

INTRODUCCIÓN

Un levantamiento topográfico con la aplicación de Drones se basa en la utilización de los rayos de la luz del sol reflejados por los objetos de la superficie de la tierra. Dichos rayos, llamados también la reflectancia, son capturados en fotografías aéreas por el combo cámara-GPS instalado en un Drone. Las medidas de los objetos, incluyendo la altura del terreno se calculan a partir de la fotogrametría.

La topografía tradicional ha representado la solución cuando por exigencias de precisión y detalle se requieren. Ya que los mapas topográficos cumplen con muchas funciones dentro de la ingeniería en las cuales tenemos los replanteos, el diseño o modificación de obras civiles, los movimientos de tierra, los cálculos de volumen, uso del suelo, venta de terrenos, entre otros.

Los estudios fotogramétricos a partir de Drones han representado un extraordinario apoyo a la topografía, debido a que en una medida de tiempo y costos es relativamente inferior a un levantamiento topográfico convencional, generando de esta forma, productos geospaciales de gran precisión y contenido.

El levantamiento topográfico mediante la aplicación del Drone, es una tecnología moderna que viene siendo aplicada en Servicios Topográficos, hidrográficos, y estudios de restituciones de fotogrametría referenciales, de países desarrollados, como ser España, Colombia, Chile, Ecuador y otros por lo que este trabajo de investigación va orientado a establecer la conveniencia o no de la utilización del Drone, para el levantamiento topográfico.

La idea central de la investigación, pretende explicar las dimensiones de la aplicación del DRONE como apoyo a los levantamientos topográficos.

El proyecto consiste en realizar un vuelo fotogramétrico y obtener un producto cartográfico. Este producto consiste en una ortofotografía de la zona en estudio y un levantamiento tridimensional de la misma zona.

Este proceso va acompañado de un software que controla las acciones del Drone en todo momento y es el que da las órdenes al Drone desde una estación de control situada en tierra.

Una vez finalizado todo el proceso se debería obtener una ortofotografía de toda la zona en estudio, que permita valorar si el uso de un Drone es factible para este tipo de aplicaciones.

La presente investigación tiene la importancia de permitir obtener una cartografía de barrido detallada destinada a aplicaciones de topografía y proporcionando Modelos Digitales de Terreno (MDT) de amplias áreas para actividades sobre usos del suelo y encarar cualquier obra civil que beneficie a la sociedad. Ahorrando, costos y tiempo de ejecución de las mismas.

1.1. MARCO TEÓRICO

- **Marco conceptual.**

El Drone, 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 radio control.

Levantamientos topográficos.

Un levantamiento topográfico consiste en realizar una interpretación de un espacio, es decir llevar a cabo la descripción de un terreno en concreto, en donde se realiza una captura de todos los elementos existentes en una superficie,

incluyendo características naturales de la superficie y las características antrópicas.

Con los datos obtenidos en un levantamiento topográfico se pueden trazar mapas o planos en los que aparte de representar las características físicas del terreno se pueden describir las diferencias de altura de los relieves o de los elementos que se encuentran en el lugar donde se realiza el levantamiento.

Modelos digitales de terreno.

Un MDT es una representación aproximada en 3 dimensiones de una zona de la superficie terrestre, en la cual podemos observar las elevaciones y formas de la topografía del terreno, en cartografía suele ser representado con curvas de nivel y en consultoría son utilizados para el diseño de diferentes tipos de infraestructuras.

Fotogrametría.

La fotogrametría es la técnica cuyo objetivo es el determinar las dimensiones y posición de objetos en el espacio a partir de imágenes fotográficas, esto se consigue a través de la medida o medidas realizadas a partir de la intersección de dos o más fotografías, por medio de la fotogrametría podemos obtener modelos digitales de terreno que pueden ser utilizados para el diseño de vías.

- **Marco referencial.**

En la actualidad cada día las técnicas de elaboración de planos y cartas se han desarrollado rápidamente, agilizando la información optimizada al máximo, empleando para ello las mejores técnicas y procedimientos que están a nuestro alcance, requeridos para la elaboración de uno y tantos proyectos necesarios en la infraestructura y modernización de obras civiles.

Esta tecnología está siendo utilizada varios años atrás, en los proyectos de ingeniería civil, siendo en estos últimos años de mayor auge en el campo de la topografía.

Gran parte del lento y costoso trabajo de campo ha sido reemplazado por procesos de Fotogrametría, así mismo, gradualmente ha sido simplificado y mejorado el trabajo debido al desarrollo de modernos equipos de restitución, equipo electrónico de medición tales como Estación Total, Equipo de Medición GPS, software y plotters, han hecho posible la aplicación de técnicas tan avanzadas que unas décadas antes habrían parecido irrealizables.

A su vez el progreso en materia de computación ha permitido el empleo de nuevas técnicas de cálculo, tendientes a automatizar las operaciones habituales como son transformación de coordenadas UTM a topográficas, cálculo de alineamiento horizontal, obtención de perfil y secciones de las plantas fotogramétricas y de las cartas topográficas, determinación de áreas en las secciones de proyecto y volúmenes de movimiento de material.

Estos son progresos alcanzados para construir, Carreteras, Planos Catastrales, Cartas Geográficas, con suma rapidez, bajo costo y exactitud suficiente.

- **Análisis y tendencias.**

La ingeniería civil va a la par con la topografía para poder diseñar, implantar, replantear cualquier obra de construcción, tiene que estar antes, durante y después de las obras tales como son en carreteras, edificios, puentes, canales, presas, entre otros. Es por eso buscamos implementar nuevas técnicas que nos facilite información, en este caso mucho más económico en tiempo y costo para obtener información topográfica.

- **Posición del investigador.**

La aplicación del Drone en levantamientos topográficos tiene evidente ventajas en todo su proceso, ya que nos permiten estudiar diferentes alternativas en áreas suficientemente amplias, inaccesibles, con adecuada precisión y mayor rapidez, en forma económica y sobre todo mayor seguridad.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La ingeniería civil ha tenido desde sus inicios el compromiso de proyectar, diseñar, analizar, construir y dar mantenimiento a proyectos que satisfagan en funcionalidad y confiabilidad las necesidades de una población o comunidad. Una etapa importante en el diseño y ejecución de los proyectos de obra civil es el análisis de la topografía del lugar donde se emplazaran estos proyectos, pues es necesario conocer la planimetría y altimetría del terreno.

Según las características de cada proyecto se presentan limitaciones de tiempo y recursos y la elección del equipo y metodología de trabajo son claves en el éxito del mismo.

La fotogrametría es el conjunto de métodos y procedimientos mediante los cuales podemos deducir de la fotografía de un objeto, la forma y dimensiones del mismo; el levantamiento fotogramétrico es la aplicación de la fotogrametría a la topografía.

La aplicación de vehículos aéreos no tripulados (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) en la ejecución de levantamientos topográficos es una técnica novedosa, y el uso de Drones (UAV de menor tamaño), los cuales han incrementado de forma constante su popularidad y accesibilidad para el público desde hace pocos años, es aún más novedosa.

El uso de Drones para trabajos civiles tiene un mayor uso en países desarrollados conforme pasa el tiempo, sin embargo, en Bolivia el uso de esta tecnología es aún desconocido para muchos y gran parte de los profesionales de la ingeniería civil dedicados al área de la topografía no conocen el procedimiento que se lleva a cabo para la obtención y procesamiento de datos que permitan analizar la superficie del terreno por medio de fotografías aéreas obtenidas con este equipo.

Adquirir los conocimientos necesarios sobre la aplicación de fotogrametría aérea en levantamientos topográficos a través del uso de Drones permitirá al ingeniero civil

dedicado a la medición y representación de terrenos conocer las bondades de la implementación de la técnica y tener una nueva visión sobre la facilidad de adquirir información de la superficie terrestre mediante un método indirecto obteniendo resultados confiables en tiempos menores que los requeridos por métodos directos de medición topográfica.

Con la ejecución de este trabajo de grado se demostrarán que el uso de vehículos aéreos no tripulados en la obtención de fotografías, se puede conseguir nubes de puntos de alta resolución que muestran la apariencia real del terreno. Además se proporcionarán los conocimientos necesarios para que el lector pueda planificar y ejecutar por su cuenta un proyecto de vuelo fotogramétrico utilizando Drones, siendo así capaz de hacer uso, en las situaciones adecuadas, de los últimos instrumentos presentados como una alternativa a los levantamientos topográficos convencionales.

- **Justificación de factibilidad: Recursos, insumos y medios utilizados.**

Al realizar el trabajo de investigación no tendremos problemas al momento de acceder o llegar a las zonas de estudio ya que las mismas se encuentran en la ciudad de Tarija provincia cercado.

Al realizar el levantamiento topográfico con el Drone tampoco tendremos problemas ya que contamos con ese equipo de trabajo el cual es un Drone Phantom 3 Professional.

Para realizar el levantamiento con el método convencional necesitaremos una estación total y un GPS como equipo de trabajo, este equipo es asequible ya que la universidad cuenta con varios equipos de esta característica.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

SITUACION PROBLÉMICA

- **Conceptualización puntual del objeto de estudio.**

La aplicación del DRONE para levantamientos topográficos en diferentes zonas, no solo busca brindar apoyo para el topógrafo sino que por medio de la aplicación de los diferentes métodos de levantamientos topográficos y el uso de esta tecnología, se permita identificar en qué casos se puede aprovechar de mejor manera cada una de estas herramientas, con el fin de disminuir los errores, tiempos y mejorar los procesos que actualmente se emplean.

- **Descripción del fenómeno ocurrido.**

En la actualidad la tecnología de Drones está transformando muchos campos en los que la fotografía aérea es una alternativa para medición y procesamiento, en este caso mucho más económico en tiempo y costo para obtener información topográfica, mediante imágenes y aplicando técnicas fotogramétricas. Midiendo puntos de apoyo y procesando las imágenes aéreas con un software específico, para crear modelos digitales de elevación, mosaicos orto rectificadas y georreferenciadas además de nubes de puntos de alta resolución, modelos en 3D con precisión centimétrica que permiten el cálculo de curvas de nivel, medición de áreas y volúmenes y diversos productos que muestran la apariencia real del terreno.

- **Breve explicación de la perspectiva de solución.**

La aplicación del Drone es una buena técnica cuando se requiera, realizar el levantamiento topográfico y relevamiento en tiempo real de zonas peligrosas o de difícil acceso y superar obstáculos diversos, de forma automatizada y sin poner en riesgo la seguridad personal. En la actualidad es un sistema de trabajo muy práctico que permite, a diferencia de los vuelos convencionales, obtener resultados de manera inmediata.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- **Problema de investigación.**

¿Cómo una comparación técnica de un levantamiento topográfico, entre la aplicación del Drone con el método convencional, puede establecer parámetros de confiabilidad para su aplicación?

- **Breve descripción sobre: Delimitación de tiempo, factibilidad y espacio.**

El tiempo que nos tomara el presente proyecto de investigación será de diez a doce semanas, se cuenta con los equipos para realizar las prácticas tanto como el estación total SOKIA SET 5x y el Drone Phantom 3 Profesional, el estación total SOKIA SET 5x, se encuentra en el Gabinete de Topografía e Informática y el Drone es de mi propiedad.

Para realizar las prácticas de los levantamientos topográficos se tomará como zonas de estudios la zona de Pampa Galana y la zona del Tejar dentro del Campus Universitario U.A.J.M.S.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Comparar información topográfica, aplicando dos técnicas de recolección de datos de campo (levantamiento topográfico con Drone y levantamiento topográfico convencional). Para establecer si la precisión y veracidad de la información topográfica obtenida con el Drone cumple con los lineamientos mínimos requeridos para realizar levantamientos topográficos.

1.4.2. Objetivos específicos

- Establecer la eficiencia de un levantamiento topográfico, utilizando como equipo de levantamiento el Drone.

- Identificar la eficiencia del sistema de la fotogrametría al ser aplicado en trabajos topográficos.
- Determinar la conveniencia del uso del sistema de modelos digitales en trabajos orientados al desarrollo de la topografía.
- Obtener información y reconocer las diferencias entre los levantamientos convencionales y los levantamientos con Drones y sus consecuencias.
- Determinar si el trabajo conjunto de estos dos métodos permite una mejor interpretación de la información de la zona de estudio permitiendo un mejor desempeño a la hora de realizar un estudio para el diseño.

1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

1.5.1. Hipótesis

Si se hace un análisis de la comparación de un método convencional, con el método de fotogrametría obtenida por el Drone para el estudio topográfico, se podrá obtener la información técnica necesaria para determinar la conveniencia y eficiencia de trabajo de las diferentes técnicas y su aplicabilidad y factibilidad en diferentes áreas de trabajo dependiendo de la situación topográfica.

1.5.2. Identificación de variables

Identificamos dos tipos de variables

Variable dependiente

- Eficiencia de trabajo.

Variable independiente

- Tipo de técnica.

1.6. ALCANCE

El alcance de este trabajo de investigación está orientado a comparar los datos obtenidos de los levantamientos topográficos de las diferentes zonas.

Las zonas de estudio, zona 1 Pampa Galana y zona 2 el Tejar están ubicadas en la provincia Cercado del departamento de Tarija con las siguientes coordenadas UTM:

- **Zona 1 Pampa Galana**

$$\rightarrow Y = 7620299.24 \text{ m N.}$$

$$X = 323185.82 \text{ m E.}$$

$$\text{Altitud} = 1942 \text{ m.s.n.m}$$

- **Zona 2 El Tejar (Campus Universitario)**

$$\rightarrow Y = 7616270.84 \text{ m N.}$$

$$X = 321691.51 \text{ m E.}$$

$$\text{Altitud} = 1853 \text{ m.s.n.m}$$

- **Estas zonas se encuentran en el cuadrante o huso 20 K**

La presente investigación tiene la finalidad de permitir obtener una cartografía de barrido detallada destinada a aplicaciones de topografía y proporcionando Modelos Digitales de Terreno (MDT) de amplias áreas para actividades sobre usos del suelo y encarar cualquier obra civil que beneficie a la sociedad. Ahorrando, costos y tiempo de ejecución de las mismas.

1.7. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

1.7.1. Identificación del tipo del diseño de investigación

El trabajo de investigación es de tipo casual, Ya que con este tipo de investigación relacionamos variables considerando causas y efectos en su comportamiento.

1.7.2. Criterio asumido

El criterio asumido para la realización de la práctica y obtención de datos, es de realizar el levantamiento topográfico en cada zona de estudio, es decir realizar un levantamiento topográfico con cada método (Método convencional levantamiento con estación total y método con Drone).

En la zona 1 Pampa Galana se realizara el estudio en una superficie de 5.5 hectáreas.

En la zona 2 El Tejar se realizara el estudio en una superficie de 1.5 hectáreas.

1.7.3. Métodos y procedimientos lógicos

1.7.3.1. Georreferenciación

Para la realización de trabajos topográficos se recomienda utilizar cartografía referida a un sistema de representación, ya sea en coordenadas geográficas o planas como el Sistema UTM (Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator). Para el elipsoide de referencia, base del sistema de proyección seleccionado, las elevaciones se expresan generalmente en metros sobre el nivel del mar.

La Georreferenciación de las diferentes zonas del proyecto se realizara mediante la implementación de un sistema de referencia compuesto por puntos GPS con coordenadas Norte, Este y Cota.

Como puntos base para la georreferenciación se definirá dos puntos, que localicen las zonas de estudio.

Las precisiones de los puntos de apoyo estarán acordes con la escala del producto. Además de obtener la posición de los puntos sobre el terreno, estos también se identificarán claramente en las fotografías, para poder establecer una correcta correlación.

1.7.3.2. Métodos y procedimientos lógicos con el método convencional

Para realizar el levantamiento topográfico convencional se utilizara la aplicación de la estación total SOKKIA SET 5X, este es un instrumento topográfico de medición que funciona de forma electrónica para la obtención de coordenadas, el instrumento realiza una serie de cálculos con las lecturas y los datos suministrados. Para realizar un levantamiento topográfico, con estación total, se procede de la siguiente manera:

1. Recorrido preliminar para reconocer las características del sitio y las condiciones en que se encuentra el lugar, para determinar la estrategia a seguir, el personal necesario y los materiales a utilizar.
2. Ubicación del lugar estratégico para la obtención de coordenadas.
3. Colocación de bancos de nivel, para inicio de levantamiento topográfico.
4. Instalación y nivelación del equipo.
5. Orientación de la estación a través de la brújula o con coordenadas conocidas de un Banco de nivel de referencia.
6. Después de haber georreferenciado el aparato, se procede a tomar medidas altimétricas y planimétricas, lo cual consiste en situar el prisma en los puntos a medir.
7. Realizar los cambios de aparato necesarios para levantar aquellos puntos de interés donde no es posible abarcar, desde la ubicación en curso de la estación total.

Al hacer un cambio de estación, es necesario ubicar un lugar estratégico para dominar el mayor número posible de puntos de interés.

Antes del cambio de estación, se situarán dos puntos de control, cercanos entre ellos, para orientar la nueva posición con coordenadas conocidas.

Para evitar que haya un desfase en las coordenadas, es importante verificar el ángulo de orientación, con respecto al primer punto de apoyo, de modo que ambos ángulos sean complementarios.

8. Descarga de los datos para conocer las coordenadas con software.
9. Procesamiento de datos y elaboración de planos.

1.7.3.3. Listado de actividades a realizar con el método del Drone

Para realizar un levantamiento topográfico con la aplicación del Drone tenemos que seguir los siguientes pasos:

1. Planificación del vuelo.
2. Estableciendo puntos de control.

3. Inspección previa del terreno, sitio de despegue y aterrizaje.
4. Vuelo en el terreno tomando las imágenes.
5. Descarga y post proceso de las imágenes.
6. Obtención de la nube de puntos del terreno.
7. Generación de curvas de nivel y modelo 3d.
8. Filtraje y obtención de data atributiva.
9. Creación de productos secundarios:
 - Perfiles longitudinales.
 - Cortes de terreno.
 - Mapas.
 - Vistas 3D.
 - Ortofotos, etc.

1.7.3.4. Vuelo fotogramétrico

Realizando la planeación del vuelo se ajustarán los parámetros de captura de información, dependiendo de las zonas a estudiar.

Para cada zona de estudio se realizará un vuelo en forma de polígono con un traslape lateral de 75% y un traslape longitudinal del 65%, estos vuelos fotogramétricos tendrán una duración menor a los 10 minutos de captura y se tomarán las fotografías respectivas.

Figura 1.1. Plan de vuelo



Fuente: Elaboración propia

1.7.3.5. Procesamiento digital

Una vez tomadas las fotografías con sus parámetros asociados que aparecen en la telemetría descargada y que será utilizada para corregir la perspectiva de cada imagen y obtenidas las coordenadas de los puntos de apoyo, se realiza el cálculo de los parámetros de orientación externa de cada una de las fotografías.

Los datos asociados a cada imagen son:

- Coordenadas GPS (latitud y longitud).
- Actitud del Drone (yaw, pitch y roll, la rotación del avión en los tres ejes de navegación).
- Altura de vuelo.
- Distancia focal de la cámara.

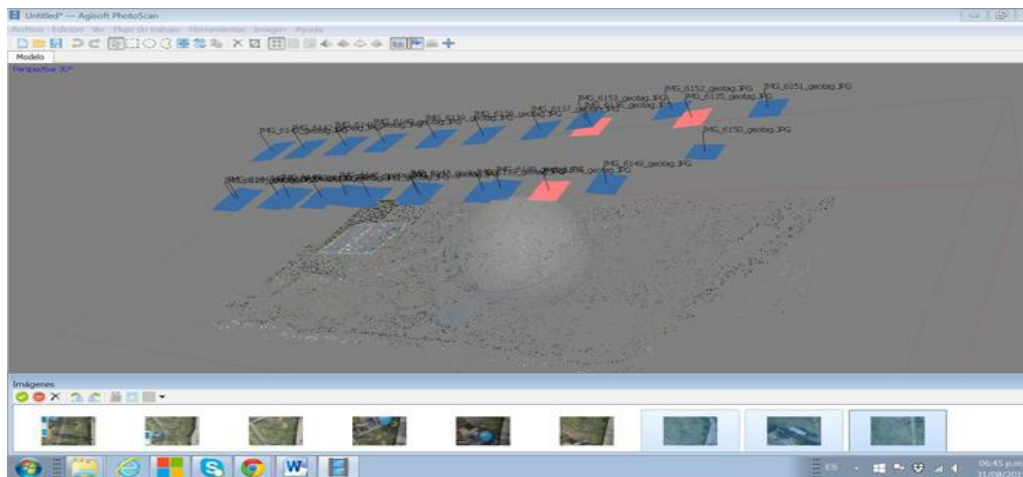
Para este trabajo, el procesamiento de las imágenes se lo realizara con el programa Agisoft PhotoScan que es un software destinado a crear modelos 3D de alta calidad a partir de imágenes tomadas desde puntos de vista de cámaras conocidos, basado en la tecnología de reconstrucción 3D multivisión.

Este software soluciona los parámetros de orientación interna y externa de la cámara y posteriormente, a través de un algoritmo propio, encuentra las ubicaciones de las cámaras aproximadamente y las ajusta utilizando otro algoritmo de ajuste tipo ‘haz’. Luego, reconstruye la superficie a través de dos opciones:

- a) Método suave y lento que genera mapas de profundidad para formar la malla del objeto.
- b) Método rápido que utiliza un enfoque de múltiples-vistas para realizar la geometría del objeto.

Por último, el PhotoScan parametriza la superficie del modelo asignándole a cada parte de la malla un trozo de la imagen, creando así un mapa de textura.

Figura 1.2. Imagen del software PhotoScan



Fuente: Elaboración propia

1.7.3.6. Foto control

El control topográfico se utilizara puntos de foto control que fuesen identificables en las fotografías aéreas obtenidas durante el vuelo. Debido a esta condición, se emplearan

puntos pres señalizados con ayuda de las dianas de dimensiones 50cm x 50cm distribuidos de manera aleatoria en el área de estudio de las diferentes zonas.

1.7.3.7. Definiciones empleadas

Georreferenciación: Es un proceso que permite determinar la posición de una entidad geográfica sobre la superficie terrestre. Se sirve de un sistema de proyección y sistema de coordenadas que representan el geoide terrestre, para transformarlo en un mapa o en un plano.

Topografía convencional: Los levantamientos topográficos son una serie de mediciones y recopilaciones de datos terrestres que se desean representar, en el que los resultados se plasman en planos que muestran su distribución espacial (planimetría y altimetría). En la actualidad existen diversos equipos para efectuar un levantamiento topográfico.

UAV o DRONE (vehículo aéreo no tripulado): Un vehículo aéreo no tripulado, es una aeronave que vuela sin tripulación humana a bordo. Son utilizados en consultoría de obras civiles para obtener una mayor cobertura de las superficies terrestres, minimizar los costos y tomar información del terreno en zonas a las que el hombre no puede acceder con facilidad.

G.P.S: Las siglas GPS se corresponden con "Global Positioning System" que significa Sistema de Posicionamiento Global.

Este sistema permite fijar, a escala mundial, la posición de un objeto sobre la superficie terrestre.

Fotogrametría: La fotogrametría es la técnica cuyo objetivo es el determinar las dimensiones y posición de objetos en el espacio a partir de imágenes fotográficas, esto se consigue a través de la medida o medidas realizadas a partir de la intersección de dos o más fotografías, por medio de la fotogrametría podemos obtener modelos digitales de terreno que pueden ser utilizados para el diseño.

Ortofoto: Imagen obtenida de manera casi ortogonal al terreno, sin distorsión que le permite al usuario medir longitudes y áreas con muy poco error. Su resolución se mide en cm/px. Esta foto también se entrega en Google Earth, junto con la ortofoto georreferenciada en formato PDF.

DSM: Modelo digital de superficie: superficie continua que refleja la superficie del terreno teniendo en cuenta la altura de la infraestructura y de los árboles.

Nube de puntos de altura: Conjunto de puntos (3D) que permiten clasificar las alturas, como si fueran rayos que han impactado a lo largo de la superficie.

DTM: Un MDT es una representación aproximada en 3 dimensiones de una zona de la superficie terrestre, en la cual podemos observar las elevaciones y formas de la topografía del terreno, en cartografía suele ser representado con curvas de nivel y en consultoría son utilizados para el diseño de diferentes tipos de infraestructuras.

Curvas de nivel: Curvas equipotenciales o contornos de las alturas del terreno representadas en líneas y general-mente obtenidas del DTM.

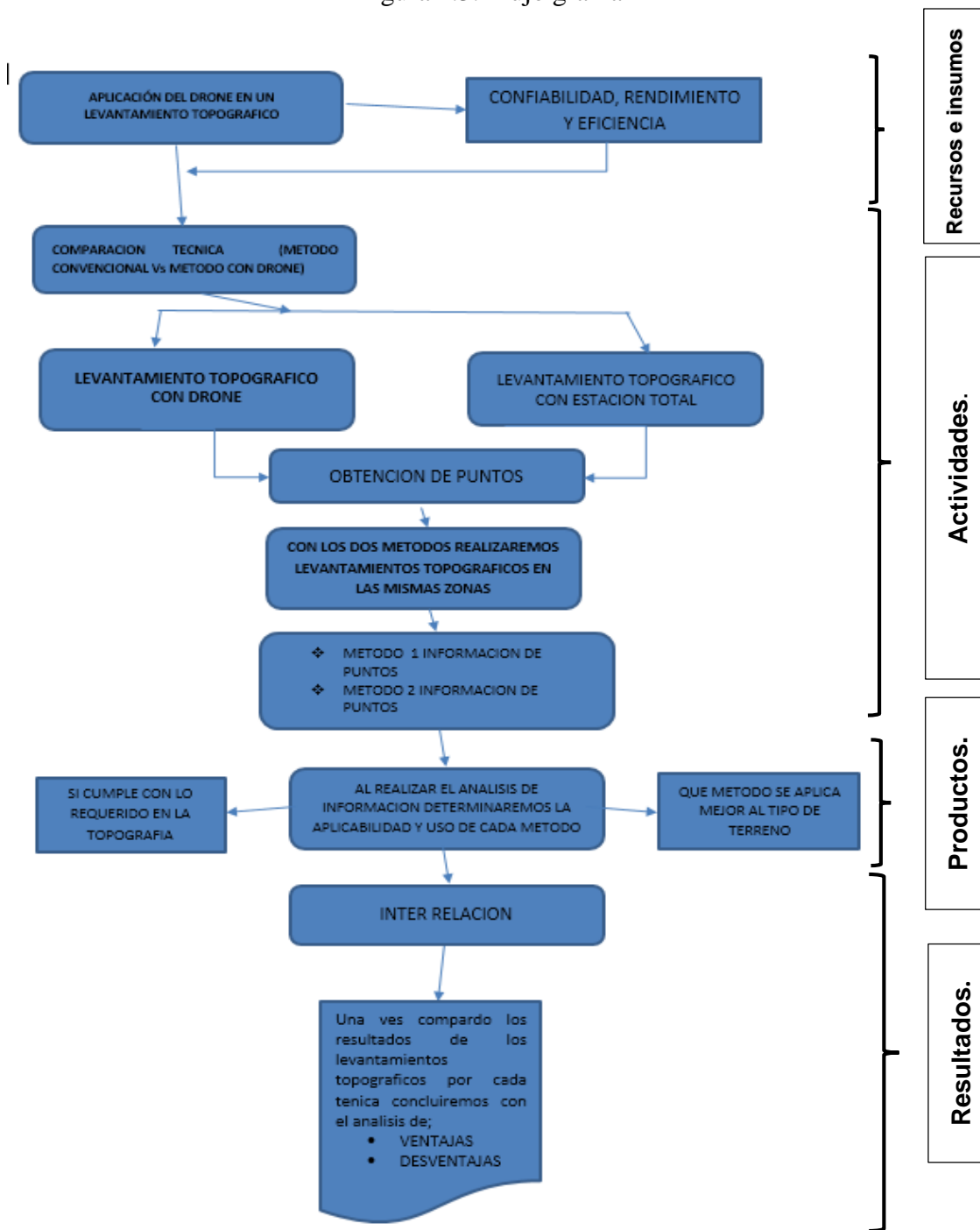
Perfiles y cortes: Cortes hechos a partir del DTM o del DSM para ver las alturas específicas a cierta distancia desde un eje específico. La imagen inferior representa un corte transversal de una zona de mapeo en donde se muestra la altura de la superficie y la altura del terreno.

Volúmenes y áreas superficiales: Se pueden obtener a partir de los modelos tridimensionales anteriores. Los volúmenes de excavación o de lleno son comunes y fáciles de obtener con esta información.

3D PDF: Documento en formato PDF que contiene las alturas de los edificios, la infraestructura y la herramienta que permite hacer medición de distancias.

1.7.4. Esquema de actividades en función a procedimiento definido por la perspectiva

Figura 1.3. Flujo grama



Fuente: Elaboración propia.

2.1. IMPORTANCIA DE LA TOPOGRAFÍA

La topografía es una de las artes más antiguas e importantes que ha desarrollado el hombre, porque desde los tiempos más antiguos ha sido necesario marcar límites y dar forma a terrenos. En la actualidad la topografía se utiliza extensamente en diferentes ramas de la construcción y la ingeniería, como por ejemplo para:

- Elaborar planos de cualquier parte de la superficie terrestre o incluso la forma del terreno marino.
- Trazar cartas para navegación en tierra, mar y aire.
- Establecer o determinar límites, linderos, formas naturales de una determinada propiedad ya sea pública o privada.
- 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 ocupan los levantamientos taquimétricos y planímetros previos para trazos de líneas de transmisión, construcción de plantas hidroeléctricas.

La ingeniería civil va a la par con la topografía para poder diseñar, implantar, replantear cualquier obra de construcción y tiene que estar antes, durante y después de las obras tales como son en carreteras, edificios, puentes, canales, presas, entre otros.

2.1.1. Historia de la topografía

“Los orígenes de esta profesión datan desde los tiempos de TALES DE MILETO y ANAXIMANDRO, de quienes se conocen las primeras cartas topográficas y las observaciones astronómicas que añadió ERASTÓGENES. Después guardando la proporción del tiempo está HIPARCO que creó la teoría de los meridianos convergentes, y así como estos pioneros, recordamos entre otros a ESTRABON y PLINIO, considerados como los fundadores de la geografía, seguidos por el topógrafo griego TOLOMEO quien actualizó los planos de la época de los Antónimos. Más tarde

en Europa, se mejoran los trabajos topográficos a partir de la invención de las cartas planas. Luego en el siglo XII con la aplicación de la brújula y de los avances de la Astronomía, se descubren nuevas aplicaciones a la topografía. Así, de manera dinámica a través del tiempo la Topografía se hace cada vez más científica y especializada, por estar ligada a lograr la representación real del planeta, valiéndose para este propósito en la actualidad de los últimos adelantos tecnológicos como la Posición por satélite (GPS y GLONASS) gracias a los relojes atómicos y a la riqueza de información captada por los Sensores remotos. En América, la aplicación concreta y el desarrollo de la Topografía nos presenta un panorama enmarcado dentro de los tiempos de la conquista y la colonia y más específicamente por los trabajos adelantados por MUTIS, ALEXANDER VON HUMBOLDT y FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS.

Posteriormente España envía misiones de Cartógrafos dentro de los cuales es notable AGUSTÍN CODAZZI. En la continua tarea de establecer las "VERDADERAS" medidas y formas del territorio, siempre ligadas a los hechos políticos y a la soberanía, ha pasado una extensa lista de Cartógrafos, Geógrafos, Astrónomos etc., con el propósito de lograr la representación lo más real y exacta posible de la tierra, que se resume etimológicamente en dos palabras: TOPO = TIERRA y GRAFOS = DIBUJO.

La primera cultura urbana conocida es la de los sumerios, llamando poderosamente la atención de los historiadores por su conocimiento en matemáticas, astronomía y las aplicaciones geométricas prácticas (topografía) en las construcciones de obras de arquitectura, vías y canales de riego que en algunos casos todavía existen.

Es importante destacar que en las ciudades-estados de Lagash, umma, Nippur y Uruk se encontraron edificaciones que datan de más de 4000 años A.C., en ellas se construyeron los primeros diques que se conocen y se lograron sistemas de riego casi perfectos. En Uruk por ejemplo se encontró en un templo la perfecta simetría de sus naves, pasillos, columnas, y el manejo de planos horizontales en distintos niveles, hace suponer el empleo de algún primitivo instrumento de medición (la cuerda).

Muchos hombres atreves de la historia iban desarrollando el potencial espiritual atreves del arte, la Arquitectura, Topografía y posteriormente la literatura. Las mediciones Topográficas aplicadas a las obras de ingeniería y arquitectura, son tan antiguas como la evolución cultural del hombre.

El mapa más antiguo que se ha encontrado hasta hoy es una placa de barro cocido procedente de Ga Sur en Mesopotamia; se supone que fue compuesto hacia el año 2500 a.C. y representa el valle de un rio en una determinada zona del país. En el extremo de China ocupando en centro de un gran océano exterior con numerosas islas de origen imaginario.

En 1883 se integra la carrera de Ingeniero Topógrafo e Hidrógrafo, la cual perdura con el título básico de "INGENIERO TOPÓGRAFO". A comienzos de la vida republicana, la profesión se denominó como "Agrimensor" y fue ejercida en una buena parte por militares, mucho antes de que se impartiera la Ingeniería Civil. A la par con la demanda de las primera obras como la apertura de ferrocarriles y caminos, se crea la Ingeniería Civil y junto a ella con el pasar del tiempo se forman los auxiliares instrumentistas que por la habilidad técnica en tareas repetitivas de campo y a la necesidad del Ingeniero de una cantidad considerable de tiempo para realizar las cálculos ya que tenía que realizarlos a mano, se abre un espacio para el comienzo del denominado Topógrafo Empírico.

2.2. AVANCES TECNOLÓGICOS EN LA TOPOGRAFÍA

En las dos últimas décadas la topografía ha tenido grandes avances tecnológicos con los que se obtiene alta precisión en el posicionamiento y diseño de datos en tiempo real.

En la construcción de obras civiles la topografía tiene una incidencia directa en todas las etapas de los diferentes proyectos empezando en el levantamiento inicial, sobre el cual será diseñado un modelo de obra que se va a construir teniendo en cuenta las formas y características de su superficie.

Los avances tecnológicos favorecen a la topografía en la velocidad de trabajo y procesamiento de datos de medición con la estación total, y los GPS son implementados en áreas de densidad moderna.

En la actualidad la topografía es más dependiente del uso de las Estaciones Totales y GPS diferencial.

El GPS recibe datos de manera más rápida para establecer la ubicación precisa de los puntos tomados. Con ello podemos hacer cualquier tipo de levantamiento topográfico, replanteo, alineaciones, nivelaciones, etc.

En la actualidad el uso de Drones en la topografía es el más reciente avance tecnológico por utilizar líneas de vuelo bajas y poder captar imágenes (orto-fotos) las cuales utilizando software topográfico pueden hacer levantamientos topográficos de grandes extensiones de tierra en muy corto tiempo.

2.3. DEFINICIONES

2.3.1. Topografía

Se define como TOPOGRAFÍA (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 por medio de medidas usando los tres elementos del espacio. Estos elementos pueden ser: dos distancias y una elevación, o una distancia, una dirección y una elevación.

La topografía define las posiciones y formas circunstanciales del suelo; es decir estudia a detalle la superficie terrestre y los procedimientos por los cuales se pueden representar, todos los accidentes que en ella existen ya sean naturales o construidos por el hombre.

La topografía tiene como objetivo la representación de la superficie de la tierra con todos sus detalles. Esta representación normalmente tiene lugar sobre superficies

planas, limitándose a pequeñas extensiones de terreno, y utilizando la denominada Geodesia para áreas mayores. De esta manera muy simple se puede decir que para un topógrafo la Tierra es plana mientras que para un geodesta no lo es.

Para la representación en planos y mapas la topografía utiliza un sistema de coordenadas tridimensionales como son la X y la Y competentes a la planimetría y la Z a la altimetría. Normalmente la X representa a la coordenada en longitud o Este, la Y representa a la latitud o Norte siendo (X; Y) la representación cartesiana de los puntos levantados de acuerdo a un plano entre los hemisferios de la tierra. Siendo Z la representación de la elevación del punto con respecto al nivel del mar.

La topografía es una ciencia geométrica aplicada a la descripción de la realidad física de una determinada área de terreno. En el área rural o natural es plasmar en un plano topográfico la realidad vista y analizada en campo, y a su vez en el ámbito urbano es la descripción de los hechos existentes en un lugar determinado ya sean estos: muros, casas, edificios, calles, entre otros.

Se puede dividir al trabajo topográfico en dos actividades congruentes que son: llevar “el terreno al gabinete” (mediante la medición de los puntos realizar un archivo digital con un instrumento electrónico y su edición en la computadora) y llevar “el gabinete al terreno” (es la representación de un proyecto realizado en la computadora y ubicarlos sobre el terreno) los puntos replanteados tienen un valor tridimensional, es decir se determinan mediante su ubicación en el plano horizontal (dos dimensiones norte y este) y en altura (tercera dimensión).

2.3.2. Geodesia

Al referirnos a geodesia hablamos sobre la representación exacta de acuerdo con su forma y dimensiones globales de una parte de la superficie terrestre para lo cual se debe tener en cuenta la curva terrestre.

La mejor manera de concebir el aspecto y forma de una zona de la superficie terrestre es hacer una representación gráfica de la misma.

La topografía y la geodesia son dos ciencias cuyo objetivo general es el estudio y representación de toda o parte de la superficie terrestre sobre un plano. Por su parte la Geodesia estudia la forma y dimensiones de la tierra, frente al plano horizontal de la topografía que determinan algunas diferencias operativas.

En la topografía la verticalidad se considera paralela en todos los puntos mientras que en la geodesia las verticales no son paralelas.

En topografía las cotas o altitudes se las referencia a un plano horizontal mientras que en la geodesia a la curvatura de la tierra.

Figura 2.1. Dirección de la verticalidad.



Fuente: www.bbtrastevere.com.

Figura 2.2. Plano de referencia.



Fuente: www.bbtrastevere.com.

2.3.3. Levantamiento topográfico

Un levantamiento topográfico consiste en hacer una representación gráfica de la forma de una determinada superficie, es decir la descripción de un área determinada de terreno en concreto mediante el cual el topógrafo se encarga de realizar un escrutinio de la superficie incluyendo todas las características naturales del terreno como también las construidas por el hombre.

Conocemos como levantamiento topográfico a la actividad técnica o practica en recopilación de datos técnicos de posicionamiento terrestre en sitio, considerando ciertos parámetros y limitaciones propias de los métodos que se utilizan para su

obtención. Tales datos constituyen la información de cada punto tanto en planimetría como en altimetría permitiéndonos representar porciones de terreno determinadas mediante elementos geométricos denominados curvas de nivel (secuencia de puntos de igual altitud sobre un plano horizontal de referencia).

El principal objetivo de un levantamiento topográfico es determinar la posición relativa entre varios puntos sobre un plano horizontal. Esto se realiza mediante un método llamado planimetría. El siguiente objetivo es determinar la altura entre varios puntos con relación al plano horizontal definido anteriormente. Esto se lleva a cabo mediante la nivelación directa. Al ejecutar estos dos objetivos es posible trazar un plano o mapa a partir de los resultados obtenidos consiguiendo así un levantamiento topográfico.

Actualmente los levantamientos topográficos se realizan utilizando equipos con tecnología de punta o última generación, existen varios tipos y modelos de acuerdo a la precisión que se necesite en el trabajo de campo como pueden ser Estaciones Totales, Estaciones Robóticas o semi-robótica, GPS navegadores o GPS de precisión (diferenciales), Escáner Topográfico, Drones.

2.3.4. Tipos de levantamientos topográficos

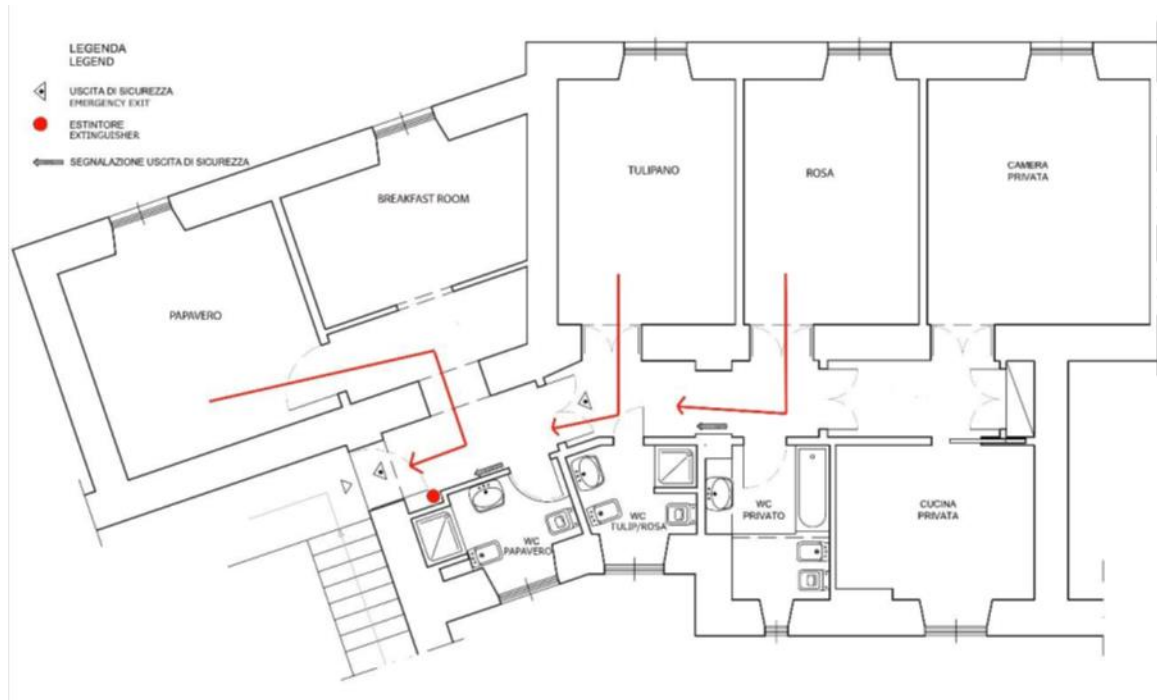
Existen dos tipos de levantamientos: los planímetros y los altimétricos. Tanto en la planimetría como en la altimetría se necesita realizar mediciones de ángulos, longitudes y alturas en la superficie terrestre para elaborar un “plano topográfico”. Por lo que es necesario conocer estas dos partes de la Topografía para determinar la posición y elevación de la superficie terrestre.

2.4. PLANIMETRÍA

La Planimetría es la rama de la topografía dedicada al estudio y representación de una parte de la superficie terrestre despreciando la altura y solo reflejando el área y los detalles de un terreno sobre una superficie plana. En la planimetría se desprecia el relieve o altitud de los puntos tomados para lograr una representación horizontal de un

plano. Esta rama de la topografía comúnmente es más utilizada para el diseño arquitectónico o planificación de proyectos de vivienda, repartición o división de lotes.

Figura 2.3. Modelo de planimetría.



Fuente: www.bbtrastevere.com

2.5. ALTIMETRÍA

Se denomina altimetría o nivelación al conjunto de puntos que se encuentran determinados en una misma elevación con respecto a una superficie o plano de comparación por lo general se determina con respecto a la altura media del nivel del mar.

El objetivo principal de la altimetría es referir a un mismo grupo de puntos en un plano de comparación para poder deducir los desniveles entre puntos observados. Se determina que dos o más puntos se encuentran a nivel cuando están en la misma cota o

elevación respecto al plano de referencia, o caso contrario se encuentran a desnivel entre ellos.

La altimetría es fundamental para diseñar y replantear un proyecto ya que esta determina el movimiento de Tierra o su forma real en campo.

Los instrumentos que se utilizan para la altimetría son: el altímetro, nivel de mano, nivel de Ingeniero, estación total, GPS diferencial.

El GPS diferencial trabaja con la corrección de la curvatura de la tierra por lo que normalmente se ocupan puntos para corregir o iniciar cualquier tipo de nivelación.

La altimetría nos permite determinar volúmenes con respecto a un plano o superficie, mediante: medidas de ángulos, longitudes y alturas.

2.6. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN EN LA TOPOGRAFÍA

En la actualidad existen varios instrumentos de medición en la topografía y se los puede dividir en cuatro grupos.

2.6.1. Para la medición de ángulos

En donde podemos encontrar la brújula, el tránsito y el teodolito.

La Brújula.- Es un instrumento que nos ayuda a la orientación y consiste en una caja que en su fondo están los puntos cardinales y en una aguja imantada que gira libremente sobre un eje con dirección siempre al norte.

Figura 2.4. Brújula.



Fuente: www.iestafira.org

Tránsito.- Es un instrumento para medir ángulos horizontales y verticales con una precisión de 1 minuto ($1'$) hasta 20 segundos ($20''$) son compuestos de cuatro tornillos nivelantes, un telescopio, dos platillos o círculos de metal graduados que se leen con una lupa.

Figura 2.5. Instrumento topográfico tránsito



Fuente: www.construadictos.com

Teodolito.- Es un instrumento mecánico en los que se puede leer mediante círculos de vidrio los ángulos horizontales y verticales, que van desde un minuto hasta la décima parte del segundo consta de dos ejes un vertical y un horizontal. En el eje vertical se desplaza un telescopio con varios lentes que ayudan a la observación ocular. En el eje horizontal esta la base nivelante del teodolito consta de una plomada óptica para la correcta plantación del equipo en un punto determinado. Posee edemas dos niveles.

Figura 2.6. Teodolito



Fuente: www.construadictos.com

2.6.2. Para la medición de distancias

En este grupo encontramos la cinta métrica, el odómetro y el distanciómetro.

La cinta métrica.- Es un instrumento para medir distancias pequeñas y está hecha de tela nailon o de acero flexible, normalmente son de un ancho de 16 mm. Y un largo de 10, 20, 30 o 50 metros.

Figura 2.7. Cinta métrica.



Fuente: www.construadictos.com

El odómetro.- Consta de una rueda de un metro de circunferencia que está sujeta a una horquilla con mango que tiene un contador automático. Este contador va

registrando el número de vueltas dadas por la rueda y el número que gire esta rueda será iguala la distancia en metros.

Figura 2.8. Odómetro



Fuente: www.scribdassets.com

El distanciómetro.- Es un dispositivo electrónico que se compone de un haz de luz ya sea rayo láser o infrarrojo que rebota en un prisma o en una determinada superficie. Este calcula la distancia por el tiempo que se demora en reflejar el haz de luz.

Figura 2.9. Distanciómetro.



Fuente: www.distanciometrosleica.com

2.6.3. Para la medición de pendientes

En este grupo encontramos a los más comunes que son el nivel de mano, nivel de ingeniero, clinómetro.

El nivel de mano.- es un instrumento sumamente sencillo que se encuentra como referencia de horizontalidad es una burbuja o gota en líquido y normalmente está en una vara o regla.

Figura 2.10. Nivel de mano.



Fuente: www.mlstatic.com

Nivel de Ingeniero.- El nivel de ingeniero se destaca por ser un nivel que esta sobre un trípode con un alcance de hasta 200 m por su aumento óptico normalmente se lo ocupa con la taquimetría (lectura en una mira para referenciar una altura determinada en 360°) su función es basada en un péndulo que por gravedad siempre estará vertical y mediante espejos o prismas dará la referencia horizontal. Consta de un compensador, una base nivelante, un telescopio fijo con graduación por lentes.

Figura 2.11. Nivel de Ingeniero



Fuente: www.scribdassets.com

Clinómetro.- El clinómetro es un nivel de mano en el cual ha sido incorporado un semicírculo graduado con el objetivo de obtener visuales inclinadas.

Figura 2.12. Clinómetro



Fuente: www.scribdassets.com

2.6.4. Instrumentos híbridos de medición

Estos instrumentos son de última generación y de muy buena precisión además cuentan con la capacidad de hacer diversos trabajos de topografía en menor tiempo facilitando el trabajo de cálculo y de gabinete para el topógrafo. En este grupo se encuentran: Estaciones Totales, Estaciones Robóticas, GPS navegador, GPS Diferencial o de precisión, drones, escáneres topográficos.

Estación total.- Se denomina estación total al instrumento topográfico cuyo funcionamiento se apoya en una tecnología electrónica que consiste en incorporar un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito.

Algunas características que tiene la estación total son que cuenta con una pantalla alfanumérica de cristal líquido (LCD), luces Led de aviso, iluminación independiente a la luz solar, calculadora automática, distanciómetro, trackeador o seguidor de trayectoria y sus resultados son arrojados en formato digital lo que nos permite posteriormente utilizar la información en un ordenador personal. Viene provisto de diversos programas sencillos los cuales nos permiten el cálculo de coordenadas de campo, replanteo de con precisión de puntos en campo, cálculo de acimuts y distancias de manera automática.

Figura 2.13. Partes de una estación total lado 1

Fuente: www.slidesharecdn.com

Figura 2.14. Partes de una estación total lado 2



Fuente: www.slidesharecdn.com

Consideraciones en una estación total.

Partes Principales:

- Teodolito

- Distanciómetro
- Elementos físicos y electrónicos
- Minicomputadora con medio de almacenamiento

Entradas de trabajo:

- Altura instrumental
- Constante y altura de prismas
- Escala del trabajo
- Temperatura
- Presión atmosférica.

Parámetros que se deben observarse en el trabajo:

- Precisión en las medidas de ángulos horizontales y verticales.
- Precisión en las distancias inclinadas y horizontales.
- Orientación de los puntos N, S, E, O y W.
- Altitud o altimetría 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 porcentaje de pendiente.
- DH. Distancia horizontal.
- Cotas o niveles (altitud de proyecto)
- N, E, Z coordenadas Norte, Este y Elevación.
- En las nuevas Estaciones se puede ingresar nubes de puntos desde un ordenador.

Errores instrumentales de una estación total.

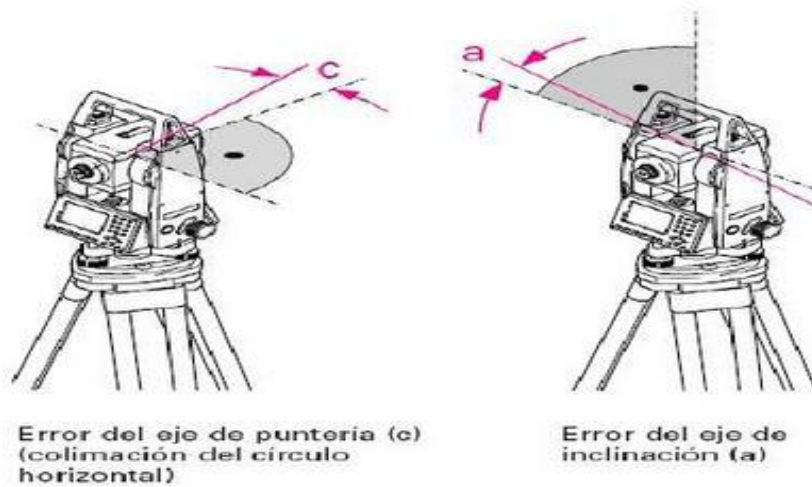
Para un trabajo óptimo en una estación total se debe cumplir con los siguientes requisitos.

- El eje vertical corregido debe ser absolutamente vertical al cenit.
- El eje de puntería debe ser perpendicular a la inclinación del eje horizontal.
- La inclinación del eje vertical debe ser perpendicular al eje horizontal.
- La lectura del eje vertical al apuntar al cenit debe ser cero.
- En caso de que estos requisitos no se cumplan se debe escribir los errores para cada caso.
- La inclinación del eje vertical (es el ángulo formado entre la plomada y el eje vertical).
- Error en el eje de puntería (es la desviación con respecto al ángulo recto entre el eje de puntería y el eje de inclinación).
- Error del eje de inclinación (es la desviación del ángulo recto entre el eje de inclinación y el eje vertical).

Los efectos que ejercen estos errores en las mediciones en los ángulos horizontales, se incrementan conforme aumenta la diferencia de alturas entre los puntos a medir.

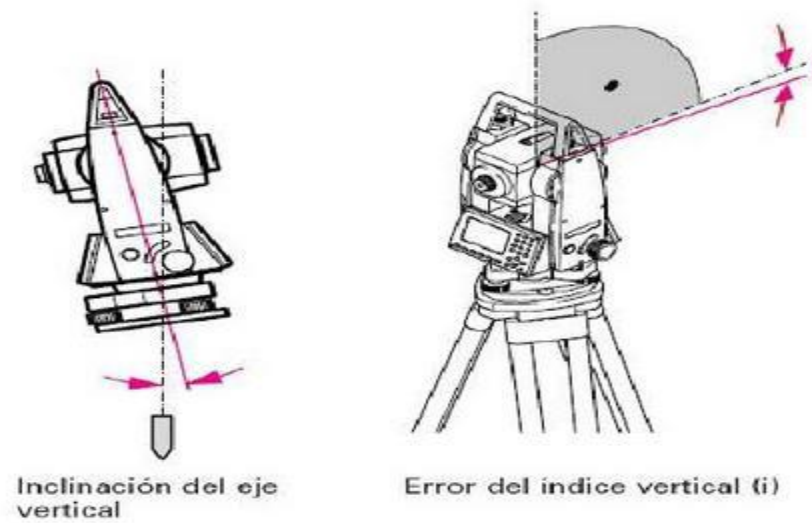
Los errores del eje de puntería y del eje de inclinación se eliminan al tomar mediciones en las dos posiciones del anteojo. El error del eje de puntería también se puede determinar y registrar. Al medir un ángulo automáticamente estos errores se toman en consideración, por lo que las mediciones que se efectúen pueden considerarse prácticamente 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 ya que es un error instrumental.

Figura 2.15. Errores instrumentales en la estación total.



Fuente: www.slidesharecdn.com

Figura 2.16. Errores instrumentales en la estación total.



Fuente: www.slidesharecdn.com

Estación total robótica.

Es un equipo con una funcionalidad de buscar por su cuenta el objetivo normalmente constan de una tableta recolectora de datos que opera en el lugar que se encuentra el prisma.

Consta de una estación base y un prisma con un plato GPS lo que permite buscar al objetivo fácilmente este tipo de estación son más utilizados en campo abierto o en construcciones para definir alturas.

Figura 2.17. Estación total robótica.



Fuente: www.construnario.com

El GPS. (Sistema de Posicionamiento Global) Navegador.

Es un equipo más utilizado con fines recreativos y aplicaciones que no necesitan una buena precisión, normalmente son dispositivos pequeños que caben en la palma de la mano, su precisión es menor a 15 metros. Este dispositivo muestra nuestra posición en un plano horizontal mediante la señal de satélites, tiene varias funciones como son la determinación de altura, presión atmosférica y ubicación satelital.

Figura 2.18. GPS (Sistema de Posicionamiento Global) Navegador



Fuente: www.construadictos.com

El GPS diferencial o de precisión.

El GPS de precisión consiste en la utilización de uno o varios receptores móviles y un fijo o estación base. Normalmente la base se considera a un punto o conocido con todos sus detalles tales como: coordenadas, altura y corrección del geoide.

La estación de referencia es la encargada de comprobar las medidas tomadas por el móvil mediante triangulación geodésica con los satélites. Se encarga de corregir en tiempo real las coordenadas de los puntos levantados en campo a través de una referencia conocida con exactitud al ± 1 cm.

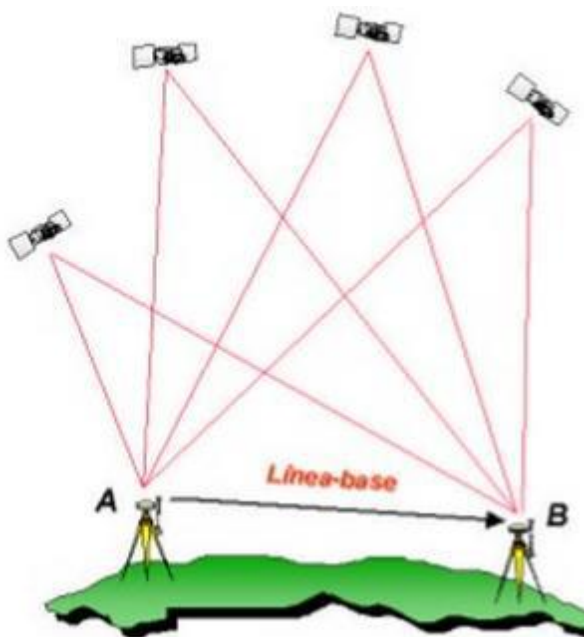
Existen dos maneras de aplicar las correcciones diferenciales siendo en tiempo real o en post proceso en gabinete u oficina.

Tiempo real.- Consiste en el uso de un enlace entre la estación base y el receptor mediante un recolector de datos, se establece la estación base en un punto geo-referenciado el cual nos dará correcciones al centímetro en el dispositivo móvil.

Post-proceso.- El GPS debe ir conectado a una computadora que tenga software capaz de capturar o modificar la información de los receptores. Esta información es almacenada y procesada con algún dato de referencia para ser corregida en campo.

En la actualidad el sistema más utilizado es la corrección en tiempo real la misma que también es conocida como RTK (Real Time Kinematic).

Figura 2.19. GPS diferencial



Fuente: Manual del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía – España

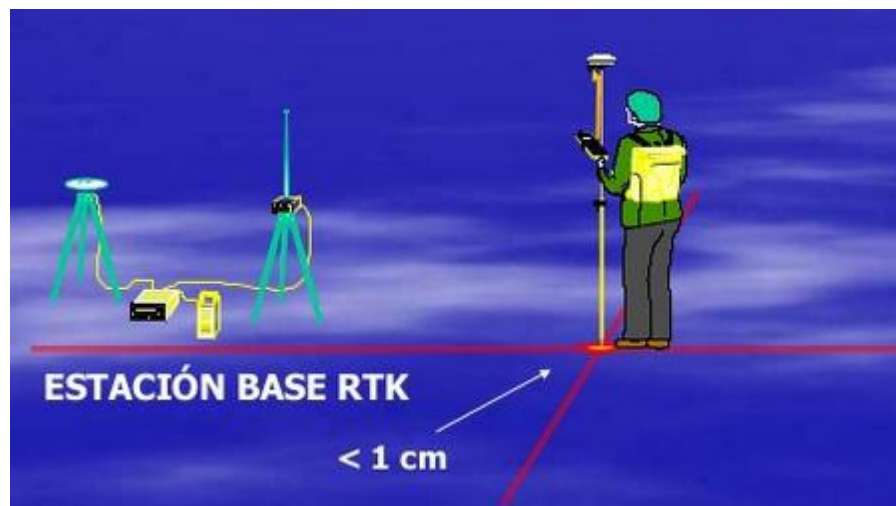
GPS DIFERENCIAL existe dos partes esenciales para cualquier trabajo las cuales son: la estación de referencia y la estación móvil.

La estación de referencia.- Se encuentra ubicada en un punto conocido normalmente en el Ecuador estos puntos de enlace o de primer orden que se utilizan para cualquier enlace a nivel nacional se los puede obtener en el IGM (Instituto Geográfico Militar) como monografías de puntos dependiendo del sector.

La base de referencia ubica a todos los satélites disponibles en un área de espacio determinada la cual emitirá varias lecturas entre los satélites que se encuentren dentro del rango de su lectura y mediante radio emitirá los valores de corrección de las coordenadas al dispositivo móvil o ROVER.

La estación móvil.- Esta solo recibe los datos mediante triangulas geodésica mediante el uso del radio y corrige la ubicación para dar así un posicionamiento correcto.

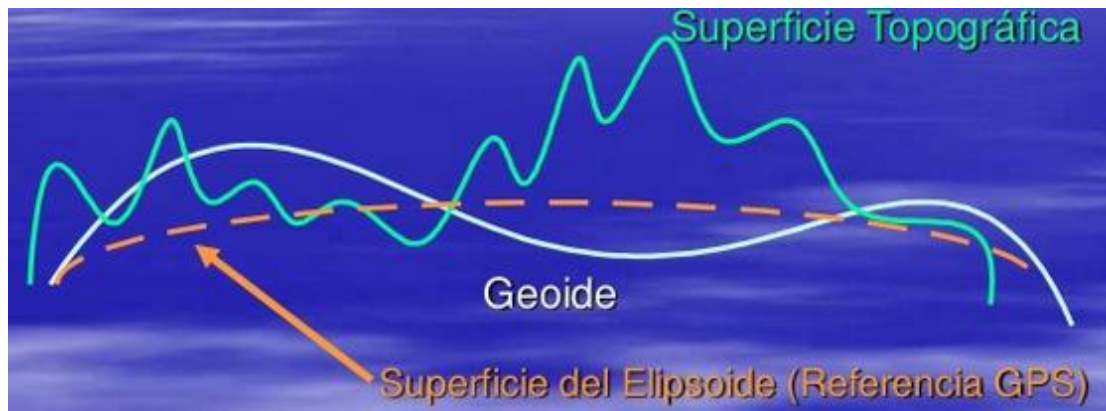
Figura 2.20. Estación base y móvil RTK



Fuente: Manual del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía – España

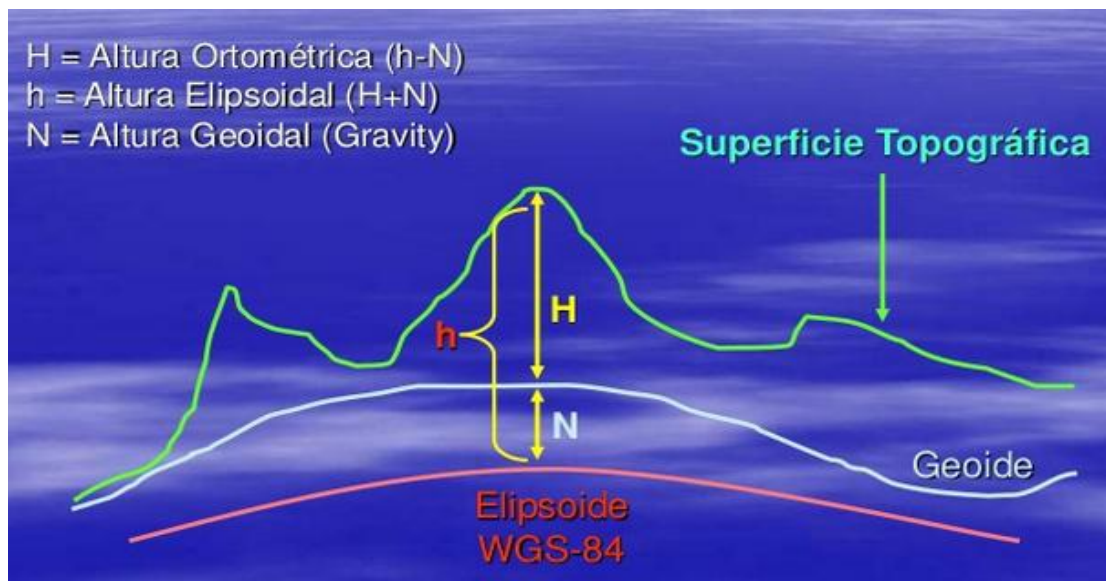
El GPS diferencial.- Nos da alturas con referencia al elipsoide de la tierra por lo tanto existirá siempre una diferencia tanto en altura como en distancia con respecto a las medidas obtenidas con referencia a la superficie topográfica o al geoide de la tierra.

Figura 2.21. Referencia entre superficie elipsoide, geoide y topográfica.



Fuente: Manual del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía – España

Figura 2.22. Referencia alturas entre elipsoide, geoide y topográfica.



Fuente: Manual del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía – España

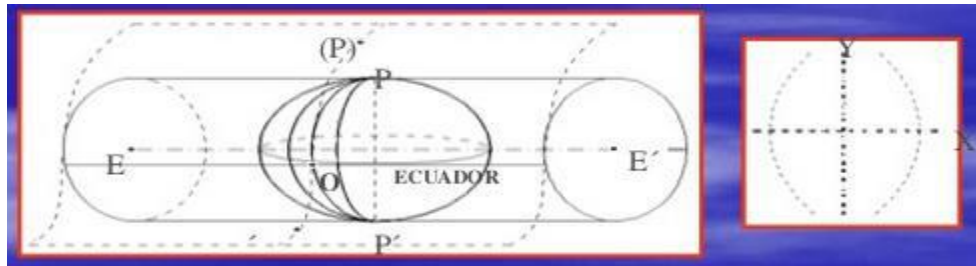
Con el GPS diferencial se trabaja con referencias existentes para aplicar las correcciones según las coordenadas utilizadas; Por este motivo existen las variaciones de coordenadas como son:

Geodésicas.- se considera latitud (x), longitud (y), altura (h).

Cartesiano.- solo se considera en tres planos X, Y, Z.

UTM.- son coordenadas cartográficas referidas a una proyección cilíndrica espacial: NORTE UTM, ESTE UTM, COTA con respecto a la altura promedio del mar.

Figura 2.23. Sistema de coordenadas.



Fuente: Manual del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía – España.

Drones.

Un Drone es un vehículo capaz de volar mediante señal a distancia sin requerir un piloto. Existen varios tipos de drones al igual que varios usos. Es importante señalar que en la topografía el drone sobre vuela una extensión determinada de la superficie terrestre realizando diversos planes de vuelo, y por su estabilidad puede tomar varias Orto-fotos. Mediante la fotogrametría y software apropiado se puede determinar la altura de los objetos, realizando levantamientos topográficos en muy corto tiempo con una precisión de +- 10 cm.

Figura 2.24. Drone



Fuente: www.definicion.mx

El escáner topográfico.

Este dispositivo se encarga de la obtención de datos mediante una nube tridimensional que es obtenida mediante la reflexión directa de un haz de luz o rayo láser.

Básicamente se la considera como una estación Total que mide las características en 360° sin prisma en muy poco tiempo. Normalmente se lo utiliza para un levantamiento de las características en altura, edificios o pendientes inaccesibles. Con un alcance máximo de 500m.

Figura 2.25. Escáner topográfico.



Fuente: www.blogspot.com

2.7. ERRORES DE UNA MEDICIÓN TOPOGRÁFICA

Los errores más comunes en la topografía pueden provenir de tres partes que son instrumentales, del personal y por las condiciones en las que se lo realiza.

2.7.1. Errores instrumentales

Estos errores se realizan por los accesorios usados en la medición por que pueden tener imperfecciones en sus partes, estos errores normalmente pueden ser corregidos mediante compensación o cálculos sin influir en las lecturas tomadas.

2.7.2. Errores del operador

Esto sucede por la apreciación del operador al medir ya sea por la agudeza visual o sensibilidad del tacto. Los más comunes son al plantar el aparato si ubica ineficientemente el instrumento o sus accesorios. La visualización del objetivo cuando el anteojo no refleja la recolección de los datos aplomados. El redondeo esto se da cuando se suprime medidas por exceder en la descripción final del motivo del trabajo.

2.7.3. Errores según la condición en la que se los realiza

Son los errores que se dan por las condiciones climáticas o atmosféricas del lugar donde se desarrolla el trabajo. Estas normalmente se dan por el viento, sol, humedad y presión atmosférica que pueden llegar a impedir un óptimo trabajo. La inestabilidad del terreno, la vegetación, cursos de agua, siendo estas las dificultades que generan errores por que pueden ocasionar movimientos y dificultad en la visualización de los puntos a medir.

En topografía se utilizan medidas resultantes de una serie de observaciones homogéneas

2.8. TIPOS DE ERRORES

La clasificación de los errores se lo realiza según su influencia o como estos se presenten.

En muchos casos los errores o equivocaciones se dan por el operador provenientes de distracciones, descuidos, imprevistos o por equivocación de datos de referencia. Estos tipos de errores se pueden evitar poniendo cuidado y profesionalismo en el trabajo que se está realizando. Los errores pueden dividirse en sistemáticos y accidentales.

2.8.1. Errores sistemáticos

Son errores controlables que afectan de manera constante a las observaciones por lo que pueden ser determinados y controlados. Las constantes en general provienen de

defectos instrumentales y causan errores hasta que se los corrija mediante un ajuste mecánico al equipo.

Las causas más comunes para este tipo de error son defectos instrumentales, condiciones operativas, discrepancia según el método de medición y cálculo.

2.8.2. Errores accidentales

“Son aquellos originados por causas fuera de control del operador y pueden provenir de tres factores: instrumental, personal y condiciones. Su manifestación es imprevisible, constituyendo un hecho azaroso, acotado por formas de prevención dispuestas por el operador al elegir instrumental, métodos, condiciones y un medio de estricto control del proceso de medición (de acuerdo a la precisión exigida). Estos errores imprevisibles, encasillados en lo eventual y fortuito constituyen hechos aleatorios y su magnitud y frecuencia se estudia a través de la Teoría de las probabilidades.

Los trabajos topográficos tienen tolerancias que son el límite del error a cometer o los máximos errores aceptables. Se trata regularmente de un valor numérico resultante de expresiones o fórmulas empíricas establecidas por organismos de control, estatales o privados que tienen en cuenta distintas circunstancias.”²

2.9. TIPOS DE TERRENO

Topográficamente existen 3 tipos de terrenos que son:

Tabla 2.1. Tipos de terreno.

TIPO		TERRRENO	ELEVACION, m.s.n.m	PENDIENTE %	
				PI	Pn
LLANO	T.LL	FACIL	≤ 1000	≈ 51	≤ 15
ONDULADO	T.O	ACCIDENTADO	1000 - 2500	≈ 20	≤ 30
MONTAÑOSO	T.M	DIFICIL	≥ 2500	≈ 20	≤ 30

Fuente: Elaboración propia

El área de estudio se encuentra sobre los 1800 a 1950 m.s.n.m. lo que significa que: son terrenos ondulados, con pendientes longitudinales (PI) de casi un 20%, y pendientes transversales (Pn) menores al 30%.

2.10. ESCALA

La escala se define como la relación matemática entre las dimensiones reales con las de un dibujo sobre un plano o mapa. Es la relación que existe entre las medidas de un mapa y las medidas en la superficie terrestre.

Las escalas se escriben de forma en las que se indica el valor del plano y después el valor en la realidad. Por ejemplo la escala 1:100, significa que 1 cm en el plano equivale a 1 metro en la realidad.

Si lo que se desea es medir del dibujo a una determinada superficie, se debe tener en cuenta las áreas de las figuras semejantes, por ejemplo un cuadrado de 1cm del lado de un dibujo.

La escala también aparece representada por una línea recta de color blanco y negro dividido en partes iguales que determinan el número de metros o kilómetros de una división a otra.

Figura 2.26. Modelo de escalas.



Fuente: www.recursos.cnice.mec.es

2.11. CURVAS DE NIVEL

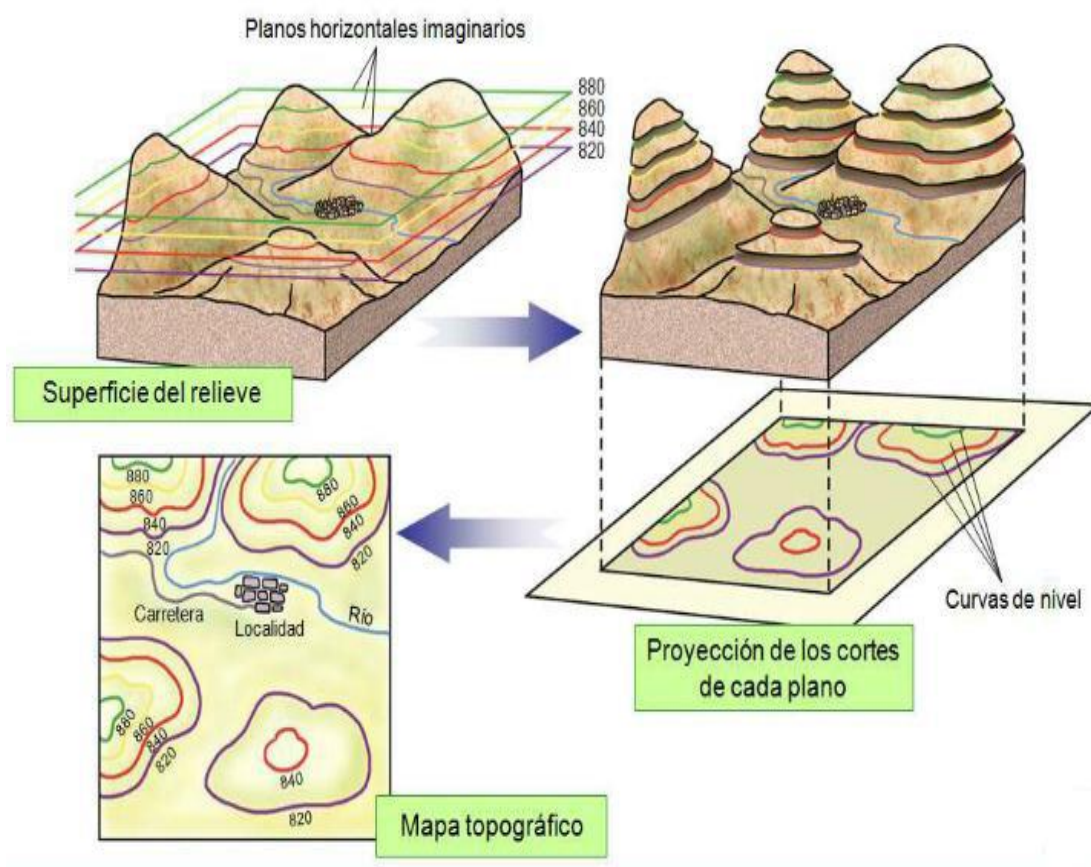
Se determinan como curvas de nivel a los puntos consecutivos que se encuentran en una misma altura o trayectoria horizontal. Por lo tanto podemos definir que una curva o línea de nivel representa a la intersección de una superficie de la misma altura de terreno.

En un plano topográfico las curvas de nivel se las dibuja para representar las diferencias de alturas que son equidistantes sobre un plano de referencia por lo que jamás se cruzan entre ellas.

Las principales características de las curvas de nivel son:

- Las curvas de nivel no se cruzan entre sí, son líneas cerradas, aunque esto normalmente no sucede dentro de un mismo dibujo.
- Cuando se acercan entre sí indican una pendiente mayor del terreno y viceversa. Tienden a ser paralelas entre sí, en especial en los valles amplios. Excepto en los relieves abruptos, jamás se tocan o confunden.
- Por lo tanto se puede decir que las curvas de nivel son líneas dibujadas en un mapa que unen puntos o lugares que están en la misma altura sobre el nivel del mar.

Figura 2.27. Ejemplo de curvas de nivel



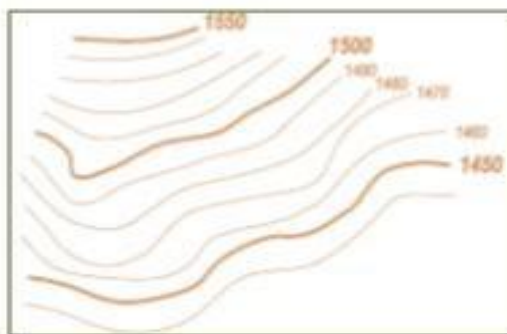
2.12. TIPOS DE CURVAS DE NIVEL

Los tipos de curvas de nivel son:

- Curvas Índice, indican la altura con números como guía para todos los puntos del mismo nivel. Normalmente son más gruesas y de otro color para facilitar su interpretación.
- Curvas o líneas intermedias, son las líneas más finas y equidistantes por lo que a partir de las líneas índice se puede determinar su altura.

La superficie entre las curvas de nivel se determina zona.

Figura 2.28. Tipos de curvas de nivel



Fuente: Elaboración propia.

2.13. SISTEMA DE COORDENADAS

Un sistema de coordenadas es la forma de determinar la posición de un punto u objeto en un mismo plano.

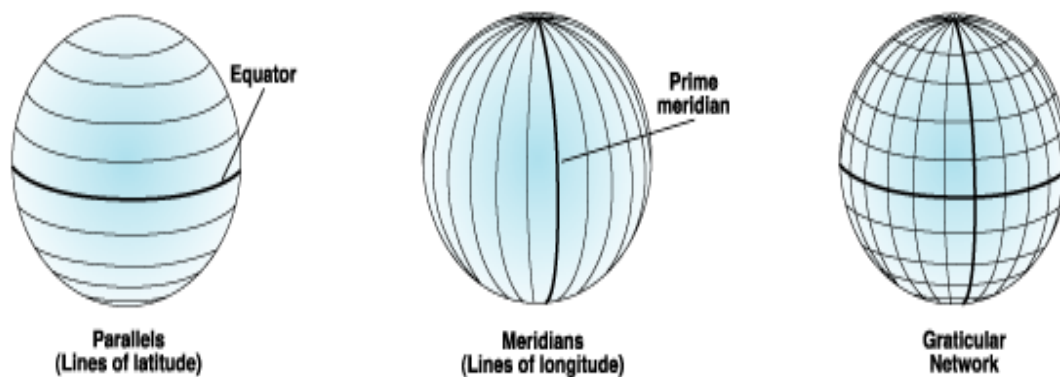
En la topografía se utilizan normalmente dos tipos de coordenadas. Las coordenadas geográficas y las coordenadas UTM.

2.14. SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Es un sistema de coordenadas que utiliza una superficie esférica de tres dimensiones para establecer ubicaciones en la tierra. Para ubicar un punto se utilizan los valores en latitud y longitud que son ángulos medidos desde el centro de la tierra hasta un punto en la superficie terrestre.

Los valores de latitud y longitud se miden en grados decimales o en grados minutos y segundos. “La línea de latitud que se encuentra en el punto medio entre los polos se denomina ecuador. Define la línea de latitud cero. La línea de longitud cero se denomina meridiano base. Para la mayoría de los sistemas de coordenadas geográficas, el meridiano base es la longitud que atraviesa Greenwich, Inglaterra. Otros países utilizan líneas de longitud que pasan a través de Berna, Bogotá y París como meridianos base. El origen de la retícula (0,0) se define por el punto donde se intersecan el ecuador y el meridiano base. El globo se divide, entonces, en cuatro cuadrantes geográficos basados en rumbos de brújula desde el origen. El norte y el sur están encima y debajo del ecuador, y el oeste y el este están a la izquierda y a la derecha del meridiano base.”

Figura 2.29. Retícula de meridianos y paralelos.



En esta ilustración se muestran los paralelos y los meridianos que forman una retícula.

Fuente: help.arcgis.com

2.15. SISTEMA DE COORDENADAS CARTESIANAS

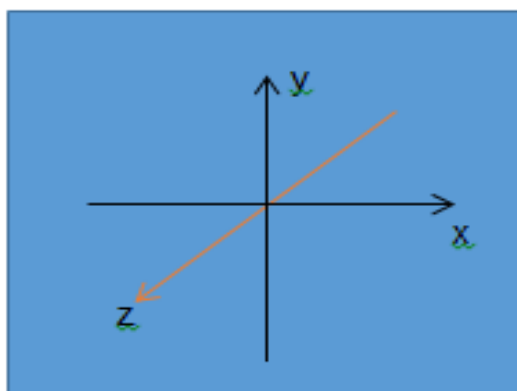
Las coordenadas cartesianas es un sistema para definir un punto mediante dos o más líneas de referencia.

Normalmente este sistema se utiliza solo dos líneas de referencia llamadas ejes X y eje Y en el cual el eje x es la distancia horizontal y el eje Y es perpendicular a él.

El punto donde se intersectan estos dos ejes se llama origen o punto 0 (cero). En la topografía se le introduce un tercer eje o plano el eje Z que es para determinar la altura de un punto.

En el sistema de coordenadas cartesianas, los tres ejes tienen ángulos rectos entre sí. Por lo que para determinar un punto se lo hace con tres números (X, Y, Z).

Figura 2.30. Planos de referencia cartesiana.



Fuente: Elaboración propia.

2.16. SISTEMA DE COORDENADAS U.T.M

El Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator (en inglés Universal Transverse Mercator, UTM) es un sistema desarrollado por el geógrafo flamenco Gerardus Mercator en 1659 que está dentro de las llamadas proyecciones cilíndricas, por emplear un cilindro situado en una determinada posición espacial de coordenadas,

está basado en la proyección geográfica transversa de Mercator, pero en vez de hacerla tangente al Ecuador, se la hace tangente a un meridiano. A diferencia del sistema de coordenadas tradicional, 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. Esta proyección es "conforme", es decir, que conserva los ángulos y casi no distorsiona las formas pero inevitablemente sí lo hace con distancias y áreas. La utilidad que tiene esta proyección, por su conformidad como aplicación a problemas geodésicos, la hace recomendable para la representación de casi todos los países, exceptuándose aquellas zonas situadas a $\pm 80^\circ$ de latitud, en las que se utilizará la proyección estereográfica.

El sistema de proyección UTM tiene las siguientes ventajas frente a otros sistemas de proyección:

- Conserva los ángulos.
- No distorsiona las superficies en grandes magnitudes (por debajo de los 80° de latitud).
- Un punto queda fácilmente localizable.
- Es de empleo universal.

Las cartas topográficas actuales se basan en la proyección U.T.M., el cilindro al ser tangente a un meridiano, puede girar alrededor del eje de la Tierra, teniendo así infinitas posiciones según sea el meridiano de tangencia. De ahí su nombre de transversal, puesto que el cilindro se coloca transversalmente al eje terrestre.

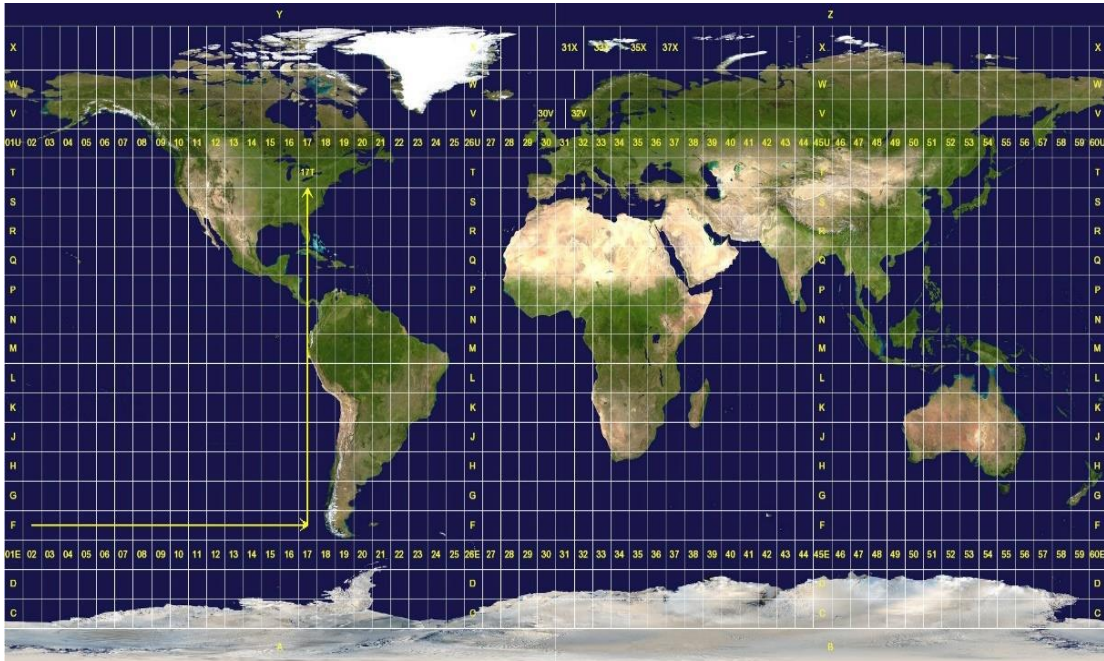
El meridiano de tangencia se denomina Meridiano Cero u Origen y las zonas situadas hasta tres grados de él se pueden considerar con una distorsión mínima en la representación. De ahí que se haya dividido la Tierra en franjas de un ancho de 6° de longitud, o sea, tres grados a cada lado del meridiano central, obteniéndose un total de 60 franjas que se denominan Husos.

Estos husos se numeran hacia el Este, consecutivamente del 1 al 60, partiendo del meridiano 180° .

Los husos determinados están limitados entre los 84° de latitud Norte y los 80° de latitud Sur, debida a que las deformaciones son más acentuadas hacia los polos. Esto

se debe a que los meridianos se van juntando, siendo la parte más ancha en el Ecuador (6°). Las regiones comprendidas entre los 84° y los 80° de latitud y los polos, se representan por medio de proyecciones estereográficas polares. Entre ambas proyecciones se establece una zona de traslape o recubrimiento de 30 minutos de latitud.

Figura 2.31. Cuadrícula U.T.M



Fuente: Manual del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía – España

La ubicación de cualquier punto o área dentro de un huso, está dada por las coordenadas rectangulares.

Además de dividir la superficie del globo en husos, se subdivide en zonas, constituidas por la superficie comprendida entre 2 paralelos sucesivos que tienen una diferencia de latitud de 8° a partir del ecuador llegando hasta 80° de latitud Norte y 80° de latitud Sur, las cuales se individualizan por letras, desde “C” hasta “X” (siendo excluidas las letras “I” y “O” por su parecido con los números 1 y 0), correspondiendo la letra "C" a la faja de 80° a 72° de latitud Sur y la letra "X" a la faja de 72° - 80° de latitud Norte.

Cada cuadrícula UTM se define mediante el número del Huso y la letra de la zona, sabiendo que si una zona tiene una letra igual o mayor que la N, la zona está en el hemisferio norte, mientras que está en el sur si su letra es menor que la "N". Tarija se encuentra en la cuadrícula 20K.

2.17. VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS UAV O DRONES

Dentro de la industria aeronáutica, el sector de los UAV (Vehículos Aéreos no Tripulados “Unmanned Aerial Vehicle”) es una de las áreas con mayor potencial de crecimiento. El hecho de que su uso se haya multiplicado en apenas unos años lo demuestra. En comparación con los vehículos tripulados, estas aeronaves son más maniobrables y sus costos de explotación pueden ser inferiores. Además, con ellas se puede evitar el riesgo inherente a los vuelos tripulados en entornos hostiles, en condiciones de vuelo con escasa visibilidad, o en general, con condiciones climáticas adversas.

2.18. RESEÑA HISTÓRICA DE LOS DRONES

El desarrollo de los Vehículos Aéreos no Tripulados (UAV) no se ha producido en las últimas décadas, ya que desde el siglo XIX coincidiendo con fines militares, se utilizaban vehículos de este tipo. El 22 de Agosto de 1849 se utilizó un UAV consistente en un globo no tripulado para enviar dos bombas desde Austria a Venecia.

Durante la Primera Guerra Mundial, se desarrollaron los misiles crucero, controlados por un sistema de giroscopios. Con los sucesivos conflictos bélicos, se emplearon aviones de radio control utilizado para entrenar a los tiradores británicos antiaéreos. En las guerras de Corea y Vietnam, el ejército de los Estados Unidos encontró en los UAVs una forma de desviar los ataques enemigos de sus bombarderos y cazas tripulados y se desarrollaron también los primeros UAVs de reconocimiento.

En las siguientes imágenes se muestran algunos tipos de vehículos aéreos no tripulados:

Figura 2.32. Modelos de Drones



Figura.- a



Figura.- b

a).- UAV Luna X 2000 perteneciente a la armada alemana

b).- Modelo ALTEA-EKO desarrollado por Ingenieros y técnicos españoles

2.19. DEFINICIÓN DE DRONE

El control de los DRONES puede realizarse bien autónomamente o desde tierra utilizando planes de vuelo programados. Se caracterizan por no llevar a bordo un operador humano o los equipos asociados a ellos.

Un DRONE precisa para su correcto funcionamiento de una infraestructura especial y generalmente se debería hablar más de Sistemas Aéreos no Tripulados (UAV) que de vehículos simplemente. Un UAV se compone de:

- Segmento aéreo: integrado por la plataforma aérea, su carga útil y la parte del sistema de comunicaciones que transporta.
- Segmento terreno: incluye un sistema de control de la plataforma aérea, y los equipos de comunicaciones y estación que permiten recibir la información obtenida por los sensores, además de los elementos de lanzamiento y recuperación de la plataforma aérea.

En la actualidad estos sistemas se utilizan para aplicaciones tanto en el ámbito militar como en el civil. Para la denominación de estos vehículos en uso civil se ha empezado

a utilizar en Estados Unidos y la Unión Europea el término Remotely Piloted Aircraft (RPAS). Este concepto surgió para evitar la desconfianza de la población, la cual pensaba que éstos no estaban dirigidos por nadie.

2.20. APLICACIONES DE LOS DRONES

2.20.1 Aplicaciones militares

Las misiones típicas asignadas a las plataformas no tripuladas dentro del campo militar, son:

- Inteligencia de imágenes y señales.
- Vigilancia y reconocimiento.
- Adquisición de objetivos.
- Soporte de artillería, relé de comunicaciones y guerra electrónica.
- Misiones ofensivas.
- Supresión de defensa aérea enemiga.
- Apoyo aéreo cercano.
- Bombarderos de precisión e iluminación de blancos en misiones de alto riesgo.

2.20.2. Aplicaciones civiles

En el uso civil es donde los DRONES han desputado en los últimos años, y es donde se encuadra este proyecto. Dentro de la fotogrametría aérea el uso de este tipo de sensores para la adquisición de imágenes aéreas y captura de datos, se trata de un sistema más novedoso y en pleno auge que tendrá gran aceptación en pocos años.

Hasta el momento, han sido pocos los modelos que se han desarrollado para su uso en aplicaciones civiles. Es importante incidir en la trascendencia de los cometidos civiles de las aeronaves no tripuladas, y en el deficiente desarrollo de tales sistemas en labores que pueden ser muy importantes, fundamentalmente por su autonomía, uso de sistemas de detección en el espectro visible, infrarrojos (IR), radar, visión nocturna, etc.

Entre las principales aplicaciones en el ámbito civil nos encontramos:

- Control de tráfico e inspección de carreteras, vías y líneas de transporte en general.
- Misiones de control policial, fronteras y/o terrorismo.
- Topografía: fotografía aérea con realización de mapas y deslinde de fincas (uso catastral).
- Control de cosechas, agricultura y paisaje (uso de suelos).
- Investigación del entorno ecológico y meteorológico: cambio climático, catástrofes naturales y seguimiento.
- Localización de accidentes en lugares de difícil acceso.
- Gestión de crisis originadas por desastres naturales, como inundaciones o terremotos.
- Seguimiento de movimientos migratorios, recuento de animales, plagas y detección de bancos de pesca.
- Rápida detección de incendios y el seguimiento de su evolución.
- Inspección de líneas eléctricas de alto voltaje.
- Comunicaciones de telefonía móvil e internet.

Dentro del ámbito de la topografía, también cabe destacar su uso en Ingeniería Geomática para la generación de modelos digitales del terreno y ortofotos.

Una variante de los DRONES son los microdrones. Estos son más pequeños y permiten realizar con éxito muchas de las aplicaciones civiles que hemos nombrado anteriormente, como son la fotografía aérea y periodística, televisión, policía, servicios de seguridad, protección medioambiental, observación, exploración, comunicación, etc.

Figura 2.33. Microdron RPA md4-1000 para uso civil



Fuente: www.definicion.mx

Vemos que los DRONES son una herramienta de gran desarrollo que cada vez más complementa la toma de datos para numerosos y diferentes fines.

2.20.3. Aplicaciones en la ingeniería civil

Entre los Drones son, relativamente de más fácil adquisición y son también objeto de estudio.

Algunas aplicaciones de los Drones dentro del campo de la ingeniería civil:

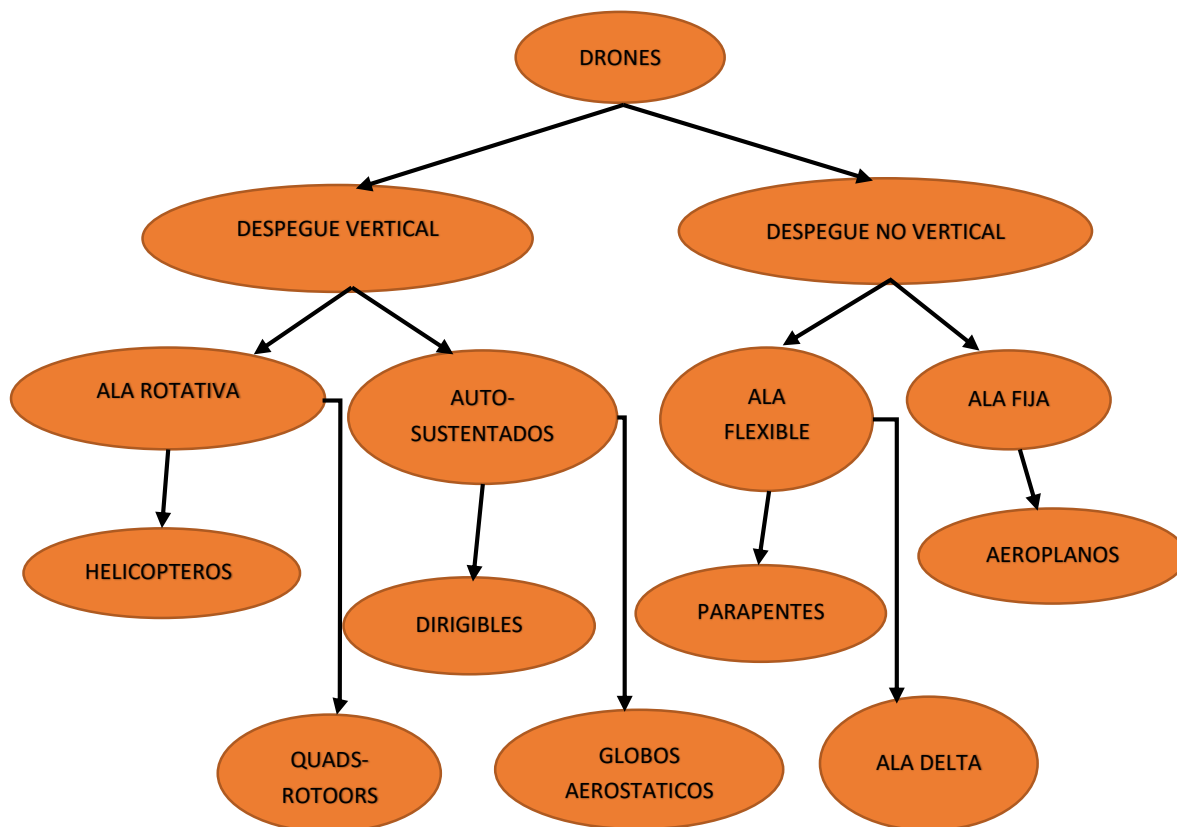
- Aplicaciones al control de calidad del aire.
- Aplicaciones cartográficas. Mediante la creación de mapas catastrales a través de la digitalización de las orto fotografías georreferenciadas.
- Aplicaciones a la prospección y explotación de recursos minerales.
- Aplicaciones hidrológicas.
- Aplicaciones en agricultura. Como identificación de tipos de cultivo, recuento de plantas, medición del índice de área foliar, identificación de tipos de suelo y humedad de suelo, medición de la altura de la planta, control de deficiencias de nitrógeno, estimación de la biomasa, etc.
- Aplicaciones en el control de obras y evaluación de impactos.
- Aplicaciones en la gestión del patrimonio y herencia cultural.
- Aplicaciones urbanísticas.

El conocimiento topográfico y cartográfico, del terreno o zona de estudio, está relacionado con el posible desarrollo urbanístico, gestión del patrimonio, hidrología, explotación de recursos minerales y otros más.

2.21. CLASIFICACIÓN DE DRONES

A la hora de establecer una clasificación de los DRONES es posible atender a diferentes criterios. Quizás, el más simple sea atendiendo a el tipo de aeronave del UAV. De acuerdo con esto pueden distinguirse a aquellas de despegue vertical de las que no lo son, estando dentro de las primeras las de ala rotativa o hélice, los de ala flexible y los auto sustentados. Dentro de los de despegue no vertical, se encuentran los de ala fija. En el siguiente esquema se muestran los diferentes tipos de aeronaves utilizados en los UAV o DRONES.

Figura 2.34. Clasificación de Drones



Fuente: Elaboración propia.

Las prestaciones y las aplicaciones varían mucho de un tipo de aeronave a otra, cubriendo cada uno de ellos el espectro de aplicabilidad diferente. A continuación, recogemos algunas de las características de las principales aeronaves utilizadas para DRONES.

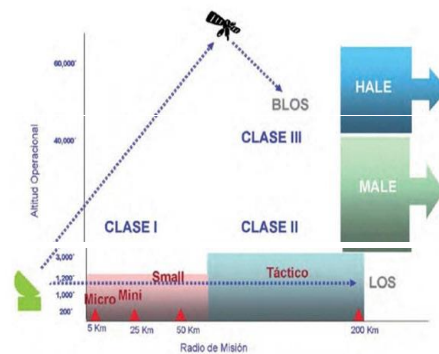
Tabla 2.2 Características de los principales tipos de aeronaves para Drones.

CARACTERISTICAS	HELICOPTEROS	AEROPLANOS	DIRIGIBLES	QUAD-ROTORS
Capacidad de vuelo estacionario	XXX		XXXX	XXX
Velocidad de desplazamiento	XXX	XXXX	X	XX
Maniobrabilidad	XXX	X	X	XXXX
Autonomía de vuelo (tiempo)	XX	XXX	XXXX	X
Resistencia a perturbaciones externas (viento)	XX	XXXX	X	XX
Auto Estabilidad	X	XXX	XXXX	XX
Capacidad de vuelos verticales	XXXX	X	XX	XXXX
Capacidad en carga	XXX	XXXX	X	XX
Capacidad de vuelos en interiores	XX	X	XXX	XXXX
Techo de vuelo	XX	XXXX	XXX	X

- ❖ Siendo X, XX las características que ofrecen menor prestación y XXXX, XXX las de mayor prestación en cada tipo de aeronave.

Una de las clasificaciones más importantes que se pueden realizar corresponde a las características de vuelo. Las categorías de vehículos aéreos no tripulados que se ven más afectadas por su integración en el espacio aéreo, son aquellas capaces de alcanzar altitudes de vuelo entre los 900 y 1800 metros.

Figura 2.35. Características de vuelo de los Drones



Fuente: www.definicion.mx

Dentro de este rango encontramos los DRONES, de clase III que pertenecen a vehículos con autonomía alta y altitud media de vuelo (MALE), y a vehículos con autonomía alta y altitud de vuelo alta (HALE).

Hasta hace aproximadamente 15 años, el uso de estos aparatos era únicamente militar. Por ello, la clasificación de la tabla anterior corresponde tanto a uso militar como civil de los DRONES.

La mayor parte de los DRONES actuales se encuentran dentro de la categoría mini y MR (alcance medio), siendo, el vehículo más frecuente utilizado con diferencia el aeroplano.

Figura 2.36. Avión ligero de observación de corto alcance (INTA)



Fuente: Fuente: www.definicion.mx

Figura 2.37. Helicóptero S-100 de control remoto



Fuente: Fuente: www.definicion.mx

Estos vehículos mucho más baratos que otros sistemas, permiten más independencia a las empresas, aunque también presentan algunos inconvenientes. Uno de ellos es el tiempo de autonomía de vuelo, que no es muy largo, así como que el peso que se le puede acoplar tiene un límite, y si excedemos ese límite el DRONE no podrá volar.

En cada caso habrá que estudiar qué es lo que mejor se adapta a la hora de realizar nuestro trabajo y sopesar tanto las ventajas como los inconvenientes.

2.22. INTEGRACIÓN EN EL ESPACIO AÉREO

Los sistemas con plataforma aérea no tripulada ya sean de uso militar o de uso civil deben operar en muchos casos, en un espacio aéreo cuya estructura, gestión y control están diseñados para aeronaves tripuladas y que exige a todas las aeronaves que lo utilizan un alto grado de seguridad.

Gran parte de los DRONES ya existentes o en desarrollo, sobre todo los denominados HALE, MALE o de largo alcance, están diseñados para operaciones o misiones que exigen una utilización amplia del espacio aéreo, ya sea el espacio de responsabilidad nacional o el espacio transnacional.

Hoy por hoy, estas aeronaves no tripuladas se ven obligadas a operar en espacios aéreos segregados o restringidos, utilizando pasillos abiertos temporalmente para el acceso a la zona de trabajo, en los que no se presenten conflictos con los vuelos tripulados. Esta es la situación actual, hasta que las autoridades aeronáuticas consideren que dichas aeronaves han alcanzado un “nivel de seguridad equivalente” al de la aviación convencional y no representan un riesgo adicional para el tráfico aéreo o los bienes en tierra, momento a partir del cual podrán operarse estas plataformas compartiendo el espacio aéreo con la aviación convencional.

La operación de estos DRONES en modo rutinario, compartiendo el espacio con las aeronaves tripuladas es un objetivo a medio-largo plazo, pues las previsiones de los diferentes planes sobre integración la sitúan en el periodo de 2015-2020. El desarrollo de determinadas tecnologías debe alcanzar un alto grado de fiabilidad antes de formar parte integral de estos sistemas.

2.22.1. Iniciativas a la integración

Los estudios sobre la integración de los DRONES en el espacio aéreo están siendo abordados desde hace años, por un gran número de organizaciones internacionales de la Aviación Civil (EUROCONTROL, EASA, FAA, OACI) y Defensa (OTAN, EDA...), asistidos por empresas de estudios en el sector aeronáutico y por la industria.

Actualmente no existe un único organismo que lidere las iniciativas sobre la integración de los DRONES, lo que está produciendo una gran dispersión de esfuerzos, de modo que se desarrollan estudios paralelos en función del organismo que lo promueve, o bien se desarrollan soluciones transitorias en tanto no se consoliden los criterios y la soluciones aportadas por los diferentes grupos de trabajo.

En determinados aspectos los Estados Unidos y Europa siguen procesos independientes, al menos en la metodología para abordar algunos temas sobre integración, aunque en determinadas aéreas han acordado especificaciones.

2.23. SISTEMAS AÉREOS NO TRIPULADOS EN BOLIVIA

La Dirección General de Aeronáutica Civil, como institución máxima del control aéreo en Bolivia, carece de un marco regulatorio lo cual representa un obstáculo para el empleo de estos sistemas en los espacios aéreos controlados, así como una amenaza para la seguridad nacional y particular.

2.23.1. Ley sobre el uso de los Drones en Bolivia

Para manipular un Drone en Bolivia no existe una normativa establecida, pero si una ley para la operaciones aéreas.

LEY N° 2902

LEY DE 29 DE OCTUBRE DE 2004

CARLOS D. MESA GIBERT

PRESIDENTE CONSTITUCIONAL DE LA REPÚBLICA

Por cuanto, el Honorable Congreso Nacional, ha sancionado la siguiente Ley:

HONORABLE CONGRESO NACIONAL

DECRETA:

AERONAUTICA CIVIL DE LA REPÚBLICA DE BOLIVIA

ARTÍCULO 108°. Son aplicables a las operaciones de trabajo aéreo las disposiciones de la presente Ley en cuanto se encuentren relacionadas con la misma. La aeronáutica establecerá las normas a las que deberá ajustarse dicha actividad.

La actividad aerofotogramétrica en el país, estará a cargo del Servicio Nacional de Aerofotogrametría, entidad descentralizada, creada como organismo técnico-científico para el desarrollo del país.

La ley Aeronáutica Boliviana (ley 2902) no reglamenta a las aeronaves no tripuladas solo da a entender en su artículo 10° El despegue, la circulación y el aterrizaje de aeronaves son libres en el territorio y espacio Boliviano, en cuanto no fueron limitados

por esta ley. Sus reglamentos y demás disposiciones aeronáuticas vigentes, por razones de defensa o seguridad nacional o de interés público.

Lo que implica que ni siquiera se prevé la existencia de aeronaves sin pilotos. El problema surge tanto con que estos artefactos compartan el cielo con la aviación general o comercial, lo que se denomina espacio aéreo controlado.

Y a esto emergen conclusiones tales como: que el sobre vuelo de DRONES (RPAS), aviones controlados de forma remota, sea regulado y fiscalizado por la DGAC (Dirección General de Aeronáutica Civil).

2.23.2. Desarrollo de los Drones en Bolivia

Existen numerosas razones para desarrollar el negocio de los DRONES en Bolivia, entre ellas podemos destacar:

- El uso de los Drones o vehículos aéreos no tripulados se masifican en América Latina, pero con legislación débiles o inexistentes que abren paso a las múltiples funciones de estos aparatos, desde el reconocimiento de áreas de difícil acceso hasta para el monitoreo de recursos naturales, la seguridad ciudadana, lucha contra el narcotráfico, el contrabando y deforestación.
- En el panorama actual Bolivia está obligada a entrar en esta corriente y prepararse ante posibles arremetidas tecnológicas de sus vecinos.
- Con la aparición de la compañía DJI en Bolivia, las personas podrán tener acceso a drones de última tecnología, además de recibir una calidad en el servicio y una asesoría correspondiente.

2.24. DRONE PHANTOM 3 PROFESSIONAL

El Phantom 3 professional representa la siguiente generación de cuadricópteros de DJI. Está equipado para capturar vídeo 4K/HD y transmitir señal de vídeo en HD desde el

primer momento. La cámara integrada tiene un gimbal incorporado para maximizar la estabilidad, con un peso y tamaño mínimos.

Incluso cuando no hay señal GPS disponible, el sistema de posicionamiento visual permite a la aeronave volar en modo estacionario con precisión.

El DJI Phantom 3 professional es un Drone con peso de 1280g que cuenta con una cámara de 12 megapíxeles y también cuenta con sistema GLONASS+GPS para la navegación y georreferenciación de imágenes.

El Phantom 3 professional puede grabar vídeo 4K a un máximo de 30 fotogramas por segundo y tomar fotografías de 12 megapíxeles con una claridad sin precedentes. Su sensor mejorado proporciona más nitidez, menos ruido y mejores imágenes que ninguna otra cámara voladora anterior.

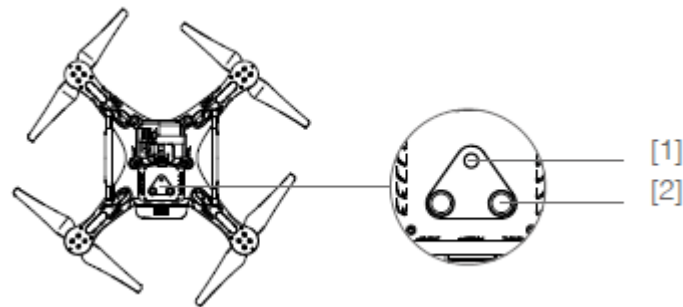
También transmite vídeo HD de baja latencia, gracias a una versión mejorada del sistema DJI Lightbridge.

También cuenta con una batería de vuelo inteligente DJI de 4480 mAh que incorpora nuevas celdas de batería y un nuevo sistema de gestión de la batería.

Ofrece un controlador de vuelo de nueva generación que se ha actualizado para ofrecer una experiencia de vuelo más segura y fiable. Un nuevo registrador de vuelo almacena datos cruciales de cada vuelo y el sistema de posicionamiento visual mejora la precisión del vuelo.

El sistema de posicionamiento visual de DJI utiliza datos de ultrasonidos y de imagen para ayudar a la aeronave a mantener su posición. Con la ayuda del posicionamiento visual, el Phantom 3 professional puede volar en modo estacionario con mayor precisión, y volar en interiores o en otros entornos en los que no se disponga de señal GPS. Los principales componentes del sistema de posicionamiento visual están situados en la parte inferior del Phantom 3 professional; incluyen [2] dos sensores ultrasónicos y [1] una cámara monocular.

Figura 2.38. Sistema de posicionamiento visual



Fuente: Manual de Phantom 3 Pro

El controlador de vuelo del Phantom 3 professional incluye varias actualizaciones importantes, incluido un nuevo modo de vuelo. Los modos de seguridad incluyen el mecanismo de seguridad y el regreso al punto de origen. Estas funciones garantizan el regreso seguro de la aeronave si se pierde la señal de control. El controlador de vuelo también puede guardar datos cruciales de cada vuelo en el dispositivo de almacenamiento de a bordo.

Los detalles de cada modo de vuelo del Phantom 3 professional son:

Modo P (posicionamiento): el modo P funciona mejor con señal GPS intensa. El modo P tiene tres estados diferentes que el Phantom 3 professional seleccionará automáticamente dependiendo de la intensidad de la señal de los sensores de GPS y posicionamiento mediante visión:

P-GPS: se encuentran disponibles tanto GPS como posicionamiento visual, y la aeronave utiliza GPS para el posicionamiento.

P-OPTI: está disponible el posicionamiento visual, pero la señal GPS no es suficiente. La aeronave solo utiliza el sistema de posicionamiento visual para el vuelo estacionario.

P-ATTI: no están disponibles ni GPS ni el posicionamiento visual. La aeronave utiliza solo el barómetro para el posicionamiento, de modo que solo se controla la altitud.

Modo A (altitud): no se utilizan ni GPS ni el sistema de posicionamiento visual para la estabilización. La aeronave solo utiliza el barómetro para estabilizarse. La aeronave puede volver automáticamente al punto de origen si se pierde la señal de control remoto siempre que el punto de origen esté correctamente registrado.

Modo F (función): el control de orientación inteligente (IOC) se activa en este modo

El Phantom 3 professional incluye LED delantero e indicador de estado de la aeronave. Las posiciones de estos LED se muestran en la imagen siguiente:

Figura 2.39. Indicadores led.



Fuente: Manual Phantom 3 Pro.

Los LED delanteros muestran la orientación de la aeronave. Los LED delanteros se quedan encendidos en rojo cuando la aeronave se activa para indicar la parte delantera (o morro) de la aeronave. Los indicadores de estado de la aeronave comunican el estado del sistema del control de vuelo.

El Phantom 3 professional también ofrece un controlador remoto el cual es un dispositivo de comunicación inalámbrica multifunción que integra los sistemas de transmisión de vídeo y de control remoto de la aeronave.

Los sistemas de transmisión de vídeo y de control remoto de la aeronave funcionan a 2,4 GHz. El controlador remoto incluye distintas funciones de control de cámara, como la realización y la pre visualización de fotos y vídeos, así como el control del movimiento del gimbal. El controlador remoto está alimentado por una batería 2S

recargable. El nivel de la batería se muestra mediante indicadores LED en el panel frontal del controlador remoto.

2.24.1. Levantamientos topográficos con Phantom 3 professional

En la actualidad, una de las técnicas más utilizadas para realizar levantamientos topográficos es la fotogrametría aérea. Esta técnica utiliza imágenes aéreas para determinar las propiedades geométricas de los objetos y las situaciones espaciales. Por lo tanto, se obtiene información tridimensional a partir de imágenes bidimensionales.

Figura 2.40. Phantom 3 professional.



Fuente: <https://www.dji.com/es/phantom-3>.

En topografía, el Phantom 3 professional se lo utiliza sobre todo para recoger información visual detallada del terreno, con el objetivo de poder actualizar mapas o mejorar su nivel de detalle. También para facilitar las actualizaciones catastrales, así como para estudiar el estado del terreno.

Este tipo de aeronave brinda muchos beneficios a la hora de realizar levantamientos topográficos, ya que con esta aeronave podemos realizar lo siguiente:

Creación de mapas topográficos tridimensionales: Los mapas en tres dimensiones generados a partir de las imágenes y los datos recogidos por el Phantom 3 son mucho más precisos que los desarrollados mediante sistemas tradicionales, además, se pueden generar con mucha más rapidez. Aparte conseguir más cobertura y hacerlo con más rapidez, los drones pueden recoger mucha información y capturar varios millones de puntos del terreno, mientras que con otros sistemas sólo se pueden obtener unas cuantas decenas. Esto, unido a las fotografías con los que se pueden obtener otros datos, como colores del terreno, hacen que una vez tratada toda la información, los mapas resultantes tengan un margen de error de menos de entre uno y cinco centímetros.

Estudio de una zona de cara a la realización de una obra: en la planificación de grandes obras públicas es importante tener bien estudiado el terreno que se verá afectado, y esta pequeña y rápida aeronaves permiten hacerlo con mucha rapidez y precisión. Gracias a los datos y las fotografías obtenidas se pueden observar con precisión el tipo de terreno o los accidentes geográficos que pueden afectar, por ejemplo, al trazado de una autovía o una vía férrea.

Captura un mayor número de puntos para crear las planimetrías: El levantamiento topográfico con el Phantom 3 professional, debido a sus cámara de última generación aporta mucha más información gráfica que un levantamiento tradicional. Por otra parte, la información es mucho más completa en cuanto a color de las fotografías, lo que consigue una mayor resolución y realismo del terreno.

Actualización del catastro de un área determinada: la administración pública tiene que encargarse con cierta periodicidad de realizar revisiones catastrales, un proceso larguísimo sin la ayuda de los drones, que no sólo permiten detectar construcciones no declaradas o mejoras en fincas, sin llamar mucho la atención, un proceso de vital importancia para los ayuntamientos, sino también comprobar con precisión las lindes de los terrenos examinados.

El principal factor de la utilización de este equipo es brindar la seguridad, al topógrafo ya que este no necesita transportar la estación a lugares potencialmente peligrosos, con lo que los riesgos en esta profesión se minimizan.

El Phantom 3 en la topografía ha conseguido que la fotogrametría sea más asequible y sea, en cierto modo, más accesible para el público o persona que posea este equipo. “Esta técnica da el poder de hacer un vuelo cuando quiero, de la zona que yo quiero y en cuestión de minutos poder tener el modelo digital a partir de esas imágenes. En otros sectores puede estar más en entredicho esta tecnología. En este sector está más que contrastada”, en cuanto a la proyección presente y futura de esta aplicación de los drones en la topografía.

Los topógrafos tienen en los Drones unos auténticos aliados. Sin ellos, cubrir grandes extensiones de terreno para realizar las mediciones necesarias es una tarea que puede llevarles varios meses. Y además, por muy preciso que sea el equipo que lleven siempre tendrán dificultades para acceder a determinadas zonas en caso de que haya muchos accidentes geográficos y el acceso a ellas sea complicado. Pero con uno de estos aparatos voladores, todo cambia.

3.1. DESARROLLO DEL PROYECTO

El proyecto se desarrolla en varias etapas:

3.1.1. Reconocimiento del lugar

En este recorrido se debe analizar la topografía y vegetación del lugar para así programar los lugares más óptimos para realizar el levantamiento topográfico con mayor rapidez y eficacia.

3.1.2. Ubicación de puntos de control para el levantamiento

En la zona 1 para la colocación de puntos de georreferenciación utilizamos el sistema de GPS RTK y un GPS navegador de mano con el cual obtuvimos nuestras coordenadas de referencia (X, Y, Z), en esta zona obtuvimos dos puntos de control levantados con el sistema GPS RTK punto E1, y el punto R1.

De los cuales partimos a realizar el levantamiento topográfico de la zona, y ubicar los 16 puntos de control distribuidos aleatoriamente por toda la zona de estudio para luego poder realizar la comparación con el método del Drone.

Figura 3.1. Obtención de coordenadas en los puntos de referencia E1, R1 con GPS RTK, con punto base TAR 01



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.2. Equipo estación total ubicado en el punto E1 y lecturando los 16 puntos de control ubicados en la zona y realizando el levantamiento de superficie



Fuente: Elaboración propia.

En la zona 2 de estudio para la colocación de los puntos de control nos ubicamos en los puntos PB09 y PB08, puntos georreferenciados y certificados que se encuentran dentro del campus universitario. Aquí nos fue más fácil ya que al contar con estos puntos BM certificados por la U.A.J.M.S, pasamos a ubicar los diez puntos de control que fueron distribuidos aleatoriamente para luego realizar la comparación con el método de Drone.

Figura 3.3. Punto PB09, Punto PB08



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.4. Equipo ubicado en el punto PB08, lecturando los puntos de control y realizando el levantamiento de la zona



Fuente: Elaboración propia

3.1.3. Levantamiento topográfico método convencional

3.1.3.1. Levantamiento topográfico método convencional zona 1

El levantamiento topográfico de esta zona se lo realizó en un periodo de 2 días, lo que se desarrolló desde el 12 de Abril de 2018 hasta el 13 de Abril de 2018 en un promedio de 7 horas diarias.

El primer día se procedió a colocar todos los puntos de control mediante el sistema RTK y GPS navegador; estos puntos son colocados estratégicamente para facilitar el levantamiento topográfico y su comprobación.

También se procedió a ubicar los 16 puntos de control en forma aleatoria en el que se permitirá la visualización de los mismos para facilitar la comprobación de los puntos levantados con la estación total.

Después de ubicar los puntos de control se inició con el levantamiento topográfico primero ingresamos los datos de los puntos GPS en la Estación Total, para así poder

empezar a recopilar los datos de campo y progresivamente ir comparando los demás puntos de control ubicados en diferentes sectores.

Para realizar el levantamiento topográfico con el método convencional utilizamos los siguientes equipos o instrumentos.

- Utilizamos una estación total SOKKIA SET 5X.
- Sistema RTK SOUTH S82-V.
- GPS navegador de mano.
- 2 Prismas con sus respectivos bastones.
- 1 Cintas Métricas.
- 1 Machetes.
- 1 Combos.
- 18 Estacas.
- Pintura.
- Mojoneros para puntos fijos con su respectiva numeración.

Y con esto obtuvimos los siguientes datos de campo tomados con la estación total y el sistema RTK y GPS:

Tabla 3.1. DATOS DE CAMPO DE ZONA 1

Nº	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	REFERENCIAS
1	7620313.8060	323227.8920	1947.3860	"E1"
2	7620337.4557	323255.4597	1948.0659	"R1"
3	7620383.2664	323192.1060	1943.0995	"EST1"
4	7620369.7986	323110.4879	1938.7037	"EST2"
5	7620312.7003	323063.2280	1933.8105	"EST3"
6	7620330.1740	323206.7178	1944.2621	"EST4"
7	7620278.4832	323181.8705	1943.9664	"EST5"
8	7620250.2472	323255.1950	1946.0028	"EST6"
9	7620264.2707	323276.8647	1945.9855	"EST7"
10	7620314.1107	323332.2969	1943.7958	"EST8"

N°	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	REFERENCIAS
11	7620358.5026	323251.4758	1948.2405	"EST9"
12	7620360.6849	323228.7096	1946.7867	"EST10"
13	7620350.7346	323205.6969	1943.9957	"EST11"
14	7620300.4888	323254.4239	1946.9109	"EST12"
15	7620264.7430	323232.9725	1946.4894	"EST13"
16	7620291.4230	323212.3102	1946.3098	"EST14"
17	7620351.7560	323172.7952	1941.2042	"EST15"
18	7620319.2844	323254.1190	1947.2593	"EST16"
19	7620360.7054	323228.6772	1946.7733	S
20	7620362.3499	323218.6088	1945.6822	S
21	7620366.4076	323201.3338	1943.8099	S
22	7620378.1511	323205.4353	1943.7989	S
23	7620384.8488	323190.9353	1943.0216	S
24	7620370.8085	323183.6745	1942.4136	S
25	7620364.1343	323170.5002	1941.0958	S
26	7620368.9516	323175.6582	1941.6255	S
27	7620364.7359	323162.5984	1940.0119	S
28	7620357.9702	323150.7048	1939.1225	S
29	7620370.1591	323140.6507	1938.9940	S
30	7620363.8563	323128.6634	1938.0162	S
31	7620373.6076	323135.5087	1938.5545	S
32	7620364.4087	323123.1283	1938.4919	S
33	7620375.3523	323128.1319	1939.1761	S
34	7620370.9194	323107.8158	1938.6710	S
35	7620378.9933	323117.0735	1939.3859	S
36	7620379.6221	323093.7110	1937.9664	S
37	7620368.0966	323099.0092	1938.0644	S
38	7620380.8704	323075.4103	1936.6817	S
39	7620350.0177	323093.9152	1936.7613	S
40	7620348.8195	323058.9623	1934.1274	S
41	7620342.8805	323089.1739	1935.8562	S

N°	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	REFERENCIAS
42	7620342.8561	323051.6618	1933.5950	S
43	7620336.9437	323096.0997	1936.3391	S
44	7620320.4471	323045.7159	1933.1154	S
45	7620332.0853	323112.2850	1936.4980	S
46	7620313.9562	323044.5256	1932.6689	S
47	7620332.6412	323120.2822	1936.0926	S
48	7620311.1659	323074.3359	1934.0828	S
49	7620332.6571	323120.3724	1936.0642	S
50	7620307.3015	323089.1797	1934.2373	S
51	7620332.9790	323123.4718	1936.1726	S
52	7620311.4177	323099.3546	1934.3583	S
53	7620332.1852	323127.9563	1936.6506	S
54	7620307.6621	323111.9620	1934.6028	S
55	7620330.7878	323135.1195	1936.6945	S
56	7620285.5585	323159.7051	1942.4376	S
57	7620268.9248	323155.0456	1943.0065	S
58	7620326.6329	323173.0834	1941.8164	S
59	7620326.8984	323175.0274	1941.2729	S
60	7620270.0745	323181.6477	1943.9900	S
61	7620322.7003	323178.8539	1942.4729	S
62	7620267.4422	323188.4462	1944.5505	S
63	7620312.7823	323184.6030	1943.1647	S
64	7620269.5833	323195.2962	1945.6757	S
65	7620306.1990	323192.4578	1943.6567	S
66	7620271.2277	323199.5006	1946.7443	S
67	7620301.9048	323203.0699	1944.6037	S
68	7620276.2360	323201.8199	1946.3465	S
69	7620297.4293	323211.0563	1945.8252	S
70	7620278.7378	323206.4480	1947.8537	S
71	7620294.6965	323220.0950	1946.7961	S
72	7620272.5043	323215.0269	1946.7034	S

N°	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	REFERENCIAS
73	7620304.8684	323217.3947	1946.1175	S
74	7620272.0797	323224.2761	1947.3507	S
75	7620302.0183	323225.8935	1947.3053	S
76	7620262.7480	323230.9912	1946.4276	S
77	7620300.7429	323235.4479	1947.0516	S
78	7620251.4054	323243.1549	1946.1380	S
79	7620249.9953	323248.1564	1945.7852	S
80	7620249.0831	323255.5239	1945.9554	S
81	7620318.3181	323232.8279	1947.3962	S
82	7620258.0641	323279.4634	1946.0976	S
83	7620319.8501	323233.2921	1946.6226	S
84	7620276.3812	323272.1365	1945.4205	S
85	7620328.1479	323235.0037	1946.9783	S
86	7620287.8010	323274.5030	1945.8571	S
87	7620319.1428	323238.5440	1947.0486	S
88	7620318.1043	323237.3159	1947.4078	S
89	7620291.9336	323266.5077	1946.8127	S
90	7620320.9965	323225.2295	1945.9483	S
91	7620319.2989	323225.8265	1946.8829	S
92	7620296.7132	323263.5838	1946.5670	S
93	7620319.7261	323221.0790	1946.8052	S
94	7620321.0880	323221.3622	1945.6071	S
95	7620308.4274	323269.8756	1947.2697	S
96	7620321.5758	323217.0142	1945.2431	S
97	7620320.4626	323217.1547	1946.1796	S
98	7620310.3785	323269.6636	1946.8039	S
99	7620320.3974	323213.3799	1945.7977	S
100	7620321.6536	323213.3048	1945.0876	S
101	7620317.0723	323269.2740	1946.5826	S
102	7620318.6604	323209.4725	1944.9595	S
103	7620320.6075	323267.8059	1947.8402	S

N°	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	REFERENCIAS
104	7620322.8080	323210.4684	1944.4900	S
105	7620324.7784	323281.4017	1947.4783	S
106	7620326.5346	323210.7875	1944.4516	S
107	7620330.1923	323293.9067	1946.7453	S
108	7620332.2203	323215.0152	1945.1163	S
109	7620339.5585	323289.6030	1947.3954	S
110	7620351.6675	323286.9668	1947.9088	S
111	7620337.3268	323220.1164	1945.7675	S
112	7620354.8043	323279.7335	1948.6390	S
113	7620337.3514	323233.6829	1946.9588	S
114	7620327.0469	323245.2785	1947.6500	S
115	7620324.4392	323248.7141	1947.9878	S
116	7620323.5414	323246.3456	1949.1831	S
117	7620321.3701	323242.5410	1947.2399	S
118	7620319.9884	323247.4570	1947.3340	S
119	7620308.1551	323293.2189	1945.6533	S
120	7620321.7625	323254.3038	1947.3575	S
121	7620312.2387	323305.2960	1944.7750	S
122	7620323.6411	323253.9693	1948.0110	S
123	7620315.6773	323313.0260	1944.3228	S
124	7620321.7603	323259.9809	1947.8934	S
125	7620320.5523	323260.3031	1947.2115	S
126	7620327.8816	323295.7179	1946.3783	S
127	7620322.3176	323264.5761	1947.4912	S
128	7620341.8782	323249.1665	1948.0757	S
129	7620358.4555	323260.0015	1948.2894	S
130	7620360.2485	323245.3738	1948.0929	S
131	7620351.8919	323231.3750	1946.8660	S
132	7620361.3471	323233.8606	1947.1474	S
133	7620325.6080	323316.5310	1944.3650	S
134	7620309.8370	323334.5805	1943.7680	S

N°	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	REFERENCIAS
135	7620309.3290	323313.4524	1944.3180	S
136	7620304.0140	323313.9689	1944.7850	S
137	7620303.0110	323296.2314	1945.8670	S
138	7620298.6760	323290.7214	1944.8640	S
139	7620303.0450	323307.0312	1944.8670	S

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.2 PUNTOS DE CONTROL OBTENIDOS POR EL MÉTODO CONVENCIONAL ZONA 1

PTO	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
E1	323227.8920	7620313.8060	1947.3860
R1	323255.4597	7620337.4557	1948.0659
EST1	323192.1060	7620383.2664	1943.0995
EST2	323110.4879	7620369.7986	1938.7037
EST3	323063.2280	7620312.7003	1933.8105
EST4	323206.7178	7620330.1740	1944.2621
EST5	323181.8705	7620278.4832	1943.9664
EST6	323255.1950	7620250.2472	1946.0028
EST7	323276.8647	7620264.2707	1945.9855
EST8	323332.2969	7620314.1107	1943.7958
EST9	323251.4758	7620358.5026	1948.2405
EST10	323228.7096	7620360.6849	1946.7867
EST11	323205.6969	7620350.7346	1943.9957
EST12	323254.4239	7620300.4888	1946.9109
EST13	323232.9725	7620264.7430	1946.4894
EST14	323212.3102	7620291.4230	1946.3098
EST15	323172.7952	7620351.7560	1941.2042
EST16	323254.1190	7620319.2844	1947.2593

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3.2. Levantamiento topográfico método convencional zona 2

El levantamiento topográfico de la zona 2 se lo realizo en un periodo de 1.5 días, lo que se desarrolló el 3 de Mayo de 2018 hasta el 4 de Mayo de 2018 en un promedio de 7 horas diarias.

El primer día se procedió a ubicar los puntos georreferenciados que se encuentran en la zona de estudio puntos PB09 y PB08, una vez ubicados estos puntos se precedió al colocado de puntos estratégicamente para facilitar el levantamiento topográfico y su comprobación.

También se procedió a ubicar los 10 puntos de control en forma aleatoria en el que se permitirá la visualización de los mismos para facilitar la comprobación de los puntos levantados con estación.

Después de ubicar los puntos de control se inició con el levantamiento topográfico primero ingresamos los datos de los puntos PB09 y PB08 en la Estación Total, para así poder empezar a recopilar los datos de campo y progresivamente ir comparando los demás puntos de control ubicados en diferentes sectores.

Para realizar el levantamiento topográfico con el método convencional en esta zona fue un levantamiento topográfico más a detalle ya que se trata de un área de parqueo y para esto utilizamos los siguientes equipos o instrumentos.

- Utilizamos una estación total SOKKIA SET 5X.
- GPS navegador de mano.
- 2 Prismas con sus respectivos bastones.
- 1 Cintas Métricas.
- 1 Machetes.
- 1 Combos.
- 18 Estacas.
- Clavos.

- Pintura.
- Mojoneros para puntos fijos con su respectiva numeración.

Y con esto obtuvimos los siguientes datos de campo tomados con la estación total y los puntos georreferenciados PB09 y PB08:

Tabla 3.3. DATOS DE CAMPO DE ZONA 2.

N°	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	REFERENCIAS
1	321694.3700	7616207.3330	1857.3380	PB09
2	321720.5672	7616353.2740	1857.9928	PB08
3	321702.1638	7616319.8890	1857.4756	P1
5	321696.6530	7616284.3210	1857.3911	P2
6	321701.2007	7616283.3250	1857.4934	P3
7	321688.7581	7616219.9930	1857.2461	P4
8	321683.6382	7616220.8790	1857.1731	P5
9	321671.2979	7616263.9460	1857.6449	P6
10	321672.3382	7616233.1840	1857.3891	P7
11	321702.4644	7616359.5030	1858.0199	P8
12	321714.2896	7616324.4830	1857.8481	P9
13	321682.9498	7616288.1870	1857.4720	P10
14	321648.4811	7616177.9850	1857.4374	CO
15	321644.0519	7616182.5360	1857.1883	CO
16	321651.6755	7616174.1720	1857.3536	CO
17	321647.4803	7616179.1050	1857.2900	CO
18	321658.7010	7616179.7310	1857.2601	CO
19	321655.4297	7616185.5340	1857.2266	CO
20	321656.2842	7616184.2300	1857.3705	CO
21	321652.9658	7616189.7640	1857.1347	CO
22	321664.5464	7616190.7930	1857.3042	CO
23	321660.2363	7616196.1650	1857.0342	CO
24	321668.8537	7616187.7640	1857.2065	CO
25	321663.8921	7616193.0490	1857.1504	CO

N°	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	REFERENCIAS
26	321674.5985	7616192.4390	1857.1452	CO
27	321668.7869	7616198.0360	1857.1216	CO
28	321669.7175	7616194.8130	1857.2171	CO
29	321666.0194	7616202.2700	1856.9966	CO
30	321674.6861	7616198.5130	1857.1603	CO
31	321672.0569	7616201.8270	1857.1303	CO
32	321673.2364	7616200.0930	1857.1421	CO
33	321669.8455	7616207.5030	1857.0016	CO
34	321678.9342	7616194.6140	1857.1314	CO
35	321671.8999	7616211.2040	1856.9891	CO
36	321680.5309	7616194.3640	1857.1269	CO
37	321672.5670	7616212.8790	1856.9680	CO
38	321683.5707	7616192.8360	1857.0445	CO
39	321673.4798	7616216.2440	1856.9591	CO
40	321686.7585	7616190.0350	1857.0241	CO
41	321674.2629	7616220.9610	1857.0083	CO
42	321689.7102	7616186.2860	1856.9505	CO
43	321674.1637	7616225.5450	1857.0913	CO
44	321692.2469	7616181.9710	1856.9393	CO
45	321673.0505	7616231.4920	1857.1534	CO
46	321700.6625	7616186.4010	1856.8241	CO
47	321669.0390	7616241.9240	1857.4474	CO
48	321668.2057	7616242.9350	1857.4587	CO
49	321697.5472	7616193.4850	1856.9847	CO
50	321695.6296	7616198.3690	1857.1060	CO
51	321680.4246	7616205.2040	1857.2003	CO
52	321694.2833	7616202.4500	1857.1341	CO
53	321679.9099	7616207.5570	1857.1747	CO
54	321693.6056	7616205.6790	1857.1661	CO
55	321681.4897	7616210.2130	1857.2115	CO
56	321680.1014	7616194.4040	1857.1314	CO
57	321684.5869	7616211.0510	1857.2294	CO

N°	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	REFERENCIAS
58	321681.2348	7616193.2380	1857.0192	CO
59	321687.0802	7616209.4550	1857.1932	CO
60	321681.6049	7616191.2470	1856.9140	CO
61	321687.8511	7616206.4640	1857.1589	CO
62	321680.5303	7616189.7210	1857.0136	CO
63	321685.9769	7616203.8200	1857.1490	CO
64	321679.2001	7616189.5460	1857.0279	CO
65	321682.5140	7616203.4050	1857.1809	CO
66	321678.0585	7616190.2010	1857.0864	CO
67	321685.9740	7616220.7340	1857.2001	CO
68	321677.3799	7616190.8100	1857.1681	CO
69	321676.9111	7616191.8690	1857.3588	CO
70	321693.4032	7616206.2750	1857.1664	CO
71	321677.0250	7616193.1610	1857.3179	CO
72	321693.8065	7616213.4460	1857.1283	CO
73	321678.1007	7616194.2310	1857.1285	CO
74	321693.8980	7616220.9260	1857.1811	CO
75	321679.9031	7616194.5550	1857.1382	CO
76	321694.6642	7616229.0640	1857.2086	CO
77	321684.2387	7616222.3920	1857.1833	CO
78	321689.3005	7616225.9490	1857.2895	CO
79	321685.8617	7616226.7040	1857.1712	CO
80	321690.9362	7616238.0380	1857.3170	CO
81	321688.4300	7616235.5400	1857.2052	CO
82	321695.8626	7616237.8470	1857.2419	CO
83	321690.0759	7616242.6210	1857.2313	CO
84	321697.9218	7616248.3080	1857.2811	CO
85	321691.7329	7616250.9230	1857.2767	CO
86	321693.5492	7616251.4260	1857.3565	CO
87	321693.8439	7616260.9620	1857.3083	CO
88	321700.4479	7616260.7130	1857.3660	CO
89	321696.0924	7616275.5930	1857.3677	CO

N°	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	REFERENCIAS
90	321695.6392	7616261.8660	1857.4074	CO
91	321696.6615	7616284.1180	1857.3973	CO
92	321702.4478	7616270.2920	1857.4330	CO
93	321698.7923	7616283.6140	1857.4470	CO
94	321698.2559	7616274.3720	1857.4544	CO
95	321699.5882	7616278.9880	1857.4791	CO
96	321688.3286	7616283.0340	1857.2909	CO
97	321703.9682	7616276.4620	1857.3812	CO
98	321690.0053	7616279.2940	1857.2745	CO
99	321704.2360	7616277.4180	1857.3885	CO
100	321689.4845	7616278.7450	1857.2141	CO
101	321706.1784	7616282.5920	1857.4532	CO
102	321690.4201	7616277.3340	1857.2459	CO
103	321690.2620	7616269.7290	1857.2358	CO
104	321688.1346	7616257.8080	1857.1672	CO
105	321686.4868	7616249.9040	1857.1761	CO
106	321684.5203	7616240.3420	1857.1247	CO
107	321681.9888	7616230.8360	1857.0605	CO
108	321680.7644	7616228.0100	1857.0566	CO
109	321677.1301	7616234.9040	1857.2067	CO
110	321680.0788	7616227.5680	1857.0450	CO
111	321673.8536	7616242.7640	1857.4127	CO
112	321678.9399	7616228.9670	1857.0557	CO
113	321673.9005	7616243.6740	1857.4404	CO
114	321675.6575	7616245.2600	1857.4593	CO
115	321677.9995	7616246.5220	1857.4782	CO
116	321677.0440	7616248.7580	1857.4681	CO
117	321679.1712	7616249.8010	1857.4876	CO
118	321678.1913	7616252.0810	1857.4958	CO
119	321680.3993	7616253.1460	1857.4398	CO
120	321679.4209	7616255.4950	1857.5240	CO
121	321681.5639	7616256.4760	1857.5134	CO

N°	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	REFERENCIAS
122	321680.5578	7616258.7750	1857.5341	CO
123	321682.8283	7616259.7750	1857.5171	CO
124	321707.7811	7616286.3900	1857.4404	CO
125	321681.7798	7616262.0440	1857.5517	CO
126	321705.9938	7616293.9530	1857.4874	CO
127	321684.1673	7616263.1940	1857.5540	CO
128	321703.9950	7616291.8810	1857.4983	CO
129	321682.9540	7616265.3930	1857.5797	CO
130	321700.4164	7616291.6600	1857.4746	CO
131	321685.3379	7616266.6110	1857.5410	CO
132	321697.6225	7616294.4030	1857.4230	CO
133	321684.1520	7616268.7100	1857.6084	CO
134	321697.6158	7616297.4720	1857.4184	CO
135	321686.4173	7616269.8380	1857.5643	CO
136	321700.1715	7616300.2270	1857.4625	CO
137	321681.6288	7616280.9480	1857.6024	CO
138	321704.0269	7616299.9980	1857.4885	CO
139	321682.2122	7616281.9910	1857.5889	CO
140	321706.1993	7616297.3130	1857.5144	CO
141	321682.2296	7616282.4510	1857.5564	CO
142	321684.3865	7616283.4640	1857.4322	CO
143	321712.3411	7616306.1140	1857.4413	CO
144	321686.4014	7616284.2790	1857.3326	CO
145	321710.7767	7616307.1600	1857.4654	CO
146	321675.3569	7616281.7280	1857.7763	CO
147	321710.3958	7616308.8540	1857.4942	CO
148	321672.8399	7616282.2930	1857.8099	CO
149	321704.9629	7616309.0580	1857.4945	CO
150	321671.8109	7616281.3240	1857.7991	CO
151	321704.4736	7616308.8740	1857.4907	CO
152	321671.8141	7616280.7290	1857.8110	CO
153	321703.1151	7616309.3530	1857.4877	CO

N°	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	REFERENCIAS
154	321673.8537	7616276.4210	1857.7443	CO
155	321702.9663	7616309.9160	1857.4923	CO
156	321671.6019	7616275.3060	1857.7217	CO
157	321704.8621	7616315.2420	1857.5351	CO
158	321672.5669	7616272.9580	1857.7193	CO
159	321706.5895	7616314.9990	1857.5778	CO
160	321670.4258	7616271.9280	1857.7076	CO
161	321711.6595	7616315.1500	1857.5417	CO
162	321671.5808	7616269.5950	1857.6879	CO
163	321715.0385	7616332.5120	1857.6566	CO
164	321669.2509	7616268.5690	1857.7004	CO
165	321715.3674	7616334.1670	1857.6582	CO
166	321670.1818	7616266.3910	1857.6834	CO
167	321710.7313	7616335.9240	1857.7297	CO
168	321667.9482	7616265.2700	1857.6926	CO
169	321668.9704	7616262.9960	1857.6835	CO
170	321664.6692	7616260.9820	1857.7048	CO
171	321663.7685	7616259.3430	1857.6906	CO
172	321663.9005	7616258.1670	1857.6796	CO
173	321669.0596	7616251.4160	1857.5713	CO
174	321669.8944	7616251.3820	1857.5723	CO
175	321709.3295	7616337.2230	1857.6184	CO
176	321669.9631	7616251.4760	1857.5678	CO
177	321704.4326	7616338.1550	1857.4894	CO
178	321670.3451	7616252.0500	1857.5641	CO
179	321704.8386	7616339.9980	1857.5105	CO
180	321664.8263	7616248.8350	1857.5536	CO
181	321706.4877	7616348.9630	1857.6272	CO
182	321659.1869	7616256.1350	1857.6576	CO
183	321711.4347	7616348.4790	1857.7347	CO
184	321652.6352	7616264.2470	1857.7814	CO
185	321713.0824	7616348.6260	1857.8292	CO

N°	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	REFERENCIAS
186	321649.4303	7616268.1570	1857.8385	CO
187	321717.0869	7616343.0840	1857.8070	CO
188	321667.8912	7616259.6390	1857.6479	CO
189	321718.5571	7616353.1460	1857.8510	CO
190	321670.0814	7616260.8000	1857.6350	CO
191	321669.1389	7616262.9890	1857.6675	CO
192	321719.2430	7616365.2430	1857.9427	CO
193	321671.2501	7616264.0270	1857.6487	CO
194	321670.3853	7616266.3600	1857.6796	CO
195	321672.5006	7616267.3690	1857.6553	CO
196	321671.6604	7616269.3360	1857.6873	CO
197	321673.7757	7616270.3450	1857.6630	CO
198	321672.7417	7616272.9600	1857.7191	CO
199	321674.9389	7616274.0000	1857.7150	CO
200	321673.9843	7616276.2730	1857.7518	CO
201	321676.1566	7616277.3370	1857.7144	CO
202	321676.6961	7616279.6380	1857.7203	CO
203	321675.4933	7616281.6020	1857.7596	CO
204	321673.7918	7616282.2290	1857.8086	CO
205	321659.0376	7616264.9550	1857.7520	CO
206	321659.2172	7616265.7280	1857.7819	CO
207	321658.1972	7616265.3860	1857.7471	CO
208	321657.1156	7616266.5330	1857.7683	CO
209	321658.5415	7616267.4540	1857.7953	CO
210	321657.0677	7616270.9140	1857.8426	CO
211	321653.6559	7616270.8220	1857.8491	CO
212	321659.2294	7616271.8920	1857.8349	CO
213	321658.3063	7616274.1950	1857.8772	CO
214	321660.4193	7616275.2420	1857.8694	CO
215	321720.9638	7616366.2760	1857.9416	CO
216	321711.4358	7616306.5620	1857.0655	CO
217	321713.4735	7616306.2240	1857.4657	CO

N°	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	REFERENCIAS
218	321715.1133	7616308.0400	1857.4860	CO
219	321715.8166	7616309.5490	1857.5152	CO
220	321716.9793	7616329.9610	1857.6890	CO
221	321718.9659	7616331.2780	1857.7152	CO
222	321717.6617	7616333.3910	1857.7329	CO
223	321719.7023	7616334.7980	1857.7469	CO
224	321706.7506	7616350.6420	1857.6748	CO
225	321720.2882	7616338.3410	1857.7565	CO
226	321707.6898	7616359.4430	1857.7633	CO
227	321718.8961	7616340.3220	1857.7240	CO
228	321705.5539	7616361.9710	1857.8446	CO
229	321720.8991	7616341.8140	1857.7678	CO
230	321700.8173	7616362.6830	1857.9065	CO
231	321719.7079	7616343.5400	1857.8104	CO
232	321697.8594	7616360.8770	1857.9207	CO
233	321721.5864	7616345.3240	1857.7926	CO
234	321697.3033	7616357.2240	1857.8818	CO
235	321720.2688	7616347.3630	1857.7801	CO
236	321700.7614	7616352.2040	1857.7977	CO
237	321722.6791	7616349.2020	1857.7857	CO
238	321698.7143	7616350.7370	1857.7821	CO
239	321723.1530	7616351.6620	1857.7479	CO
240	321721.4638	7616354.1240	1857.7483	CO
241	321723.4463	7616355.5380	1857.8090	CO
242	321725.9933	7616360.3870	1857.8882	CO
243	321700.1037	7616348.7640	1857.7808	CO
244	321698.1229	7616347.2580	1857.7673	CO
245	321699.3985	7616345.2950	1857.7637	CO
246	321697.5300	7616343.5570	1857.7493	CO
247	321698.8304	7616341.7160	1857.7095	CO
248	321696.7721	7616340.2850	1857.7050	CO
249	321698.0826	7616338.2540	1857.6550	CO

N°	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	REFERENCIAS
250	321696.2607	7616336.7110	1857.6320	CO
251	321697.5244	7616334.5900	1857.5993	CO
252	321695.6503	7616333.1880	1857.5769	CO
253	321697.0155	7616331.2670	1857.5747	CO
254	321694.9851	7616329.7310	1857.5707	CO
255	321694.5870	7616331.4630	1857.5794	CO
256	321696.2793	7616327.6950	1857.5960	CO
257	321694.3988	7616330.4180	1857.5879	CO
258	321694.5820	7616325.8940	1857.5600	CO
259	321695.6544	7616324.2580	1857.5361	CO
260	321693.7270	7616322.8560	1857.5658	CO
261	321695.5874	7616331.2060	1857.5674	CO
262	321694.6793	7616321.4180	1857.5319	CO
263	321695.2535	7616330.1940	1857.6007	CO
264	321694.3950	7616330.3790	1857.5816	CO
265	321694.6706	7616321.3600	1857.5215	CO
266	321691.4974	7616317.5580	1857.5270	CO
267	321688.8271	7616315.4070	1857.5260	CO
268	321685.4311	7616313.7230	1857.5774	CO
269	321683.1729	7616313.0530	1857.6386	CO
270	321678.1951	7616312.8320	1857.5697	CO
271	321676.9702	7616311.6790	1857.5480	CO
272	321676.9747	7616310.5690	1857.5088	CO
273	321677.8577	7616309.5840	1857.4867	CO
274	321683.3541	7616309.7430	1857.4221	CO
275	321679.9803	7616309.3600	1857.4464	CO
276	321687.2834	7616310.9190	1857.3852	CO
277	321690.7179	7616312.4450	1857.3806	CO
278	321694.2201	7616315.0490	1857.3673	CO
279	321694.0066	7616315.8440	1857.2724	CO
280	321694.8349	7616316.2050	1857.2638	CO
281	321695.2598	7616316.2280	1857.3778	CO

N°	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	REFERENCIAS
282	321697.9079	7616319.6620	1857.4137	CO
283	321702.0448	7616327.9470	1857.4911	CO
284	321708.6359	7616333.8070	1857.6276	CO
285	321711.3436	7616347.7760	1857.7465	CO
286	321709.6764	7616339.2250	1857.6567	CO
287	321712.4998	7616358.3520	1857.8362	CO
288	321712.2776	7616354.7920	1857.8267	CO
289	321712.7713	7616362.5360	1857.8694	CO
290	321712.7118	7616370.7690	1858.0079	CO
291	321712.3898	7616376.6210	1858.0927	CO
292	321711.6145	7616383.5000	1858.2790	CO
293	321710.9697	7616387.2900	1858.3985	CO
294	321705.8341	7616387.6670	1858.3113	CO
295	321712.7221	7616387.5060	1858.4431	CO
296	321707.6019	7616373.8650	1857.9687	CO
297	321713.5139	7616381.9480	1858.2643	CO
298	321714.2490	7616373.8820	1858.0600	CO
299	321706.8750	7616381.1550	1858.1012	CO
300	321714.4212	7616363.7210	1857.9273	CO
301	321707.4080	7616371.5690	1857.9244	CO
302	321714.0113	7616356.1540	1857.8547	CO
303	321706.3418	7616369.9790	1857.9410	CO
304	321712.8384	7616346.9470	1857.8485	CO
305	321704.8551	7616368.9310	1857.9556	CO
306	321703.2613	7616368.5450	1857.9734	CO
307	321699.6678	7616368.5470	1858.0242	CO
308	321693.5490	7616368.4700	1858.0185	CO
309	321690.1659	7616368.4240	1858.0678	CO
310	321717.7023	7616386.5530	1858.4102	CO
311	321718.8881	7616376.6760	1858.1885	CO
312	321720.6519	7616372.9500	1858.0574	CO
313	321719.6686	7616374.4330	1858.1356	CO

N°	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	REFERENCIAS
314	321723.1139	7616371.0220	1857.9707	CO
315	321725.8863	7616369.5590	1857.9505	CO
316	321724.3442	7616364.8040	1857.9536	CO
317	321721.1701	7616366.1980	1857.9640	CO
318	321720.0069	7616366.1610	1857.9621	CO
319	321719.2796	7616365.1720	1857.9797	CO
320	321733.2675	7616365.4720	1857.9387	CO
321	321722.0060	7616357.5630	1857.8182	CO
322	321716.2775	7616326.4690	1857.7172	CO
323	321717.8392	7616324.3350	1857.7280	CO
324	321715.7059	7616323.0680	1857.7201	CO
325	321717.0410	7616320.9830	1857.7134	CO
326	321715.0297	7616319.5400	1857.6874	CO
327	321726.7705	7616315.2690	1857.6185	CO
328	321716.3943	7616317.4430	1857.6884	CO
329	321722.6063	7616310.4350	1857.5703	CO
330	321714.3873	7616315.9870	1857.6623	CO
331	321718.8342	7616305.1650	1857.4228	CO
332	321713.8328	7616312.5940	1857.5952	CO
333	321714.1686	7616298.3690	1857.3975	CO
334	321715.6726	7616309.6840	1857.5519	CO
335	321713.0615	7616296.6290	1857.4221	CO
336	321715.7926	7616309.1670	1857.5328	CO
337	321715.6039	7616308.7590	1857.5391	CO
338	321708.9540	7616288.8250	1857.4972	CO
339	321714.1075	7616306.7810	1857.4908	CO
340	321713.1351	7616306.2830	1857.4892	CO
341	321711.9608	7616306.2920	1857.4905	CO
342	321710.9957	7616306.9850	1857.5009	CO
343	321710.3648	7616308.2310	1857.5395	CO
344	321710.3977	7616309.3480	1857.5626	CO
345	321682.1825	7616292.3550	1857.4336	CO

N°	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	REFERENCIAS
346	321682.1107	7616293.5970	1857.4308	CO
347	321681.0301	7616291.9810	1857.4916	CO
348	321680.3584	7616295.2830	1857.4504	CO
349	321679.8071	7616295.4240	1857.4296	CO
350	321679.2683	7616292.6240	1857.5563	CO
351	321678.9013	7616296.5410	1857.4749	CO
352	321669.4159	7616295.7210	1857.9952	CO
353	321674.7154	7616299.8350	1857.5082	CO
354	321656.0289	7616299.8320	1858.1998	CO
355	321670.5621	7616302.2910	1857.5361	CO
356	321660.7743	7616291.9720	1858.0763	CO
357	321664.9037	7616305.4160	1857.6241	CO
358	321661.0816	7616292.6670	1858.0924	CO
359	321659.6138	7616308.3850	1857.7064	CO
360	321661.8918	7616292.8180	1858.0938	CO
361	321667.4412	7616312.0120	1857.6175	CO
362	321665.2014	7616291.8700	1858.0345	CO
363	321668.1826	7616312.2420	1857.5633	CO
364	321669.2485	7616311.7950	1857.5579	CO
365	321669.4657	7616311.2870	1857.5905	CO
366	321670.1345	7616311.5720	1857.5984	CO
367	321670.4542	7616312.9750	1857.6205	CO
368	321670.8045	7616317.4690	1857.6928	CO
369	321668.4366	7616290.9000	1857.9803	CO
370	321668.6450	7616290.4670	1857.9816	CO
371	321668.4084	7616290.0670	1857.9867	CO
372	321663.0701	7616287.5140	1858.0119	CO
373	321664.0026	7616285.2590	1857.9732	CO
374	321661.9136	7616284.1560	1857.9983	CO
375	321662.8100	7616281.9370	1857.9451	CO
376	321660.6022	7616280.8380	1857.9688	CO
377	321661.5850	7616278.6220	1857.9329	CO

N°	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	REFERENCIAS
378	321659.4702	7616277.5340	1857.9545	CO

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.4. PUNTOS DE CONTROL OBTENIDOS POR EL MÉTODO CONVENCIONAL EN LA ZONA 2

PTO	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
PB,09	321694.3700	7616207.3330	1857.3380
PB,08	321720.5672	7616353.2740	1857.9928
P1	321702.1638	7616319.8890	1857.4756
P2	321696.6530	7616284.3210	1857.3911
P3	321701.2007	7616283.3250	1857.4934
P4	321688.7581	7616219.9930	1857.2461
P5	321683.6382	7616220.8790	1857.1731
P6	321671.2979	7616263.9460	1857.6449
P7	321672.3382	7616233.1840	1857.3891
P8	321702.4644	7616359.5030	1858.0199
P9	321714.2896	7616324.4830	1857.8481
P10	321682.9498	7616288.1870	1857.4720

Fuente: Elaboración propia

3.1.4. Levantamiento topográfico método con Drone

Antes de realizar la misión de vuelo se deberá comprobar que los componentes del equipo estén correctamente instalados para obtener los resultados de calidad esperados.

Para la preparación del equipo se realizan las siguientes actividades:

Revisión del completo nivel de carga de la batería inteligente, el control y el dispositivo móvil.

- Colocación de las hélices.

- Instalación de la batería.
- Retirar el protector de la cámara (el no retirarlo puede ocasionar que se dañe el motor (gimbal) que estabiliza y hace girar la cámara).
- Colocación de la tarjeta de memoria donde se almacenan las fotografías (Micro-SD de hasta 64GB).
- Preparación del control y conexión de la aplicación DJI GO con la aeronave.
- Calibración del equipo.

3.1.4.1. Levantamiento topográfico método con Drone zona 1

El levantamiento topográfico de la zona se lo realizo en un periodo de 1 hora, lo que se desarrolló en jornada única el 18 de Abril del 2018.

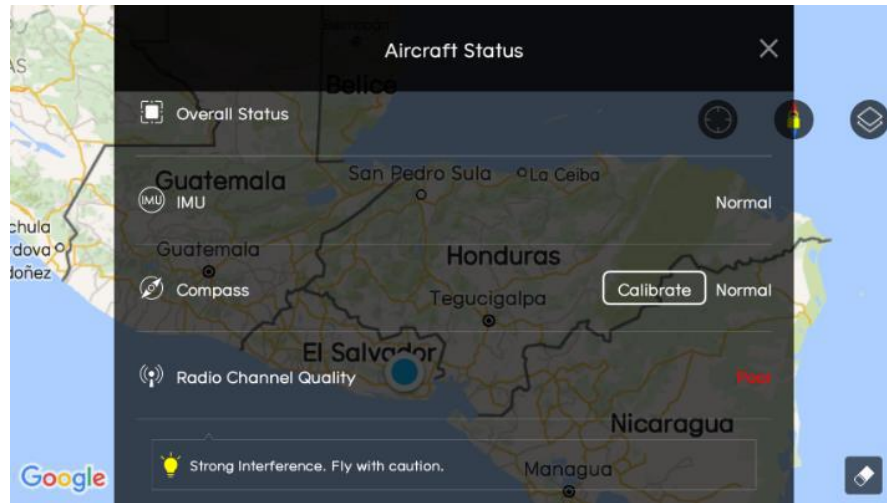
Donde primeramente procedió a colocar las dianas fabricadas de cartón con dimensiones de 50cm x 50cm a todos los puntos de control distribuidos aleatoriamente en la zona.

Para toda nueva locación de vuelo se debe calibrar la brújula ya que una mala calibración producirá un defectuoso desempeño en el vuelo o un fallo del mismo.

La calibración de la brújula se debe realizar en espacios abiertos realizando los siguientes pasos:

1. Se abre la aplicación de DJI del móvil, se presiona la barra de estado del Drone y se selecciona "Compass Calibration" para calibrar la brújula y enseguida la pantalla da las instrucciones cómo calibrar.

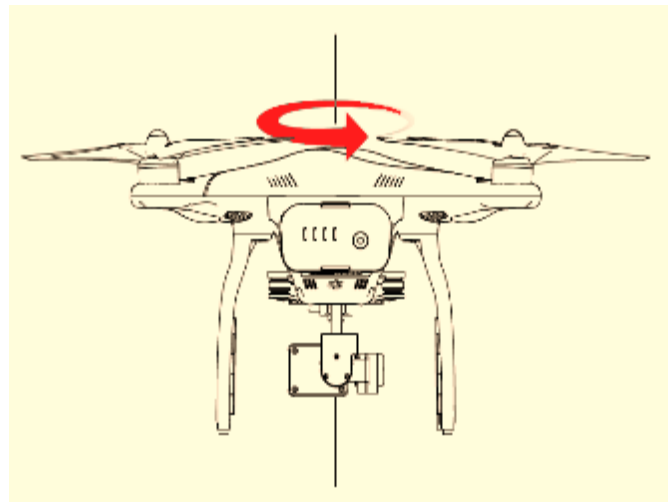
Figura 3.5. Proceso de calibración de la brújula desde la aplicación DJI GO.



Fuente: Aplicación DJI GO

2. Se mantiene el Drone horizontalmente y se gira 360°, como se observa a continuación.

Figura 3.6. Proceso de calibración de la brújula.

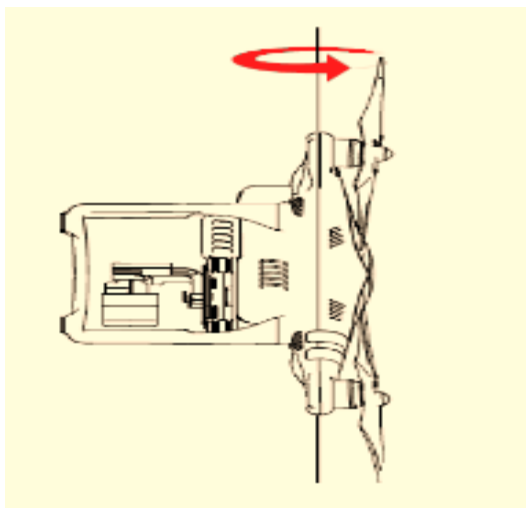


Fuente: Elaboración propia

3. Cuando la calibración horizontal está completa después del giro de los 360°, se pone verticalmente y con la cámara viendo hacia abajo y se gira 360°, como se

muestra a continuación. Cuando este calibrado se dejará de mostrar la indicación del proceso de calibrado.

Figura 3.7. Proceso de calibración de la brújula.



Fuente: Elaboración propia

Para asegurar un rendimiento eficiente, a la hora de calibrar se debe tomar en cuenta:

- No calibrar la brújula cuando hay posibilidad de interferencia magnética fuerte como magnetita, estructuras de estacionamiento y refuerzos de acero subterráneos.
- No llevar materiales ferromagnéticos durante la calibración, como llaves o teléfonos móviles.
- No realizar la calibración junto a grandes objetos metálicos.
- No realizar la calibración en interiores.

Una vez realizado los pasos anteriormente descrito se procedió a realizar el vuelo a 80 m de altura, previamente calibrado el Drone, el vuelo tuvo una duración de 6 minutos para realizar el levantamiento topográfico.

Para realizar el levantamiento topográfico con el método del Drone utilizamos el siguiente equipo.

- Drone Phantom 3 Professional.

Con este vuelo obtuvimos los siguientes datos de campo:

Tabla 3.5. PUNTOS DE CONTROL OBTENIDOS POR EL MÉTODO DEL DRONE ZONA 1

PTO	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
E1	323227.8871	7620313.8052	1947.4055
R1	323255.4148	7620337.4599	1948.0867
EST1	323192.1047	7620383.2366	1943.0348
EST2	323110.4395	7620369.7891	1938.6797
EST3	323063.1904	7620312.7627	1933.8266
EST4	323206.8053	7620330.1476	1944.2530
EST5	323181.9220	7620278.4502	1943.9967
EST6	323255.2090	7620250.2180	1945.9624
EST7	323276.8178	7620264.2661	1945.9658
EST8	323332.3428	7620314.1612	1943.8086
EST9	323251.4463	7620358.5081	1948.2540
EST10	323228.7063	7620360.7328	1946.7734
EST11	323205.7466	7620350.6954	1944.0518
EST12	323254.3305	7620300.4816	1946.8989
EST13	323232.9785	7620264.7381	1946.4832
EST14	323212.3702	7620291.4631	1946.3194
EST15	323172.8479	7620351.7479	1941.2104
EST16	323254.0649	7620319.2696	1947.2510

Fuente: Elaboración propia.

3.1.4.2. Levantamiento topográfico método con Drone zona 2

El levantamiento topográfico de la zona se lo realizo en un periodo de 30 minutos, lo que se desarrolló en jornada única el 8 de Mayo de 2018.

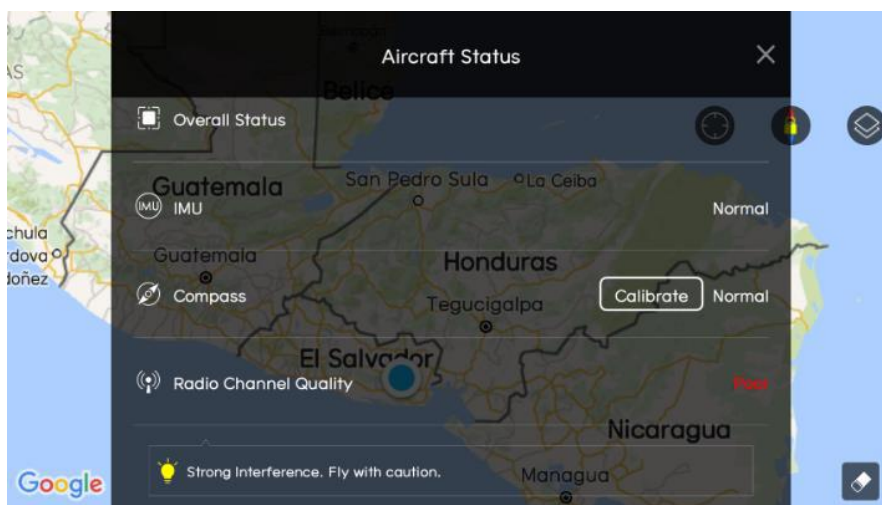
Donde primeramente procedió a colocar las dianas fabricadas de cartón con dimensiones de 50cm x 50cm a todos los puntos de control distribuidos aleatoriamente en la zona.

Para realizar este vuelo también realizamos la calibración de la brújula ya que una mala calibración producirá un defectuoso desempeño en el vuelo o un fallo del mismo.

También seguimos los siguientes pasos para realizar la respectiva calibración:

1. Se abre la aplicación de DJI del móvil, se presiona la barra de estado del Drone y se selecciona "Compass Calibration" para calibrar la brújula y enseguida la pantalla da las instrucciones cómo calibrar.

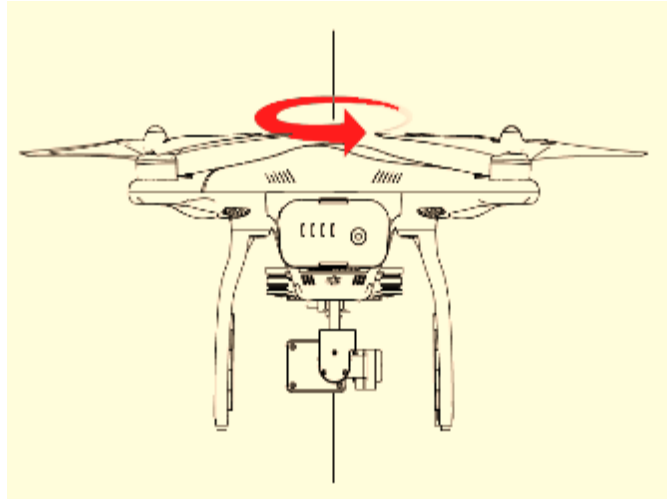
Figura 3.8. Proceso de calibración de la brújula desde la Aplicación DJI GO.



Fuente: Aplicación DJI GO

2. Se mantiene el Drone horizontalmente y se gira 360°, como se observa a continuación.

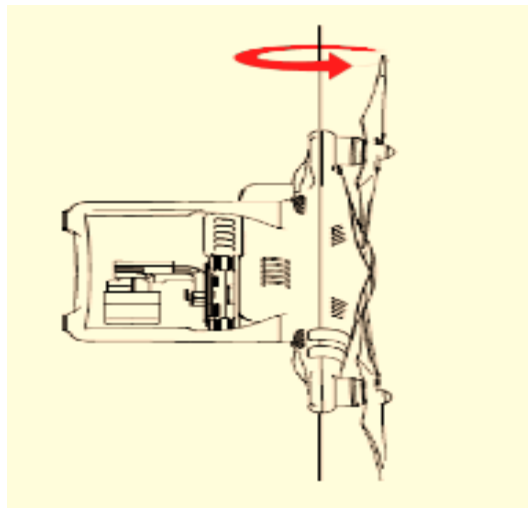
Figura 3.9. Proceso de calibración de la brújula.



Fuente: Elaboración propia

3. Cuando la calibración horizontal está completa después del giro de los 360°, se pone verticalmente y con la cámara viendo hacia abajo y se gira 360°, como se muestra a continuación. Cuando este calibrado se dejará de mostrar la indicación del proceso de calibrado.

Figura 3.10. Proceso de calibración de la brújula.



Fuente: Elaboración propia

Una vez comprobado esto se procedió a realizar el vuelo a 40 m de altura, previamente calibrado el Drone, el vuelo tuvo una duración de 9 minutos para realizar el levantamiento topográfico.

Para realizar el levantamiento topográfico con el método del Drone utilizamos el siguiente equipo.

- Drone Phantom 3 Profesional.

Con el vuelo obtuvimos los siguientes datos de campo:

Tabla 3.6. PUNTOS DE CONTROL OBTENIDOS POR EL MÉTODO DEL DRONE ZONA 2

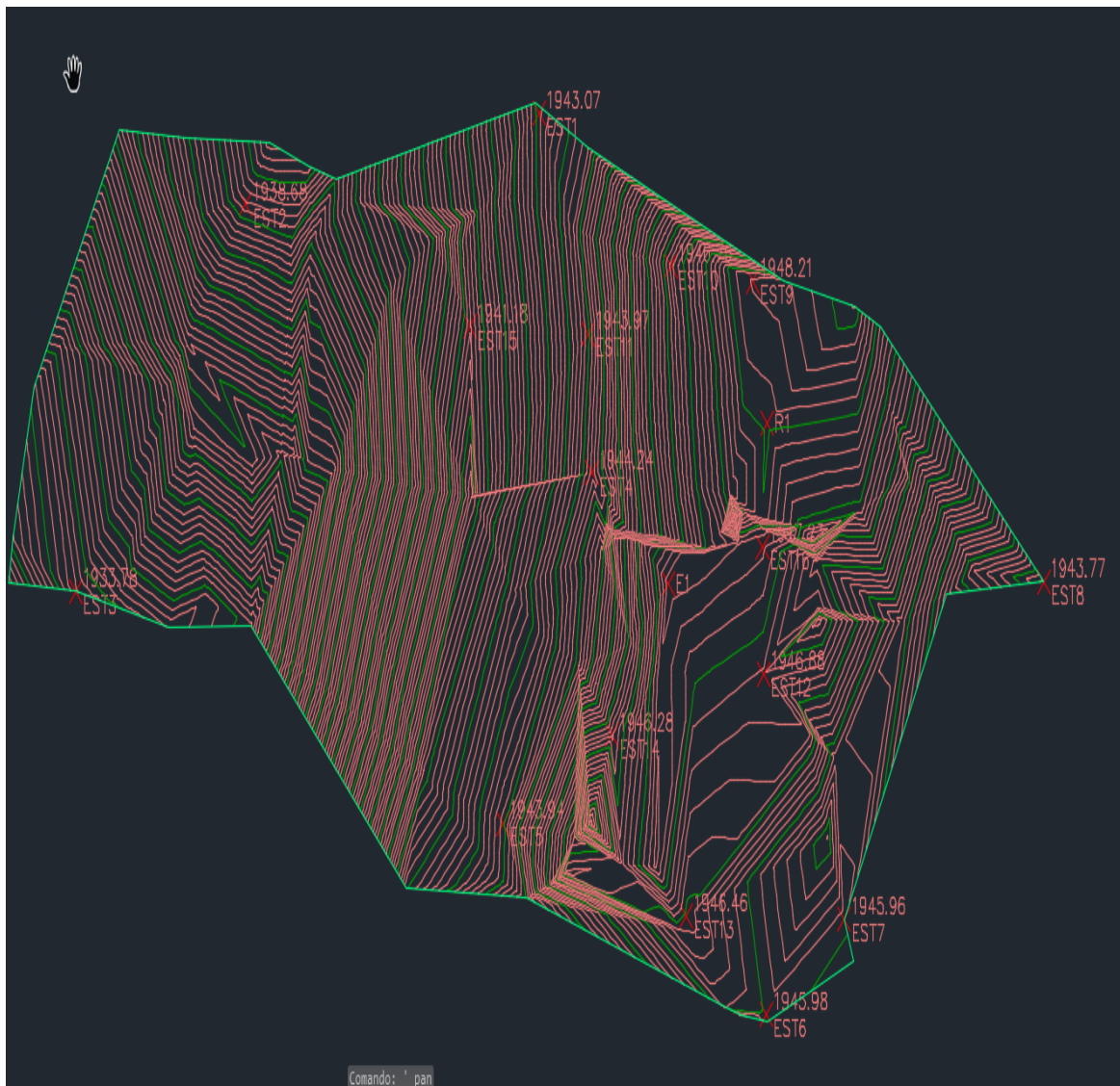
PTO	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
PB,09	321694.41845	7616207.26368	1857.26800
PB,08	321720.57402	7616353.26806	1857.99500
P1	321702.15896	7616319.90736	1857.48400
P2	321696.73828	7616284.27081	1857.36600
P3	321701.21280	7616283.29541	1857.44900
P4	321688.76909	7616220.00286	1857.23200
P5	321683.64876	7616220.91786	1857.16200
P6	321671.22557	7616263.98669	1857.64700
P7	321672.32218	7616233.17264	1857.31200
P8	321702.47174	7616359.49246	1858.02800
P9	321714.30509	7616324.45740	1857.79200
P10	321682.86125	7616288.13231	1857.35400

Fuente: Elaboración propia.

3.2. PROCESAMIENTO DE DATOS Y RESULTADOS

3.2.1. Topografía obtenida con ayuda del software AutoCAD Civil 3D método convencional zona 1

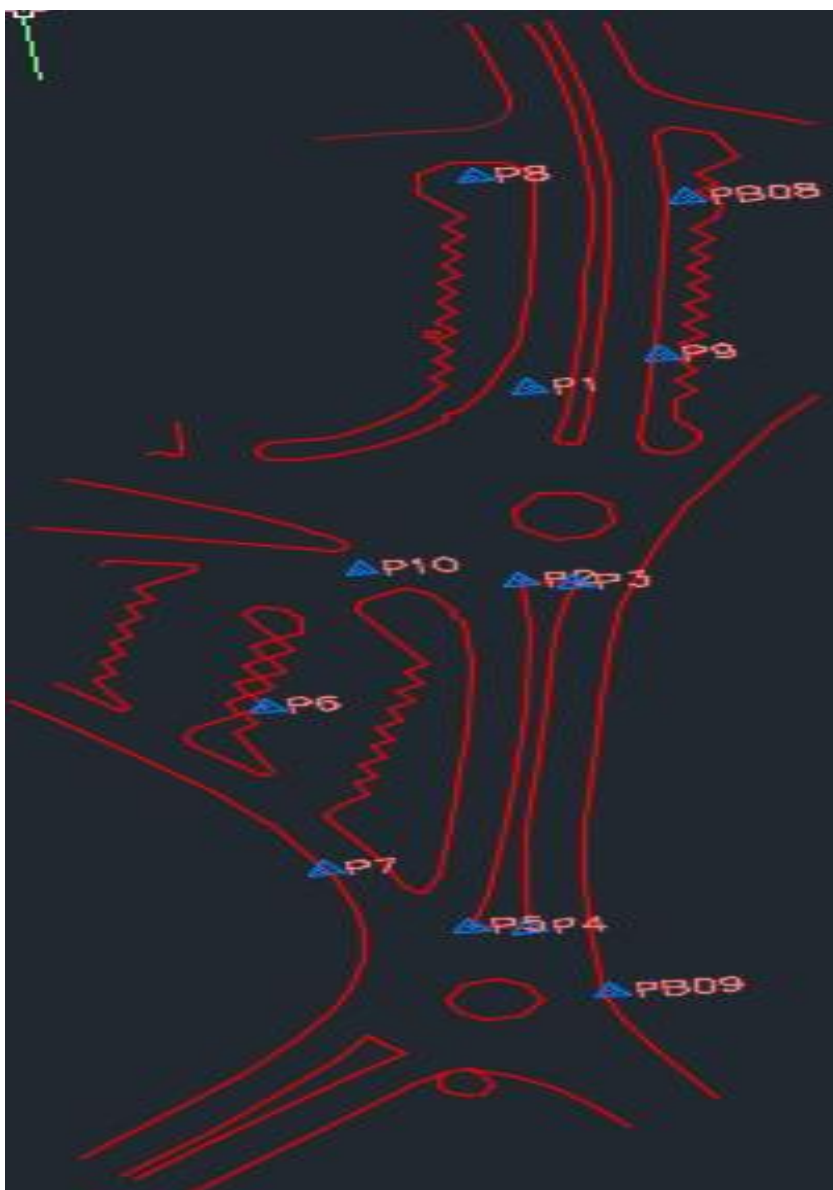
Figura 3.11. DIBUJO DE LA TOPOGRAFÍA OBTENIDA CON LOS DATOS DE CAMPO. (Este dibujo de la topografía de la zona 1 se puede observar mejor en el plano que se encuentra en la parte de anexos lamina N°1)



Fuente: Elaboracion propia

3.2.2. Topografía obtenida con ayuda del software AutoCAD Civil 3D método convencional zona 2

Figura 3.12. DIBUJO DE LA TOPOGRAFÍA OBTENIDA CON LOS DATOS DE CAMPO Y EL AUTOCAD CIVIL 3D DE LA ZONA 2 (Este dibujo de la topografía de la zona 2 se puede observar mejor en el plano lamina N°3 que se encuentra en la parte de anexos)



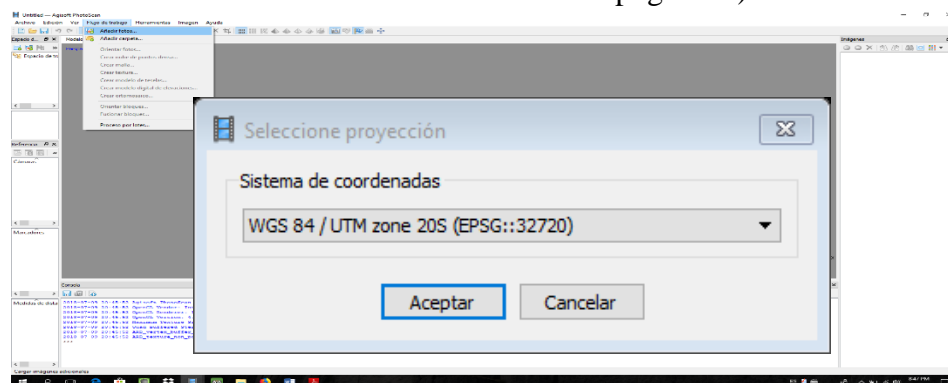
Fuente: Elaboracion propia.

3.2.3. Análisis y procesamiento de datos de campo obtenido por el Drone

Para realizar el análisis y procesamiento de los datos de campo obtenidos por el método del Drone, de las dos zonas de estudio Pampa Galana zona 1 y el Tejar Campus universitario zona 2 se lo realizo en el software PhotoScan, donde ingresando al programa ubicamos la ventana flujo de trabajo y seguimos la secuencia de los siguientes pasos:

1. Añadir fotos obtenidas por el dron de la zona estudiada.

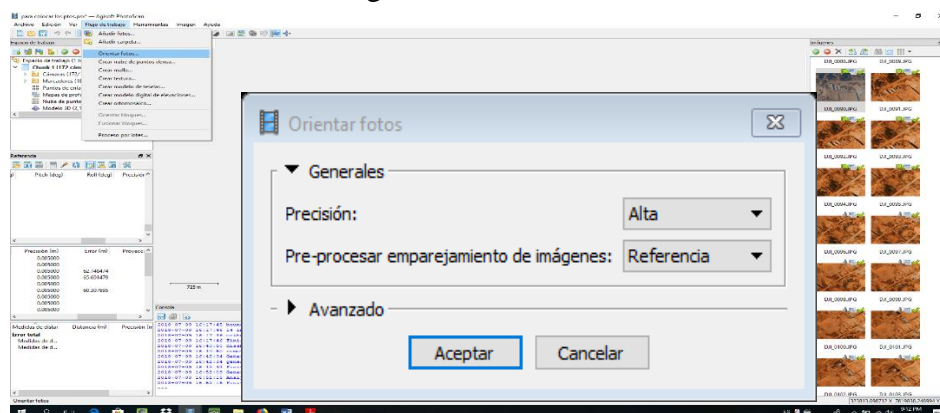
Figura 3.13. Proceso de datos (Trabajar en coordenadas del lugar donde se realizo el levantamiento topografico)



Fuente: Elaboración propia

2. Orientar fotos.

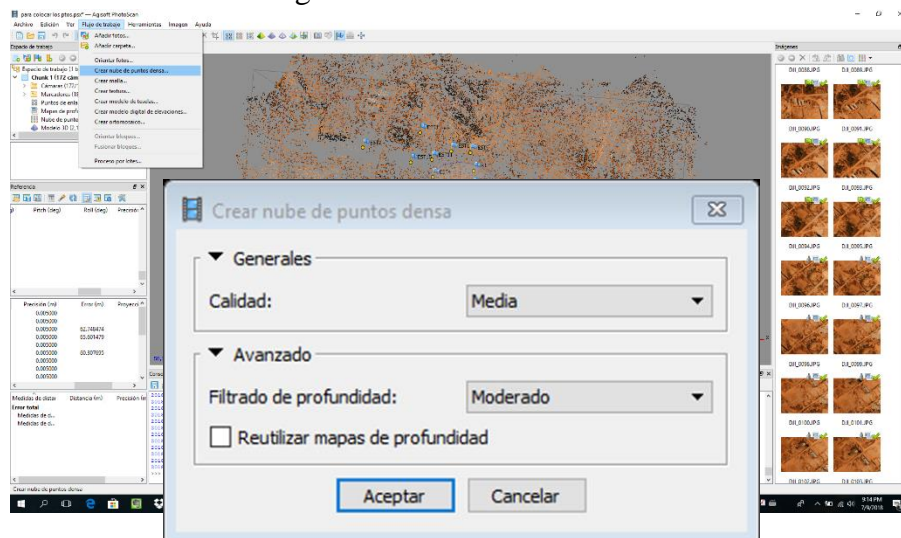
Figura 3.14. Proceso de datos



Fuente: Elaboración propia.

3. Creación de nube de puntos densa.

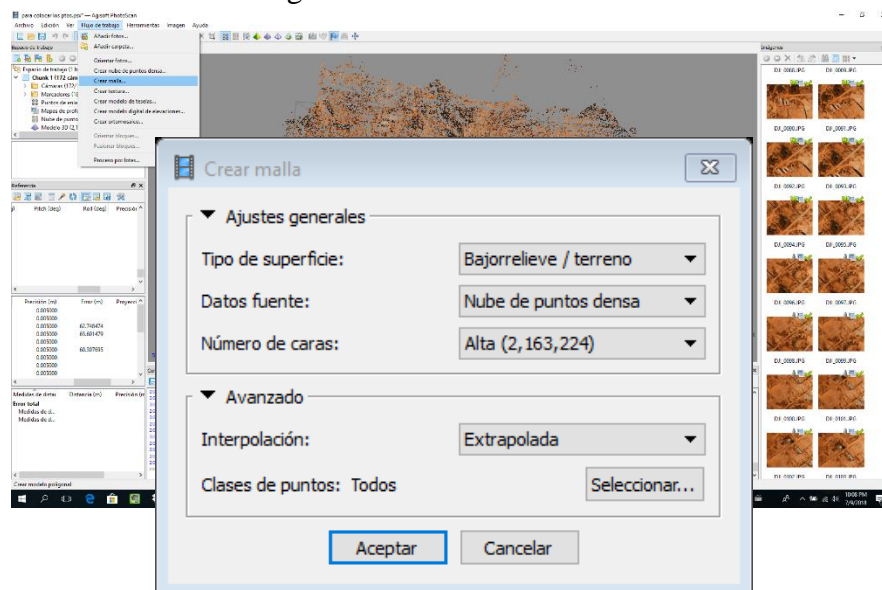
Figura 3.15. Proceso de datos.



Fuente: Elaboración propia.

4. Generar malla.

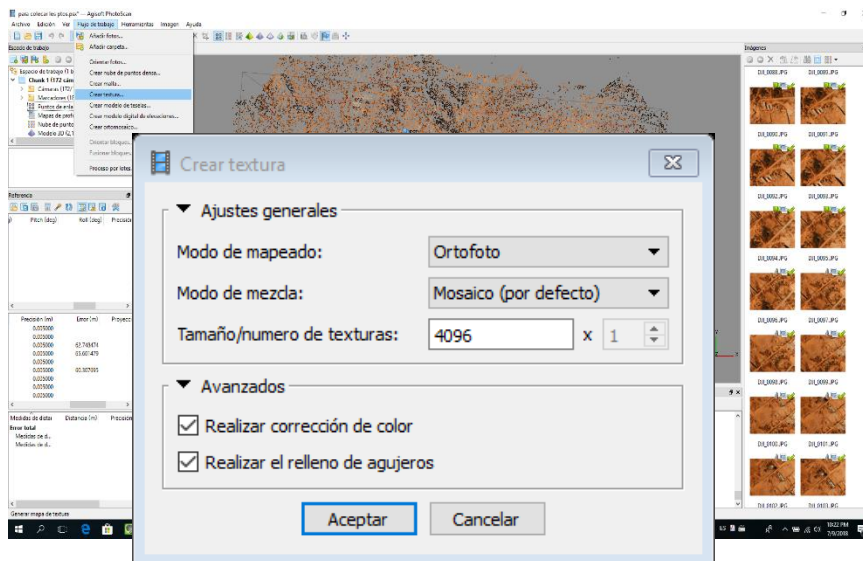
Figura 3.16. Proceso de datos.



Fuente: Elaboración propia.

5. Generar textura.

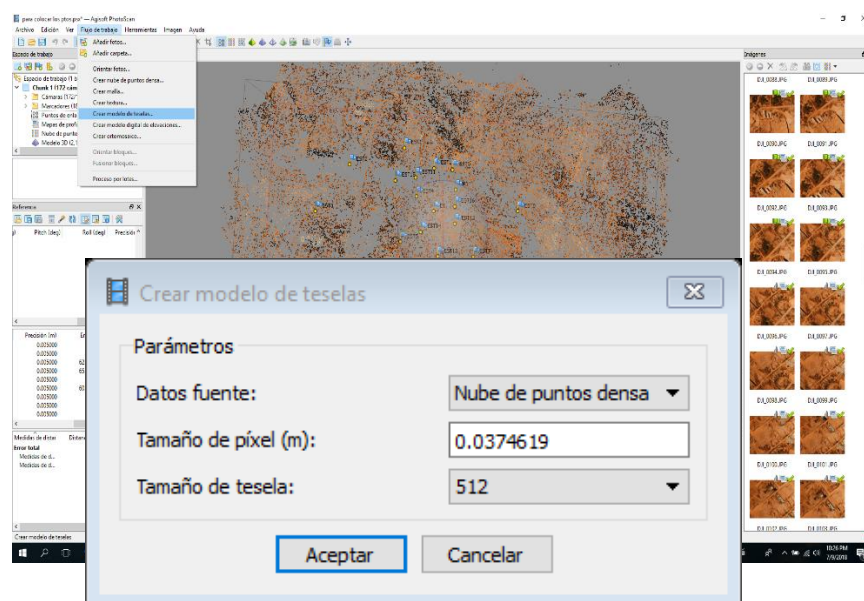
Figura 3.17. Proceso de datos,



Fuente: Elaboración propia.

6. Crear modelo de teselas.

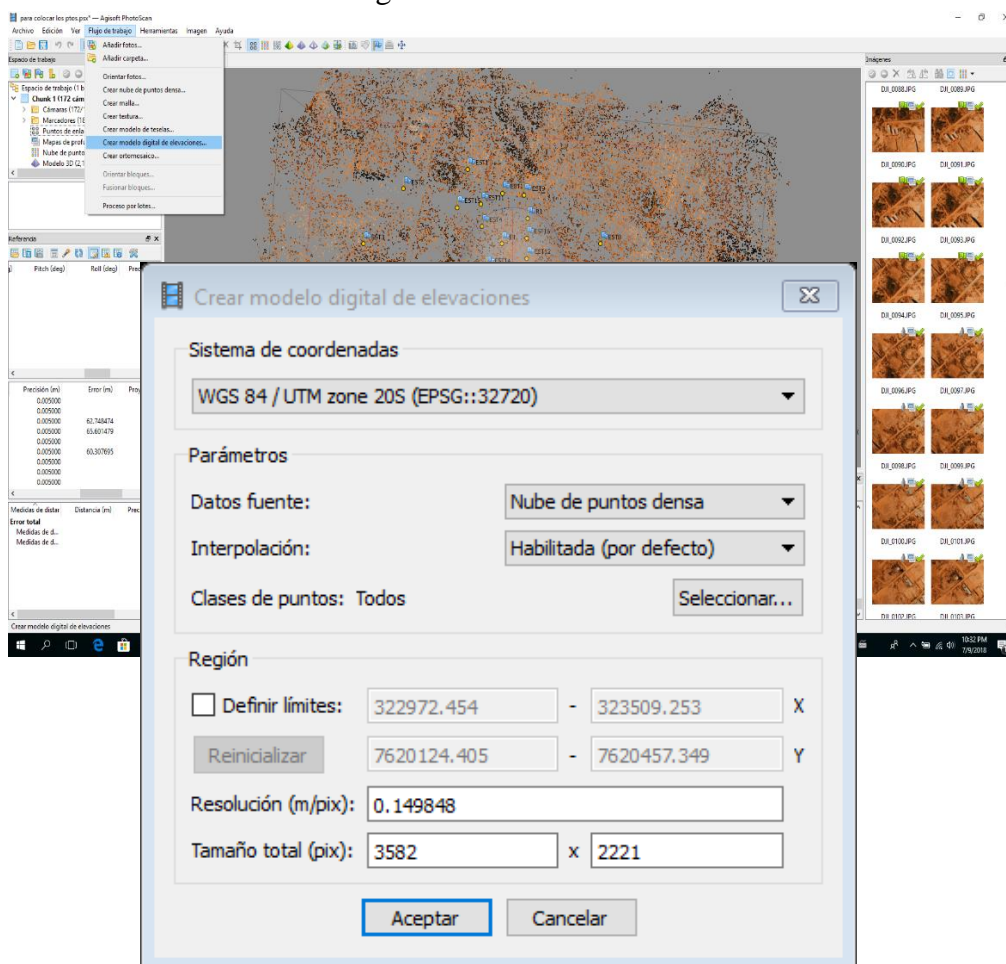
Figura 3.18. Proceso de datos.



Fuente: Elaboración propia.

7. Crear el modelo de elevaciones.

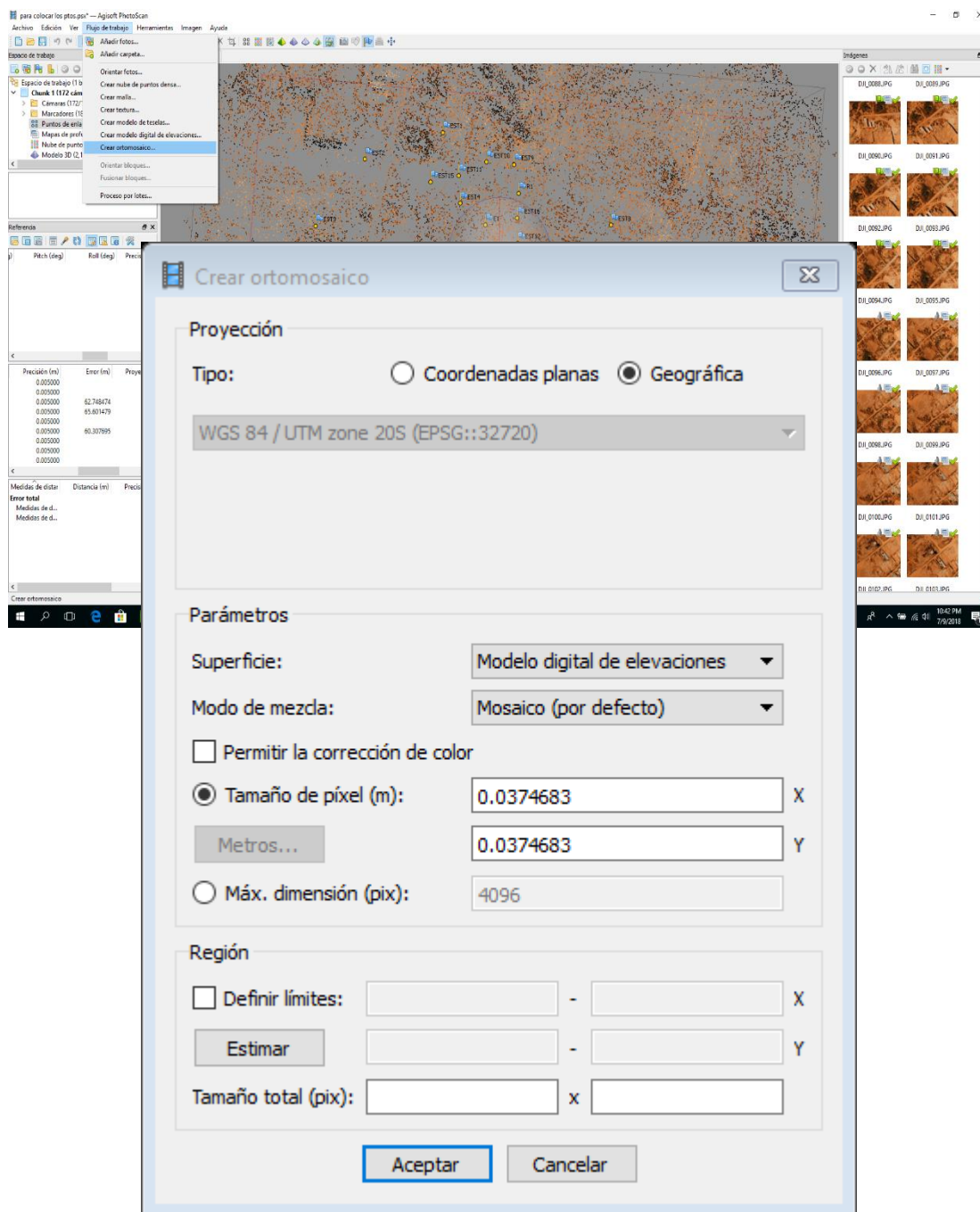
Figura 3.19. Proceso de datos.



Fuente: Elaboración propia.

8. Crear orto mosaico. Al generar este ortomosaico tenemos un imagen real del lugar donde se realizó el levantamiento topográfico con coordenadas (X, Y, Z) en cualquier punto o parte de la imagen creada.

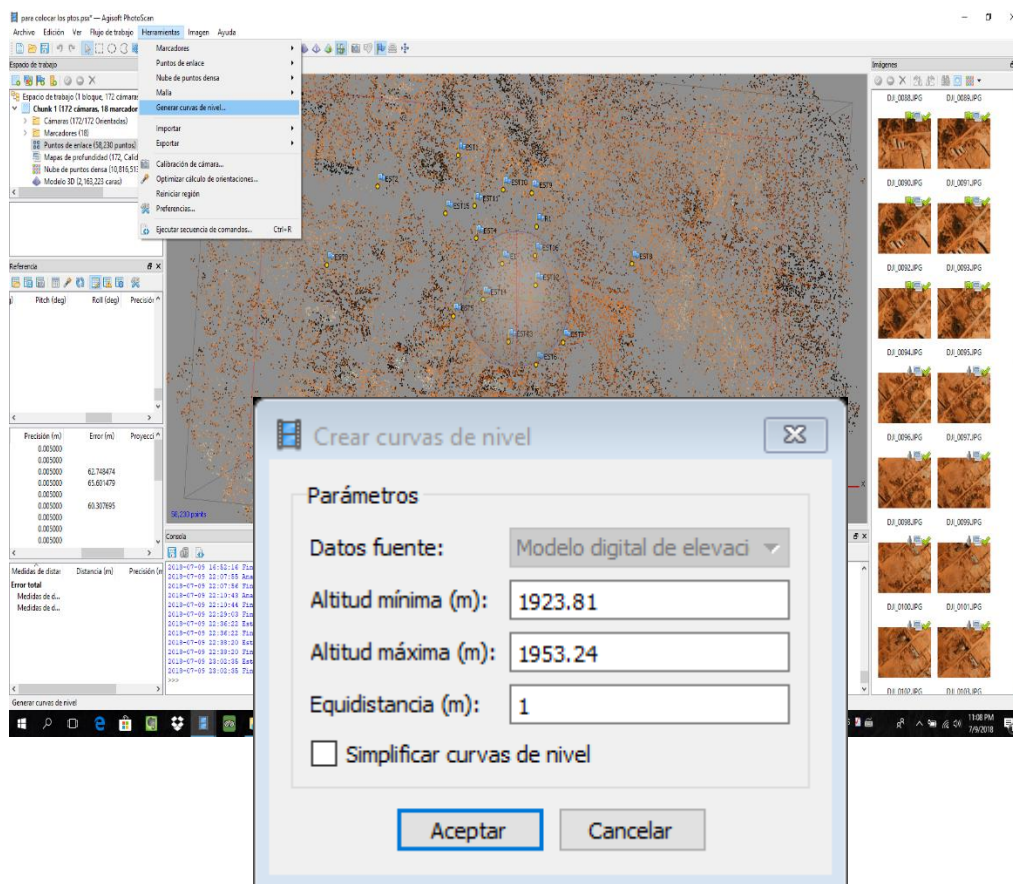
Figura 3.20. Proceso de datos.



Fuente. Elaboración propia.

9. Generación de curvas de nivel, para generar las curvas de nivel entramos a la ventana herramientas y nos vamos a la opción generar curvas.

Figura 3.21. Proceso de datos.

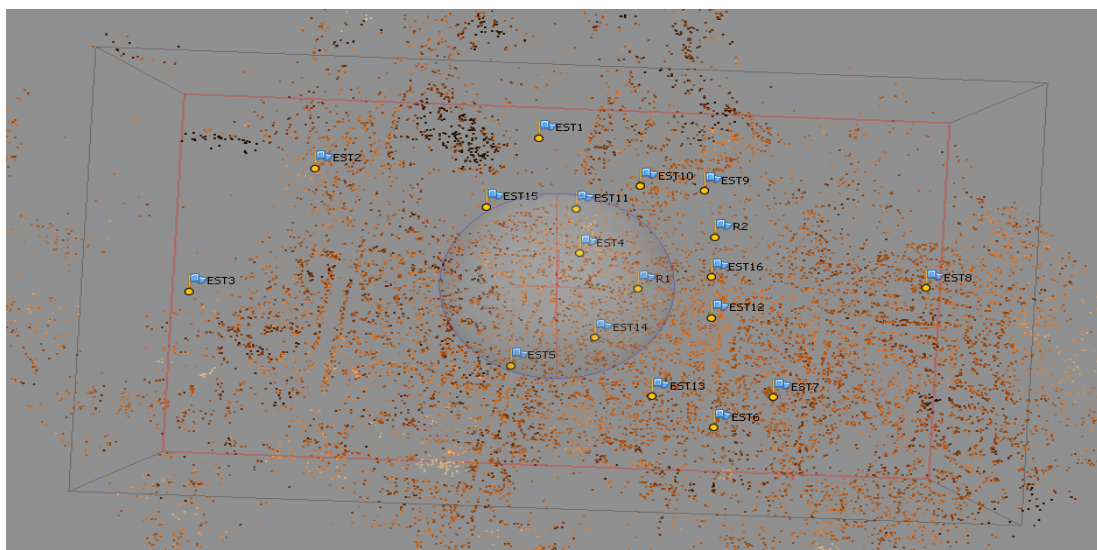


Fuente: Elaboración propia.

Una vez terminado con la secuencia de pasos a seguir obtenemos los siguientes resultados. Puntos de enlace, nube de puntos, modelo 3D, modelo de teselas, modelo de elevaciones, ortomosaico y curvas de nivel. Los cuales podemos exportarlos en diferentes archivos como ser, archivos CAD, KML, archivos Argis etc. Para poder trabajarlo según lo necesitado.

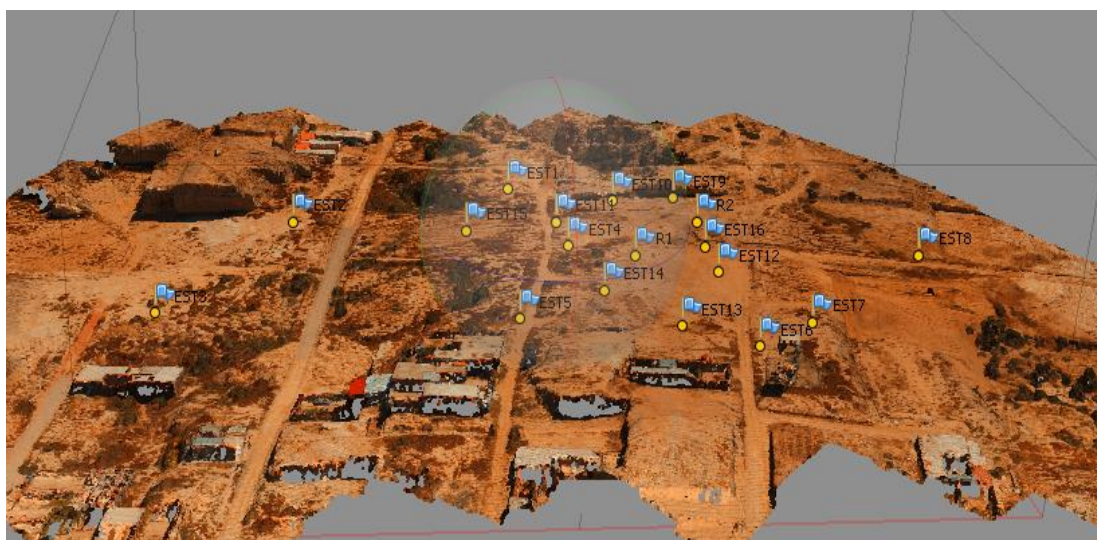
3.2.4. Topografía obtenida con ayuda del software PhotoScan método del Drone zona 1

Figura 3.22. Puntos de enlace.



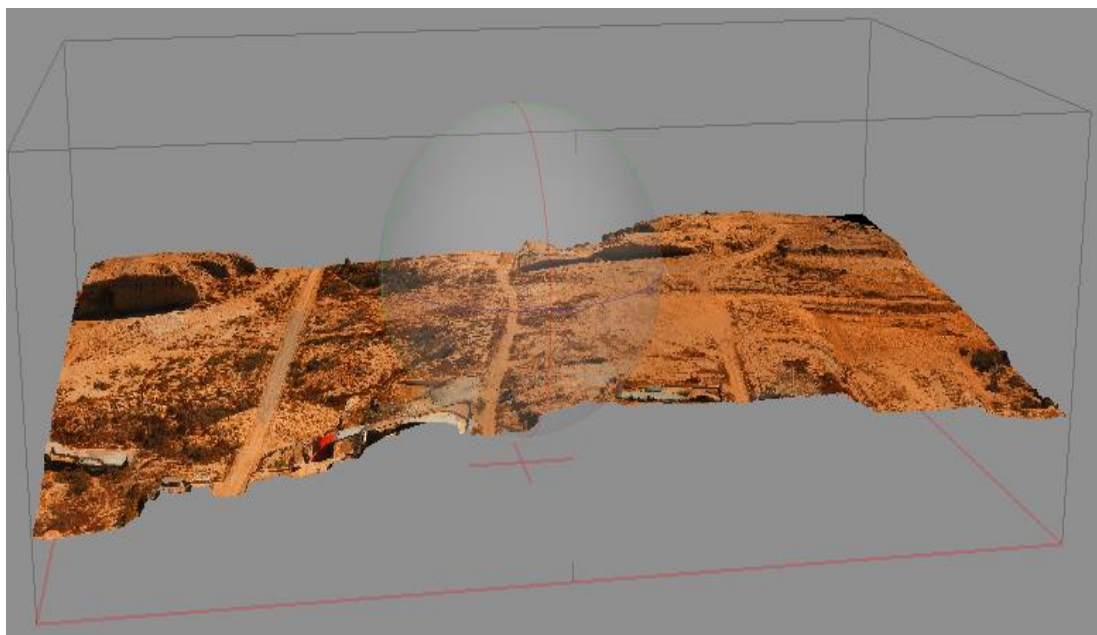
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.23. Nube de puntos.



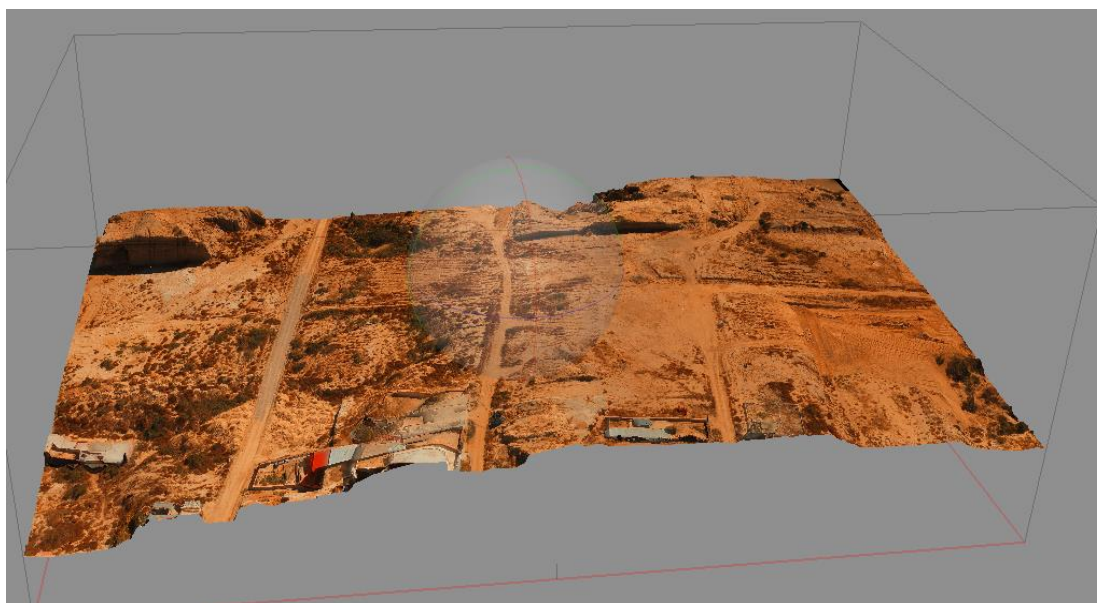
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.24. Modelo 3D.



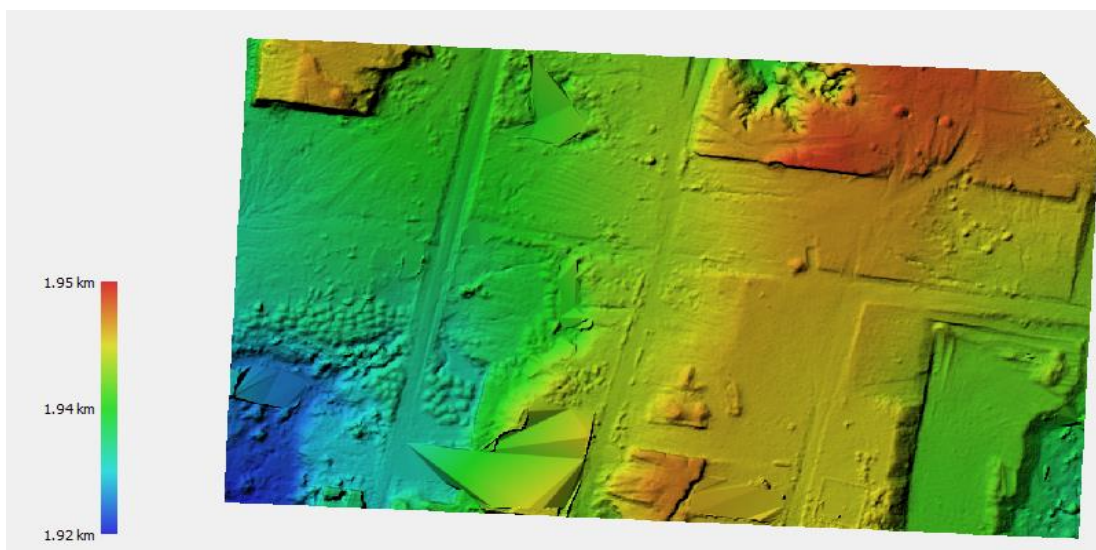
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.25. Modelo de teselas.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.26. Modelo de elevaciones MDE.



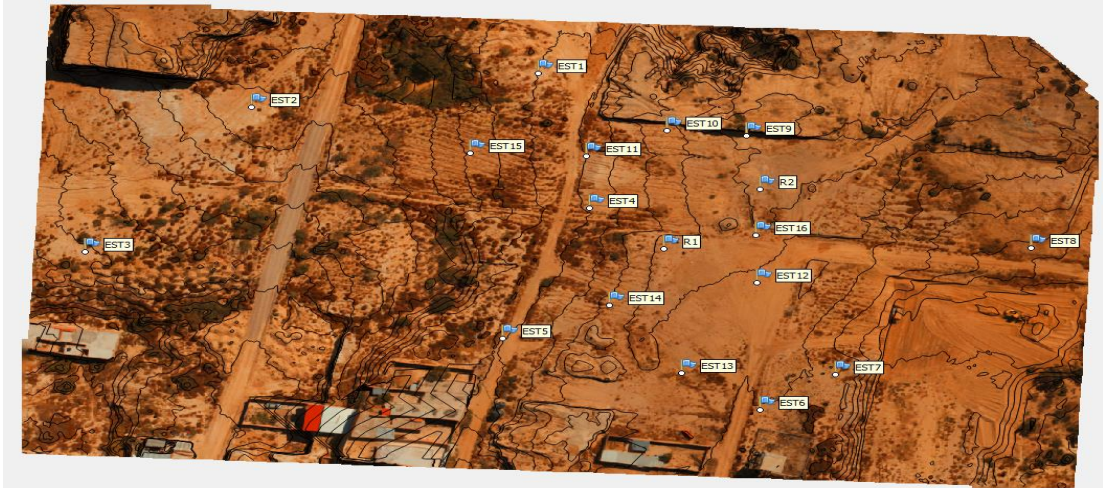
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.27. Orto mosaico.



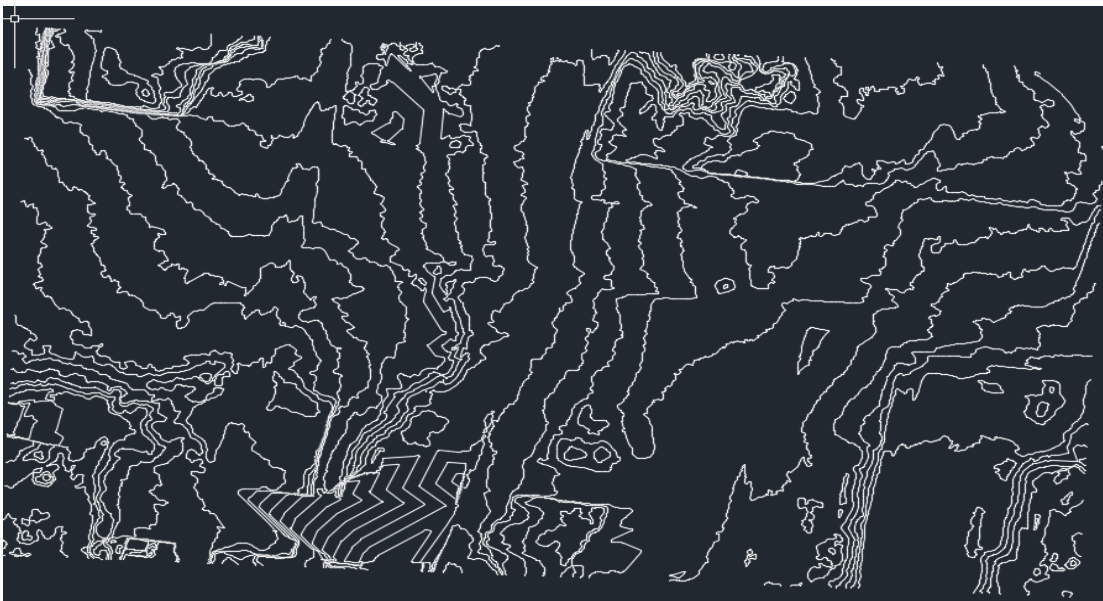
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.28. **Curvas de nivel** (En el dibujo de la topografía de la zona 1 se observa los 16 puntos de control como muestra la tabla 3.5.)



Fuente: Elaboración propia

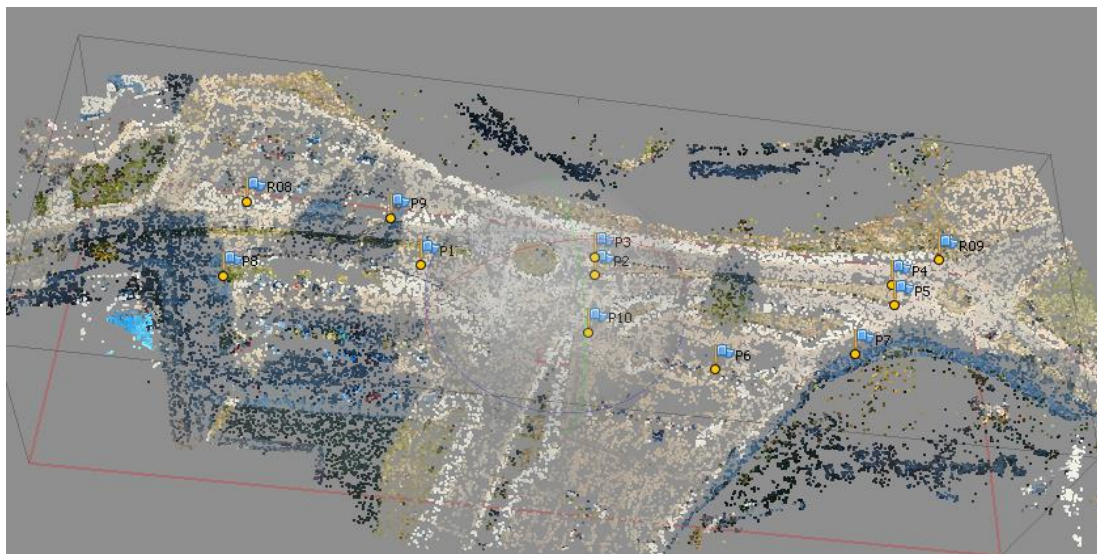
Figura 3.29. Curvas de nivel generadas mediante el Software PhotoScan obtenidas por la información de campo capturado por el Drone en archivo Dwg. Plano que se encuentra en la parte de anexos lamina N°2 donde se puede observar de mejor manera.



Fuente: Elaboración propia.

3.2.5. Topografía obtenida con ayuda del software PhotoScan método del Drone zona 2

Figura 3.30. Puntos de enlace.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.31. Nube de puntos.



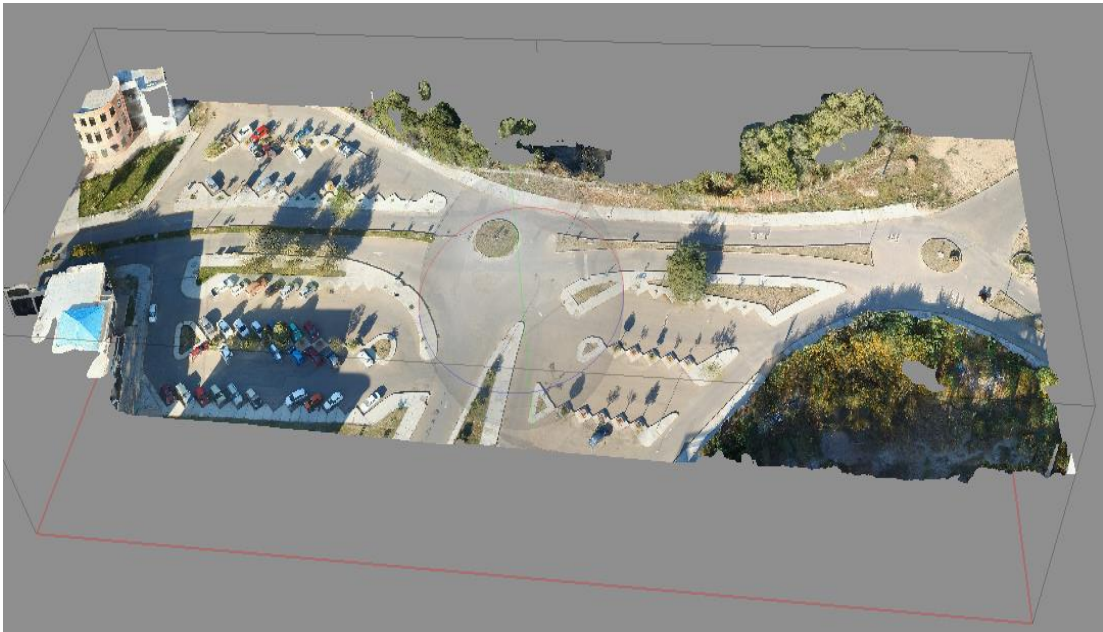
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.32. Modelo 3D.



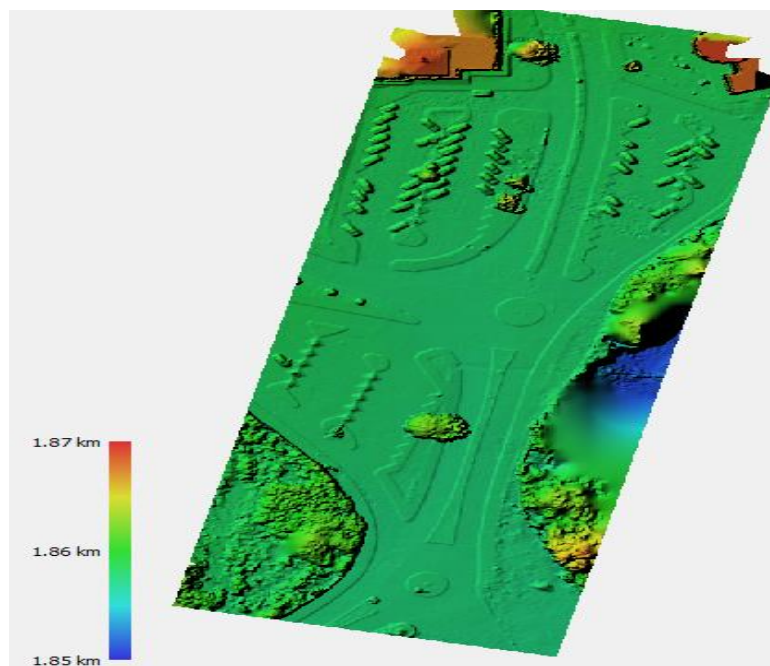
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.33. Modelo de teselas.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.34. Modelo de elevaciones MDE.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.35. **Orto mosaico** (En el dibujo de la topografía de la zona 2 se observa los 10 puntos de control como muestra la tabla 3.6.)



Fuente: Elaboración propia.

Al observar los resultados de las planimetrías de ambas zonas de estudio podemos analizar que las planimetrías obtenidas con los datos del Drone son planimetrías de forma real del terreno, y también podemos observar que las planimetrías muestran detalladamente todos los objetos y vegetación que se encuentra en el terreno.

Al hacer un análisis profundo de cada una de las planimetrías podemos ver que en la planimetría de la zona 1 con el método convencional figura 3.11, solo podemos observar una representación del terreno estudiado con sus curvas de nivel respectivas representando la forma del terreno, y no así en la planimetría con el Drone donde se puede observar la forma real del terreno con sus respectivas curvas de nivel (figura 3.28), curvas de nivel que se pueden exportar en archivo CAD, como se puede ver en la figura 3.29, para poder trabajar según lo que se desee diseñar o construir en dicho terreno de estudio.

Y al realizar la comparación de planimetrías de ambos métodos, podemos observar mucha variación con respecto a las curvas de nivel de ambas planimetrías como podemos observar en los planos que se encuentran en la parte de anexos, lámina N°1 curvas de nivel-levantamiento topográfico método convencional, y lámina N°2 curvas de nivel-levantamiento topográfico método con Drone, esto se debe a que al realizar el levantamiento topográfico con el método convencional se lectura puntos notables, cambios de pendientes, o variaciones que pueda tener, como se lo realiza en la topografía tradicional, en cambio el levantamiento topográfico con el método del Drone, toma en cuenta todo lo que se encuentra en el terreno y al ser así nos genera miles de puntos y al generar miles de puntos, hace que las curvas de nivel representen al terreno lo más exacto posible, y es por eso la variación de las curvas de nivel de cada planimetría.

En la lámina N°6 que se encuentra en la parte de anexos, se puede observar que al realizar la disminución de densidad de puntos obtenidos por el método del Drone, a un 75 %, se aprecia que las planimetrías se asemejan, y los modelos de elevación no tienen mucha variación y la malla de triangulación son similares, esto quiere decir que el

método del Drone nos brinda datos mucho más exactos y precisos de la forma del terreno. Porque nos genera una nube puntos muy extensa, ya que esta nube de puntos se genera según al tamaño de pixel que se trabaje en dicho proceso.

También analizamos las planimetrías en la zona 2 de estudio, donde podemos observar que la planimetría obtenida con el método convencional representa un levantamiento topográfico a detalle de la zona de estudio, y la planimetría obtenida por el método del Drone nos representa la forma real de la zona, y en esta zona podemos decir que el método del Drone es una buena técnica para realizar levantamientos topográficos a detalle por que con este método podemos obtener información real del terreno cuando queramos realizar algún diseño o estudio.

La diferencia y comparación de estas dos planimetrías se puede observar mejor en el plano lámina N°3 levantamiento topográfico a detalle

3.2.6. Levantamiento topográfico con nivel de ingeniero para elaborar los perfiles longitudinales de los tramos, EST8-EST12, E1-EST4, EST15-EST2

Tabla 3.7. Dato y resultados de nivelación

TRAMO EST8-EST12 CADA 1m							
PTO	DISTANCIA PARCIAL (m)	DISTANCIA ACUMULADA (m)	HS (m)	HM (m)	HI (m)	ΔH (m)	COTA m.s.n.m
EST8	0.00	0+000	3.7380	3.5290	3.3200	0.0000	1943.7958
1	1.00	0+001	3.7680	3.5600	3.3520	-0.0310	1943.7648
2	1.00	0+002	3.7930	3.5930	3.3930	-0.0330	1943.7318
3	1.00	0+003	3.8120	3.6120	3.4120	-0.0190	1943.7128
4	1.00	0+004	3.7910	3.5980	3.4050	0.0140	1943.7268
5	1.00	0+005	3.7420	3.5550	3.3680	0.0430	1943.7698
6	1.00	0+006	3.7420	3.5620	3.3820	-0.0070	1943.7628
7	1.00	0+007	3.7270	3.5500	3.3730	0.0120	1943.7748
8	1.00	0+008	3.7370	3.5650	3.3930	-0.0150	1943.7598
9	1.00	0+009	4.1050	3.7380	3.3710	-0.1730	1943.5868
10	1.00	0+010	4.0680	3.7040	3.3400	0.0340	1943.6208
11	1.00	0+011	3.6760	3.5190	3.3620	0.1850	1943.8058
12	1.00	0+012	3.4870	3.4350	3.3830	0.0840	1943.8898
13	1.00	0+013	3.6000	3.4550	3.3100	-0.0200	1943.8698
14	1.00	0+014	3.6300	3.4900	3.3500	-0.0350	1943.8348
15	1.00	0+015	3.6200	3.4860	3.3520	0.0040	1943.8388
16	1.00	0+016	3.2220	3.2910	3.3600	0.1950	1944.0338
17	1.00	0+017	3.2320	3.1070	2.9820	0.1840	1944.2178
18	1.00	0+018	3.0750	2.9650	2.8550	0.1420	1944.3598
19	1.00	0+019	3.0480	2.9300	2.8120	0.0350	1944.3948
20	1.00	0+020	3.0410	2.9330	2.8250	-0.0030	1944.3918
21	1.00	0+021	2.9350	2.8250	2.7150	0.1080	1944.4998
22	1.00	0+022	2.8250	2.7220	2.6190	0.1030	1944.6028
23	1.00	0+023	2.7560	2.6580	2.5600	0.0640	1944.6668

PTO	DISTANCIA PARCIAL (m)	DISTANCIA ACUMULADA (m)	HS (m)	HM (m)	HI (m)	ΔH (m)	COTA m.s.n.m
24	1.00	0+024	2.7010	2.6030	2.5050	0.0550	1944.7218
25	1.00	0+025	2.6390	2.5520	2.4650	0.0510	1944.7728
26	1.00	0+026	2.5620	2.4790	2.3960	0.0730	1944.8458
27	1.00	0+027	2.4780	2.4000	2.3220	0.0790	1944.9248
28	1.00	0+028	2.4020	2.3320	2.2620	0.0680	1944.9928
29	1.00	0+029	2.3310	2.2650	2.1990	0.0670	1945.0598
30	1.00	0+030	2.2810	2.2220	2.1630	0.0430	1945.1028
31	1.00	0+031	2.2250	2.1750	2.1250	0.0470	1945.1498
32	1.00	0+032	2.1690	2.1210	2.0730	0.0540	1945.2038
33	1.00	0+033	2.1100	2.0650	2.0200	0.0560	1945.2598
34	1.00	0+034	2.0220	1.9900	1.9580	0.0750	1945.3348
35	1.00	0+035	1.9060	1.8580	1.8100	0.1320	1945.4668
36	1.00	0+036	1.7420	1.7150	1.6880	0.1430	1945.6098
37	1.00	0+037	1.4840	1.4500	1.4160	0.2650	1945.8748
38	1.00	0+038	1.6390	1.6080	1.5770	-0.1580	1945.7168
39	1.00	0+039	1.6110	1.5780	1.5450	0.0300	1945.7468
40	1.00	0+040	1.5600	1.5320	1.5040	0.0460	1945.7928
41	1.00	0+041	1.4720	1.4400	1.4080	0.0920	1945.8848
42	1.00	0+042	1.3710	1.3370	1.3030	0.1030	1945.9878
43	1.00	0+043	1.3280	1.2980	1.2680	0.0390	1946.0268
44	1.00	0+044	1.2910	1.2480	1.2050	0.0500	1946.0768
45	1.00	0+045	1.2240	1.1790	1.1340	0.0690	1946.1458
46	1.00	0+046	1.1890	1.1380	1.0870	0.0410	1946.1868
47	1.00	0+047	1.0820	1.0270	0.9720	0.1110	1946.2978
48	1.00	0+048	0.9970	0.9350	0.8730	0.0920	1946.3898
49	1.00	0+049	0.8830	0.8190	0.7550	0.1160	1946.5058
50	1.00	0+050	0.8780	0.8050	0.7320	0.0140	1946.5198
51	1.00	0+051	0.7890	0.7110	0.6330	0.0940	1946.6138
52	1.00	0+052	0.6920	0.6080	0.5240	0.1030	1946.7168
53	1.00	0+053	0.5790	0.4900	0.4010	0.1180	1946.8348

PTO	DISTANCIA PARCIAL (m)	DISTANCIA ACUMULADA (m)	HS (m)	HM (m)	HI (m)	ΔH (m)	COTA m.s.n.m
54	1.00	0+054	0.5300	0.4360	0.3420	0.0540	1946.8888
55	1.00	0+055	0.4560	0.3560	0.2560	0.0800	1946.9688
56	1.00	0+056	0.3510	0.2460	0.1410	0.1100	1947.0788
57	1.00	0+057	0.3200	0.2100	0.1000	0.0360	1947.1148
58	1.00	0+058	0.1640	0.0820	0.0000	0.1280	1947.2428
59	1.00	0+059	0.7240	0.3620	0.0000	-0.2800	1946.9628
60	1.00	0+060	1.2900	0.6450	0.0000	-0.2830	1946.6798
61	1.00	0+061	1.2800	0.6400	0.0000	0.0050	1946.6848
62	1.00	0+062	1.2880	0.6440	0.0000	-0.0040	1946.6808
63	1.00	0+063	1.2400	0.6200	0.0000	0.0240	1946.7048
64	1.00	0+064	1.2800	0.6400	0.0000	-0.0200	1946.6848
65	1.00	0+065	1.2200	0.6100	0.0000	0.0300	1946.7148
66	1.00	0+066	1.2500	0.6250	0.0000	-0.0150	1946.6998
67	1.00	0+067	1.2240	0.6120	0.0000	0.0130	1946.7128
68	1.00	0+068	1.2100	0.6050	0.0000	0.0070	1946.7198
69	1.00	0+069	1.1520	0.5760	0.0000	0.0290	1946.7488
70	1.00	0+070	1.1060	0.5530	0.0000	0.0230	1946.7718
71	1.00	0+071	1.0960	0.5480	0.0000	0.0050	1946.7768
72	1.00	0+072	0.9000	0.4500	0.0000	0.0980	1946.8748
EST12	1.00	0+073	0.8840	0.4420	0.0000	0.0080	1946.8828

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.8. Dato y resultados de nivelación

TRAMO DE E1-EST14 CADA 0.50m							
PTO	DISTANCIA PARCIAL (m)	DISTANCIA ACUMULADA (m)	HS(m)	HM (m)	HI (m)	ΔH (m)	COTA m.s.n.m
E1	0.00	0+000	0.2500	0.1250	0.0000	0.0000	1947.3860
1	0.50	0+000.50	0.2960	0.1480	0.0000	-0.0230	1947.3630
2	0.50	0+001	0.3640	0.1820	0.0000	-0.0340	1947.3290

PTO	DISTANCIA PARCIAL (m)	DISTANCIA ACUMULADA (m)	HS(m)	HM (m)	HI (m)	ΔH (m)	COTA m.s.n.m
3	0.50	0+001.50	0.3450	0.2630	0.1810	-0.0810	1947.2480
4	0.50	0+002	0.4990	0.3200	0.1410	-0.0570	1947.1910
5	0.50	0+002.50	0.3140	0.2370	0.1600	0.0830	1947.2740
6	0.50	0+003	0.3050	0.2300	0.1550	0.0070	1947.2810
7	0.50	0+003.50	0.3180	0.2450	0.1720	-0.0150	1947.2660
8	0.50	0+004	0.4700	0.4000	0.3300	-0.1550	1947.1110
9	0.50	0+004.50	0.3520	0.2860	0.2200	0.1140	1947.2250
10	0.50	0+005	0.3760	0.3120	0.2480	-0.0260	1947.1990
11	0.50	0+005.50	0.4520	0.3900	0.3280	-0.0780	1947.1210
12	0.50	0+006	0.5080	0.4480	0.3880	-0.0580	1947.0630
13	0.50	0+006.50	0.6290	0.5820	0.5350	-0.1340	1946.9290
14	0.50	0+007	0.7180	0.6630	0.6080	-0.0810	1946.8480
15	0.50	0+007.50	0.7030	0.6520	0.6010	0.0110	1946.8590
16	0.50	0+008	0.6950	0.6450	0.5950	0.0070	1946.8660
17	0.50	0+008.50	0.7640	0.7160	0.6680	-0.0710	1946.7950
18	0.50	0+009	0.8220	0.7770	0.7320	-0.0610	1946.7340
19	0.50	0+009.50	0.9340	0.8910	0.8480	-0.1140	1946.6200
20	0.50	0+010	0.9050	0.8550	0.8050	0.0360	1946.6560
21	0.50	0+010.50	0.9100	0.8760	0.8420	-0.0210	1946.6350
22	0.50	0+011	0.9700	0.9340	0.8980	-0.0580	1946.5770
23	0.50	0+011.50	1.0280	0.9950	0.9620	-0.0610	1946.5160
24	0.50	0+012	1.0300	1.0090	0.9880	-0.0140	1946.5020
25	0.50	0+012.50	1.0290	1.0120	0.9950	-0.0030	1946.4990
26	0.50	0+013	1.0970	1.0820	1.0670	-0.0700	1946.4290
27	0.50	0+013.50	1.1140	1.0990	1.0840	-0.0170	1946.4120
28	0.50	0+014	1.0810	1.0690	1.0570	0.0300	1946.4420
29	0.50	0+014.50	1.0850	1.0650	1.0450	0.0040	1946.4460
30	0.50	0+015	1.1450	1.1390	1.1330	-0.0740	1946.3720
31	0.50	0+015.50	1.1380	1.1230	1.1080	0.0160	1946.3880
32	0.50	0+016	1.1880	1.1740	1.1600	-0.0510	1946.3370

PTO	DISTANCIA PARCIAL (m)	DISTANCIA ACUMULADA (m)	HS(m)	HM (m)	HI (m)	ΔH (m)	COTA m.s.n.m
33	0.50	0+016.50	1.2260	1.2150	1.2040	-0.0410	1946.2960
34	0.50	0+017	1.2140	1.2030	1.1920	0.0120	1946.3080
35	0.50	0+017.50	1.2050	1.1950	1.1850	0.0080	1946.3160
36	0.50	0+018	1.2380	1.2280	1.2180	-0.0330	1946.2830
37	0.50	0+018.50	1.3110	1.2980	1.2850	-0.0700	1946.2130
38	0.50	0+019	1.2540	1.2430	1.2320	0.0550	1946.2680
39	0.50	0+019.50	1.3070	1.2930	1.2790	-0.0500	1946.2180
40	0.50	0+020	1.2680	1.2540	1.2400	0.0390	1946.2570
41	0.50	0+020.50	1.3030	1.2780	1.2530	-0.0240	1946.2330
42	0.50	0+021	1.2820	1.2660	1.2500	0.0120	1946.2450
43	0.50	0+021.50	1.3590	1.3390	1.3190	-0.0730	1946.1720
44	0.50	0+022	1.2900	1.2670	1.2440	0.0720	1946.2440
45	0.50	0+022.50	1.2200	1.1940	1.1680	0.0730	1946.3170
46	0.50	0+023	1.1600	1.1340	1.1080	0.0600	1946.3770
47	0.50	0+023.50	1.2990	1.2720	1.2450	-0.1380	1946.2390
48	0.50	0+024	1.1780	1.1450	1.1120	0.1270	1946.3660
49	0.50	0+024.50	1.1660	1.1320	1.0980	0.0130	1946.3790
50	0.50	0+025	1.1690	1.1330	1.0970	-0.0010	1946.3780
51	0.50	0+025.50	1.2220	1.1820	1.1420	-0.0490	1946.3290
52	0.50	0+026	1.2790	1.2380	1.1970	-0.0560	1946.2730
53	0.50	0+026.50	1.2400	1.1960	1.1520	0.0420	1946.3150
EST14	0.50	0+027	1.2640	1.2180	1.1720	-0.0220	1946.2930

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.9. Dato y resultados de nivelación

TRAMO EST15-EST2 CADA 1m							
PTO	DISTANCIA PARCIAL (m)	DISTANCIA ACUMULADA (m)	HS (m)	HM (m)	HI (m)	ΔH (m)	COTA m.s.n.m
EST15	0.00	0+000	0.7270	0.6440	0.5610	0.0000	1941.2042
1	1.00	0+001	0.8040	0.7260	0.6480	-0.0820	1941.1222
2	1.00	0+002	0.9110	0.8380	0.7650	-0.1120	1941.0102
3	1.00	0+003	0.9950	0.9200	0.8450	-0.0820	1940.9282
4	1.00	0+004	1.1170	1.0450	0.9730	-0.1250	1940.8032
5	1.00	0+005	1.2100	1.1400	1.0700	-0.0950	1940.7082
6	1.00	0+006	1.3060	1.2370	1.1680	-0.0970	1940.6112
7	1.00	0+007	1.5980	1.5420	1.4860	-0.3050	1940.3062
8	1.00	0+008	1.4950	1.4300	1.3650	0.1120	1940.4182
9	1.00	0+009	1.5930	1.5300	1.4670	-0.1000	1940.3182
10	1.00	0+010	1.6900	1.6260	1.5620	-0.0960	1940.2222
11	1.00	0+011	1.7870	1.7230	1.6590	-0.0970	1940.1252
12	1.00	0+012	1.9560	1.8900	1.8240	-0.1670	1939.9582
13	1.00	0+013	2.0160	1.9490	1.8820	-0.0590	1939.8992
14	1.00	0+014	2.1400	2.0830	2.0260	-0.1340	1939.7652
15	1.00	0+015	2.2280	2.1600	2.0920	-0.0770	1939.6882
16	1.00	0+016	2.3730	2.3040	2.2350	-0.1440	1939.5442
17	1.00	0+017	2.4260	2.3540	2.2820	-0.0500	1939.4942
18	1.00	0+018	2.4900	2.4130	2.3360	-0.0590	1939.4352
19	1.00	0+019	2.5880	2.5000	2.4120	-0.0870	1939.3482
20	1.00	0+020	2.5100	2.4320	2.3540	0.0680	1939.4162
21	1.00	0+021	2.5610	2.4780	2.3950	-0.0460	1939.3702
22	1.00	0+022	2.6760	2.5890	2.5020	-0.1110	1939.2592
23	1.00	0+023	2.7750	2.6850	2.5950	-0.0960	1939.1632
24	1.00	0+024	2.8710	2.7670	2.6630	-0.0820	1939.0812
25	1.00	0+025	2.9150	2.7920	2.6690	-0.0250	1939.0562

PTO	DISTANCIA PARCIAL (m)	DISTANCIA ACUMULADA (m)	HS (m)	HM (m)	HI (m)	ΔH (m)	COTA m.s.n.m
26	1.00	0+026	2.9480	2.8480	2.7480	-0.0560	1939.0002
27	1.00	0+027	2.9970	2.8930	2.7890	-0.0450	1938.9552
28	1.00	0+028	3.0230	2.9140	2.8050	-0.0210	1938.9342
29	1.00	0+029	3.0620	2.9500	2.8380	-0.0360	1938.8982
30	1.00	0+030	3.1240	3.0170	2.9100	-0.0670	1938.8312
31	1.00	0+031	3.2240	3.1030	2.9820	-0.0860	1938.7452
32	1.00	0+032	3.1370	3.0200	2.9030	0.0830	1938.8282
33	1.00	0+033	3.1490	3.0170	2.8850	0.0030	1938.8312
34	1.00	0+034	3.1710	3.0480	2.9250	-0.0310	1938.8002
35	1.00	0+035	3.2090	3.0700	2.9310	-0.0220	1938.7782
36	1.00	0+036	3.2680	3.1250	2.9820	-0.0550	1938.7232
37	1.00	0+037	3.3180	3.1700	3.0220	-0.0450	1938.6782
38	1.00	0+038	3.3000	3.1480	2.9960	0.0220	1938.7002
39	1.00	0+039	3.2670	3.1110	2.9550	0.0370	1938.7372
40	1.00	0+040	3.7170	3.5560	3.3950	-0.4450	1938.2922
41	1.00	0+041	3.9700	3.8050	3.6400	-0.2490	1938.0432
42	1.00	0+042	3.9550	3.7850	3.6150	0.0200	1938.0632
43	1.00	0+043	3.9560	3.7800	3.6040	0.0050	1938.0682
C-1	1.00	0+044	3.9440	3.7620	3.5800	0.0180	1938.0862
C-1	0.00	0+044	2.3760	2.3220	2.2680	0.0000	1938.0862
44	1.00	0+045	2.3640	2.3070	2.2500	0.0150	1938.1012
45	1.00	0+046	2.3660	2.3050	2.2440	0.0020	1938.1032
46	1.00	0+047	2.5200	2.4550	2.3900	-0.1500	1937.9532
47	1.00	0+048	2.3700	2.3000	2.2300	0.1550	1938.1082
48	1.00	0+049	1.9560	1.8820	1.8080	0.4180	1938.5262
49	1.00	0+050	1.9420	1.8650	1.7880	0.0170	1938.5432
50	1.00	0+051	1.8920	1.8100	1.7280	0.0550	1938.5982
51	1.00	0+052	1.8890	1.8020	1.7150	0.0080	1938.6062
52	1.00	0+053	1.8940	1.8030	1.7120	-0.0010	1938.6052
53	1.00	0+054	1.9250	1.8280	1.7310	-0.0250	1938.5802

PTO	DISTANCIA PARCIAL (m)	DISTANCIA ACUMULADA (m)	HS (m)	HM (m)	HI (m)	ΔH (m)	COTA m.s.n.m
54	1.00	0+055	1.9240	1.8230	1.7220	0.0050	1938.5852
55	1.00	0+056	1.9180	1.8150	1.7120	0.0080	1938.5932
56	1.00	0+057	1.9400	1.8300	1.7200	-0.0150	1938.5782
57	1.00	0+058	1.9080	1.7940	1.6800	0.0360	1938.6142
58	1.00	0+059	1.8620	1.7450	1.6280	0.0490	1938.6632
59	1.00	0+060	1.9020	1.7800	1.6580	-0.0350	1938.6282
60	1.00	0+061	1.8590	1.7320	1.6050	0.0480	1938.6762
61	1.00	0+062	1.8740	1.7400	1.6060	-0.0080	1938.6682
62	1.00	0+063	1.8740	1.7370	1.6000	0.0030	1938.6712
63	1.00	0+064	1.7560	1.7030	1.6500	0.0340	1938.7052
EST2	1.00	0+065	1.8370	1.6890	1.5410	0.0140	1938.7192

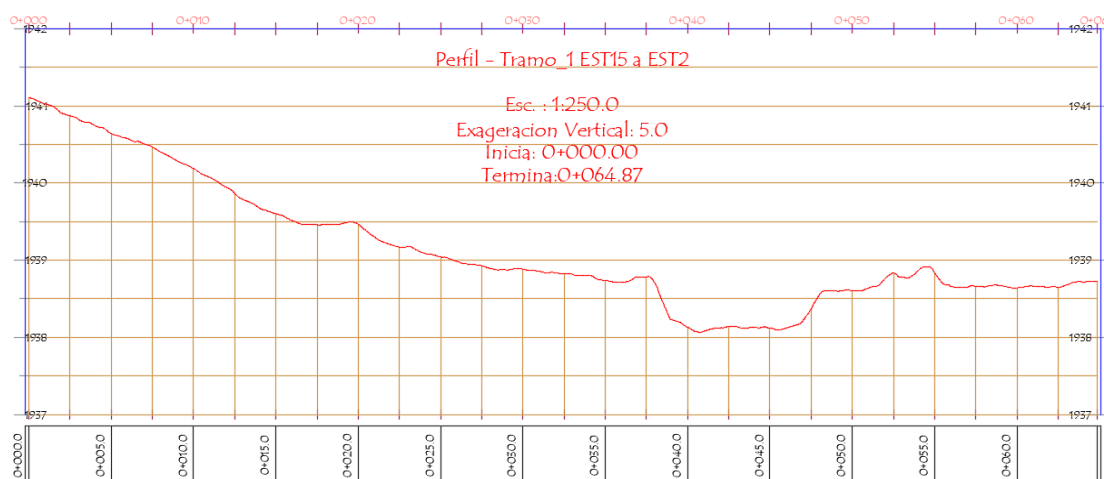
Fuente: Elaboración propia.

Este levantamiento topográfico de nivelación se lo realizo en la zona 1 de estudio para realizar la comparación de perfiles longitudinales elaborados con los tres métodos, método estación total y método nivel de ingeniero y método con Drone, los dos primeros métodos son métodos convencionales.

En la lámina N°5 se sobre puso los perfiles para ver su variación de cada método con respecto al otro

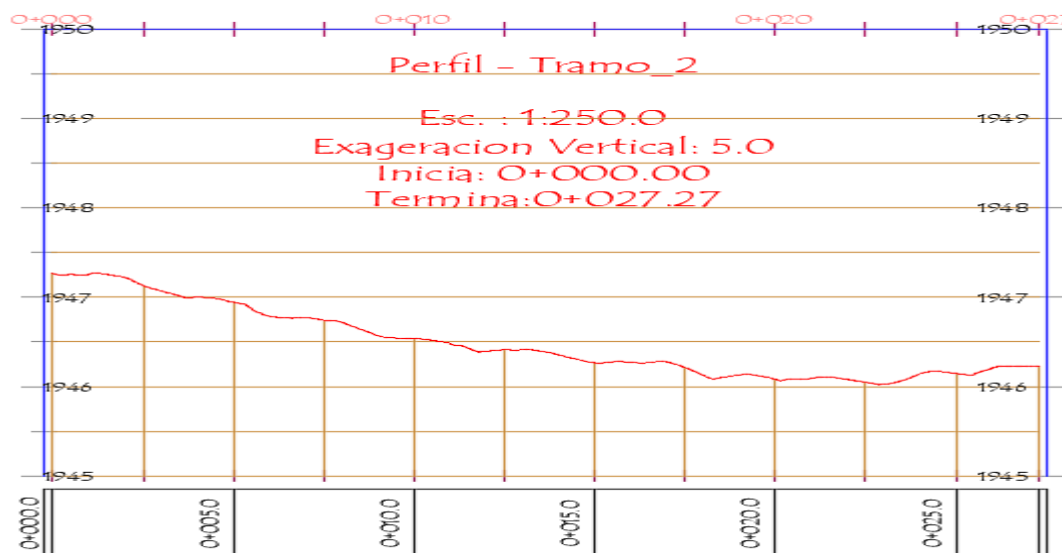
3.2.7. Perfiles longitudinales obtenidos con los resultados del nivel de ingeniero y ayuda del software AutoCAD Civil 3D de los tramos, EST8-EST12, E1-EST4, EST15-EST2

Figura 3.36. Perfil longitudinal zona 1 método convencional EST15-EST2



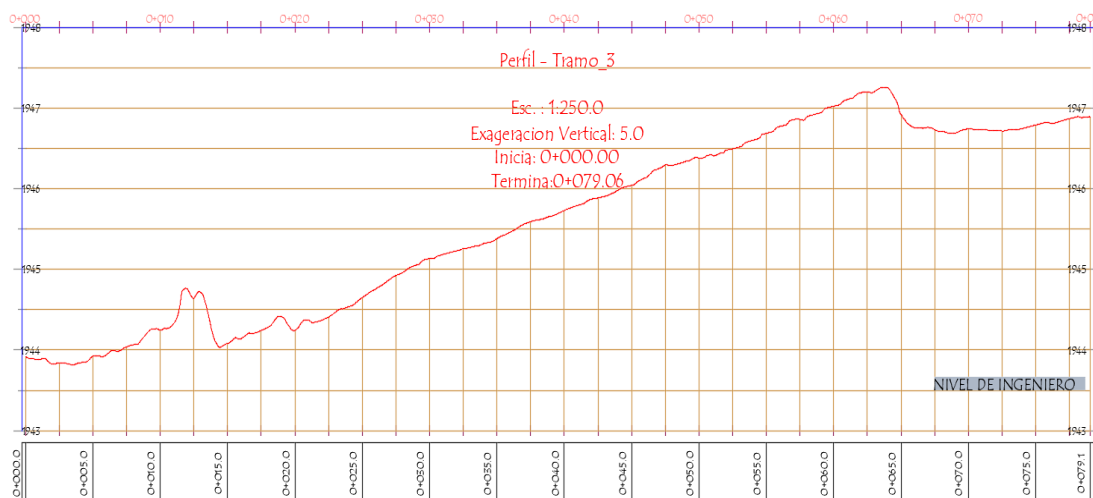
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.37. Perfil longitudinal zona 1 método convencional E1-EST4



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.38. Perfil longitudinal zona 1 método convencional EST8-EST12



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En las topografías obtenidas por el método convencional y el método del Drone de la zona 1, también se obtuvieron perfiles longitudinales de los tramos mencionados EST8-EST12, E1-EST4 y de EST15-EST12, los cuales podemos observar y ver la comparación y variación respectiva de cada perfil con más detalle en los planos que se encuentran en la parte anexos láminas N°4. Y lámina N°5

3.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.3.1. Comparación de coordenadas (X, Y, Z) método convencional Vs método Drone, zona 1

Tabla 3.10. Puntos estación total.

PTO	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
E1	323227.8920	7620313.8060	1947.3860
R1	323255.4597	7620337.4557	1948.0659
EST1	323192.1060	7620383.2664	1943.0995
EST2	323110.4879	7620369.7986	1938.7037
EST3	323063.2280	7620312.7003	1933.8105
EST4	323206.7178	7620330.1740	1944.2621
EST5	323181.8705	7620278.4832	1943.9664
EST6	323255.1950	7620250.2472	1946.0028
EST7	323276.8647	7620264.2707	1945.9855
EST8	323332.2969	7620314.1107	1943.7958
EST9	323251.4758	7620358.5026	1948.2405
EST10	323228.7096	7620360.6849	1946.7867
EST11	323205.6969	7620350.7346	1943.9957
EST12	323254.4239	7620300.4888	1946.9109
EST13	323232.9725	7620264.7430	1946.4894
EST14	323212.3102	7620291.4230	1946.3098
EST15	323172.7952	7620351.7560	1941.2042
EST16	323254.1190	7620319.2844	1947.2593

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.11. Puntos Drone.

PTO	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
E1	323227.8871	7620313.8052	1947.4055
R1	323255.4148	7620337.4599	1948.0867
EST1	323192.1047	7620383.2366	1943.0348
EST2	323110.4395	7620369.7891	1938.6797
EST3	323063.1904	7620312.7627	1933.8266
EST4	323206.8053	7620330.1476	1944.2530
EST5	323181.9220	7620278.4502	1943.9967
EST6	323255.2090	7620250.2180	1945.9624
EST7	323276.8178	7620264.2661	1945.9658
EST8	323332.3428	7620314.1612	1943.8086
EST9	323251.4463	7620358.5081	1948.2540
EST10	323228.7063	7620360.7328	1946.7734
EST11	323205.7466	7620350.6954	1944.0518
EST12	323254.3305	7620300.4816	1946.8989
EST13	323232.9785	7620264.7381	1946.4832
EST14	323212.3702	7620291.4631	1946.3194
EST15	323172.8479	7620351.7479	1941.2104
EST16	323254.0649	7620319.2696	1947.2510

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.12. Diferencia de puntos.

PTO	ESTE	NORTE	ELEVACION
E1	0.0049	0.0008	-0.0195
R1	0.0449	-0.0042	-0.0208
EST1	0.0013	0.0298	0.0647
EST2	0.0484	0.0095	0.0240
EST3	0.0376	-0.0624	-0.0161
EST4	-0.0875	0.0264	0.0091
EST5	-0.0515	0.0330	-0.0303
EST6	-0.0140	0.0292	0.0404
EST7	0.0469	0.0046	0.0197
EST8	-0.0459	-0.0505	-0.0128
EST9	0.0295	-0.0055	-0.0135
EST10	0.0033	-0.0479	0.0133
EST11	-0.0497	0.0392	-0.0561
EST12	0.0934	0.0072	0.0120
EST13	-0.0060	0.0049	0.0062
EST14	-0.0600	-0.0401	-0.0096
EST15	-0.0527	0.0081	-0.0062
EST16	0.0541	0.0148	0.0083

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2. Comparación de la topografía método convencional Vs método Drone

Figura 3.39. Curvas de nivel con el método convencional zona 1 plano que se encuentra en anexos lamina N° 1



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.40. Curvas de nivel con método de Drone zona 1 plano que se encuentra en anexos lamina N° 2



Fuente: Elaboración propia.

3.3.3. Comparación de coordenadas (X, Y, Z) método convencional Vs método Drone, zona 2

Tabla 3.13. Puntos estación total.

PTO	ESTE	NORTE	ELEVACION
PB,09	321694.3700	7616207.3330	1857.3380
PB,08	321720.5672	7616353.2740	1857.9928
P1	321702.1638	7616319.8890	1857.4756
P2	321696.6530	7616284.3210	1857.3911
P3	321701.2007	7616283.3250	1857.4934
P4	321688.7581	7616219.9930	1857.2461
P5	321683.6382	7616220.8790	1857.1731
P6	321671.2979	7616263.9460	1857.6449
P7	321672.3382	7616233.1840	1857.3891
P8	321702.4644	7616359.5030	1858.0199
P9	321714.2896	7616324.4830	1857.8481
P10	321682.9498	7616288.1870	1857.4720

Fuente: Elaboracion propia.

Tabla 3.14. Puntos Drone.

PTO	ESTE	NORTE	ELEVACION
PB,09	321694.4184	7616207.2637	1857.2680
PB,08	321720.5740	7616353.2681	1857.9950
P1	321702.1590	7616319.9074	1857.4840
P2	321696.7383	7616284.2708	1857.3660
P3	321701.2128	7616283.2954	1857.4490
P4	321688.7691	7616220.0029	1857.2320
P5	321683.6488	7616220.9179	1857.1620
P6	321671.2256	7616263.9867	1857.6470
P7	321672.3222	7616233.1726	1857.3120
P8	321702.4717	7616359.4925	1858.0280
P9	321714.3051	7616324.4574	1857.7920
P10	321682.8612	7616288.1323	1857.3540

Fuente: Elaboracion propia.

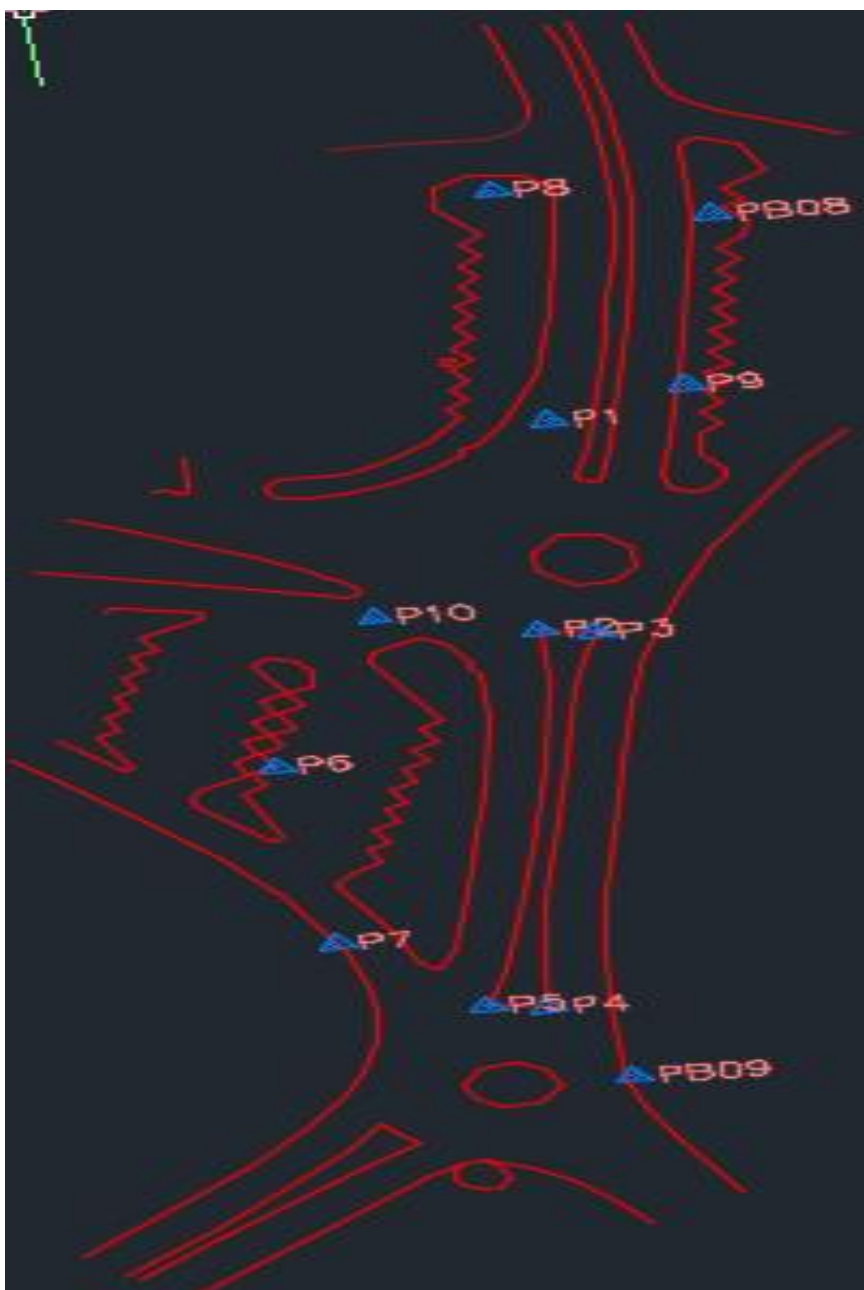
Tabla 3.15. Diferencia de puntos.

PTO	ESTE	NORTE	ELEVACION
PB,09	-0.0484	0.0693	0.0700
PB,08	-0.0068	0.0059	-0.0022
P1	0.0048	-0.0184	-0.0084
P2	-0.0853	0.0502	0.0251
P3	-0.0121	0.0296	0.0444
P4	-0.0110	-0.0099	0.0141
P5	-0.0106	-0.0389	0.0111
P6	0.0723	-0.0407	-0.0021
P7	0.0160	0.0114	0.0771
P8	-0.0073	0.0105	-0.0081
P9	-0.0155	0.0256	0.0561
P10	0.0886	0.0547	0.1180

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4. Comparación de la topografía método convencional Vs método Drone zona 2

Figura 3.41. Topografía a detalle obtenida con el método convencional zona 2, plano que se encuentra en la parte de anexos lamina N°3.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.42. Topografía a detalle obtenida con el método del Drone zona 2, plano que se encuentra en la parte de anexos lamina N°3, donde se podrá observar con más detalles las diferencias de ambos métodos.



Fuente: Elaboración propia.

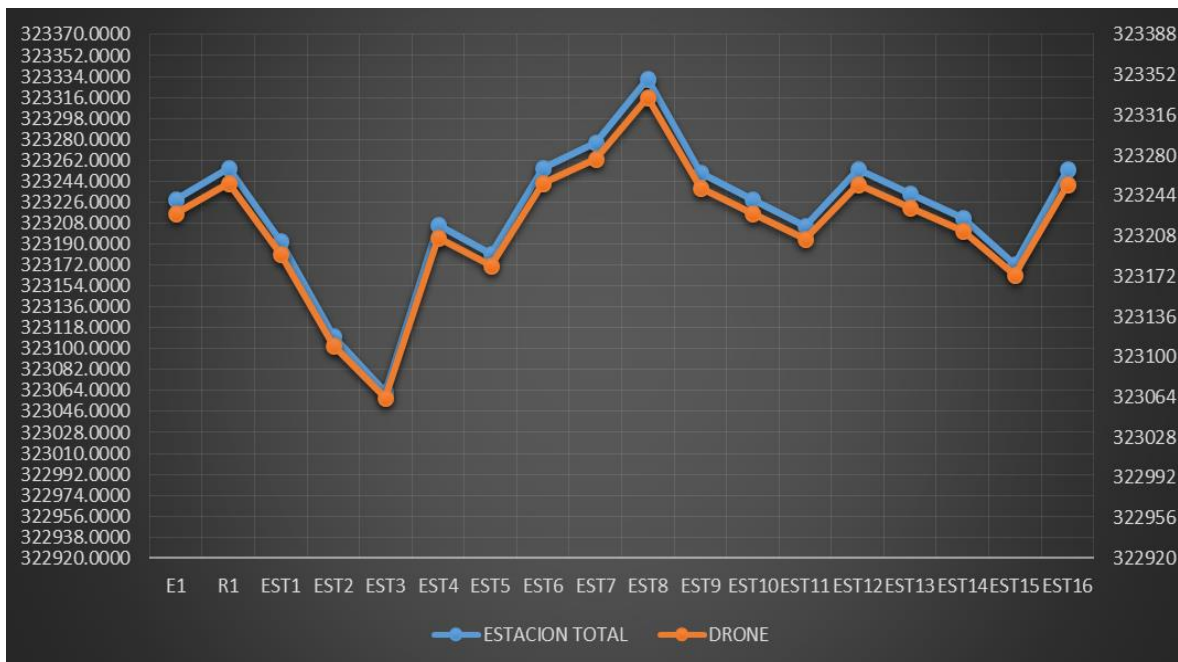
3.3.5. Comparación de coordenadas (X, Y, Z) método convencional Vs método Drone y análisis de regresión lineal de la zona 1

Tabla 3.16. Coordenada en X

PTO	ESTACIÓN TOTAL	DRONE
E1	323227.8920	323227.8871
R1	323255.4597	323255.4148
EST1	323192.1060	323192.1047
EST2	323110.4879	323110.4395
EST3	323063.2280	323063.1904
EST4	323206.7178	323206.8053
EST5	323181.8705	323181.922
EST6	323255.1950	323255.209
EST7	323276.8647	323276.8178
EST8	323332.2969	323332.3428
EST9	323251.4758	323251.4463
EST10	323228.7096	323228.7063
EST11	323205.6969	323205.7466
EST12	323254.4239	323254.3305
EST13	323232.9725	323232.9785
EST14	323212.3102	323212.3702
EST15	323172.7952	323172.8479
EST16	323254.1190	323254.0649

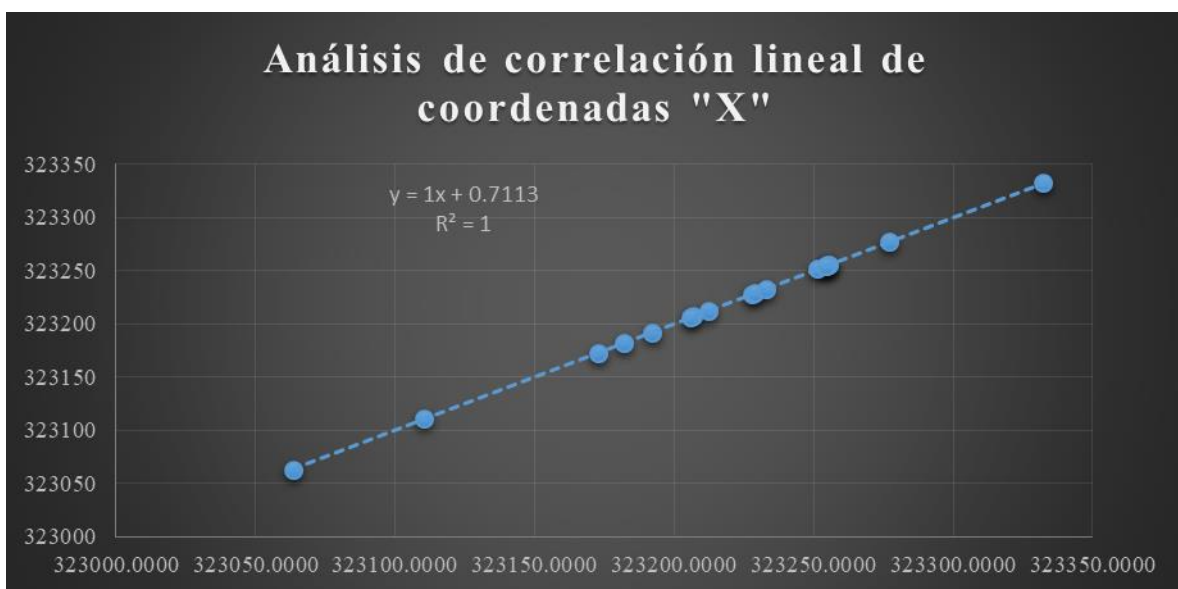
Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N°1



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N°2



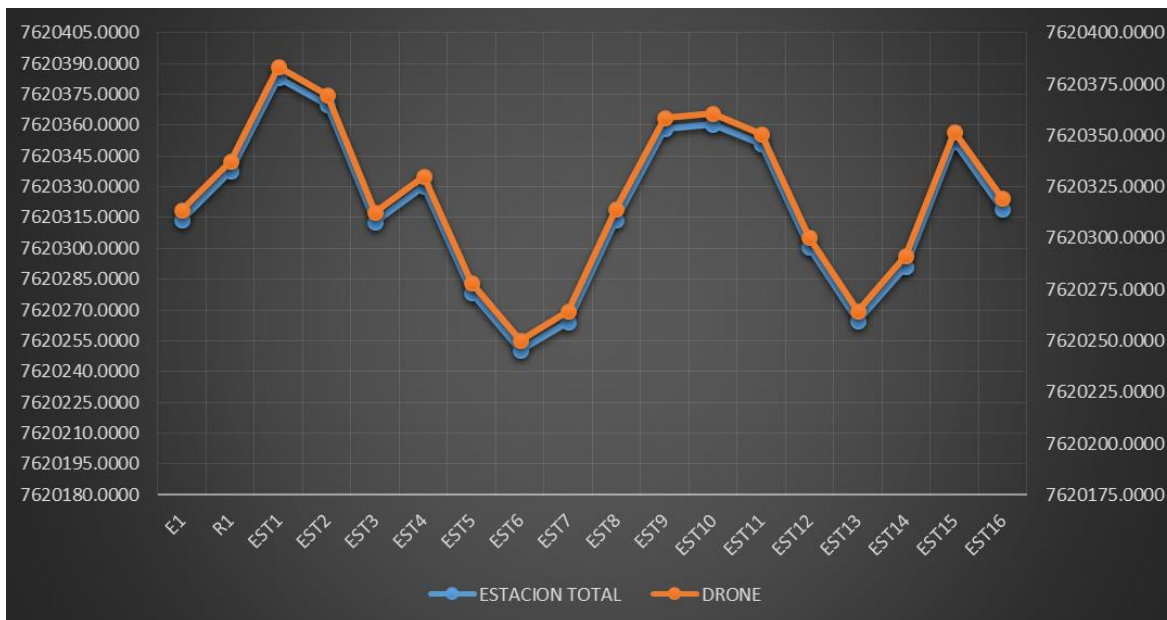
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.17. Coordenada en “Y”

PTO	ESTACIÓN TOTAL	DRONE
E1	7620313.8060	7620313.8052
R1	7620337.4557	7620337.4599
EST1	7620383.2664	7620383.2366
EST2	7620369.7986	7620369.7891
EST3	7620312.7003	7620312.7627
EST4	7620330.1740	7620330.1476
EST5	7620278.4832	7620278.4502
EST6	7620250.2472	7620250.2180
EST7	7620264.2707	7620264.2661
EST8	7620314.1107	7620314.1612
EST9	7620358.5026	7620358.5081
EST10	7620360.6849	7620360.7328
EST11	7620350.7346	7620350.6954
EST12	7620300.4888	7620300.4816
EST13	7620264.7430	7620264.7381
EST14	7620291.4230	7620291.4631
EST15	7620351.7560	7620351.7479
EST16	7620319.2844	7620319.2696

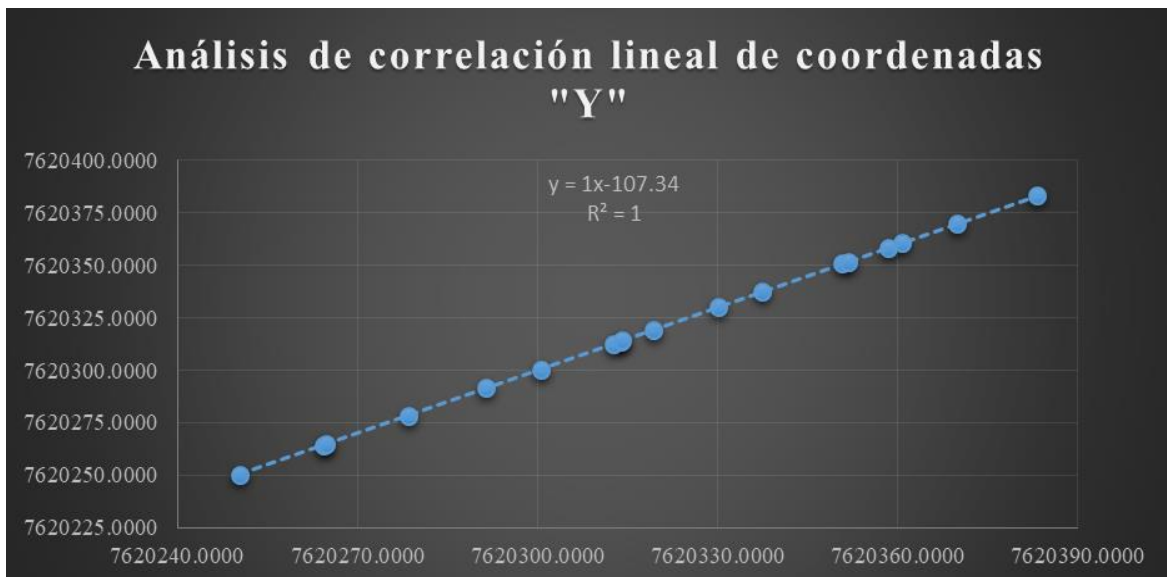
Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N°3



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N°4



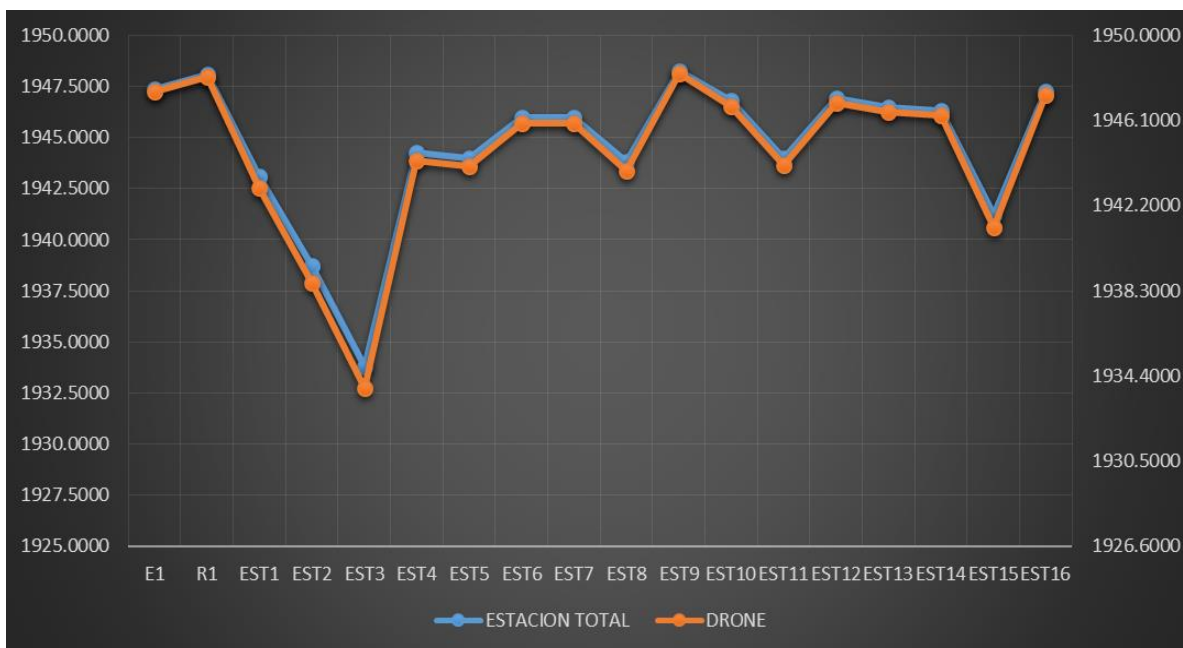
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.18. Coordenada en Z

PTO	ESTACIÓN TOTAL	DRONE
E1	1947.3860	1947.4055
R1	1948.0659	1948.0867
EST1	1943.0995	1943.0348
EST2	1938.7037	1938.6797
EST3	1933.8105	1933.8266
EST4	1944.2621	1944.2530
EST5	1943.9664	1943.9967
EST6	1946.0028	1945.9624
EST7	1945.9855	1945.9658
EST8	1943.7958	1943.8086
EST9	1948.2405	1948.2540
EST10	1946.7867	1946.7734
EST11	1943.9957	1944.0518
EST12	1946.9109	1946.8989
EST13	1946.4894	1946.4832
EST14	1946.3098	1946.3194
EST15	1941.2042	1941.2104
EST16	1947.2593	1947.2510

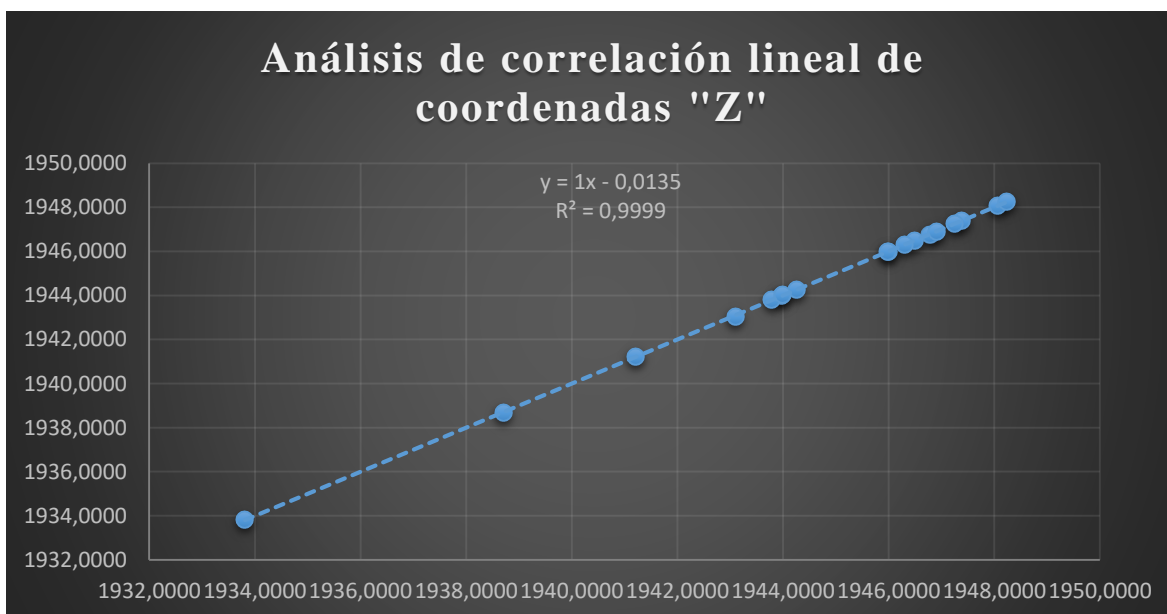
Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N°5



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N°6



Fuente: Elaboración propia.

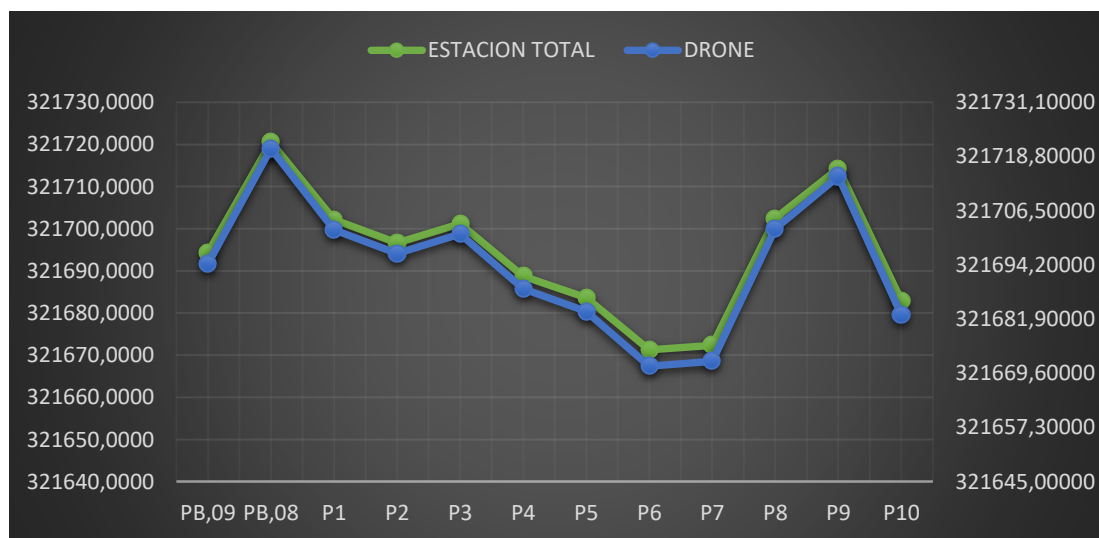
3.3.6. Comparación de coordenadas (X, Y, Z) método convencional Vs método Drone y análisis de regresión lineal de la zona 2

Tabla 3.19. Coordenada en X

PTO	ESTACIÓN TOTAL	DRONE
PB,09	321694.3700	321694.41845
PB,08	321720.5672	321720.57402
P1	321702.1638	321702.15896
P2	321696.6530	321696.73828
P3	321701.2007	321701.21280
P4	321688.7581	321688.76909
P5	321683.6382	321683.64876
P6	321671.2979	321671.22557
P7	321672.3382	321672.32218
P8	321702.4644	321702.47174
P9	321714.2896	321714.30509
P10	321682.9498	321682.86125

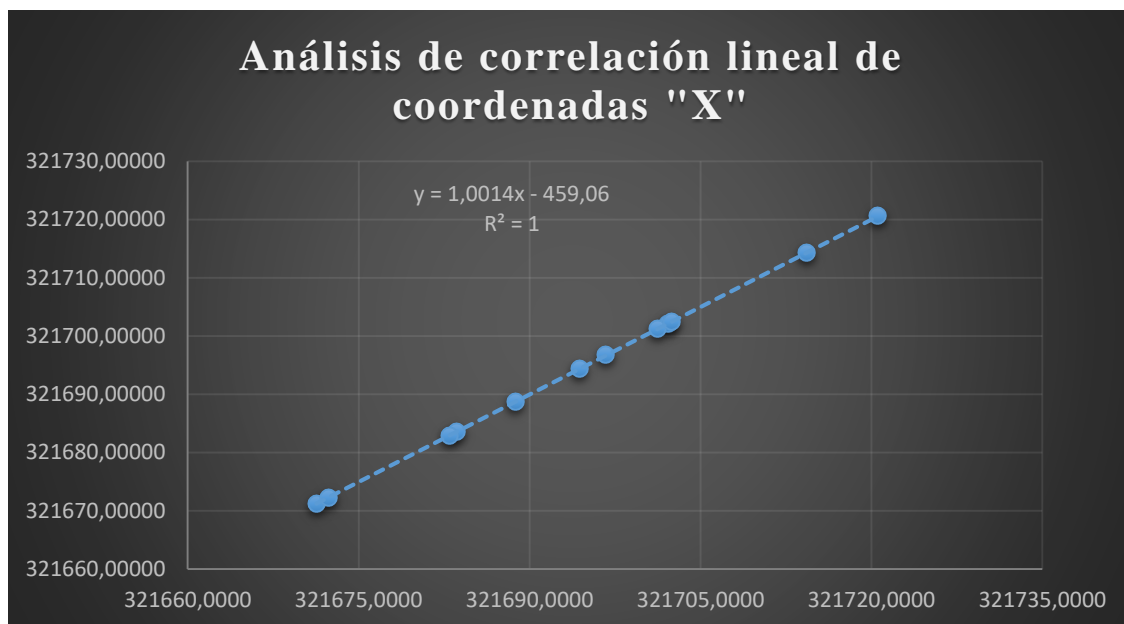
Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N° 7



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N° 8



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.20. Coordenada en Y

PTO	ESTACIÓN TOTAL	DRONE
PB,09	7616207.3330	7616207.26368
PB,08	7616353.2740	7616353.26806
P1	7616319.8890	7616319.90736
P2	7616284.3210	7616284.27081
P3	7616283.3250	7616283.29541
P4	7616219.9930	7616220.00286
P5	7616220.8790	7616220.91786
P6	7616263.9460	7616263.98669
P7	7616233.1840	7616233.17264
P8	7616359.5030	7616359.49246
P9	7616324.4830	7616324.45740
P10	7616288.1870	7616288.13231

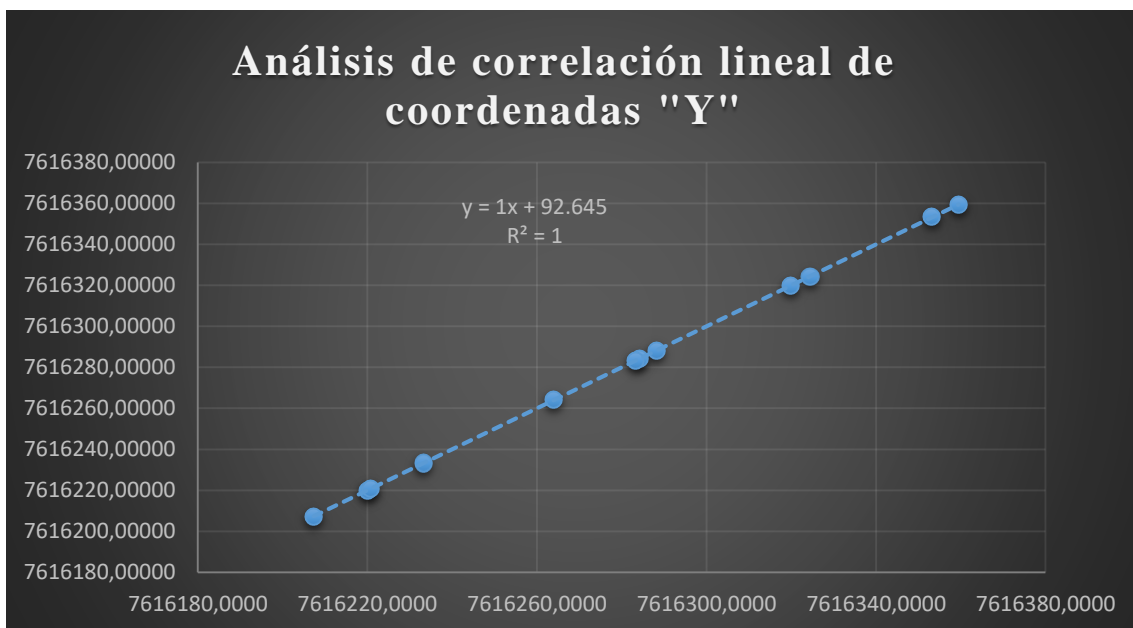
Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N° 9



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N° 10



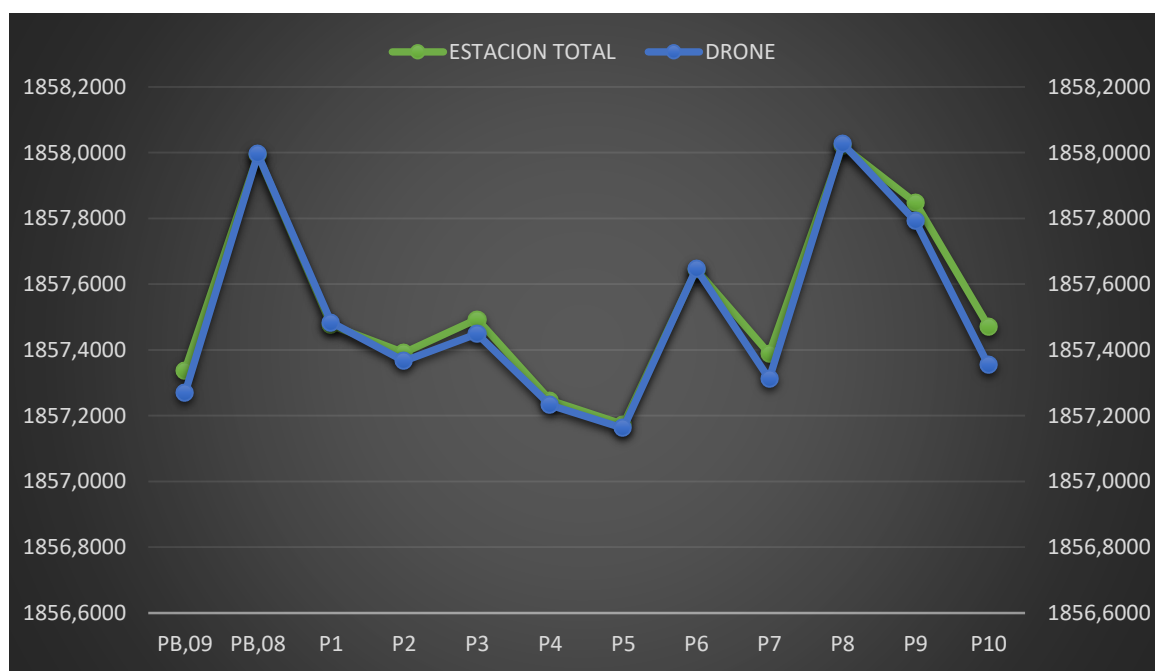
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.21. Coordenada en Z

PTO	ESTACIÓN TOTAL	DRONE
PB,09	1857.3380	1857.2680
PB,08	1857.9928	1857.9950
P1	1857.4756	1857.4840
P2	1857.3911	1857.3660
P3	1857.4934	1857.4490
P4	1857.2461	1857.2320
P5	1857.1731	1857.1620
P6	1857.6449	1857.6470
P7	1857.3891	1857.3120
P8	1858.0199	1858.0280
P9	1857.8481	1857.7920
P10	1857.4720	1857.3540

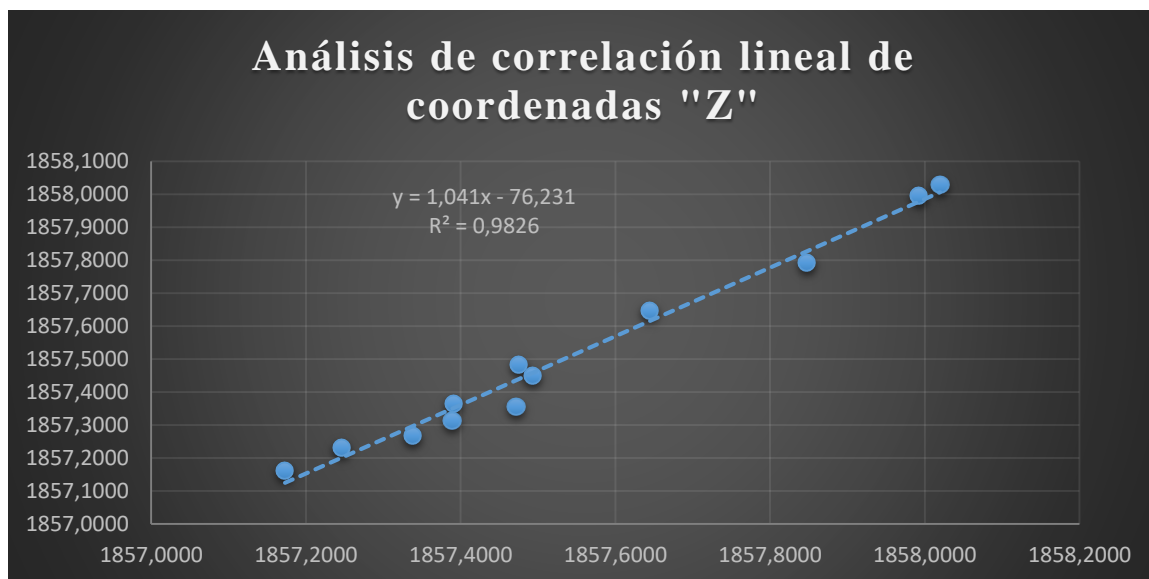
Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N° 11



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N° 12



Fuente: Elaboración propia.

3.4. COMPARACIÓN DE COSTOS DEL MÉTODO CONVENCIONAL VS MÉTODO DRONE

Es un cálculo aproximado de los ingresos y gastos que se obtendrán tras la realización de la actividad. Podemos decir que el presupuesto es una meta que se ha de cumplir para la consecución de sus objetivos y marcar las prioridades.

Los costos están clasificados del siguiente modo:

Costos operacionales: costos directos resultantes de la realización del trabajo.

Costos organizativos (también llamados costos básicos): costos de la base organizativa que incluyen a la dirección, administración o gobierno.

Costos de empleo de personal: costos personal básico, como son los participantes en la administración, las personas que realizan un trabajo transversal de proyectos. Estos costos incluyen los salarios y cualquier otro subsidio como la asistencia médica o el pago de los fondos de pensiones de los que son responsables.

Costos de inversión: costos para grandes inversiones que, mientras sean necesarias debido al proyecto o proyectos, permanecerán como capital organizativo incluso después de que acabe el proyecto. Los vehículos y equipamiento como también los ordenadores y fotocopiadoras se pueden incluir en esta categoría.

Descripción de actividades.

Actividades previas realizadas en oficina.

- Planificación del proyecto: 1 día
- Preparación equipo trabajo y planificación del vuelo: 0.5 día por zona

Actividades en campo.

- Actividades relacionadas con la topografía
Levantamiento topográfico del terreno: 4.5 días
- Actividades relacionadas con el método del Drone
Planificación del vuelo: 30 min
Colocación, medición y recogida de lonas: 1 horas
Vuelo: 15 minutos

Costos unitarios.

- **Recursos humanos**
Topógrafo: 180 Bs/ día
Ayudante de Topógrafo: 100 Bs/ día
- **Instrumental Topográfico y fotogramétrico**
Equipó Drone Phantom 3 Professional: 1850 \$
UAV Drone Phantom 3 Professional: 500 Bs/batería (nota; 20 Ha una batería)
Mantenimiento: 60 \$/año
Equipo Sokkia Set 5X: 350 Bs/día (Alquiler)
Prismas: 50 Bs/día

Trabajo de gabinete.

- Procesado fotogramétrico del método del Drone
Generación de DMS, Nubes de puntos y orto imagen: 3 horas
- Procesado de datos método convencional
Recopilación de la información: 1 horas
Generación de curvas de nivel, perfiles longitudinales etc.: 8 horas

Presupuesto por actividad.

Tabla 3.22. Costos método convencional

Actividad	Actividades topográficas realizadas en campo método convencional		
Duración	5.5 Dias	Bs/ unidad	Total Bs
Equipo humano	Topógrafo	180	990
	Ayudante topógrafo	100	550
Instrumental	Estación total set 5X	350	1925
	Prisma	50	275
	Costos total de actividad	680	3740

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.23. Costos método con Drone

Actividad	Actividades topográficas realizadas en campo método Drone		
Duración	1 hora 45 min	Bs/ unidad	Total Bs
Equipo humano	Topógrafo	180	39.725
	Ayudante topógrafo	100	21.875
instrumental	Phantom 3 Pro	500	500
		-	-
	Costo total de actividad	780	561.25

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar en la comparación de costos de los métodos podemos observar que es mucho más factible adquirir un Drone que un equipo de medición convencional y a la vez es más eficiente en tiempo y costo utilizar los drones para realizar trabajos de topografía.

4.1. CONCLUSIONES

- Después de haber comparado la información obtenida por los diferentes métodos vemos que la información obtenida por el Drone es muy precisa y veraz, y con esto podemos concluir que el método del Drone cumple con los lineamientos mínimos para realizar levantamientos topográficos.
- Después de haber analizado los resultados de la topografía obtenida por los dos métodos, se concluye que la topografía obtenida por el método del Drone tiene una aproximación del 98 % a la forma real del terreno en relación a la topografía obtenida por el método convencional.
- La ventaja de utilizar el Drone para realizar levantamientos topográficos es que demanda menos tiempo que el método convencional y también brinda seguridad al topógrafo, eficiencia de trabajo, y un buen valor visual del terreno a ser estudiado.
- Al utilizar la fotogrametría obtenida por el Drone en los levantamientos topográficos es muy eficiente ya que con esta fotogrametría podemos obtener una nube de puntos muy densa y así tener todo los detalles del terreno a estudiar para poder elaborar un diseño o realizar una obra civil.
- El uso de modelos digitales en los levantamientos topográficos son de mucha ayuda ya que al tener estos modelos digitales podemos obtener más detalle en los levantamientos topográficos también obtenemos imágenes de alta calidad, obtenemos miles de puntos los cuales los podemos extraer, al trabajar con estos modelos digitales optimizamos tiempo y mano de obra.
- En definitiva, el uso de los Drones contribuye a la obtención de datos espaciales en un corto periodo de tiempo y con una resolución espacial a un costo reducido. Anteriormente a su aparición todo dependía de la

disponibilidad de los satélites, aviones tripulados o de la cartografía realizada a pie de campo.

- Al realizar un levantamiento topográfico con estos dos métodos obtendremos una información de campo muy detallada y así podemos tener una mejor interpretación de la zona de estudio al momento del cualquier diseño.
- Los resultados obtenidos se compararon, con los diferentes métodos establecidos anteriormente y se puede apreciar que los valores de las coordenadas X, Y, Z son similares presentando pequeñas variaciones, por ejemplo las coordenadas del punto de control PB 08 de la zona 2 de estudio tiene los siguientes valores $X=321720.5672$, $Y=7616353.2740$, $Z=1857.9928$ datos obtenido con el método convencional, y de ese mismo punto PB 08 tiene los siguientes valores $X=321720.57402$, $Y=7616353.26806$, $Z=1857.9950$, datos obtenidos con el Drone.
- Se puede apreciar que la distribución de los puntos establecidos por las coordenadas X, Y, Z, tienen una fuerte correlación lineal positiva obteniendo un valor de $R^2 = 1$ dando un valor verdadero de nuestra hipótesis.
- En la elaboración de los perfiles longitudinales podemos observar que al comparar con los 3 métodos realizados en campo el que más se asemejan son el del método con Drone y el del método de nivelación. También se observa que los perfiles elaborados con los datos recolectados con el nivel de ingeniero representa una superficie casi exacta de los tramos estudiados.
- En la elaboración de las planimetrías de la zona 1 vimos que hay mucha diferencia lo cual se debe a que el método del Drone a diferencia del

método convencional recopila mucha información creando una nube de puntos muy extensa, y al generar las curvas de nivel con esta nube de puntos estas representan al terreno lo más exacto posible, por la cantidad de puntos obtenidos con el Drone.

4.2. RECOMENDACIONES

- Elaborar el plan de vuelo en gabinete en los programas de Android Dron de Ployd o el DJI y calibrar el Drone cada vez que se requiera volar en diferente zona para evitar cualquier inconveniente.
- Para futuras investigaciones, se recomienda aplicar este método de levantamiento topográfico mediante el Drone, ya que los drones van mejorando según el avance de la tecnología.
- Manipular cuidadosamente el equipo estación total set 5X y el Drone en especial al sacar los seguros de la cámara del Drone.
- Usar el software PhotoScan para procesar toda la información que se obtiene con el Drone, manejar el software con el mayor criterio posible, porque es un programa de mucha precisión.
- Se recomienda que al realizar un estudio topográfico con el Drone, se pueda estudiar el tema de los pixeles con el que trabaja la fotogrametría obtenida por el Drone. Ya que depende de esa fotogrametría la nube de puntos el modelo de elevaciones para poder tener información y realizar diferentes correcciones.
- Para realizar el vuelo con el Drone en campo, ubicar una zona donde se pueda tener mayor visibilidad, para no perder de vista el Drone y así poder ordenar que vuelva a casa en caso que se presente algún problema.

- Prevenir toda clase de inconveniente que se pueda presentar en el momento de volar el Drone, también revisar que las baterías y el control de mando del Drone que estén cargadas antes de realizar cualquier vuelo.
- En caso de falla o algún imprevisto que se tuviera con el Drone ordenar al equipo que vuelva a casa inmediatamente para realizar su respectiva calibración o revisión del equipo o revisar las configuraciones del equipo en la página www.dji.com porque son los directos proveedores y responsables del mantenimiento de dicho equipo.