, por ser la base del levantamiento topográfico con dron, se debe seleccionar como mínimo en el programa Pix4D mapper 8 imágenes para general un punto de control. Los puntos de control deben estar ubicados en los extremos y por lo menos uno en el centro.
- Se recomienda que, por cada vuelo, el área a realizar el levantamiento topográfico no sea mayor a 20 000m² y debe contar como mínimo con 7 puntos de control.
- Revisar todas las imágenes obtenidos por el dron, y en caso de contar con más de 5 imágenes en mal estado o borrosas, realizar nuevamente el vuelo.
- Al ingresar las imágenes al programa Pix4D mapper se recomienda trabajar o procesar como mínimo, con la mitad de pixel, en caso de ser imágenes 4K.
- No se recomienda trabajar solo levantamiento topográfico con dron en proyectos de carreteras.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- COELLO A. y Ballesteros G. (2013) Fotogrametría de UAV de ala fija y comparación con Topografía clásica. Tesis presentada en la Universidad Politécnica de Madrid, España. Disponible en: http://oa.upm.es/34699/1/PFC_ALBA_COELLO_ROMERO.pdf
- 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 Tulua – Rio Frio. Tesis de licenciatura en la Universidad Militar Nueva Granada de Bogotá, Colombia. Disponible en: <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/7596/1/CorredorDazaJuanGuillermo2015.pdf>
- TACCA H. (2015) Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional. Tesis de licenciatura presentada en la Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3882>
- VILLAREAL MONCAYO J. (2015) Análisis de la precisión de levantamientos topográficos mediante el empleo de vehículos no tripulados (UAV) respecto a la densidad de puntos de control. Tesis de grado en la Universidad Técnica Particular de Loja. Disponible en: <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/13079/1/Villareal%20Moncayo%20Jofre%20Vicente.pdf>

