



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Comparación de la precisión de un levantamiento topográfico convencional y no convencional para Proyectos Civiles del AA. HH Miramar – distrito de San Martín de Porres – 2019”.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Civil

AUTOR:

Huamani Olivera, Karina (ORCID: 0000-0002-6495-8280)

ASESOR:

Mgr. Villegas Martínez, Carlos Alberto (ORCID: 0000-0002-4926-8556)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2019

DEDICATORIA

Al ser supremo, que siempre va conmigo, acompañándome y guiándome en los pasos que doy día a día.

A mis padres, que siempre está apoyándome para continuar con mi profesión y mi familia que son el motivo de mi perseverancia y fortaleza.

Para una persona especial que me acompaña y me guía con sus consejos para ser una persona de bien.

Para mis amigos que compartieron alegrías y tristezas en la universidad y a todas las personas que intervinieron de una u otra forma para llevar a cabo este estudio.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer enormemente a una personal especial quien apareció en mi vida para hacer de mí una mejor persona, quien me apoyo en mi vida universitaria, quien estuvo en mis alegrías y tristezas, el cual pido al todopoderoso que siempre le acompañe en su camino.

Asimismo quiero agradecer a mi pequeña Amy, quien aprendió a distribuir su tiempo con mi vida laboral y universitaria, agradecer a todas las personas que compartieron sus conocimientos conmigo y ayudaron a culminar con la presente tesis.

PÁGINA DEL JURADO

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Declaratoria de Originalidad del Autor

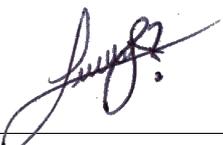
Yo, **HUAMANI OLIVERA, Karina** estudiante de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Informe de Investigación titulado:

“Comparación de la Precisión de un Levantamiento Topográfico Convencional y No Convencional para Proyectos Civiles del AA. HH Miramar – Distrito de San Martín de Porres – 2019”, es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

Lima 09 de octubre de 2020

Apellidos y Nombres del Autor HUAMANI OLIVERA, Karina	
DNI: 45857640	Firma 
ORCID: 0000-0002-6495-8280	

v

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo presento ante ustedes la Tesis Titulada “Comparación de la Precisión de un Levantamiento Topográfico Convencional y No Convencional para Proyectos Civiles del AA. HH Miramar – Distrito de San Martín de Porres – 2019”, el cual el objetivo general es Determinar la precisión de ambos tipos de levantamientos en función de puntos de control geodésico por medio de una poligonal cerrada con 6 vértices. El Capítulo I la introducción es donde se expresa la realidad problemática, trabajos previos, teorías relacionadas al tema, formulación del problema, justificación del estudio. Continúa con el Capítulo II Método, donde trata sobre el diseño de la investigación, las variables que la componen, Operacionalización de las mismas, la población y la muestra, técnica e instrumento de recolección de datos, instrumentos, métodos de análisis de datos y el aspecto ético, ya culminando con la investigación se presenta los Capítulos III, IV, V y VI respectivamente, que consisten en resultados, discusión, conclusiones y recomendaciones; finalmente con referencias y anexos.

Karina Huamani Olivera

ÍNDICE

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Página del Jurado	iv
Declaratoria de Autenticidad	v
Presentación.....	vi
Índice	vii
Índice de Figuras.....	viii
Índice de Tablas.....	x
Resumen	xi
Abstract.....	xii
I.INTRODUCCIÓN	1
II.MÉTODO	36
2.1Diseño de investigación.....	36
2.2Operacionalización de variables.....	36
2.3Población y Muestra	38
2.4Técnicas e instrumentos de recolección de datos	54
2.5Métodos de Análisis de datos	54
2.6Aspectos éticos	54
III.RESULTADOS	55
IV.DISCUSIÓN.....	86
V.CONCLUSIONES	87
VI.RECOMENDACIONES	88
REFERENCIAS	90
ANEXOS	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Representación de la forma de la tierra.....	9
Figura 2: Los tres niveles de la tierra.	10
Figura 3: Posición relativa del elipsoide al centro de la Tierra.	10
Figura 4: Posición de los principales planos orbitales.	12
Figura 5: Sistema de Coordenadas Rectangulares.	18
Figura 6: Sistema de coordenadas polares.	19
Figura 7: Tipos de ángulos horizontales.	19
Figura 8: Cálculo de error de cierre lineal.	22
Figura 9: Detalle de la Características Técnicas de la Estación Total.....	25
Figura 10: Proceso fotogramétrico digital.	28
Figura 11: Se muestra líneas de vuelos cubriendo el terreno de interés.	30
Figura 12: Se muestra los recubrimientos Longitudinal y Transversal.	31
Figura 13: Especificaciones Técnicas de la Cámara fotográfica.	31
Figura 14: Planos de Ubicación de Zona de Trabajo	38
Figura 15: Ubicación del AA.HH Miramar	55
Figura 16: Vértices de la poligonal con estación total	57
Figura 17: Brújula para determinar el 1er segmento	59
Figura 18: Precisión Angular	60
Figura 19: Vértices levantados con drone	66
Figura 20: Ruta de vuelo	67
Figura 21: Recubrimiento transversal y longitudinal del drone	67
Figura 22: Ortomozaico en formato TIF	68
Figura 23: Vértices dibujados en placas.	68
Figura 24: Poligonal generada en Civil 3D.	69
Figura 25: Vértices levantados con Receptor Satelital GNSS	70
Figura 26: Colector de datos	71
Figura 27: PDOP- Posición relativa a los satélites GPS.	71
Figura 28: Distribución satelital y PDOP	72
Figura 29: Distribución de las ERP a nivel Nacional.	72
Figura 30: Lista de datos por fecha de la ERP LI01	73
Figura 31: Imagen de carga del Software usado: Trimble Bussiness Center (TBC).	73
Figura 32: Importación de los puntos al Software TBC.	74
Figura 33: Muestra del seguimiento satelital para el punto 2 en referencia a la estación LI01.	74

Figura 34: Grafica que muestra el cálculo de los puntos enlazados a la ERP LI01, usando el Software TBC.	75
Figura 35: Se muestra un resumen de las coordenadas resultantes de los cálculos obtenidos por el software TBC	75
Figura 36: Grafica de la poligonal resultante con estación total	76
Figura 37: Grafica de la poligonal resultante con drone	77
Figura 38: Grafica de la poligonal resultante del drone	78
Figura 40: Comparación de la Precisión del Área	80
Figura 41: Comparación de la Precisión del Perímetro	81
Figura 43: Comparación de la precisión de los ángulos internos de la poligonal	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tolerancias para trabajos de levantamientos topográficos.	23
Tabla 2: Comparación de Estación Total y Dron.	32
Tabla 3: Operacionalización de las Variables	37
Tabla N°4: Datos obtenidos de campo.	58
Tabla 5: Resultados de los cálculos de la tabla N° 4.	58
Tabla 6: Azimut obtenido en campo por medios convencionales (brújula).	59
Tabla 7: Coordenadas referenciales UTM.	59
Tabla N° 8: Datos de campo de los ángulos internos	61
Tabla N° 9: Compensación de los ángulos internos	61
Tabla 10: En esta tabla se muestra los datos obtenidos tras la compensación angular, la distancia de los segmentos y los resultados del cálculo del azimut de los lados de la poligonal cerrada. El azimut se encuentra en radianes.	62
Tabla N° 11: Resultados de los cálculos de las proyecciones y coordenadas compensadas	65

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como título, “Comparación de la precisión de un levantamiento convencional y no convencional para proyectos civiles en el AA.HH Miramar – Distrito de San Martín de Porres - 2019” donde el objetivo general es Determinar la precisión de ambos tipos de levantamientos en función de puntos de control geodésico para obras civiles, donde los trabajos realizados en campo como levantamiento con Receptor satelital GNSS (Global Navigation Satellite System), el cual fue el patrón de referencia para esta investigación, donde nos proporcionó coordenadas de alta precisión horizontal, asimismo se realizó el levantamiento convencional topográfico con estación total con precisión 5 segundos ángulo horizontal, y finalmente el levantamiento no convencional utilizando el drone Phantom 4 Pro, con el cual se realizó levantamiento fotogramétrico, tomando múltiples imágenes para posteriormente restituir las en un ortomosaico y realizar mediciones.

La metodología a seguir fue una investigación cuantitativa, de diseño no experimental, descriptivo de corte transversal. Asimismo la población fue el perímetro del AA.HH Miramar en el distrito de San Martín de Porres y la muestra fue una poligonal cerrada de 6 vértices.

Los resultados de estos dos levantamientos, se comparó con el patrón de referencia (GNSS), teniendo un alto grado de precisión con la estación total respecto al GNSS con un 99.98%, en comparación con el drone que alcanzó un 99.60%; así concluyendo que para realizar las obras civiles la estación total sigue siendo una herramienta confiable de alto grado de precisión.

Palabras clave: levantamiento convencional, control geodésico, drone Phantom

ABSTRACT

This research project is entitled, “Comparison of the accuracy of a conventional and unconventional survey for civil projects in the AA.HH Miramar - District of San Martin de Porres - 2019” where the general objective is to determine the accuracy of both types of surveys based on geodetic control points for civil works, where the work carried out in the field as a survey with GNSS Satellite Receiver (Global Navigation Satellite System), which was the reference pattern for this investigation, where it provided us with high coordinates horizontal precision, the conventional topographic survey was also carried out with 5 seconds horizontal angle total precision station, and finally the Phaton 4 Pro drone survey, with which photogrammetric survey was carried out, taking multiple images to later restore them in an orthomosaic and perform measurements.

The methodology to be followed was a quantitative research, non-experimental design, descriptive of cross-section. The population was also the perimeter of the AA.HH Miramar in the district of San Martin de Porres and the sample was a closed polygonal of 6 vertices.

The results of these two surveys were compared with the reference standard (GNSS), having a high degree of accuracy with the total station with respect to the GNSS with 99.98%, compared to the drone that reached 99.60%; thus concluding that to perform civil works the total station remains a reliable tool of high degree of precision.

Keywords: conventional survey, geodetic control, Phantom drone

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

En los trabajos de ingeniería; la planificación, diseño y construcción; tales como: edificaciones, canales, puentes, redes de agua y alcantarillado, etc., el cual, para llevar a cabo su ejecución, es necesario realizar el reconocimiento del terreno y posteriormente un levantamiento topográfico, donde nos proporcione la morfología del terreno, por ello es necesario contar con estudios definitivos de precisión, para una buena elaboración de proyectos.

En tal sentido, se hace necesario evaluar diversas técnicas en la toma de información y los instrumentos a utilizar en campo, que nos debe proporcionar la precisión requerida en el menor tiempo y costo posible, el cual estos resultados deben ser los más adecuados al momento de ejecutar una obra.

Actualmente los avances de la tecnología, se encuentran en constante innovación, dándonos facilidades de investigación a los trabajos de ingeniería civil, para la generación de la calidad de información que nos ofrece.

Asimismo, el incrementado del uso de los drones, también conocidos como UAV (Unmanned Aerial Vehicle), ha proporcionado ventajas frente a los levantamientos topográficos convencionales (Usos de estaciones totales).

Con los drones no podemos hablar directamente de topografía, primero se debe tener en cuenta que la fotogrametría, es una disciplina que nos permite medir la superficie terrestre con tomas fotográficas aéreas, con ello nos proporciona imágenes que se debe superponer transversal y longitudinalmente, y utilizando el principio de estereoscopia, nos permitirá la medición de distancias, elevaciones y ángulos.

El presente trabajo de investigación tiene la finalidad de realizar una comparación de un levantamiento topográfico convencional con estación total y no convencional con drone, para determinar la precisión en función de puntos de control geodésico; se tomará como ámbito de estudio, el AA.HH. Miramar del Distrito de San Martín de Porres.

1.2 Trabajos Previos

Ayala Valdivia M. (2018), en su trabajo de titulación en la Universidad Privada de Trujillo titulado “Evaluación de levantamientos topográficos con DRONE (DJI Phantom 4 pro) y Estación Total, Quebrada Señor de Quinuapata del Distrito de Ayacucho, Perú”, hizo una investigación con el propósito de determinar la fiabilidad y eficiencia de levantamiento topográficos usando drones versus el método tradicional, tomando como sitio de prueba la quebrada Señor de Quinuapata del Distrito de Ayacucho al sur de Perú, teniendo como resultado que ambos equipos de topografía, resultan iguales en un levantamiento topográfico con un 95% de confianza estadística, así mismo concluye que el drone es más conveniente por el menor tiempo empleado y más económico que con estación total.

Dolores Alminco L. (2017), en su trabajo de titulación en la Universidad Cesar Vallejo titulado “Aplicación de métodos fotogramétricos mediante vehículos aéreos no tripulado para plano catastral en San Juan de Lurigancho”, el cual realizo una investigación con el objetivo de mejorar el plano catastral usando métodos de fotogrametría con drones, el instrumento que se utilizó fueron fichas donde se realizó la labor de campo para obtener información; entre sus principales conclusiones menciona que los vehículos aéreos no tripulados se complementa con la topografía convencional proporcionando una información para una buena calidad y adecuada elaboración de planos catastrales.

Quispe Flores T. (2017), en su trabajo de titulación en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, titulado “ Levantamiento Topográfico con estación total y un drone (UAV) eBee de Sensefly, para la demarcación del centro experimental Wayllapampa, Pacaycasa, Ayacucho”, el cual realizo una investigación con el objetivo de dar una alternativa de solución a los problemas que tiene dicha universidad referente a sus linderos con la comunidad de Wayllapampa, Orcasitas y algunos propietarios de los alrededores, donde realizo la monumentación de tres puntos geodésicos con dos GPS diferenciales, con sus placas respectivas validados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), entre sus principales conclusiones indica que el levantamiento topográfico haciendo el uso de drone (UAV), permitió obtener detalles bien definidos en calidad y precisión, de fácil reconocimiento de los vértices y linderos, con poco personal y sin poner en riesgo alguno a los ayudante, además se obtiene mayor información (millones de puntos), que fácilmente se

puede interpretar en gabinete sin necesidad de volver al campo para su verificación, a diferencia que la estación total obliga al requerimiento de mayor cantidad de personal y tiempo, además pone en riesgo a los ayudantes en partes inaccesibles y se obtiene pocos detalles con una menor cantidad de puntos.

Tacca QQuelca H. (2015), en su trabajo de titulación en la Universidad Nacional del Altiplano titulado “Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional”, tomando como sitio de prueba el tramo Callao KM 0+000 al KM 4+987.26, ubicado en la Provincia Constitucional del Callao, en la Ciudad de Lima, realizo una investigación con el objetivo principal de comparar los resultados del método indirecto (drone y software Pix4D Mapper) y del método directo (Estación Total), entre sus principales conclusiones indica que ambas medidas obtenidas, realizados por drone Phantom 2 Visión y estación total, tienen resultados muy similares, sin embargo el drone Phantom 2 Visión es más asequible por su versatilidad con un 95% de confianza. Asimismo, recomienda trabajar con drones de mayor autonomía de vuelo para poder tener más alcance.

León Pulgar D. (2018), en su tesis presentada en la Universidad Pontificia Universidad Católica del Ecuador, titulada “Uso de cuatro métodos topográficos de recolección de datos con el objeto de evaluar la precisión y costos de cada uno. Caso real Taludes de la vía E35 Colibrí – Pifo, Sector KM 20 – KM 24”, realizo una investigación con el objetivo de concluir un proceso más eficiente, el cual pueda obtener datos de precisión en un avance de obras teniendo en cuenta precisión y rapidez, realizado con diferentes equipos topográficos: Estación Total, GPS RTK Stonex S10, Scanner Laser Stonex X300, Drone Phantom 4 Pro, todos los trabajos en el mismo lugar (vía E35), como conclusión indica que existen diferencias entre todos los levantamientos, sin embargo el de mayor discrepancia entre los demás se da en el levantamiento con drone, esto se puede dar por la faja, por la densidad de la nube y todos los ruidos que se provocan en el momento de levantar la información.

Coello Romero A. y Ballesteros Abellán G.(2013), en su tesis presentada en la Universidad Politécnica de Madrid, España, titulada “Fotogrametría de UAV de ala fija y comparación con topografía clásica”, realizo una investigación con el objetivo general de establecer un estudio comparativo aplicando dos procedimientos diferentes para la obtención de la

cartografía digital por un lado, realizando un levantamiento de una determinada zona de trabajo empleando un equipo GNSS R10 de Trimble y por otro lado utilizando fotografías aéreas realizadas por un dron de ala fija UX5, el cual dicho estudio obtuvo como conclusión principal que los vehículos aéreos no tripulados nos muestran una nueva alternativa para la generación de productos topográficos, aplicaciones civiles, entre otros; además su uso sigue en pleno desarrollo; desde el punto de vista topográfico, el uso de equipos GNSS con metodología RTK VRS Now permitió obtener correcciones en tiempo real, reduciendo errores de la distancia a la base y mejora eliminando los errores con respecto a la distancia a la base; las medidas se toman de manera rápida y precisa utilizando este método.

Guzmán Henao M. (2016), en su tesis presentada en la Universidad Distrital Bogotá, titulada “Normatividad para el Uso de Drones en el Ámbito Civil”, realizó una investigación con el objetivo de implementar una normativa que permita integrar el uso de los RPAS en el espacio aéreo y superar los obstáculos que impidieron su consolidación y su regulación, el cual se realizó recopilando información de marcos normativos y reglamentos internacionales, teniendo como conclusión una comparación donde establece los aspectos más importantes de dichas normativas en cuanto a los RPAS, teniendo como recomendación el buen uso de los RPAS, así como implementar nuevas técnicas para identificar, detener, neutralizar a los RPAS que no operen respetando la normativa.

Sabán, A. (2017), en su artículo científico titulado “Las medidas de seguridad que se aplican en los drones a día de hoy”, la seguridad de los drones es un asunto de preocupación para los gobiernos del mundo, ya que, por no ser estos controlados se convierten en amenazas, para mitigar prácticas irregulares en el uso de drones DJI, desarrollo una medida que obliga a los usuarios a realizar procesos de activación y verificación de vuelo limitando su actividad. Así mismo se tomó otra medida de seguridad, denominado AeroScope que es un sistema que integra hardware y software el cual permite a los gobiernos monitorear los vuelos realizados en su jurisdicción, y así evitar el mal uso de estos.

Lema, J., Cabrelles, M., Segui, A., y Navarro, S., (2011), en su artículo científico titulado: “Aplicación de la fotogrametría terrestre al levantamiento de alzados de edificios singulares”, los patrimonios siempre están en riesgo de deterioro, por ello la necesidad de

reconstituir un modelado en 3D, para su preservación, ya que nos brindara conocimientos de distintos periodos de la historia.

La fotogrametría a partir de imágenes y/o de escáneres laser es un método de medición indirecto principalmente aplicado en cartografía, ya que permite el mapeado de volúmenes a altas resoluciones; estas soluciones fotogramétricas requieren de la topografía para obtener un marco de referencia, a partir de estaciones totales o del uso de receptores satelitales GNSS.

En el artículo presenta una solución fotogramétrica, basada en el uso de escáner láser e imágenes, para modelar con precisión el pórtico de la iglesia de Santa María, Requena (Valencia).

Este artículo abre las puertas al uso de procesos fotogramétricos para los registros de patrimonios culturales y poder usarse en caso de destrucción de estos patrimonios.

Gutiérrez, A. (2015), en su artículo científico titulado: "Nuevas tecnologías en topografía", La topografía con las nuevas tecnologías ha adquirido ventajas importantes en la recolección de datos rápida y precisa usando imágenes y escáneres láseres; para realizar estudios de la superficie en menor tiempo y buena precisión; si consideramos que en un segundo se puede obtener un millón de puntos, demostraría ventajas de estas nuevas tecnologías.

Asimismo, las nuevas tecnologías nos permiten plantear aplicaciones de acuerdo a las necesidades de monitoreo de volcanes, fallas geológicas, vulnerabilidad, planificación territorial entre otros.

Hernández, A., Navarro, P., Santos, M., y Tenzer, R., (2003), en su artículo científico titulado: "Algunos Aspectos Sobre Alturas Ortométricas y Normales", existe una problemática con respecto a establecer un sistema vertical global; muchos geodestas han debatido y evaluado a nivel mundial, propuestas para encaminar esfuerzos y modernizar las redes verticales; esto se debe a la disponibilidad de diferentes sistemas GNSS que son capaces de medir alturas geodésicas con precisión.

De estas propuestas se encaminaron dos conceptos de alturas, la altura ortométrica y la altura normal, ambos sistemas son igualmente exactos, pero se recomienda el uso del sistema

basado en alturas ortométricas, ya que estas nos proporcionan un nivel vertical más próximo al relieve terrestre.

Moya, J., y Dorries, E., (2004), en su artículo científico titulado “Estudio de la Ondulación del Geoide”, En este artículo se ejemplifica una alternativa para la determinación de un modelo geoidal de un área de 4 x 4 minutos de arco; esta propuesta implica la medición por medio de GNSS y de estaciones gravimétricas sobre una red tridimensional de puntos para dicho propósito.

Los resultados de estas mediciones ayudaran a determinar las ondulaciones del geoide para compararlos con el modelo geoidal Carib97, el cual cubre el Mar Caribe; y así apreciar las ventajas y desventajas de las alturas obtenidas por los satélites.

Martin, J., (2018), en su artículo científico titulado “Acelerómetros cuánticos en vez de GPS”, Según las investigaciones realizadas por el equipo de Imperial College London y M Squared, han logrado desarrollar un acelerómetro cuántico que es capaz de precisar la ubicación sin el uso del satélite GPS.

El objetivo de esta investigación consiste en mejorar la eficiencia y efectividad de la geolocalización, para ello estos dispositivos se basan en el enfriamiento de ciertos átomos a temperaturas muy bajas y obtener comportamientos cuánticos que permitirán la medición con rayos láseres.

Martin, J., (2018), en su artículo científico titulado “La Importancia de las imágenes de los satélites en el mundo actual”, el uso de los satélites, supone el centro de estudios de la Tierra, por la producción de imágenes satelitales que permiten apreciar las superficies terrestres y marítimas como el estado actual de la meteorología, así como su aplicación en la cartografía y generación de mapas, siendo capaz de proporcionar una enorme cantidad de información espacial y temporal.

Martin, J., (2018), en su artículo científico titulado “Un nuevo dron para realizar las funciones de los satélites”, La empresa Airbus ha desarrollado un dron llamado Zephyr, denominado como pseudo-satelite de gran altitud (HPAS), que es capaz de monitorizar el

medio ambiente, tomar fotografías, etc. Y podría reemplazar a los satélites por sus capacidades de autosustentarse con energía solar durante el día y de noche usa sus baterías; sumado a su bajo costo de producción (5 millones de dólares) a comparación de un satélite convencional (50 a 400 millones de dólares).

US Army Corps of Engineers (2007), Control and topographic surveys are performed to determine the planimetric location and/or elevation of surface or subsurface features, facilities, or utilities. These surveys are normally used to prepare highly detailed site plan maps (and digital databases) of a project site, facilities, or utility infrastructure; for future design, on going construction, or as-built condition. Engineering drawing scales are typically large--ranging between 1 inch = 30 ft and 1 inch = 100 ft. These surveys are performed over relatively small project sites using tripod-mounted, manually operated, terrestrial survey equipment, such as transits, tapes, levels, plane tables, electronic total stations, and GPS receivers.

This manual covers the field survey techniques, instrumentation, and electronic data collection systems that are used in performing these ground-based field surveys, and transferring observed data into facility management or design databases. Also included are methods for extending geodetic control needed for supplemental topographic mapping work on a military installation or civil works project site.

This manual also includes procedures for transferring field data to computer-aided drafting and design (CADD) systems or geographic information systems (GIS) used in planning, engineering, construction, and facility management. Aerial topographic mapping techniques are not addressed in this manual.

Engineering and Design Control and Topographic Surveying (2007), Control and topographic surveys are performed to determine the planimetric location and/or elevation of Surface or subsurface features, facilities, or utilities. These surveys are normally used to prepare highly detailed site plan maps (and digital databases) of a Project site, facilities, or utility infrastructure; for future design, on going construction, or as-built condition. Engineering drawing scales are typically large—ranging between 1 inch = 30 ft and 1 inch = 100 ft. These surveys are performed over relatively small Project sites using tripod-mounted,

manually operated, terrestrial survey equipment, such as transits, tapes, levels, plane tables, electronic total stations, and GPS receivers. This manual covers the field survey techniques, instrumentation, and electronic data collection systems that are used in performing these ground-based field surveys, and transferring observed data into facility management or design databases. Also included are methods for extending geodetic control needed for supplemental topographic mapping work on a military installation or civil Works Project site. This manual covers the field survey techniques, instrumentation, and electronic data collection systems that are used in performing these ground-based field surveys, and transferring observed data into facility management or design databases.

Also included are methods for extending geodetic control needed for supplemental topographic mapping work on a military installation or civil Works Project site. This manual also includes procedures for transferring field data to computer-aided drafting and design (CADD) systems or geographic information systems (GIS) used in planning, engineering, construction, and facility management. Aerial topographic mapping techniques are not addressed in this manual—see EM 1110-1-1003 (Photogrammetric Mapping). FM 3-34.331 (Topographic Surveying) should be consulted for tactical field surveying operations supporting field artillery (FA), air-defense artillery (ADA), aviation (e.g., airfield NAVAID and obstruction surveys), intelligence, communications, or construction.

1.3. Teorías relacionadas al tema

- **Geodesia**

Según, Julián Pérez Porto y Ana Gardey. (2018) “El vocablo griego *geōdaisía*, que puede traducirse como “división de la tierra”, llegó al castellano como geodesia. La geodesia es la ciencia que estudia y/o determina la magnitud y figura de la tierra, asimismo se vincula a la representación de la superficie con sus formas artificiales y naturales.

Gracias a las teorías, los cálculos y las mediciones de la geodesia, se obtienen las referencias necesarias para el desarrollo de la planificación urbana, el catastro, la navegación y los sistemas de información geográfica, entre otras cuestiones.

- **Geoide**

La forma teórica que tiene la tierra se denomina geoide y es una superficie de equipotencial gravimétrica que se encuentra en equilibrio bajo la acción de las fuerzas de gravedad y centrífuga. Este *geoide* tiene ondulaciones en su superficie [...] que corresponden a la irregular distribución de las fuerzas gravitacionales en la masa del planeta [...]. (Del Río, 2010, p. 9). Ver figura 1.

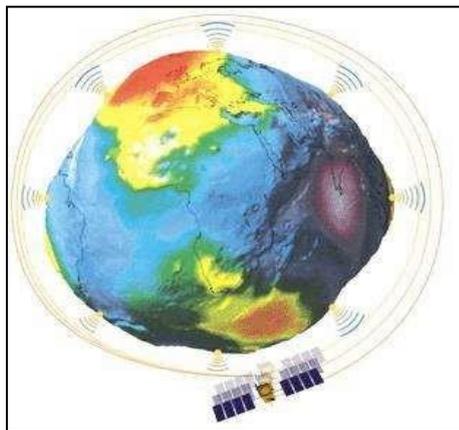


Figura 1: Representación de la forma de la tierra.

Fuente: xatakaciencia.com

- **Elipsoide**

Según Jorge del Rio San José (2010), Para poder situar objetos o fenómenos sobre el geoide, la geodesia utiliza una simplificación con el fin de obtener una superficie matemática regular, apta para realizar cálculos. La figura tridimensional más simple que se asemeja al geoide es un *elipsoide de revolución*. (Gómez, 2008)

Aun así el elipsoide de revolución no es la figura más adecuada a la forma de la tierra, para medir altitudes; el nivel de referencia más adecuado para las altitudes es el nivel medio del mar. Los océanos se encuentran en equilibrio por ello tiene un nivel gravitatorio equipotencial. Por esta razón se usa una figura irregular denominada geoide, definida como el nivel equipotencial del campo gravitatorio de la tierra, ajustado al nivel medio del mar. Es por esto que se introduce una nueva figura, esta vez irregular, llamada geoide, definida como la superficie equipotencial del campo gravitatorio de la tierra, que mejor se ajusta al nivel medio global del mar. Una de las consecuencias de esta definición es que el geoide es siempre perpendicular al vector de gravedad local en cada punto. Ver figura 2.

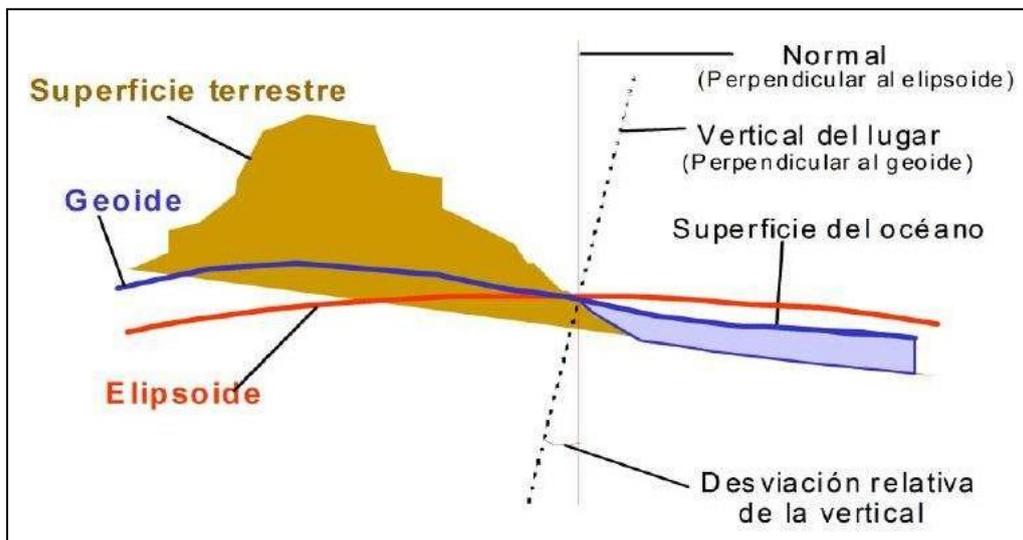


Figura 2: Los tres niveles de la tierra.

Fuente: docplayer.es/

○ **DATUM**

Se denomina *datum* a la posición del elipsoide relativa al centro de la tierra. Un datum provee de un marco de referencia para practicar las medidas de localización de la superficie de la Tierra, y está definido por el origen del elipsoide y por la orientación de las líneas de longitud y latitud. Ver figura 3.

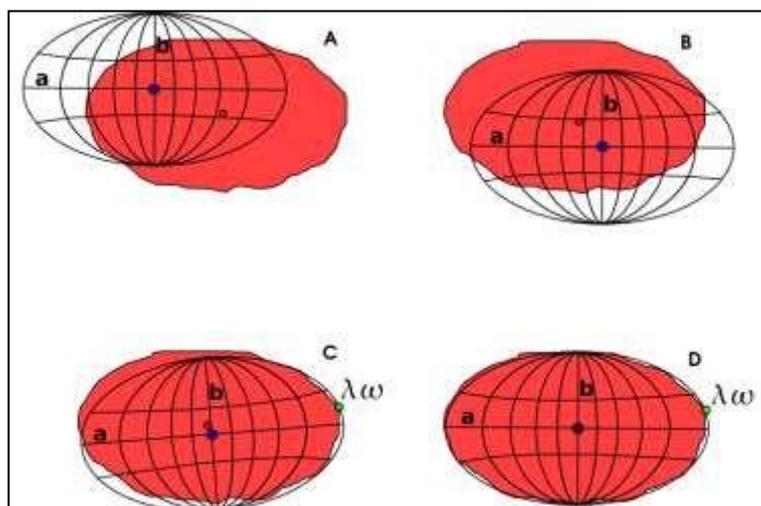


Figura 3: Posición relativa del elipsoide al centro de la Tierra.

Fuente: um.es

El Datum puede ser:

- a. **Local:** es el Datum que mejor aproxima el tamaño y forma de una parte determinada de la tierra a nivel del mar. El centro de su esfera no coincidirá con el centro de masa de la tierra.(Ejemplo: POSGAR 94).
- b. **Geocéntrico:** es el Datum que mejor aproxima el tamaño y forma de la tierra como un todo. El centro de su esfera coincide con el centro de masa de la tierra. (Ejemplo: WGS 84).

Desde 1987, el GPS utiliza el World Geodetic System WGS-84, que es un sistema de referencia terrestre único para referenciar las posiciones y vectores.

- **Levantamiento Geodésico**

Son procedimientos de campo para la recolección de datos, mediante equipos GNSS, de puntos que son convenientemente monumentados en la superficie terrestre, que posteriormente deben ser post-procesados con software especializado, para alcanzar una precisión inferior al centímetro.

- **Constelaciones Satelitales**

Se le denomina constelaciones a un grupo de satélites, que proporcionaran datos para calcular la posición relativa de un punto sobre la superficie terrestre, procesando distintas medidas el cual se ubicara el punto donde estas coincidan, teniendo así la posición.

Además, la distribución de los satélites debe ser la mejor, considerando una amplia cobertura de la Tierra, para esto cada constelación satelital cuenta con planos orbitales (ver figura 4), que estos a su vez cuentan con un número determinado de satélites.

Estos satélites envían datos de navegación a receptores que constituyen en los siguientes:

- Efemérides
- Información del Tiempo
- Modelo para la corrección de los errores del reloj del satélite.

-Modelo para la corrección de los errores producidos por la propagación de la ionosfera y troposfera.

-Información sobre el estado del satélite.

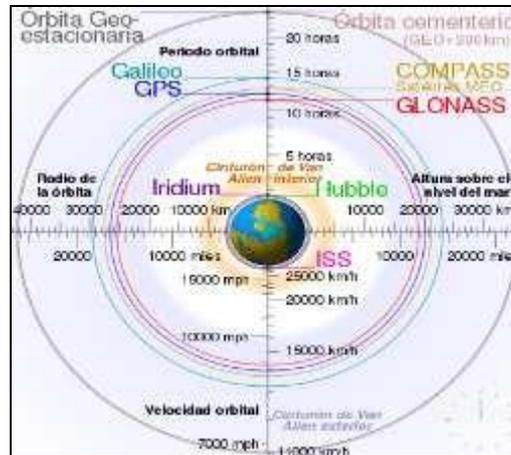


Figura 4: Posición de los principales planos orbitales.

Fuente: wikipedia.org

○ **Sistemas de Constelaciones Satelitales**

a. NAVTAR GPS

Es un sistema satelital de fabricación estadounidense, el cual tuvo como finalidad militar en sus inicios; está compuesto por 27 satélites en la actualidad ubicados a 20,180 km de altitud sobre el nivel del mar, distribuidos en 6 planos orbitales donde cada plano cuenta con un mínimo de 4 satélites, con una órbita inclinada de 55°.

b. GLONASS (Global Orbiting Navigation Satellite System)

Es un sistema satelital de fabricación rusa, ocupando 3 sectores fundamentales: Espacial, Control y Usuario, está compuesto por 31 satélites (24 activos, 3 satélites de repuesto, 2 en mantenimiento, uno en servicio y otro en pruebas), situados en tres planos orbitales con 8 satélites cada uno y siguiendo una órbita inclinada de 64,8° con una altitud de 19,100 km.

c. GALILEO

Es un sistema desarrollado por la Unión Europea, con la finalidad de uso civil, se encuentra compuesta por 30 satélites en órbita, distribuidos en 3 planos orbitales con 10 satélites cada uno, una órbita inclinada de 56° y una altitud de 23,222 km.

d. BeiDou

Es desarrollado por la República Popular de China, ofrecido para un servicio global, el cual consta en la primera, segunda y tercera generación, contando con 35 satélites distribuidos en un plano orbital geoestacionario de 5 satélites; 3 planos orbitales geosincrónicos con un satélite en cada uno y dos planos en la órbita media terrestre con un total de 27 satélites. La órbita geoestacionaria se encuentra a 35,786 km de altitud.

○ **Receptor Satelital Navegador**

Los receptores satelital navegadores o comúnmente llamado GPS Navegador son dispositivos muy utilizados por su bajo costo y practicidad de uso; es un dispositivo pequeño de bolsillo, capaz de recepcionar códigos C/A, e incluso señales diferenciales, a su vez muchos de ellos pueden mostrar mapas gracias a su pantalla LCD. (s.f. pág. 30 párr. 6)

Estos equipos muestran coordenadas en varios datum globales y/o locales, a su vez permiten la navegación con indicaciones de rumbos, azimuts, etc., y señales sonoras para trazados de rutas en senderismo. (s.f. pág. 30 párr. 7)

○ **Receptor Satelital Diferencial (GNSS)**

Estos equipos recepcionan la señal portadora L1 y también la L2, permitiendo reducir errores ocasionados por el paso en las capas de la atmosfera especialmente en la ionosfera. (s.f. pág. 28 párr. 2)

Estos equipos recepcionan la señal portadora L1 y también la L2, permitiendo reducir errores de menos de un centímetro con post-procesado, pero a una distancia de la base de menos de 10km, y a mayor distancia el error es mayor pudiendo ser incluso por debajo del metro. (s.f. pág. 29 párr. 1)

Además, estos receptores, con post-procesado, pueden usar un método de levantamiento denominado RTK (Real Time Kinematic), que permite correcciones en tiempo real, pero teniendo precisión en el rango de los centímetros. (s.f. pág. 29 párr. 2)

- **Red Geodésica Nacional**

Una red geodésica es un conjunto de puntos dentro de un territorio que se encuentran monumentados físicamente, con el fin de brindar información de alta precisión para los levantamientos locales, estos puntos se encuentran con estaciones de rastreo permanente (ERP). Una red geodésica es la base de toda cartografía de un territorio. (IGN, 2016, p. 19).

- **Clasificación de los Puntos Geodésicos**

Según el IGN (2016, p 28 y 29) con el propósito de unificar levantamiento, todos los trabajos deben referirse a la Red Geodésica Geocéntrica Nacional (REGGEN). Los puntos geodésicos se clasifican de la siguiente manera:

- a. **Punto Geodésico Orden “0”**

- Estos puntos son a nivel continental y son de rastreo permanente, quiere decir que se encuentran en activo las 24 horas del día y los 365 días de año, tienen precisión milimétrica y ayudan a brindar soporte de DATA a los demás puntos.

- b. **Punto Geodésico Orden “A”**

- En este orden los puntos ayudan a estudios de deformación de las placas continentales y su traslación en el tiempo, además al igual que los puntos de orden “0”, brindan de soporte para la creación de puntos de menor orden.

- c. **Punto Geodésico Orden “B”**

- En este orden los puntos también son usados para determinar la geodinámica de la superficie nacional y de brindar soporte a los demás puntos de menor orden, pero su ventaja es su menor coste de producción.

d. Punto Geodésico Orden “C”

Este orden de puntos es el más usado para control urbano y rural, brinda apoyo en el desarrollo de proyectos de ingeniería teniendo una precisión aceptable a un buen coste de producción.

- **Levantamiento Topográfico Convencional**

- **Topografía**

La topografía es una rama de la ingeniería que determina las posiciones de los puntos levantados en campo, previo procesamiento, y por su naturaleza considera la superficie trabajada como plana horizontal (MENDOZA, 2019, p. 9).

La Topografía se encarga de graficar en un plano, un área determinada a una escala conveniente.

a. División Básica de la Topografía:

Se dividen en dos:

- **Planimetría:** ayuda a representar gráficamente, los detalles de una superficie en un plano, solo considerando las distancias horizontales, descartando cualquier parámetro de elevación. (MENDOZA, 2019, p. 13). Ver figura 8.
- **Altimetría:** se encarga de determinar las elevaciones o cotas en el plano teniendo como base un nivel de referencia.

- **Teodolito, Taquímetro, Distanciómetro y Estación Total**

Teodolito

El teodolito es un instrumento mecano-óptico capaz de medir con precisión ángulos horizontales y también ángulos verticales, para ello cuenta con dos limbos que le permite determinar la posición angular del giro, en grados, minutos y segundos sexagesimales, tanto para el eje horizontal como para el eje vertical, en el caso del limbo vertical si el

cero se encuentra en el cenit entonces el ángulo medido se denomina ángulo cenital y si el cero se encuentra en el nadir el ángulo se denominaría nadirial.

En la óptica del instrumento cuenta retículos marcados para poder determinar el centro de colimación; si, a su vez cuenta con trazos horizontales cortos denominados hilos estadimétricos, uno superior y uno inferior, quiere decir que el teodolito es capaz de medir distancias, a este método de medición se le denomina taquimetría.

Taquímetro

Se denomina Taquímetro al teodolito capaz de medir distancias utilizando los hilos estadimétricos, este tipo de medición es rápida pero no precisa y se usa cuando no es posible hacer una medición con cinta métrica.

Distanciómetro

El Distanciómetro también denominado EDM por sus siglas en inglés (Electromagnetic Distance Measurement), es un instrumento capaz de medir distancias en función de un haz de luz visible (LASER), por la acción de reflejo al punto en donde se desea medir. En topografía miden distancias inclinadas, sumados a los ángulos verticales y cálculos internos que pueden determinar la posición de un punto y su cota.

Estación Total

La Estación Total es un teodolito electrónico que a su vez incorpora, un Distanciómetro avanzado (EDM) y una unidad de procesamiento, lo que le permite realizar mediciones de precisión, estos equipos van acompañados de un prisma que le permite tener un mejor reflejo de la luz emitida (LASER) por el EDM. Toda la información medida es almacenada en el mismo dispositivo y puede ser extraída por conexión USB a memorias y ordenadores. Hoy en día existen Estaciones Totales robóticas, que disponen de servomotores que son capaces de girar el equipo de manera autónoma.

○ **Teoría de Errores**

Según Zúñiga (2011, p. 22-23), “En toda determinación física, por riguroso que sea el método de observación, hábil y atento el operador y apropiado el instrumento empleado, se cometen inexactitudes. Interesa, por lo que se refiere a las determinaciones

topográficas, conocer el origen de esas discrepancias, sus clases, las leyes que las rigen y cómo se acumulan o combinan, cuando varias operaciones elementales intervienen en otra, para llegar a resolver dos problemas:

- Determinar el error que en total podrá haber en una operación realizada con sujeción a determinado método y con instrumento dado; o, viceversa.
- Establecer las condiciones (método y aparato) en que se ha de operar para que el resultado del verdadero en menos de una tolerancia pre-establecida.

- a. **Faltas y Errores.** - En topografía se deben distinguir ambos términos. Son faltas o errores materiales, las que provienen de que el operador falta a la rigurosidad de su cometido, por descuido, torpeza, olvido, distracción, etc. En general, las faltas son inexactitudes groseras, equivocaciones, cuyo valor es superior a los pequeños errores que son más frecuentes.

Los errores son las exactitudes que no dependen del descuido del operador, sino de la imperfección de sus sentidos y de la de los instrumentos.

Los errores se clasifican en sistemáticos (o permanentes) y accidentales. Los errores sistemáticos pueden ser constantes en magnitud y sentido, o variables, es decir, oscilantes entre un máximo y un mínimo.

- b. **Métodos de cálculo y errores en las medidas.** - Los métodos de cálculo en topografía elemental requieren de conocimientos de aritmética, geometría general y analítica, de trigonometría y matemática logarítmica.

Queda establecido, de los conceptos expuestos, los siguientes postulados:

- Ninguna medición es exacta.
- Toda serie de mediciones contiene errores.
- El error exacto de una determinada medición siempre será desconocido, lo que se conoce es el error probable.

Los errores que aparecen en las mediciones son de tres clases:

- Errores instrumentales. - Se originan por las imperfecciones o ajustes defectuosos de los equipos usados para obtener mediciones.

- Errores personales. - Son producidos por las limitaciones de los sentidos humanos de la vista, el tacto o el oído, o por la falta de habilidad.
- Errores naturales. - Se deben a las variaciones atmosféricas, como la humedad, temperatura, velocidad del viento, refracción, magnetismo, etc.

c. **Magnitud de los errores.** - La discrepancia entre dos mediciones en realidad es la diferencia entre el valor medido y el valor conocido de una cantidad. Una discrepancia pequeña indica que probablemente no existe ninguna equivocación y por lo tanto los errores aleatorios son pequeños.

Siendo la precisión el grado de probabilidad de repetición entre varias medidas de la misma cantidad y la exactitud es la absoluta cercanía a la realidad, pudiendo existir cierta concordancia entre dos valores medidos implica precisión, pero no asegura exactitud”.

- **Elementos de Geometría y Trigonometría**

- **Sistemas de Coordenadas Rectangulares**

Según Casanova (2002), Estas coordenadas se originan al proyectar dos rectas perpendiculares a los ejes del plano cartesiano, conociendo un punto en el eje X y otro punto en el eje Y, se podrá determinar la posición de un punto en el espacio al eje x-x se le denomina eje de las abscisas y al eje y-y se le denomina el eje de las ordenadas. (Ver figura 5).

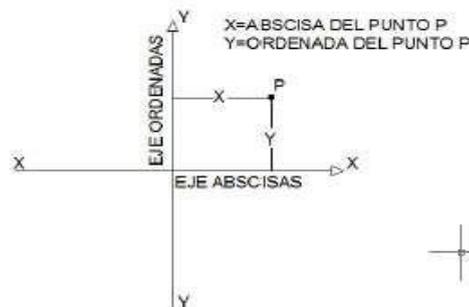


Figura 5: Sistema de Coordenadas Rectangulares.

Fuente: orione.cl

- **Sistemas de Coordenadas Polares**

Estas coordenadas son las más usadas en topografía, y se define como el conjunto de dos parámetros con respecto a un origen, uno es la distancia existente del origen al punto de interés y el otro es el ángulo descrito con respecto a un eje ya sea el eje X o el eje Y, de esta manera se determina la posición de un punto en el espacio. Es necesario indicar que el ángulo descrito de este tipo de coordenadas, para la topografía, es el azimut, donde el inicio está al norte y se incrementa en sentido horario. Ver figura 6.

El ángulo φ y la distancia D , constituyen las Coordenadas Polares del punto P_2 .

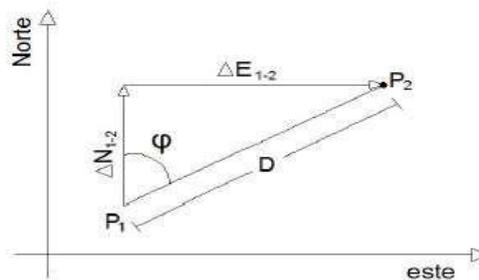


Figura 6: Sistema de coordenadas polares.

Fuente: issuu.com

- **Ángulos**

Es la abertura entre dos líneas que se cortan en un punto. En la topografía los ángulos se miden en dos planos uno horizontal y otro vertical, los ángulos horizontales se denominan Rumbos, Azimuts y ángulos de deflexión. El ángulo de deflexión es el ángulo generado por el cambio de sentido de una recta con respecto a otra, obsérvese en la figura 7.

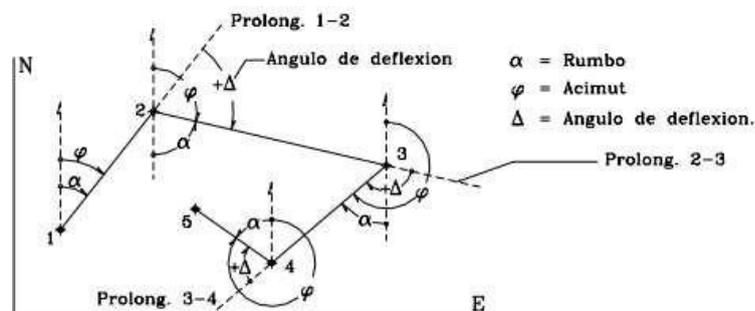


Figura 7: Tipos de ángulos horizontales.

Fuente: galeon.com

Por otro lado, los ángulos verticales pueden clasificarse en dos por su origen, en ángulos cenitales si el origen se encuentra en el cenit y ángulos nadirales si el origen se encuentra en el nadir.

- **Sistemas de medidas angulares**

- **Sistema Sexagesimal**

Este sistema angular más usado y divide la circunferencia en 360 partes iguales denominado grados sexagesimales ($^{\circ}$); a su vez, cada grado está dividido en 60 partes iguales o minutos sexagesimales ($'$) y cada minuto se divide en 60 partes iguales o segundos sexagesimales ($''$).

- **Sistema Sexadecimal**

Este sistema deriva del sistema sexagesimal, y se expresa en grados y decimas de grados. Por ejemplo el ángulo $45^{\circ}13'05''$, en este sistema es: 45,2180555556.

- **Sistema Centesimal**

Este sistema divide la circunferencia en 400 partes iguales o grados centesimales ($^{\text{g}}$); cada grado centesimal se divide en 100 partes o minutos centesimales ($^{\text{c}}$) y cada minuto en 100 partes o segundos centesimales ($^{\text{cc}}$).

- **Sistema Analítico**

En este sistema la unidad de medida es el radian, el cual se define como el ángulo formado por dos radios de una circunferencia y un arco de la circunferencia donde la longitud del arco es igual al radio.

Siendo el ángulo de la vuelta completa 2π (radianes), siendo π un número constante que vale $\pi = 3,141592654\dots$

- **Poligonal**

En topografía, una poligonal es una secuencia de segmentos correlativos, medidos en campo sobre el terreno, es un procedimiento necesario para minimizar errores instrumentales. (Esaú, 2017, p. 49).

Los tipos de poligonales se clasifican por el grado de precisión y la forma desarrollada por sus lados”. (Zúñiga, 2011, p. 93 - 94).

- a. De acuerdo a la precisión**

- **De precisión.** - Esta poligonal se obtiene fijando estaciones intermedias entre dos puntos de control geodésico. O con la adopción de los receptores satelitales GNSS, ubicados en dos de los puntos extremos de la poligonal.
- **Secundaria.** - Se emplean para unir dos puntos no muy lejanos, donde la longitud de los lados es medida por métodos topográficos.

- b. Por la forma de sus lados**

- **Abierta.** - Consiste en una serie de lados de forma lineal, que por su naturaleza no podría regresar al punto de partida, es empleada en levantamientos de vías terrestres, canales de regadío, etc. Se recomienda la instalación de estacas en los vértices o puntos de ángulo de la poligonal.
- **Cerrada.** - En este tipo de poligonal se regresa al punto de inicio teniendo como resultado un polígono irregular. Al cerrar el polígono se permite el cálculo de compensación angular y cierre lineal. La poligonal cerrada es usada para levantamientos de grandes extensiones para construcciones y replanteos de obras, en áreas cerradas.

- **Cálculo de una poligonal cerrada.**

- **Cálculo del error de cierre angular (Eca).**

Para definir el Cálculo, Esaú (2017, p. 51-55). Indica lo siguiente: Se trata de realizar mediciones angulares [...] internos del polígono cerrado, para luego poder ajustarlos de acuerdo a la suma total en relación a la suma real de ángulos internos de un polígono geométrico mediante la fórmula (1):

$$Ec = \sum \text{Ang. Int. PC} - 180(n - 2) \dots\dots\dots(1)$$

Dónde:

“n”: Número de lados o ángulos del polígono cerrado.

El error máximo de cierre angular (Em) viene dada por la fórmula (2):

$$Em = \pm R\sqrt{n} \dots\dots\dots(2)$$

Dónde:

R: precisión del equipo

n: Número de vértices de la poligonal

Si el error de cierre angular de la poligonal en análisis es mayor que el error máximo permitido entonces es necesario volver a campo y realizar de nuevo la medición de ángulos. Si el error de cierre angular es menor que el máximo permitido entonces el valor de error se procede a compensar entre todos los ángulos de la poligonal en análisis. Debido a que cada vértice de los ángulos de la poligonal es medido con la misma precisión se acostumbra a repartir el error en cantidades iguales para cada ángulo. (Ver figura 8).

a. Cálculo del error de cierre lineal (Ecl).

La distancia que hay entre el punto de partida y el punto de llegada al mismo punto de partida, se denomina error de cierre lineal de la poligonal en análisis y se calcula con la siguiente fórmula (3):

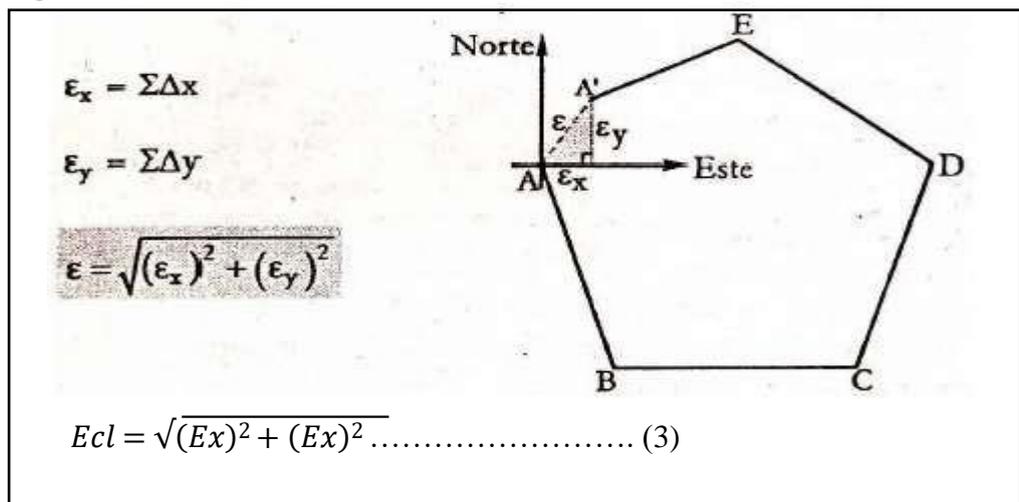


Figura 8: Cálculo de error de cierre lineal.

Fuente: slideshare.net

b. Cálculo del error relativo (Er).

Conociendo este valor nos permite evaluar la precisión o la calidad que tendrá la poligonal cerrada, se calcula dividiendo el error de cierre lineal (Ecl) por el perímetro, viene expresada mediante una fracción y su fórmula (4), para su cálculo viene a ser de la siguiente manera:

$$Er = \frac{1}{\left(\frac{\text{Perímetro de poligonal}}{Ecl}\right)} \dots\dots\dots (4)$$

Tolerancias para trabajos de levantamientos topográficos. (ver tabla 1), con la estación total se puede dar inicio a los múltiples proyectos que se puedan realizar con la ingeniería civil, pero algunas instituciones en la actualidad no aceptan errores relativos a mayor a 1/5000 ó 0.0002 y es prácticamente común utilizar la siguiente clasificación según la Encuesta Nacional de Geodesia de los Estados Unidos de Norteamérica:

Tabla 1: Tolerancias para trabajos de levantamientos topográficos.

Ítem	Error relativo	Clasificación
1	1/5000	Para levantamiento en zonas rurales
2	1/7500	Para zonas Sub urbanas
3	1/10000	Para zonas urbanas

Fuente: Jorge Mendoza (2010 p.300). “Topografía técnicas modernas”, Edición 2010

Cuando el error relativo es aceptado se procede a la compensación del error lineal (Ecl), para ello se calcula Cx y Cy que vienen a ser la compensación viene dada por el método de Bowditch, la cual se representara de la siguiente manera:

$$Cx = \frac{E_x}{P} XL$$

$$Cy = \frac{E_y}{P} XL$$

- Dónde:
- L: Longitud del lado a compensar del polígono.
 - P: Perímetro.
 - Ex: Error de cierre lineal en el eje x.
 - Ey: Error de cierre lineal en el eje y.

c. Cálculo del error en el eje Norte, Este y Altimétrico.

Los errores en el eje norte y este vienen relacionadas con el cálculo de las coordenadas parciales o también llamado proyecciones las cuales al final la suma de estas nos dará a conocer cuánto de error hemos cometido en cada eje. Con respecto al eje norte y este, los lados del polígono se proceden a descomponer donde la proyección “ Δx ” se obtiene multiplicando la distancia del segmento de dos puntos con el seno del azimut del mismo segmento y la proyección “ Δy ” se obtiene multiplicando la distancia horizontal del segmento por el coseno del acimut del mismo segmento.

$$\Delta x = d \cdot \text{sen}(Z) \dots\dots\dots(4)$$

$$\Delta y = d \cdot \text{cos}(Z) \dots\dots\dots(5)$$

El error altimétrico se obtiene también se obtiene también a través de las coordenadas parciales en el eje correspondiente a ello, su cálculo al final se promedia y se suma con el resto de valores hallados teniendo así al final el error altimétrico correspondiente, su fórmula para cada vértice del polígono viene dada por:

$$\Delta h = A_i + D_v + A_p \dots\dots\dots(6)$$

- Dónde:
- A_i : Altura de instrumento
 - D_v : Distancia vertical
 - A_p : Altura de prisma

Cálculo de las coordenadas absolutas.

Las coordenadas absolutas vienen a ser ya el resultado final del cálculo, compensación y evaluación del método de medición en un levantamiento topográfico, su cálculo está dada por la siguiente fórmula las cuales se entenderán mejor con el caso práctico.

$$X = X_A + \Delta X_{AB} + \Delta X_{BC} + \dots \dots\dots (7)$$

$$Y = Y_A + \Delta Y_{AB} + \Delta Y_{BC} + \dots \dots\dots (8)$$

- **Levantamiento Topográfico No Convencional**

- **Drones**

Es un vehículo aéreo no tripulado, es muy usado en la actualidad para anteproyectos de obras civiles, análisis de desastres naturales, etc. Ya que cubren una gran extensión de terreno a bajo costo, incluso accede a lugares que el hombre no puede alcanzar. (Corredor Daza, 2007, p. 5).

Concretamente se debería de hablar de Sistemas Aéreos no Tripulados, ya que estos se componen de dos partes o segmentos:

- Segmento aéreo: integrado por la aeronave, su carga y su sistema de comunicación.
- Segmento terrestre: aquí se incluye el sistema de control de vuelo de la aeronave, un sistema de comunicación, una base de recolección de datos de los sensores de la aeronave y los dispositivos de lanzamiento y aterrizaje de la aeronave.

En la actualidad estos vehículos son usados tanto en el ámbito militar como en el civil, en el caso del uso civil se emplea el término RPA (Remotely Piloted Aircraft). Este término nació para evitar que la población civil pensara que eran autónomos. (Coello y Gonzales, 2007, p. 12).

- **Fotogrametría**

Las nuevas técnicas para levantamientos topográficos y generación de los modelos digitales de terreno se basan en los principios fundamentales de la fotogrametría analógica y digital es por esto que en el presente apartado se tratarán dichos fundamentos.

La fotogrametría se define como el conjunto de técnicas, instrumentales y matemáticas que permiten obtener coordenadas tridimensionales de un objeto a partir de la información bidimensional en la cual interviene parámetros como: ángulos de giro, factores de escala, vectores de translación, alturas entre otros. (Pozuelo, Núñez & Rodríguez, 2003)

La fotogrametría es un método de medición indirecta ya que la medición no se realiza sobre el objeto directamente sino sobre imágenes apoyadas en relaciones matemáticas y la visión estereoscópica que posee el ser humano por naturaleza.

La sociedad americana de fotogrametría define a la fotogrametría como la ciencia, el arte y la tecnología cuyo fin es el de obtener información relativa a objetos y su entorno mediante el registro, medida e interpretación de imágenes fotográficas.

Como lo demuestran las definiciones anteriores la fotogrametría tiene un carácter científico y cuantitativo y se ha constituido en la base de la cartografía existente en el mundo, desde la fotogrametría análoga hasta la fotogrametría digital.

La fotogrametría se puede clasificar según el tipo de fotografía o según el tipo de tratamiento de la fotografía, según el tipo de fotogrametría se clasifica en fotogrametría aérea o terrestre.

- a. **Fotogrametría terrestre:** es la toma de fotografías desde tierra como habitualmente se conoce, se aplica principalmente la arquitectura, arqueología, etc.
- b. **Fotogrametría Aérea:** es la fotografía que es tomada desde un vehículo aéreo, considerando criterios de ruta de vuelo.

Según el tratamiento de la imagen la fotogrametría se clasifica en análoga, analítica y digital.

- a. **Fotogrametría analógica:** es el proceso que usa dispositivos mecánico-ópticos de restitución, donde por medio de la estereoscopia un profesional puede realizar la alineación de las fotos y crear un modelo tridimensional nivelado y escalado, además con el principio de la marca flotante puede realizar cartografía en 3D.
- b. **Fotogrametría analítica:** es el proceso de utilizar restituidores incorporados a un ordenador capaz de digitalizar los resultados, y alcanzando una mayor precisión y en menores tiempos, además son fácilmente incorporados a programas CAD.

- c. **Fotogrametría digital:** ya con el avance de la tecnología, se cuenta con sensores capaces de digitalizar las fotografías nativamente y usar el ordenador con un software especializado capaz de restituir las imágenes digitalmente, dando como resultado la capacidad de modelar el terreno en 3D. (Díaz y Galindo, 2017, p. 53 y 54).

El paso de la fotogrametría analítica a la digital da un paso importante a la mejora de la instrumentación, un mejor proceso fotogramétrico y a buenos resultados; por lo que se habla de una revolución tecnológica. Es en este cambio de tecnologías que se da la oportunidad de mejorar la calidad y obtener más información de las fotografías aéreas. Ver figura 10.

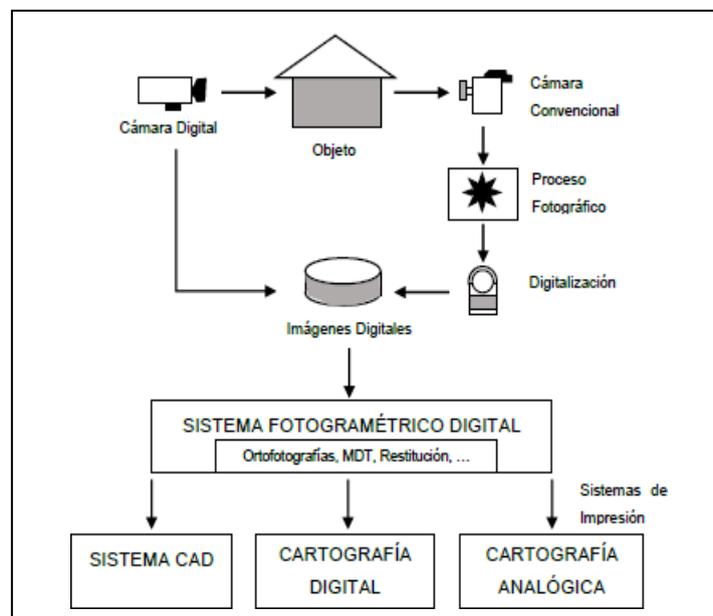


Figura 10: Proceso fotogramétrico digital.

Las nuevas metodologías se basan en los formatos digitales, y automatizados por medio de software, es en esta primera fase donde se aprecia el cambio.

El objetivo principal de la fotogrametría es obtener información espacial del terreno a partir de imágenes comunes ya sea análoga o digital, (Ver figura 10).

En la actualidad, la obtención de imágenes digitales fotogramétricas, se emplean dos métodos:

1. Digitalización de fotografías analógicas tomadas con cámaras fotográficas convencionales.
2. Utilización de sensores digitales, o bien sensores analógicos dotados de un conversor analógico/digital.

○ **Levantamiento Fotogramétrico**

Este tipo de levantamiento es nuevo con relación a la topografía, y se da con el alcance de los drones, ya que estas aeronaves son mucho más asequibles.

Las fotografías obtenidas no dan vista panorámica del terreno, así como sus detalles, todo en el ámbito bidimensional; pero si se toman dos fotografías con el principio de estereoscopia, existiría una zona de traslape entre esas dos fotos, donde se podrá determinar información tridimensional, por lo que se podría generar modelos de elevación digital. (Claros y Guevara, 2016 p. 40).

Fotografía Aérea

Según Santamaria Peña, Sanz Méndez, (2011) Indica que, si la fotografía es tomada desde un medio aéreo, se está realizando proceso fotogramétrico aéreo, cubriendo grandes extensiones de superficie. La fotografía aérea tiene muchas ventajas, por ello deben ser considerados en la toma de información, ya que pueden desplazarse a lugares sin la necesidad de asistencia de personal.

a. Vuelo Fotogramétrico

Este tipo de vuelo tiene como finalidad el estudio de la altura de vuelo óptima, así como la velocidad y ruta de vuelo para la mejor obtención de fotografías aéreas a detalles según sea la necesidad del proyecto.

Tipos de Vuelo fotogramétrico

- Vuelo Naridal
- Vuelo Vertical
- Vuelo Inclinado

b. Líneas de Vuelo.

Es el trazo lineal del recorrido de la aeronave con la superficie, la planificación antes del vuelo es fundamental para maximizar el tiempo en vuelo y tener el mejor recubrimiento del área a tratar. Se considera que para una misma línea de vuelo se debe mantener la misma altitud de vuelo. Ver figura 11.

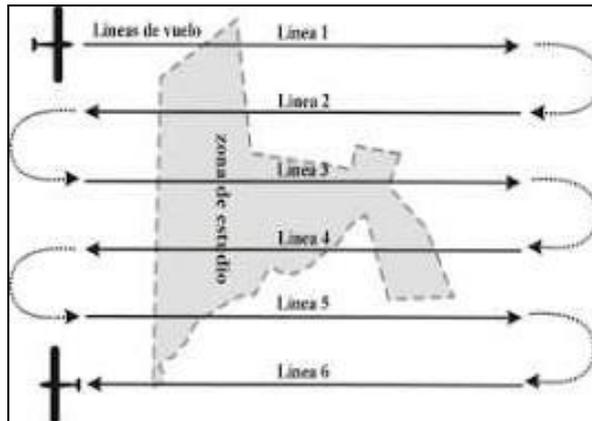


Figura 11: Se muestra líneas de vuelos cubriendo el terreno de interés.

c. Recubrimiento

El recubrimiento es el traslape de dos fotografías aéreas de una misma área, pero tomada en distinta posición, y así poder recrear el efecto de profundidad o visión 3D, estos recubrimientos se logran al tomar fotografías consecutivas y son planeadas antes del vuelo, para poder recrear recubrimiento en toda el área de estudio. Según su dirección los recubrimientos pueden ser de dos tipos:

- **Recubrimiento Longitudinal**

Este recubrimiento se logra con fotografías, tomadas por el vehículo aéreo, hechas en la dirección de vuelo en tiempos precisos para lograr cubrir toda el área de la dirección de vuelo, y así evitar poseer áreas sin traslape.

- **Recubrimiento Transversal**

El recubrimiento transversal se obtiene al fotografiar áreas que ya han sido fotografiadas en otra línea continua de vuelo, de este modo se obtiene traslapes a la izquierda y derecha de la fotografía en dirección del vuelo. Ver figura 12.

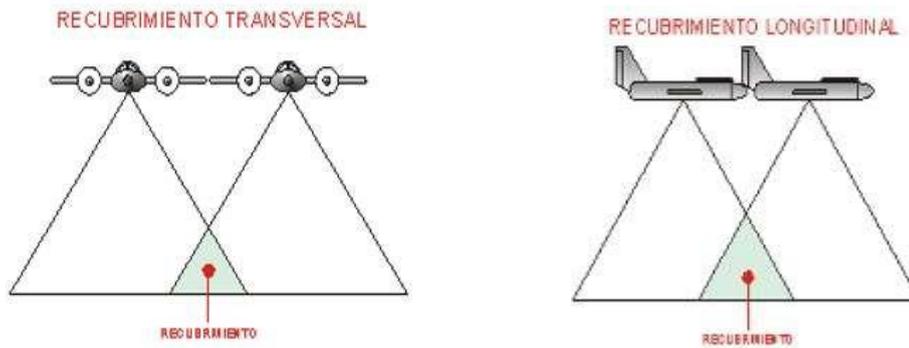


Figura 12: Se muestra los recubrimientos Longitudinal y Transversal.

Especificaciones Técnicas del Phantom 4 Pro

El dron Phantom 4 Pro, propuesta para esta investigación presenta las siguientes características en la Figura 13.

22/6/2019		DJI - The World Leader in Camera Drones/Quadcopters for Aerial Photography	
CAMERA			
Sensor		1" CMOS; Effective pixels: 20 M	
Lens		FOV 84°; 8.8 mm / 24 mm(35 mm format equivalent:24 mm); f/2.8 - f/11, auto focus at 1 m - ∞	
ISO Range		Video:100-3200(Auto) 100-6400(Manual); Photo:100-3200(Auto) 100-12800(Manual)	
Mechanical Shutter Speed		8 - 1/2000 s	
Electronic Shutter Speed		8 - 1/8000 s	
Max Image Size		4864×3648 (4:3) ; 5472×3648 (3:2)	
Video Recording Modes		H.264, 4K: 3840×2160 30p	
Photo Format		JPEG	
Video Format		MOV	
Supported File Systems		FAT32 (≤ 32 GB) ; exFAT (> 32 GB)	
Supported SD Cards		MicroSD, Max Capacity: 128 GB. Class 10 or UHS-1 rating required Write speed≥15 MB/s	
Operating Temperature Range		32° to 104° F (0° to 40°C)	

Figura 13: Especificaciones Técnicas de la Cámara fotográfica.

Fuente: DJI

○ **Diferencias entre Estación Total y Drone**

En esta tabla 2 se muestra la comparación de algunos aspectos generales y de las medidas a distancias de una Estación Total y un Drone.

Tabla 2: Comparación de Estación Total y Dron.

	Elemento de comparación	Drone	Estación Total
General	Método de Levantamiento	Método Indirecto	Método Directo
	Densificación de los puntos	Alta, nube de puntos.	Baja, puntos por criterio
Medidas	Puntos	A posteriori; requieren rectificación	A priori, puntos enlazados a la estación total.
	Puntos ocultos	No medible.	Medible si el campo visual es favorable.
	Medición manual	No incluida	Incluida, pero evitable en general
	Medición remota	Parcialmente	Disponible
	Modo de trabajo	Automatizado	Manual / Semiautomatizado
Manejo	Post-procesamiento	Laborioso en la extracción de bordes y esquinas	No aplicable con formas simples.
Valor	Uso	Específico para levantamiento topográfico	Universal para mediciones topográficas
	Manejo de instrumento	Fácil con instrucción	Fácil con instrucción
	Relación campo/gabinete (horas)	1/8	1/1

Fuente: Elaboración Propia

○ **Normatividad**

El Instituto Geográfico Nacional se encuentra facultado a establecer normativas relacionadas a la Geomática y con el propósito de estandarizar la información geográfica, se desarrolla las siguientes normas técnicas, que servirán de ayuda para obtener procedimientos integrales y de guiar en las nuevas tecnologías dentro del campo de la geodesia, ya que estos equipos necesitan, para una correcta manipulación, que los profesionales cuenten con conocimientos adecuados. (IGN, 2016, p. 7).

1. Resolución Jefatural N° 057-2016/IGN/UCCN, de fecha 10 de junio del 2016, “Norma Técnica Geodésica – Levantamientos Geodésicos Verticales”. (IGN, 2016, p. 8)
 - Objeto: Esta norma tiene como objetivo resaltar y definir características a considerar en los levantamientos de nivelación y de trabajo de gabinete, obtenidos con nivel digital, en las etapas de planificación, nivelación y post-procesamiento.
 - Descripción: Esta normativa elabora un esquema para la referenciación espacial de una nivelación y por coordenadas; es necesario contar con un mínimo de información para establecer referencias altimétricas de alta precisión.

2. Resolución Jefatural N° 139-2015/IGN/UCCN, de fecha 28 de diciembre del 2015, “Norma Técnica Geodésica – Posicionamiento Geodésico Estático Relativo”. (IGN, 2015, p. 8).
 - Objeto: Esta norma tiene como objeto detallar y conceptualizar características y propiedades a considerar en los levantamientos y procesamiento de datos obtenidos con receptor satelital GNSS, en las diferentes etapas de planificación, nivelación y post-procesamiento.
 - Descripción: Esta norma elabora una secuencia de referencia espacial por coordenada; con un mínimo de datos necesarios para establecer referencias de coordenadas de dos y tres dimensiones.

1.4 Formulación del Problema

Problema General

- ❖ ¿De qué manera afectaría la precisión de un levantamiento convencional y no convencional en los proyectos civiles del AA.HH Miramar – Distrito San Martín de Porres?

Problemas Específicos

- ❖ ¿Cómo afectaría la precisión de estos levantamientos en las áreas de los proyectos civiles?
- ❖ ¿Cómo afectaría la precisión de estos levantamientos en el perímetro de los proyectos civiles?
- ❖ ¿Cómo influye la precisión de estos levantamientos en los ángulos internos de los proyectos civiles?

1.5 Justificación del estudio

El presente trabajo de investigación se realiza con la finalidad de conocer cuál es el grado de exactitud del levantamiento con estación total y drone, ya que se está implementando para levantamiento topográfico, por la gran versatilidad de vuelo y su capacidad de toma de datos.

Metodológicamente está justificada porque se basa en procedimientos doctrinados de los levantamientos topográficos convencionales y como las nuevas tecnologías proporcionan facilidades en los levantamientos topográficos.

Practica: Según Bernal Torres, 2010 pág. 107, Indica: Cuando un Trabajo de grado se orienta a conocer los factores de motivación más utilizados en un determinado sector económico o en una empresa, su justificación es práctica, porque, al igual que en el caso del análisis del sector, la información sirve para actuar sobre la empresa, para mejorar o realizar benchmarking en otras organizaciones, o para confrontar la teoría sobre el tema.

Desde el punto de vista teórico se justifica porque se encuentran respaldados en documentos, libros y otros estudios e informes relacionados al tema.

Esta investigación proporcionara conocimientos a ingenieros y topógrafos sobre el grado de precisión de los datos obtenidos de un levantamiento con drone con el fin de plantear nuevas alternativas.

1.6 Hipótesis

Hipótesis General

- Existe un alto nivel de probabilidad que el levantamiento topográfico con estación total cuente con más precisión para obras civiles.

Hipótesis Específicos:

- La medición de distancias horizontales tiene más precisión si es determinada de manera directa.
- El levantamiento no convencional utilizando drone no precisa las áreas correctamente por la deformación natural de las fotografías.
- La medición de ángulos cuenta con mayor precisión si es medido de manera directa.

1.7 Objetivos

Objetivo General:

- Determinar la precisión de ambos tipos de levantamientos en función de puntos de control geodésico.

Objetivos Específicos:

- Determinar la precisión del área del polígono en los dos tipos de levantamientos.
- Determinar la precisión del perímetro en los dos tipos de levantamientos.
- Determinar la precisión de los ángulos internos de la poligonal, en los dos tipos de levantamientos.

II. MÉTODO

2.1 Diseño de investigación

La presente investigación se clasifica en una investigación cuantitativa, de diseño no experimental, descriptivo de corte transversal.

Cuantitativa, porque utiliza la recolección de datos, para probar hipótesis donde su expresión es numérica. (Arias, Fidias, 2006, p. 58).

No experimental, porque la recolección de datos es directamente de la realidad donde ocurren los hechos, el cual no se va a manipular ninguna variable ni controlarlos, es decir el investigador obtiene la información pero no altera la condición existente. (Arias, Fidias, 2006, p. 31).

Descriptiva, porque va caracterizar el hecho, fenómeno, individuo o grupo, para que se establezca su estructura, donde se observara también su comportamiento. Los resultados obtenidos de esta investigación se ubicarán en un nivel intermedio en cuanto a su profundidad referente a los conocimientos. (Arias, Fidias, 2006, p. 24).

Transversal, porque los datos se tomarán solo una vez y las variables no sufrirán ninguna alteración el transcurso de la investigación. (HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ y BAPTISTA, 2006, p. 151).

El diseño empleado responde al siguiente gráfico:



O = Observación

X₁ = Variable

2.2 Operacionalización de variables

Tabla 3: Operacionalización de las Variables

VARIABLE DE ESTUDIO	CONCEPTO	CONCEPTO OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
VARIABLE INDEPENDIENTE LEVANTAMIENTO CONVENCIONAL Y NO CONVENCIONAL	Levantamiento convencional es aquel que por medios clásicos de equipo ópticos-mecánicos, se puede detallar el terreno de forma directa. Levantamiento no convencional, es aquel que, gracias a las nuevas tecnologías, se puede representar el terreno de forma indirecta.	Los levantamientos convencionales nos proporcionan información de las distancias y ángulos en coordenadas polares, las cuales se pueden graficar. Los levantamientos no convencionales, nos proporcionan información espacial en imágenes que luego de post-procesarlos, se podrá determinar dimensiones y graficarlos.	Equipo GNSS (Marca: Trimble R6-3, Precisión 3mm+0.1ppm).	Posicionamiento horizontal y vertical, constelaciones satelitales (GPS y GLONASS).	Norma Técnica para Levantamientos Geodésicos Verticales. Norma Técnica para Posicionamiento Geodésico Estático Relativo.
			Estación total (Marca: LEICA TS02, Precisión 5")	Coordenadas polares (ángulos y distancias), elevaciones (nivel trigonométrico) Software: Civil 3D	Ficha de Calibración.
			Fotogrametría (Phantom 4 Pro, resolución de cámara 20 megapíxeles)	Ortorectificación, profundidad de campo (estereoscopia) Software: Pixie 4D	"Ley que regula el uso y operaciones de los sistemas de aeronaves pilotadas a distancia-RPAS",
VARIABLE DEPENDIENTE PRECISIÓN	Zuñiga (2011) "Grado de Concordancia entre los resultados de medidas independientes, realizadas, bajo condiciones determinadas"	La precisión en los trabajos topográficos, implica la posición georreferenciada a un DATUM determinado en la superficie terrestre, de los diferentes levantamientos.	Puntos de Control Geodésico	Datum, factor de escala, proyección UTM, Puntos de control de orden "C" y monumentación.	Consideraciones a tener en cuenta para la certificación de puntos geodésicos de orden "O", "A", "B" y "C"
			Distancia, Áreas, perímetro y elevación	Planimetría (longitudes horizontales), Poligonales (error lineal de cierre), Altimetría (altura)	Norma Técnica para Levantamientos Geodésicos Verticales. Norma Técnica para Posicionamiento Geodésico Estático Relativo.

Fuente: Elaboración Propia

2.3 Población y Muestra

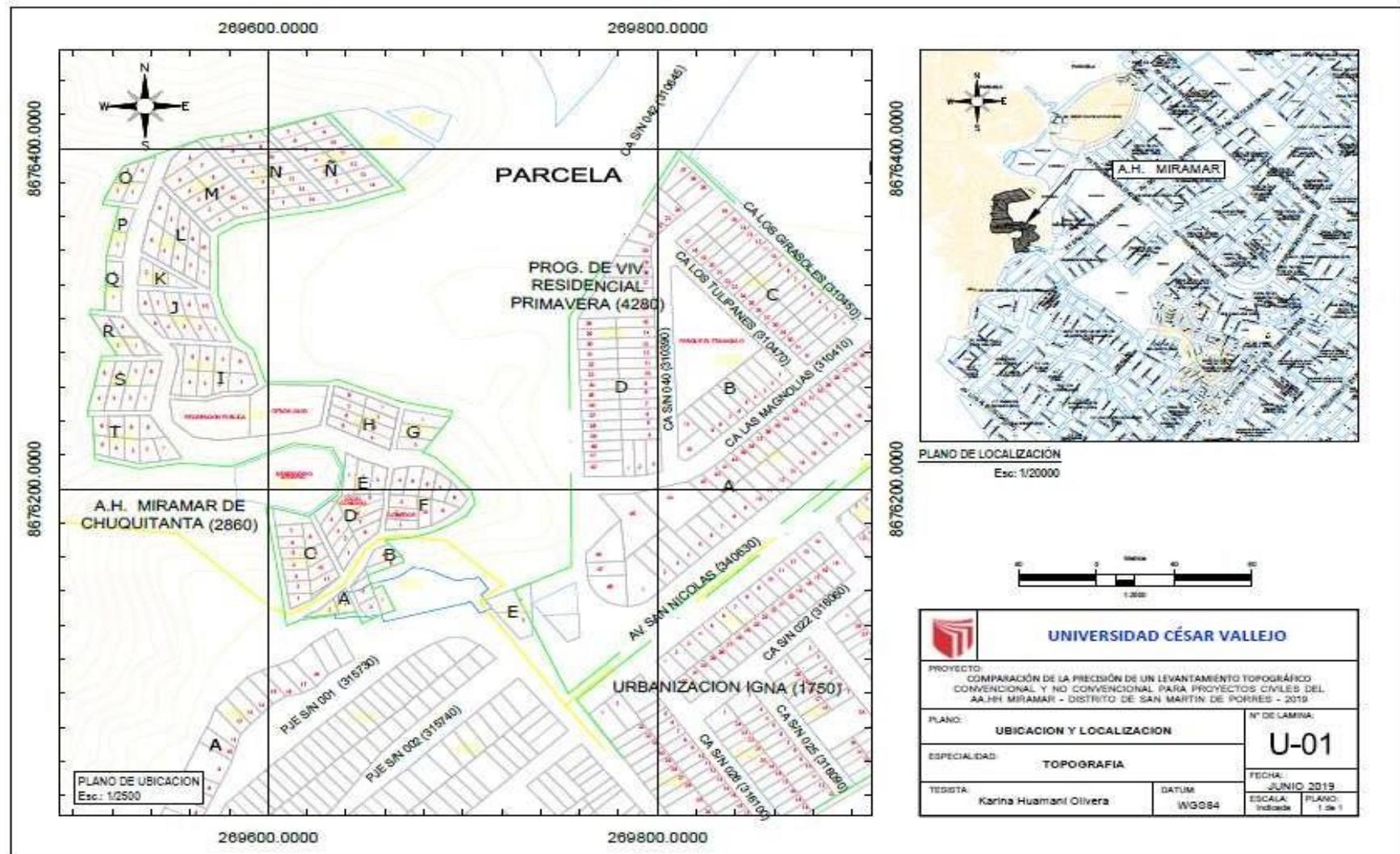


Figura 14: Planos de Ubicación de Zona de Trabajo 53

Fuente: Elaboración Propia

- Población

La población analizada está ubicada en el Distrito de San Martín de Porres-Lima-Perú.

- Muestra

La muestra analizada está constituida por la población del Asentamiento Humano Miramar del Distrito de San Martín de Porres, la cual tiene un área aproximadamente de 12 hectáreas.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- **Técnicas:**

Para el presente estudio se empleó la observación con equipos topográficos.

- **Instrumento:**

Los instrumentos empleados fueron: Un receptor satelital GNSS (R8-3 de marca Trimble), una estación total (TS02 de marca Leica) y un dron (Phantom 4 pro de marca DJI).

2.5 Métodos de Análisis de datos

Para el procesamiento de datos se emplearán los siguientes programas: Civil 3D, Trimble Business Center y Pix 4D Mapper.

2.6 Aspectos éticos

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

III. RESULTADOS

- **UBICACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO**

EL “ASENTAMIENTO HUMANO MIRAMAR”, cerro Oquendo-Ex. Fundo Chuquitanta”, se encuentra ubicado en el norte del distrito de San Martín de Porres, Provincia de Lima y Departamento de Lima. Con una Zonificación: OU y RDM.

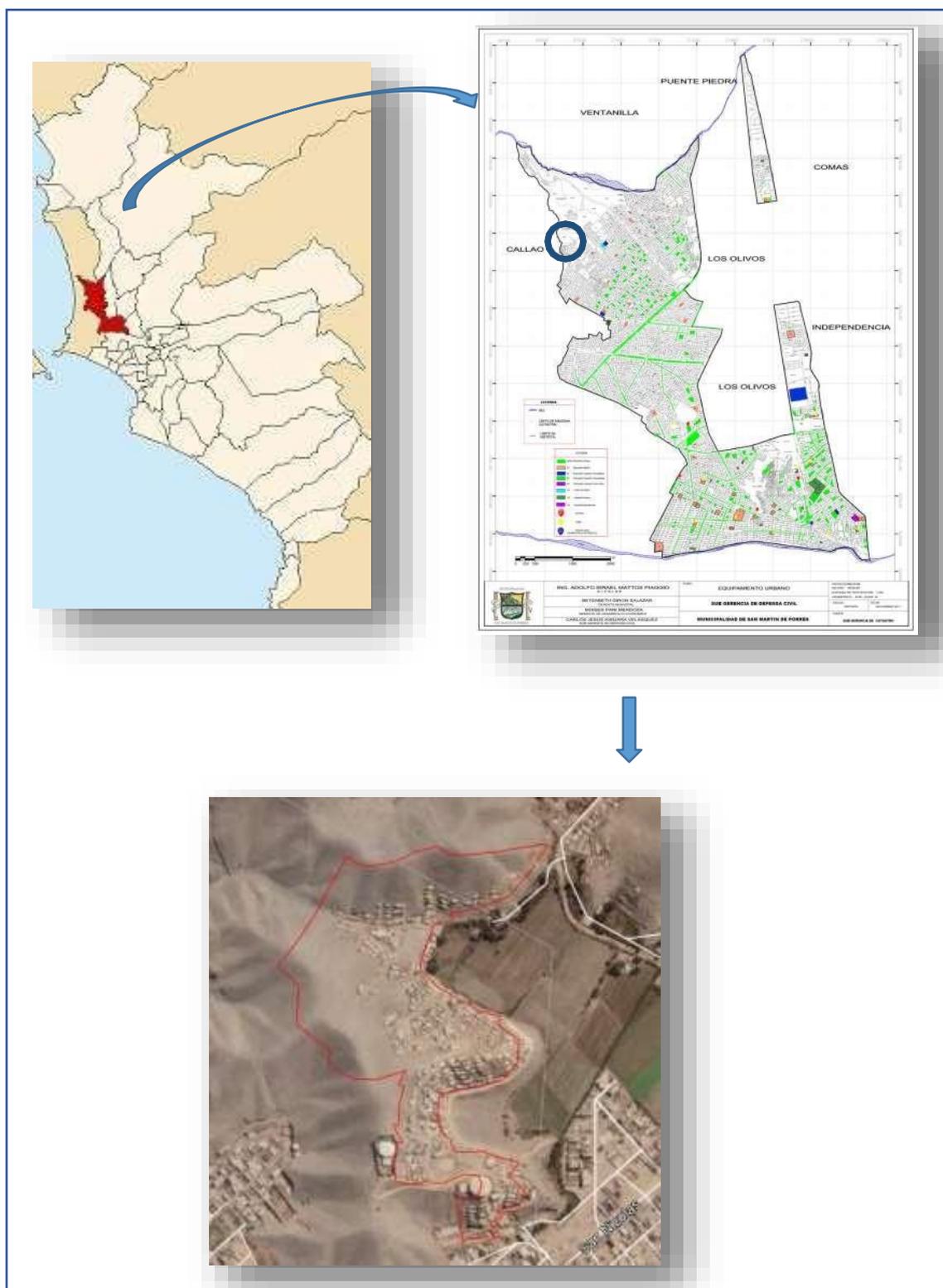


Figura 15: Ubicación del AA.HH Miramar

3.1 DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

- **DATOS LEVANTADOS EN CAMPO CON ESTACIÓN TOTAL**

En esta primera etapa se coordinó con el presidente del Asentamiento Humano de Miramar, para el apoyo en la monumentación de las estacas de apoyo para la poligonal cerrada, y A partir de los hitos ubicados estratégicamente para no dificultar la visibilidad entre sus colindantes, se procedió con la medición de los ángulos internos y las distancias. (Ver figura 16).



Figura 16: Vértices de la poligonal con estación total

Fuente: Elaboración Propia

Una vez instalados en los hitos correspondientes, se empleó el método de reiteración, el cual consiste en medir un vértice 2 veces; la primera de manera directa y la segunda de manera indirecta (invirtiendo el equipo), con esto se logra tener una muestra del ángulo partiendo de cero y otra muestra partiendo de 180, logrando obtener el máximo error del equipo. (Ver tabla N° 4)

Tabla N°4: Datos obtenidos de campo.

Vértice	Vista Adelante	OD			OI			Dist
1	2	0	0	0	180°	0	1°	122.956
1	6	53°	51'	33''	233°	51°	33°	169.913
2	3	0	0	0	180°	0	2°	17.761
2	1	200°	50°	57°	20°	50°	58°	122.969
3	4	0	0	0	180	0	3	109.209
3	2	137°	1°	21°	317°	1°	28°	17.757
4	5	0	0	0	180°	0	0	154.644
4	3	66°	42°	45°	246°	42°	48°	109.212
5	6	0	0	0	180°	0	1°	31.014
5	4	124°	3°	12°	304°	3°	11°	154.598
6	1	0	0	0	180°	0	2°	169.913
6	5	137°	30°	0	317°	30°	0	31.009

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo los datos de campo se realizó una diferenciación de las vistas el cálculo aritmético se obtuvieron estos datos (ver tabla N° 5):

Tabla 5: Resultados de los cálculos de la tabla N° 4.

VÉRTICE	LADOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
1	1-2	53	51	32.5
2	2-3	200	50	56.5
3	3-4	137	1	23
4	4-5	66	42	46.5
5	5-6	124	3	12
6	6-1	137	29	59

Fuente: Elaboración Propia

Adicionalmente se determinó el azimut del primer segmento (Ver tabla N° 6), que es importante para iniciar el cálculo de la compensación lineal y darle una orientación al polígono.(Ver figura 17).



Figura 17: Brújula para determinar el 1er segmento

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6: Azimut obtenido en campo por medios convencionales (brújula).

	GRADOS	MINUTOS	SEGUNTOS
Azimut	343	0	3.35

Fuente: Elaboración Propia

Luego se obtuvo coordenadas referenciales UTM del punto de partida (Ver tabla N°7), para iniciar el cálculo de compensación lineal, obtenidas mediante GPS Navegador.

Tabla 7: Coordenadas referenciales UTM.

	E	N
Coordenada de vértice 1	269585.586	8676273.598

Fuente: Elaboración Propia

- **TOLERANCIA ANGULAR**

El error máximo de cierre angular (E_m) viene dada por la fórmula (2):

$$E_m = \pm R\sqrt{n}...$$

Dónde:

R: precisión del equipo

n: Número de vértices de la poligonal

$Em = \pm 5\sqrt{6} = 12.25$ segundos. (Los datos tomados en campo están dentro de la tolerancia angular por tanto se procede a compensarlos.

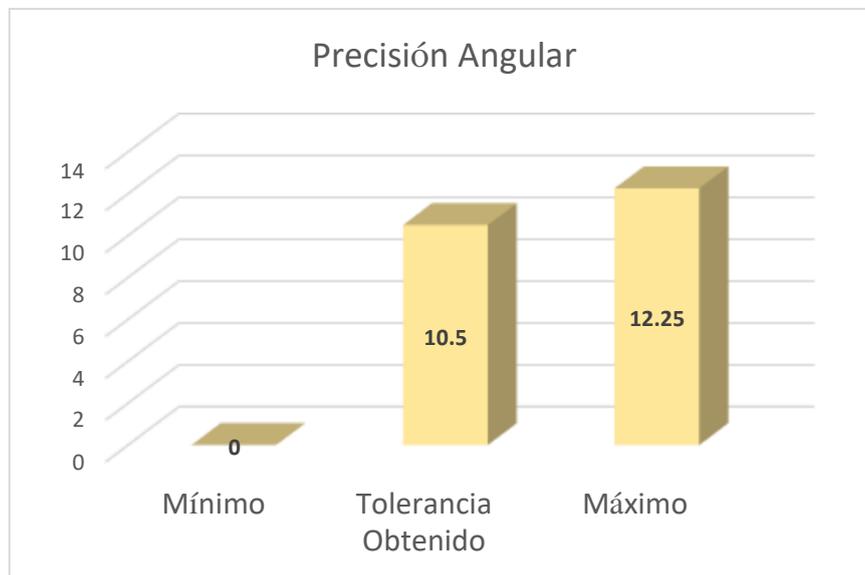


Figura 18: Precisión Angular

Fuente: Elaboración Propia

En este grafico se muestra la precisión angular, donde la tolerancia máxima permitida es de 12.25 segundos para una poligonal de 6 lados y con una precisión instrumental de 5 segundos. El error angular obtenido en campo es de 10.5 segundos, lo cual es aceptable; si el valor fuese mayor de 12.25 segundos se tendría que volver a tomar los datos en campo. (Ver figura 18).

- **COMPENSACIÓN ANGULAR**

Una vez que los datos obtenidos se encuentran en las tolerancias permitidas, se inicia a compensar el error de cierre de los datos que se levantaron en campo, empleando la formula sumatoria de ángulos internos.

$$\sum \text{Ang. Internos} = 180 (n-2)$$

Consiste en compensar el error de cierre de los datos que se levantaron en campo empleando la formula sumatoria de ángulos internos.

En la tabla N° 8, se muestra el cálculo de la suma de los ángulos internos y el error que estos acumulan, en este trabajo se determinó que el error angular acumulado fue de 10.50 seg el cual deberá ser repartida equitativamente por todos los ángulos.

Tabla N° 8: Datos de campo de los ángulos internos

Lados	6
Σ Ángulos	720
Σ Ang. Campo	719.9970833
Δ segundos	10.50
Comp. Seg	1.75

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N° 9, se muestra los ángulos internos compensados con el resultado anterior y su comprobación aplicando la sumatoria de ángulos interno de un polígono.

Tabla N° 9: Compensación de los ángulos internos

GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
53	51	34.25
200	50	58.25
137	01	24.75
66	42	48.25
124	03	13.75
137	29	60.75
720	00	00

Fuente: Elaboración Propia

- **COMPENSACIÓN LINEAL**

Luego de la compensación angular, se procedió al cálculo de la compensación lineal que generará las coordenadas de los vértices de la poligonal, este procedimiento es importante para que el perímetro sea compensado y obtener un área de manera precisa; el método que se utilizara será de Nathaniel Bowditch, “Regla de la Brújula”; para ello se trabajara con el perímetro y las distancias (ver tabla N° 4) promediadas, medidas en campo; también con los

azimuts de todos los segmentos además se determinará el error de cierre lineal y el error relativo.

Para el cálculo de los azimuts de los segmentos, se necesita un azimut de partida que se determinó en el lado 1-2 (ver tabla N° 6), y el sentido del cálculo será horario.

Para sentido horario:

$$Az_i = Az_{i-1} + 180^\circ - \angle_i$$

Para sentido antihorario:

$$Az_i = Az_{i-1} - 180^\circ + \angle_i$$

Dónde: Az_i = Azimut a calcular

Az_{i-1} = Azimut anterior

\angle_i = Angulo interno del primer vértice del segmento a calcular.

Tabla 10: En esta tabla se muestra los datos obtenidos tras la compensación angular, la distancia de los segmentos y los resultados del cálculo del azimut de los lados de la poligonal cerrada. El azimut se encuentra en radianes.

VERTICES	LADOS	GRADO	MINUTOS	SEGUNDOS	DISTANCIA	AZIMUT
1	1-2	53	51	34.25	122.826	5.986495576
2	2-3	200	50	58.25	17.759	5.622602911
3	3-4	137	1	24.75	109.211	6.37268361
4	4-5	66	42	48.25	154.621	8.349907729
5	5-6	124	3	13.75	31.012	9.326352784
6	6-1	137	29	60.75	169.913	3.784928773
					605.342	

Fuente: Elaboración Propia

Una vez obtenido los azimuts de los segmentos y el perímetro, se procede a calcular las proyecciones o diferenciales del eje x(E) y del eje y(N) (ver tabla N° 11), con las siguientes fórmulas:

$$\Delta E = dH + \sin Az_i$$

$$\Delta N = dH + \cos Az_i$$

Dónde: $\Delta(E;N)$ = Proyecciones sin compensar en E y en N.

dH = Distancias horizontales del segmento.

Azi = Azimut

Posteriormente se realiza una sumatoria de las proyecciones en ΔE y en ΔN ; estas dos sumatorias son necesarias para realizar las compensaciones o correcciones de los segmentos de la poligonal (ver tabla N° 11) y calcular el error de cierre lineal (Ecl):

Error de Cierre Lineal: el error de cierre lineal se determina con la siguiente ecuación:

$$Ecl = \sqrt{(\sum \Delta E)^2 + (\sum \Delta N)^2}$$

Error relativo: El error relativo se determina con la siguiente ecuación:

$$Er = 1 / (P / Ecl)$$

El error relativo es de 1/4000 (ver tabla N° 11), lo cual quiere decir que por cada 4000 metros tendremos un error de 1 m.

Compensación o correcciones de las proyecciones; son necesarias para determinar el valor a compensar de las proyecciones (ver tabla N° 11), y está dada por las siguientes formulas:

$$C_E = - \frac{\sum \Delta E * dH}{P}$$
$$C_N = - \frac{\sum \Delta N * dH}{P}$$

Dónde: $C(E,N)$ = Compensaciones en E y en N.

dH = distancia horizontal del segmento.

P = Suma Total de los segmentos de la poligonal.

$\sum \Delta E$ = Suma de las proyecciones en el eje x(E).

$\sum \Delta N$ = Suma de las proyecciones en el eje y(N).

Proyecciones compensadas, son necesarias para corregir las proyecciones calculadas y así poder obtener las coordenadas compensadas, se obtienen sumando las proyecciones más las compensaciones (ver tabla N° 11), según las siguientes formulas:

$$P_{CE} = \Delta E + C_E$$

$$P_{CN} = \Delta N + C_N$$

Dónde: P_c = Proyecciones compensadas en E y en N.
 $\Delta(E,N)$ = Proyecciones sin compensar en E y en N.
 $C(E,N)$ = Compensación de las proyecciones en E y en N.

Una vez obtenidas las proyecciones compensadas, se procede a calcular las coordenadas corregidas, dando como resultado un polígono cerrado. El método para calcular las coordenadas será por acumulación entre la primera coordenada conocida con las proyecciones compensadas para obtener la coordenada siguiente (ver tabla N° 11), a continuación, se muestra la ecuación:

$$E_i = E_{i-1} + P_{CE_{i-1}}$$

$$N_i = N_{i-1} + P_{CN_{i-1}}$$

Al final al obtener la última coordenada se continua con el cálculo obteniendo una coordenada adicional que deberá ser igual a la primera coordenada; con este resultado se comprueba que la poligonal fue compensada correctamente. (ver tabla N° 11).

En esta tabla se aprecia los resultados de la compensación lineal, obteniendo como resultado las coordenadas compensadas de los vértices de la poligonal cerrada. Ver tabla N°11

Tabla N° 11: Resultados de los cálculos de las proyecciones y coordenadas compensadas

Az	Dist.	ΔE	ΔN	CE	CN	PE	PN	E	N
5.986495576	122.826	-35.90893932	117.4596712	-0.014473429	0.026025277	-35.92341275	117.4856965	269585.586	8676273.5980
5.622602911	17.759	-10.89651104	14.02312833	-0.002092665	0.003762908	-10.89860371	14.02689124	269549.6626	8676391.0837
6.37268361	109.211	9.761155858	108.7739048	-0.01286908	0.023140431	9.748286778	108.7970452	269538.764	8676405.1106
8.349907729	154.621	135.993562	-73.57584351	-0.018220052	0.032762236	135.9753419	-73.54308127	269548.5123	8676513.9076
9.326352784	31.012	3.047435666	-30.86190661	-0.003654356	0.006571051	3.04378131	-30.85533556	269684.4876	8676440.3646
3.784928773	169.913	-101.9253715	-135.9472185	-0.020022013	0.036002417	-101.9453935	-135.911216	269687.5314	8676409.5092
								269585.586	8676273.5980
	605.342	0.071331596	-0.128264319						
					Er=1/4121.57				
		Ecl =	0.146764887		Er= 1/4000				

Fuente: Elaboración Propia

- **DATOS LEVANTADOS EN CAMPO CON DRONE**

En esta segunda etapa se volvió a campo para el levantamiento fotogramétrico, utilizando un dron de la marca DJI y modelo Phantom 4 Pro, para el fin de esta investigación este levantamiento no tendrá apoyo de Estación Total ni de GNSS para la restitución fotogramétrica.

De manera preliminar se posicionaron unas placas de color blanco y rojo, en los hitos de la poligonal, para una mejor búsqueda de estos en la imagen restituida. Ver figura 19.

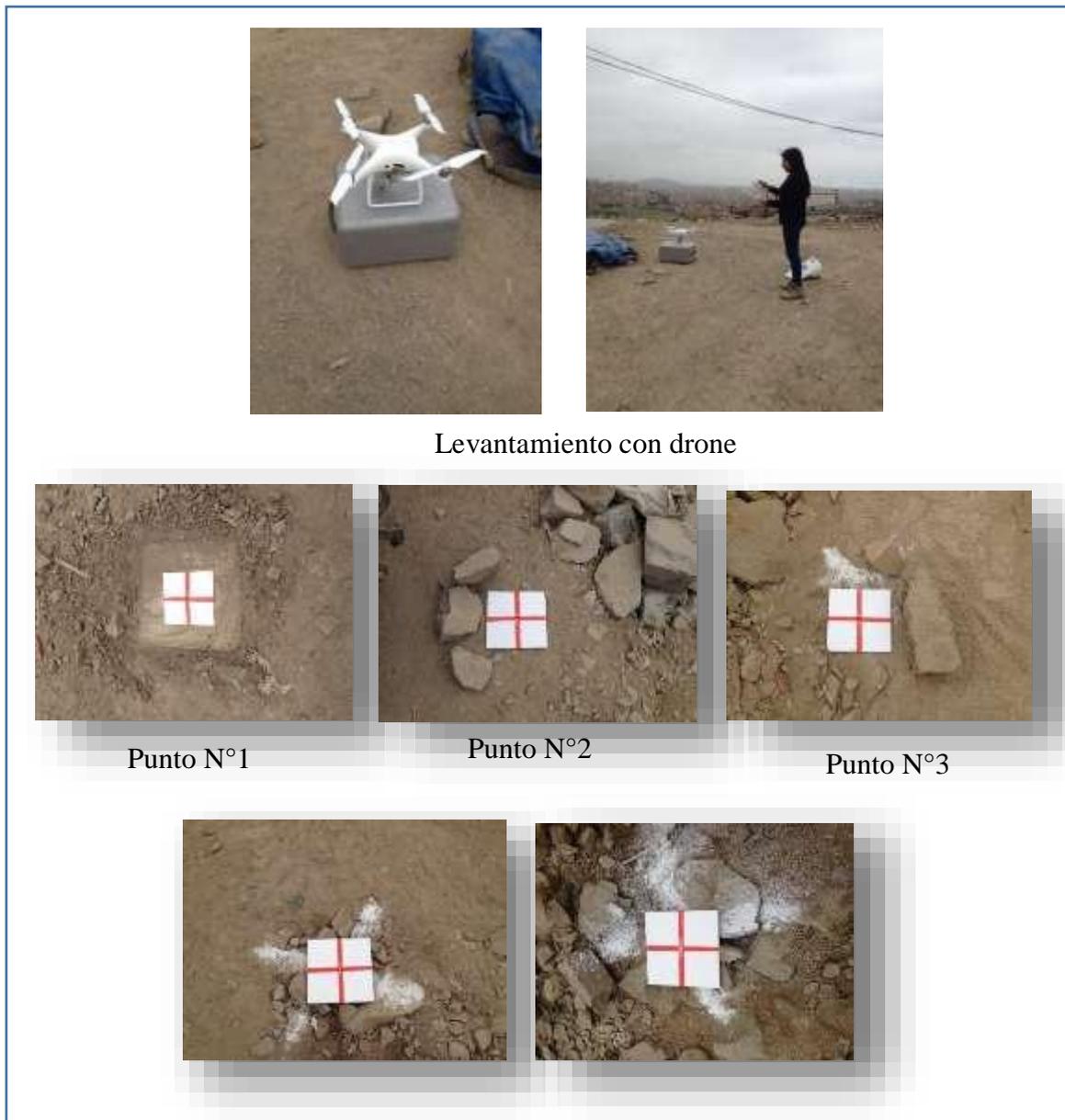


Figura 19: Vértices levantados con dron.

Fuente: Elaboración Propia

La planificación de vuelo se realizó mediante la aplicación DJI GS PRO, que es compatible con el dron usado, a fin de previsualizar el recorrido del dron sobre el área de estudio y poder garantizar la correcta cobertura de las fotografías. Ver figura 20.



Figura 20: Ruta de vuelo

Fuente: Elaboración Propia

El vuelo del dron realizo el recubrimiento transversal y longitudinal y tubo inicio a las 11:18 y tuvo una duración de 12 minutos; en total se realizaron 83 fotos las cuales servirán para el proceso del ortomozaico. Ver figura 21.

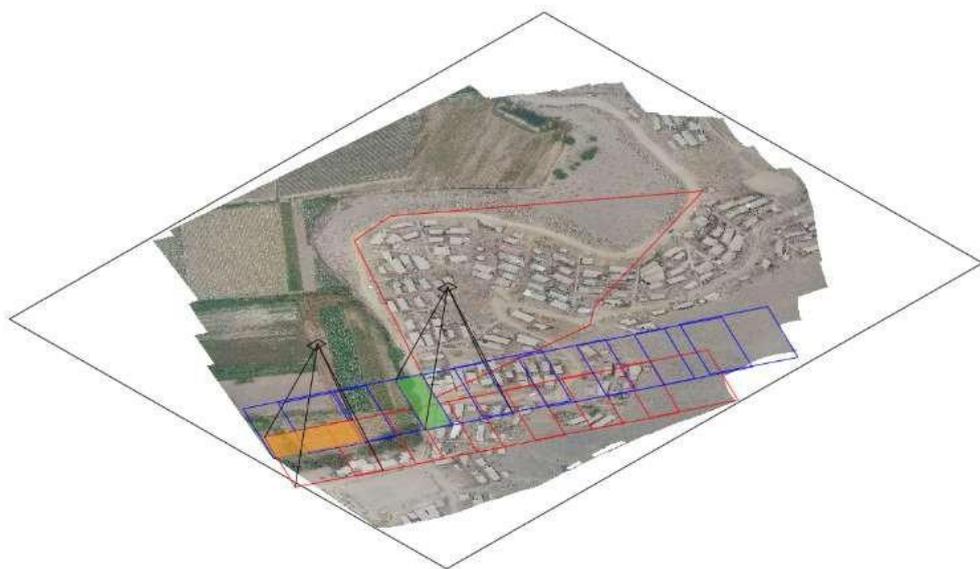


Figura 21: Recubrimiento transversal y longitudinal del dron

Fuente: Elaboración Propia

La restitución de las imágenes, se realizó mediante el Software PIX4D, importando las imágenes, el software es capaz de reconocer el orden de las fotografías y de manera automática crea el mozaico obteniendo una imagen completa del área de estudio. El ortomozaico se exporto a formato de imagen TIF. Ver figura 22.



Figura 22: Ortomozaico en formato TIF

Fuente: Elaboración Propia

El ortomosaico se importó en el Software Civil 3D para su procesado en función de la proporción en el espacio; recordemos que las fotografías no son capaces de medir distancias, por ello la importancia de los hitos y de al menos la distancia de un segmento para el escalado de la imagen; realizándose el escalado correspondiente, se procedió a dibujar la poligonal, observando en la imagen restituida los hitos en campo. Ver figura 23.

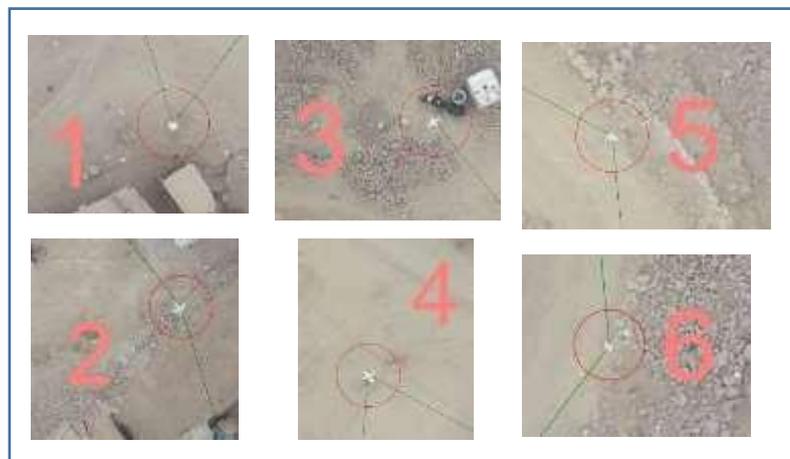


Figura 23: Vértices dibujados en placas.

Fuente: Elaboración Propia

El resultado final es un polígono que se asemeja a la poligonal generada por la estación Total con un área de 19558.78 m² y un perímetro de 605.51 ml. Como se aprecia en la figura 24.

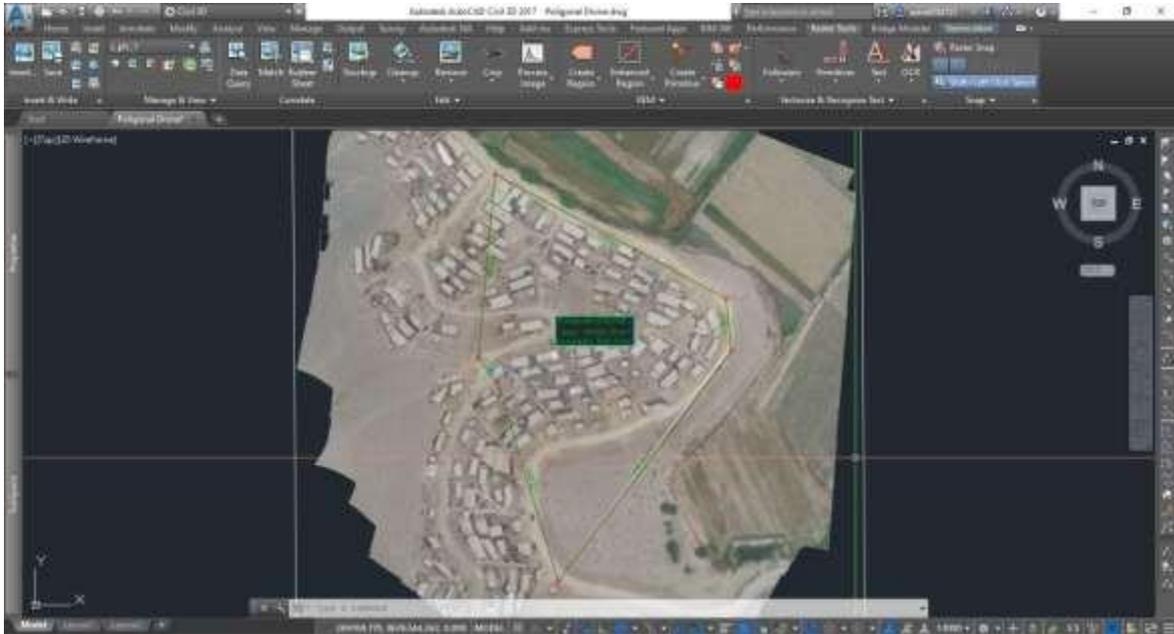


Figura 24: Poligonal generada en Civil 3D.

Fuente: Elaboración Propia

- **DATOS LEVANTADOS EN CAMPO CON GNSS**

En esta tercera etapa, se procedió a hacer el levantamiento geodésico de los hitos de la poligonal, usando un receptor satelital de marca Trimble y modelo R8, y así obtener con precisión el posicionamiento de los hitos en el sistema WGS84, obteniendo precisión milimétrica de la forma de la poligonal. Ver figura 25.

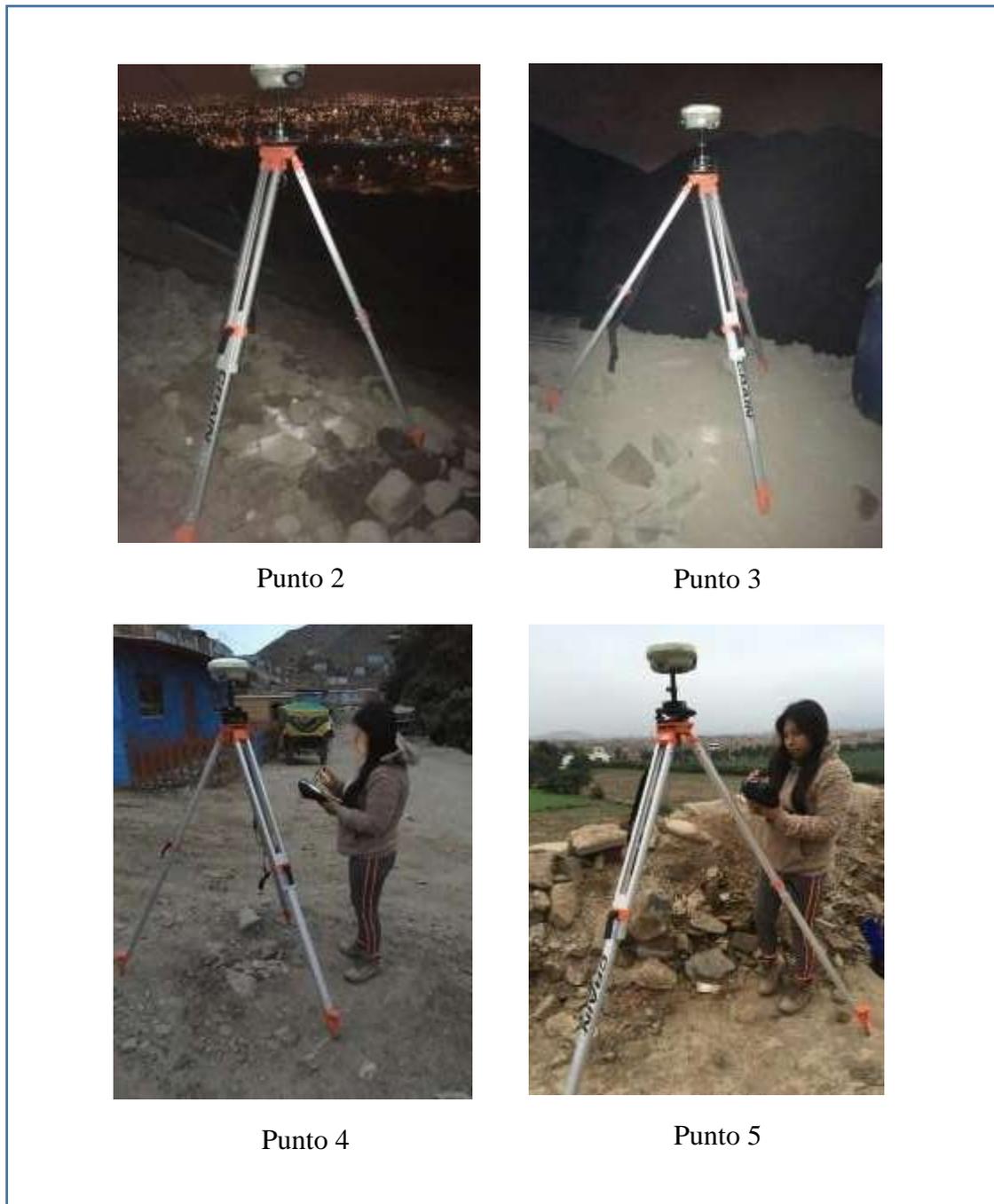


Figura 25: Vértices levantados con Receptor Satelital GNSS

Fuente: Elaboración Propia

El equipo se configurará en el colector de datos modelo TSC3 en modo estático, con una máscara de 15 grados de elevación y con una duración aproximada de 3 horas por puntos, según recomienda el IGN para posicionamiento Geodésico. Ver figura 26.



Figura 26: Colector de

Fuente: Elaboración Propia

Primero se procedió a ubicar los hitos en campo y hacer el estacionamiento, enfocando y nivelando al centro del hito; posteriormente se controla que la recepción de datos sea la óptima, para esto se visualiza el PDOP (Dilución de la Precisión en Posición), en el colector de datos; el IGN recomienda para una mejor precisión de datos el PDOP no debe ser mayor a 2.0, de esta manera se estaría obteniendo datos de satélites con una buena señal y distribución en la bóveda celeste. Ver figura 27.

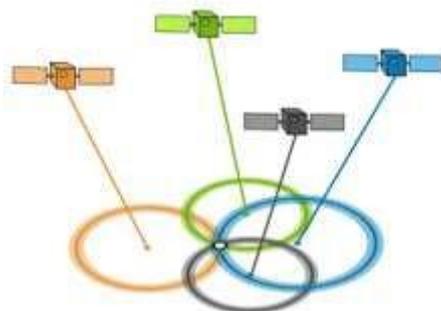


Figura 27: PDOP- Posición relativa a los satélites GPS.

Fuente: <https://acolita.com>

El PDOP levantado en campo capto de acuerdo a la posición y distribución de los satélites obtuvo 1.9, como se aprecia en la figura 28.

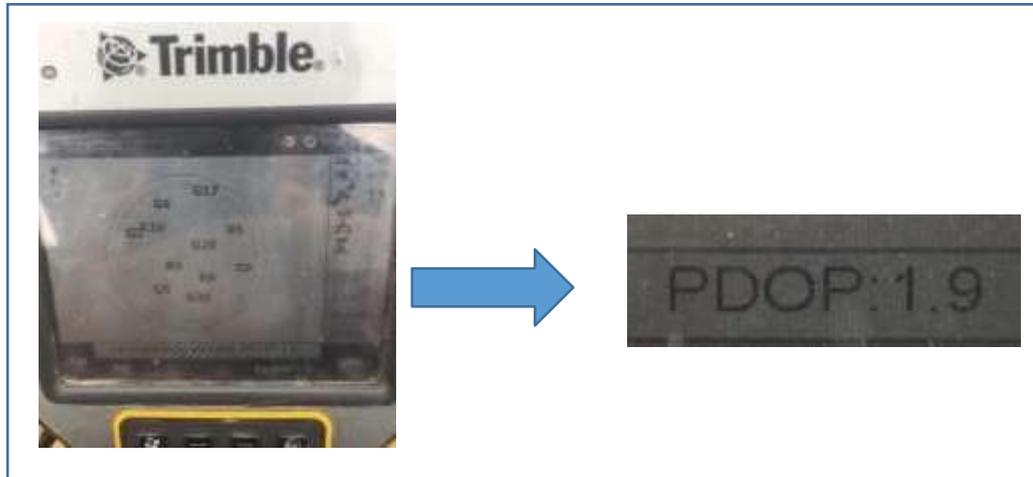


Figura 28: Distribución satelital y PDOP

Fuente: Elaboración Propia

En total se levantó aproximadamente 18 horas de datos, los cuales se procesaron con los datos de la Estación de Rastreo Permanente (ERP) del IGN, ubicado en la página del IGN, previo pago por el derecho de la data de 1 día como máximo. Ver figura 29.

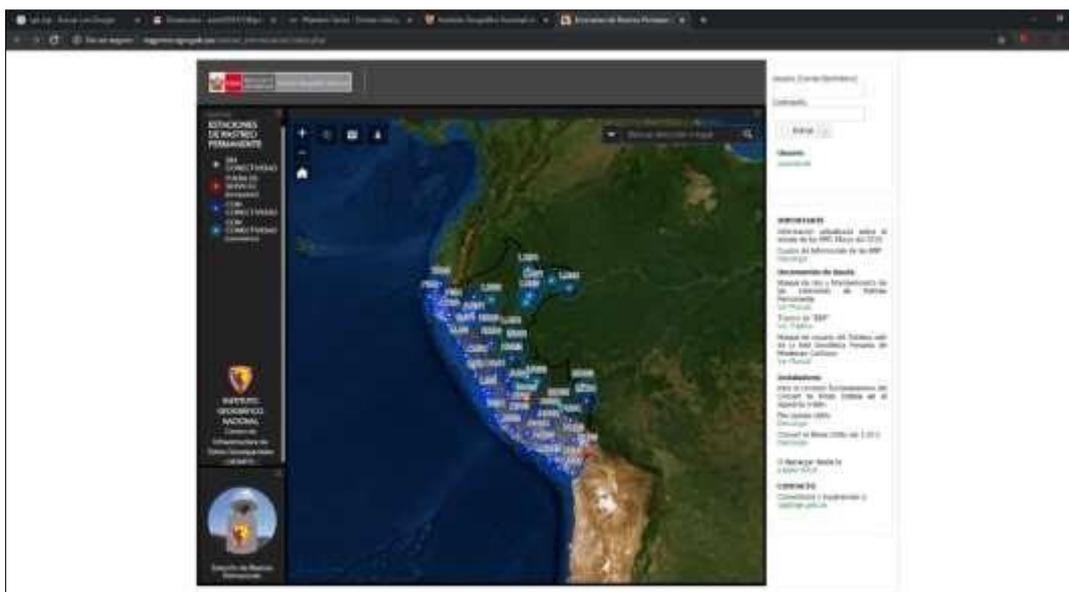


Figura 29: Distribución de las ERP a nivel Nacional.

Fuente: IGN

La ERP utilizada fue la LI01, ya que esta estación se encuentra en la sede del IGN (Distrito de Surquillo) y es la más cercana al área de estudio con 18.52 km aproximadamente. Ver figura 30.

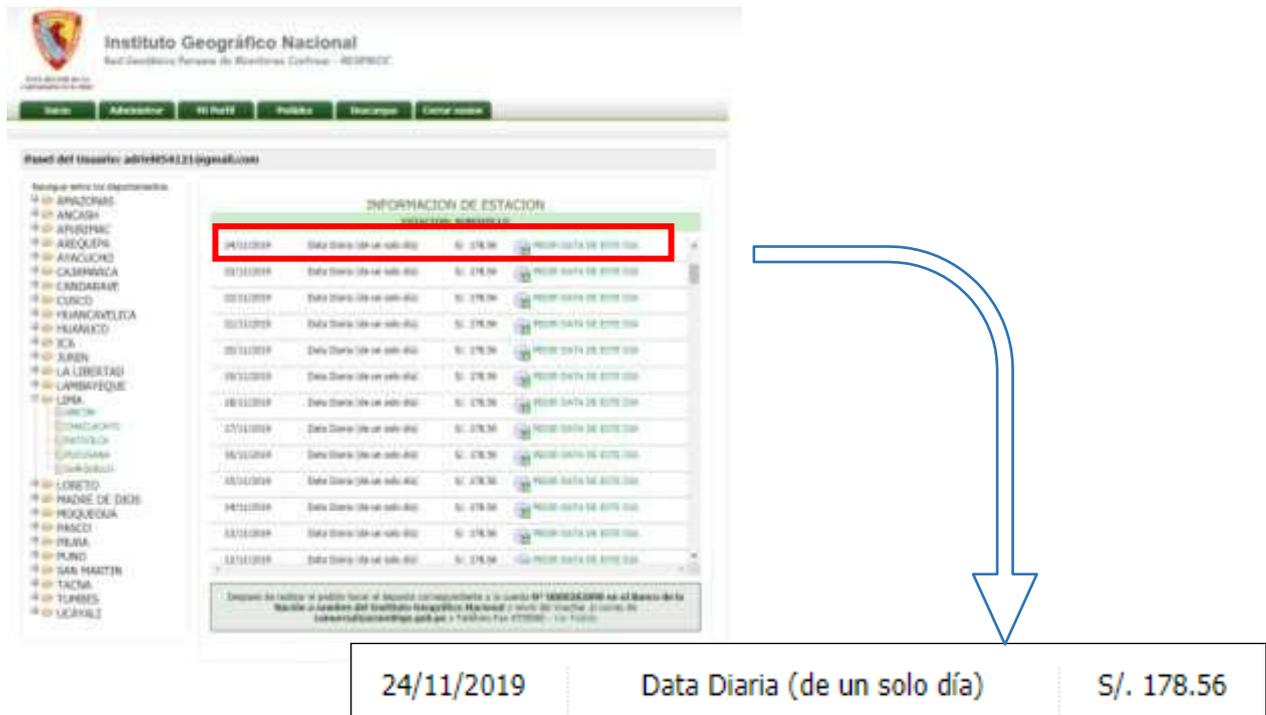


Figura 30: Lista de datos por fecha de la ERP LI01

Fuente: IGN

Una vez obtenida la data de la ERP en formato digital, esta se importa al software Trimble Bussiness Center (TBC) – (Ver figura 31); junto con los archivos generados por el receptor satelital R6-3 para su procesamiento y calculo de las coordenadas resultantes.



Figura 31: Imagen de carga del Software usado: Trimble Bussiness Center (TBC).

Fuente: IGN

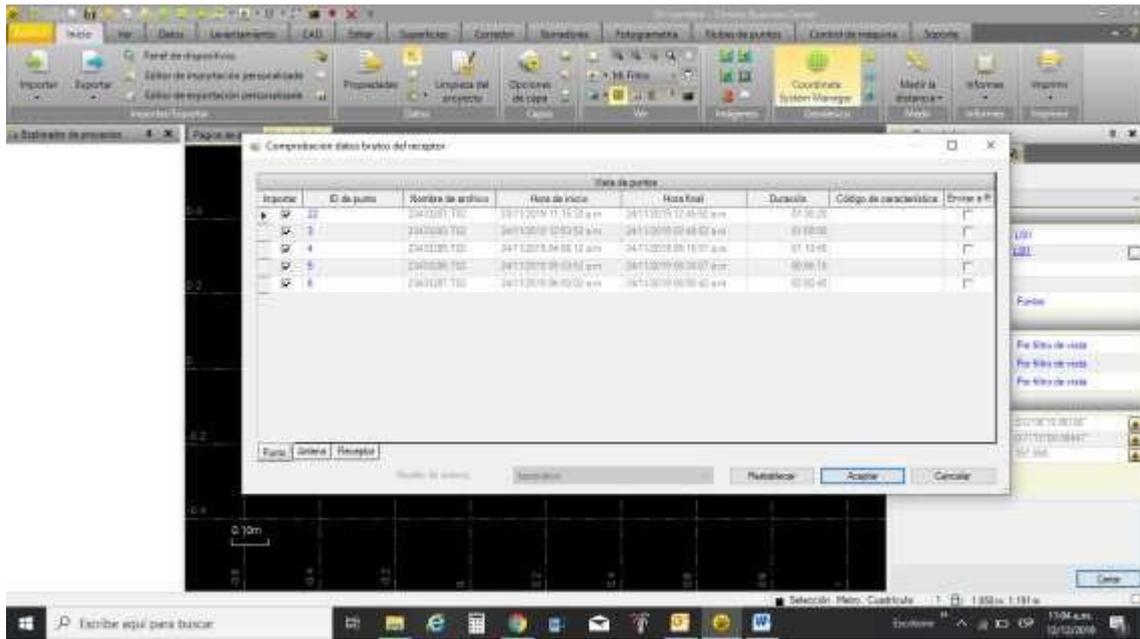


Figura 32: Importación de los puntos al Software TBC.

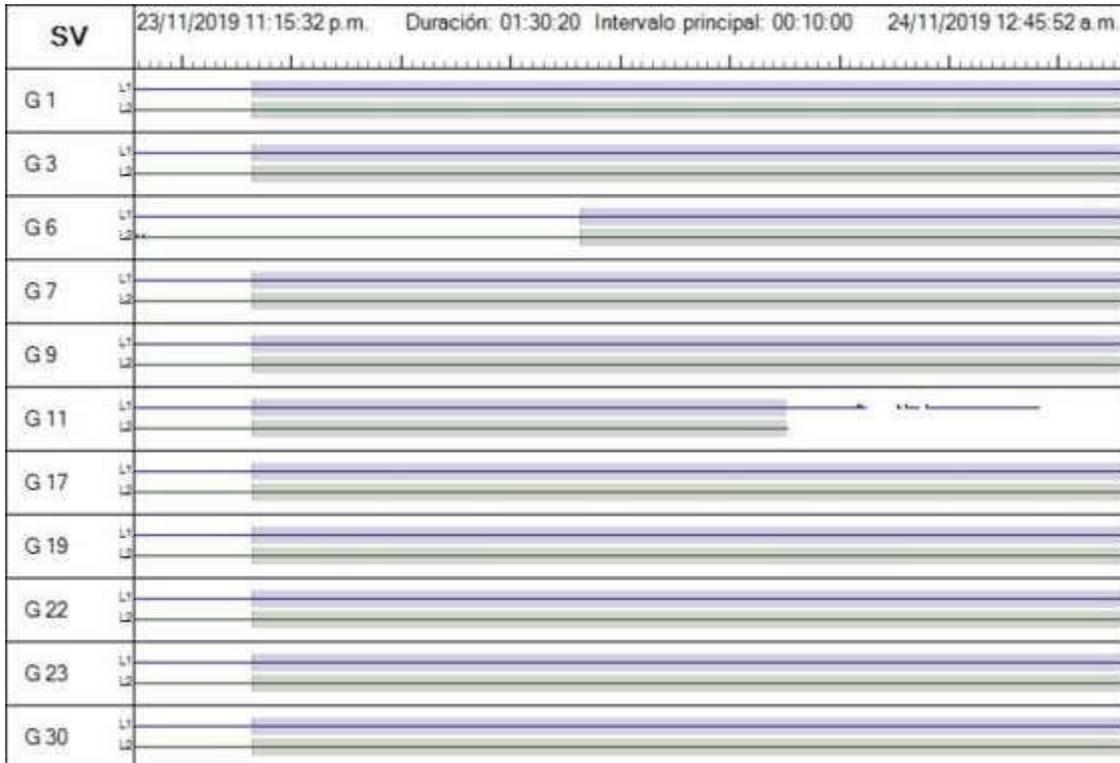


Figura 33: Muestra del seguimiento satelital para el punto 2 en referencia a la estación LI01.

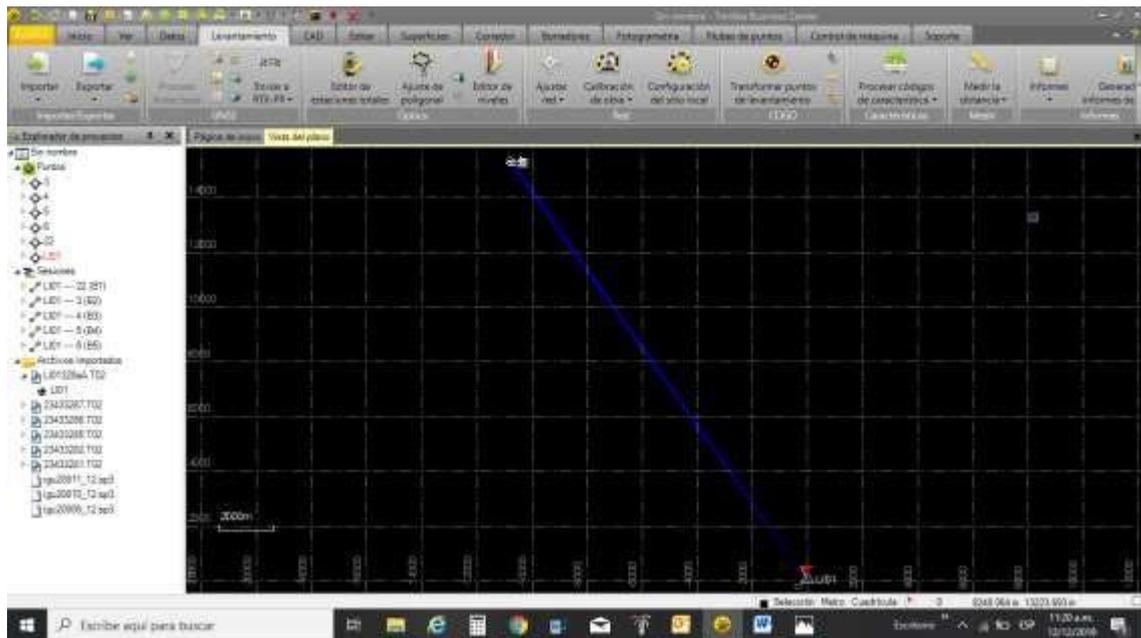


Figura 34: Grafica que muestra el cálculo de los puntos enlazados a la ERP LI01, usando el Software TBC.

Datos del archivo del proyecto		Sistema de coordenadas	
Nombre:	E:\Otros\Geoinf\PROYECTOS\2019\Jonaz\	Nombre:	UTM
Tamaño:	318 KB	Datum:	WGS 1984
Modificado/a:	03/12/2019 11:30:53 a.m. (UTC:-5)	Zona:	18 South (75W)
Zona horaria:	Hora est. Pacífico, Sudamérica	Geoide:	EGM2008 (GLOBAL)
Número de referencia:		Datum vertical:	
Descripción:			

Lista de puntos

ID	Este (Metro)	Norte (Metro)	Elevación (Metro)	Código de característica
1	269595.399	8676274.385	53.770	
2	269560.150	8676392.087	82.459	
3	269549.341	8676406.179	82.005	
4	269559.712	8676514.922	42.321	
5	269695.311	8676440.561	50.344	
6	269698.182	8676409.678	51.05	
LI01	280479.897	8661244.589	134.023	LI01

12/12/2019 14:53:22	E:\Otros\Geoinf\PROYECTOS\2019\Jonaz\Carpet	Trimble Business Center
---------------------	---------------------------------------------	-------------------------

Figura 35: Se muestra un resumen de las coordenadas resultantes de los cálculos obtenidos por el software TBC

❖ GRÁFICOS DE LAS POLIGONALES

- En esta tabla N° 12, se aprecia los resultados geométricos obtenidos del procesamiento del levantamiento convencional (estación total), asimismo en la figura N° 31, se aprecia el grafico de la poligonal resultante.

Cuadro de Coordenadas UTM 18S - WGS 84					
Vertice	Lado	Longitud	Ang. Interno	Este	Norte
1	1-2	122.86 ml	53°52'30.38''	269585.5860	8676273.5980
2	2-3	17.76 ml	200°50'39.52''	269549.6626	8676391.0840
3	3-4	109.23 ml	137°02'01.26''	269538.7640	8676405.1110
4	4-5	154.59 ml	66°42'47.12''	269548.5123	8676513.9080
5	5-6	31.01 ml	124°02'26.59''	269684.4876	8676440.3650
6	6-1	169.90 ml	137°29'35.13''	269687.5314	8676409.5090
TOTAL		605.34 ml	720°00'00.00''		

Fuente: Elaboración propia

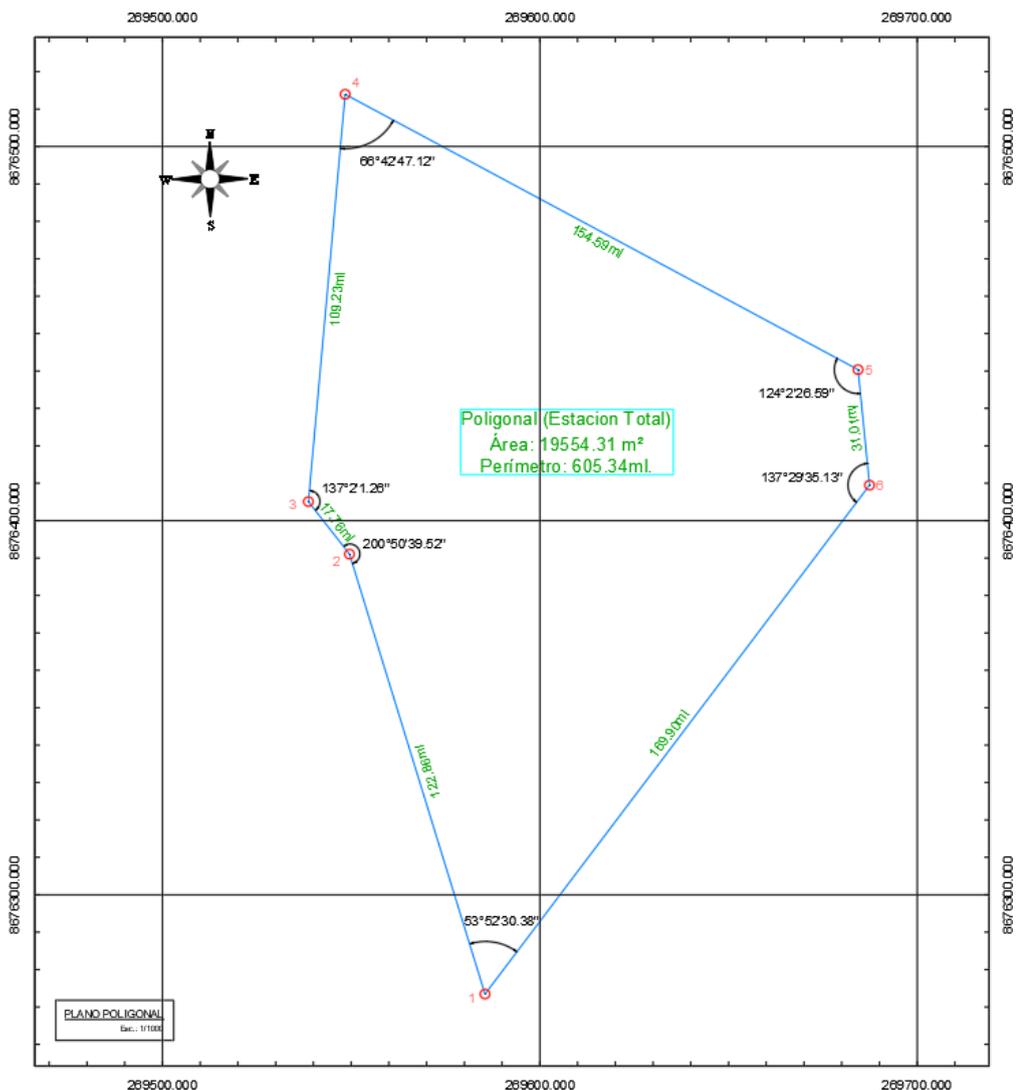


Figura 36: Gráfica de la poligonal resultante con estación total

Fuente: Elaboración Propia

- En esta tabla N° 13, se aprecia los resultados geométricos obtenidos del procesamiento del levantamiento No convencional (Drone), asimismo en la figura N° 32, apreciamos el grafico de la poligonal resultante.

Cuadro de Coordenadas UTM 18S - WGS 84					
Vertice	Lado	Longitud	Ang. Interno	Este	Norte
1	1-2	122.84 ml	53°49'36.57''	269595.2653	8676271.4617
2	2-3	17.69 ml	200°52'48.15''	269560.2444	8676389.2019
3	3-4	108.47 ml	136°59'03.29''	269549.4868	8676403.2495
4	4-5	154.04 ml	66°45'13.42''	269560.0165	8676511.2025
5	5-6	30.88 ml	123°59'23.54''	269694.9792	8676436.9531
6	6-1	169.29 ml	137°33'55.03''	269697.7636	8676406.1946
TOTAL		605.21 ml	720°00'00.00''		

Fuente: Elaboración propia

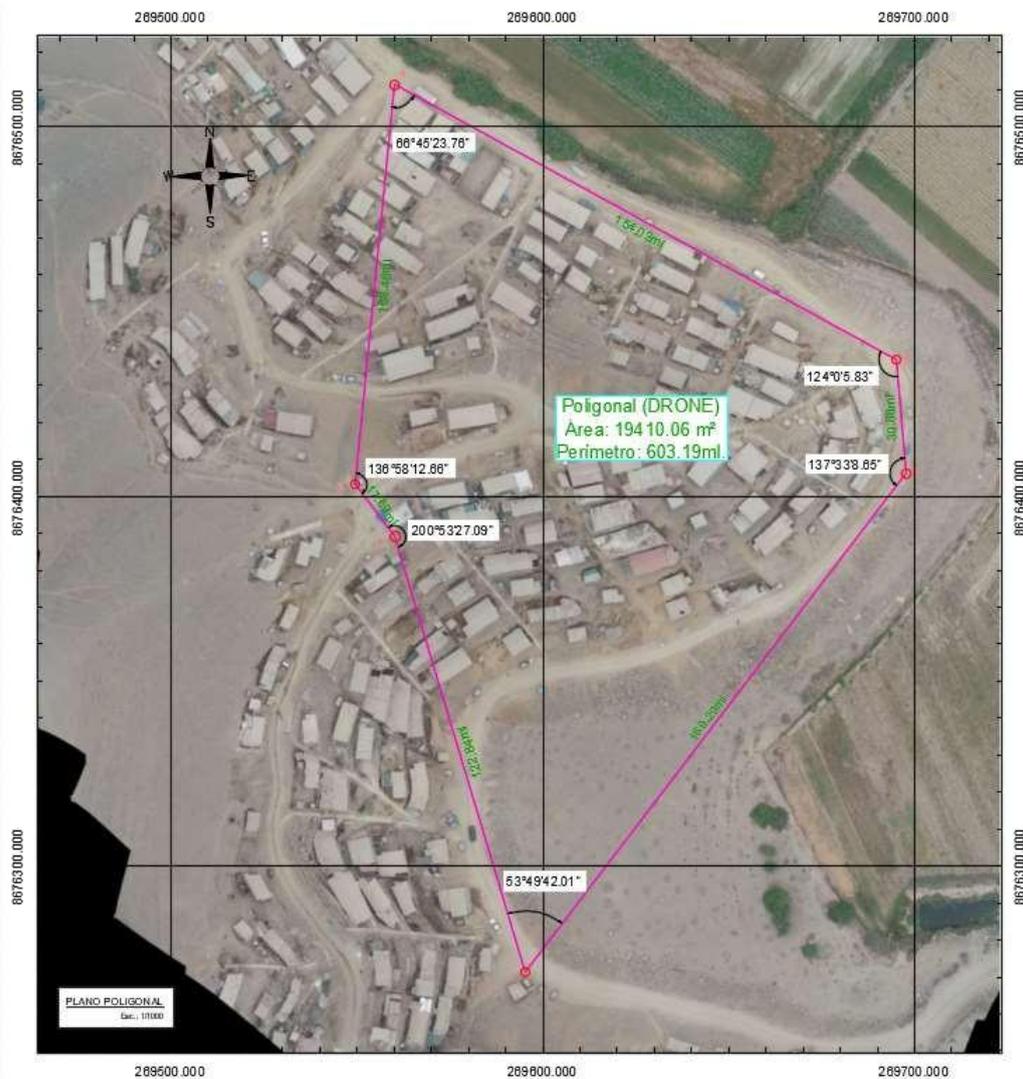


Figura 37: Grafica de la poligonal resultante con drone

Fuente: Elaboración Propia

- En esta tabla N° 14, se aprecia los resultados geométricos obtenidos de los puntos generados por el pos-procesamiento del levantamiento con GNSS, asimismo en la figura N° 33, apreciamos el grafico de la poligonal resultante.

Cuadro de Coordenadas UTM 18S - WGS 84					
Vertice	Lado	Longitud	Ang. Interno	Este	Norte
1	1-2	122.87 ml	53°53'45.01''	269595.3987	8676274.3850
2	2-3	17.76 ml	200°49'03.91''	269560.1500	8676392.0870
3	3-4	109.24 ml	137°03'45.94''	269549.3410	8676406.1790
4	4-5	154.65 ml	66°42'28.93''	269559.7120	8676514.9220
5	5-6	31.02 ml	124°03'03.76''	269695.3110	8676440.5610
6	6-1	169.91 ml	137°27'52.44''	269698.1820	8676409.6780
TOTAL		605.44 ml	720°00'00.00''		

Fuente: Elaboración propia

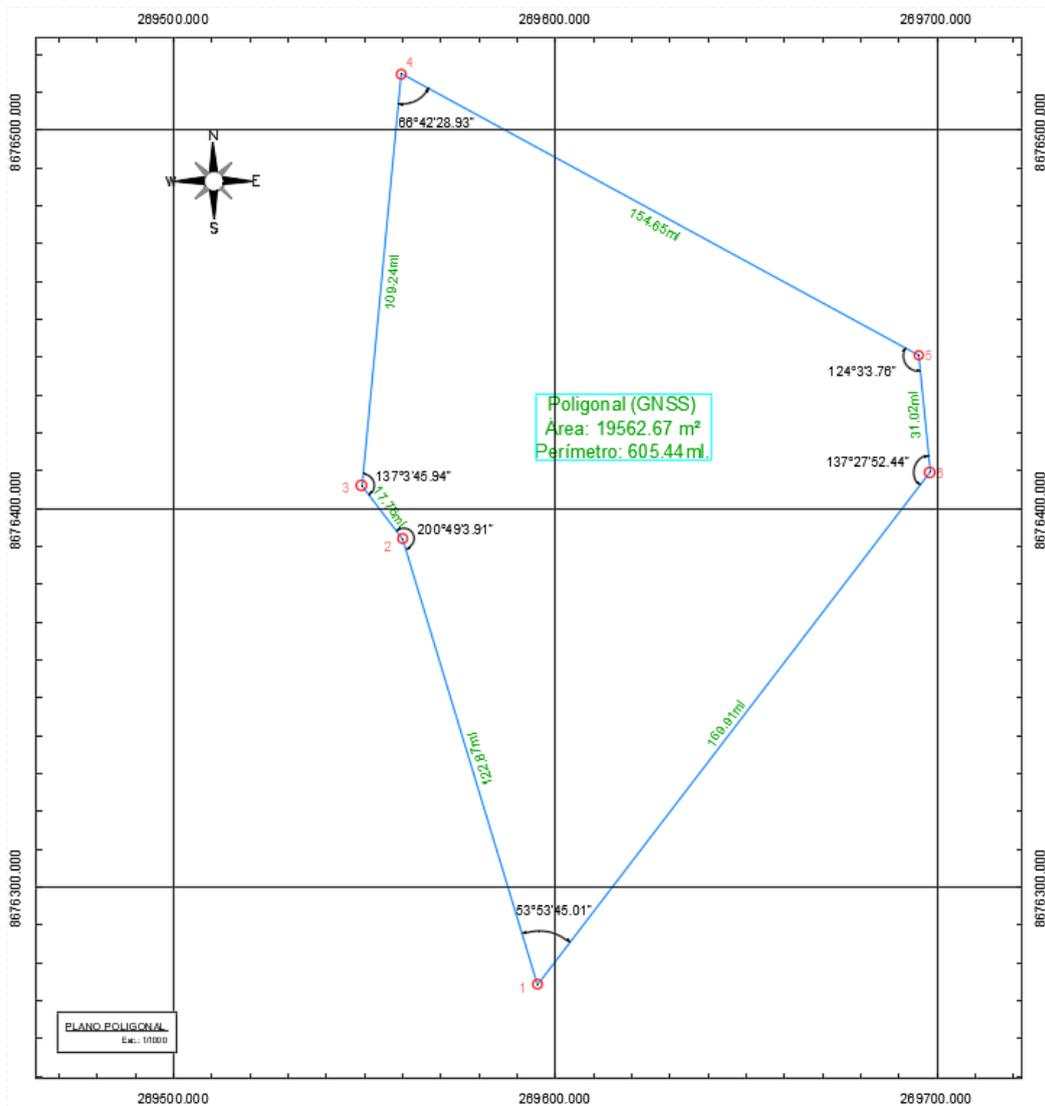


Figura 38: Gráfica de la poligonal resultante del drone

Fuente: Elaboración Propia

3.2 RESULTADOS

Se comparó las 3 poligonales y sus aspectos geométricos como el área que generan, el perímetro del área y los lados de los segmentos que lo componen. Así poder determinar la precisión de estos equipos de manera objetiva y cuantitativa. Los niveles de comparación serán:

- ✓ El área; ya que es esencial conocer esta dimensión en los proyectos de obras civiles ya que determinan la envergadura de la obra.
- ✓ El Perímetro; porque es apropiado conocer la dimensión que forma el área del proyecto.
- ✓ Las distancias de los segmentos; ya que es apropiado conocer con precisión los linderos que forman al perímetro y que encierran al área de las obras civiles.

Los ángulos internos; ya que estos determinan la forma del polígono y con ello las áreas y demás parámetros importantes en los proyectos civiles.

Estas comparaciones se realizaron en el Software Civil 3D 2017, que proporciono las facilidades de establecer las geometrías de los tres tipos de levantamientos; el área de las tres poligonales se desarrollaron con la herramienta de “Parcel” que genera de manera muy precisa y acertada el área y perímetro de las poligonales, reduciendo errores humanos. Ver figura 39.



Figura 39: Software Civil 3D 2017

Fuente: Elaboración Propia

- **RESULTADO DE LAS ÁREAS CALCULADAS**

En esta grafica se aprecia el área que generó el GNSS con el software Civil 3D 2017, uniendo los puntos calculados por software TBC (Trimble Bussiness Center), obteniendo un área de la poligonal geodésica.

Además, se aprecia el área de la Estación Total calculada en base a las coordenadas compensadas por el método de la “Regla de la Brújula” y dibuja por el software Civil 3D. Y por último se ve el área generada en el software Civil 3D de la restitución orto métrica, aplicada al orto mosaico generado por el software PIX4D, en base a las fotos tomadas por el drone.

En la gráfica se aprecia que el DRONE se aleja del área del GNSS con una precisión de 99.22%, en cambio la Estación Total se acerca, significativamente con un 99.96%. Aunque las diferencias no son muy amplias, el polígono del drone es menor que los dos polígonos, resultando ser la menos precisa para levantamiento topográfico de precisión, en obras civiles. Ver figura 35.

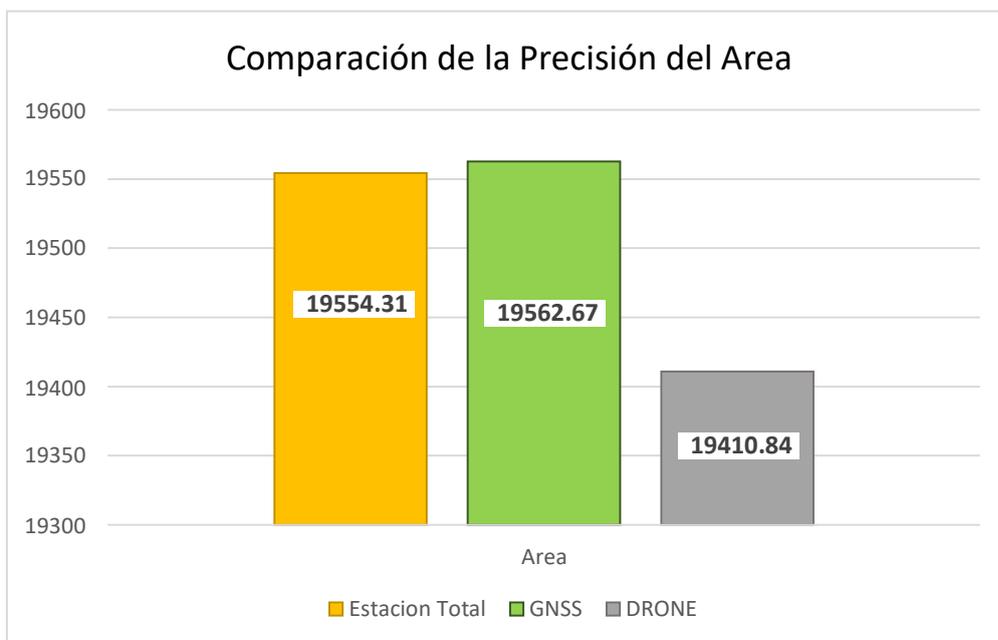


Figura 40: Comparación de la Precisión del Área

Fuente: Elaboración Propia

- **RESULTADO DE LA PRESIÓN DEL PERÍMETRO CALCULADO**

En esta grafica se muestra la comparación del Perímetro, que fue generado automáticamente por el software Civil3D al momento de crear las poligonales, para los 3 casos; el nivel de referencia nuevamente el GNSS como el 100%; y se aprecia que la barra de la Estación Total se le acerca significativamente con un 99.98%; por otro lado, se ve que el DRONE se aleja con un 99.63%. Ver figura 36.

Aquí se demuestra que el polígono generado con el drone, no es preciso ya que las imágenes sin ayuda de puntos de control carecen de ventajas métricas; esto da lugar a que si el orto mosaico es georreferenciado completamente con los 6 puntos del GNSS, este alcanzaría precisión aceptable, ya que el orto mosaico sufría deformaciones que ayudarían a tener caracterizas métricas.

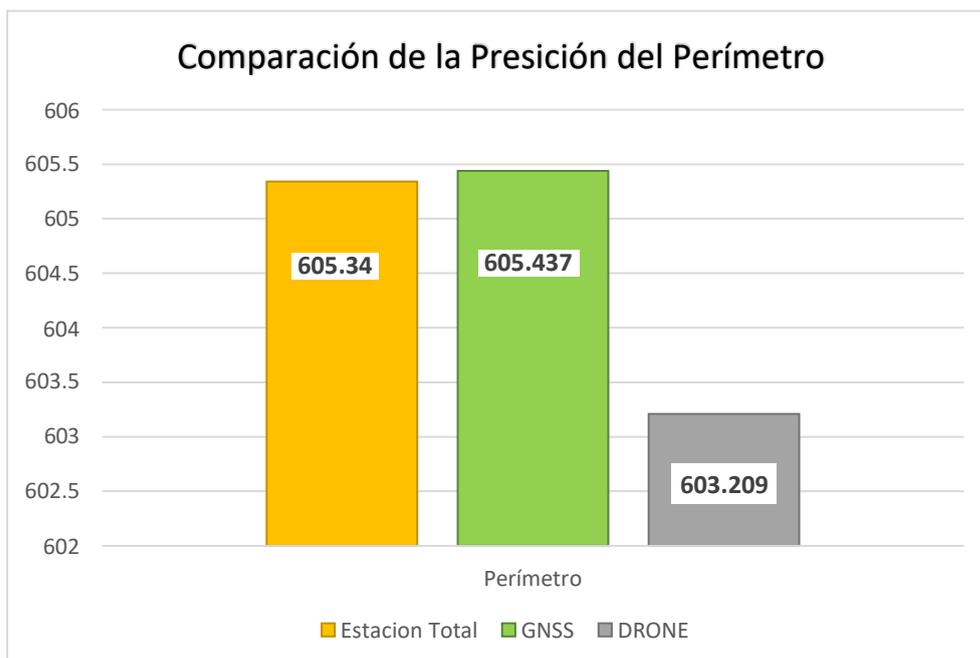


Figura 41: Comparación de la Precisión del Perímetro

Fuente: Elaboración Propia

- **RESULTADOS DE LA PRECISIÓN DE LOS SEGMENTOS**

En esta grafica se muestra una comparación más detalla, sobre las longitudes de los segmentos que componen las poligonales; donde se aprecia que las distancias medidas por la Estación Total son más cercanas a las generadas por el levantamiento GNSS, teniendo más coincidencias; por otro lado, el DRONE también tiene coincidencias en algunos segmentos y en otros se aleja. Ver figura 37.

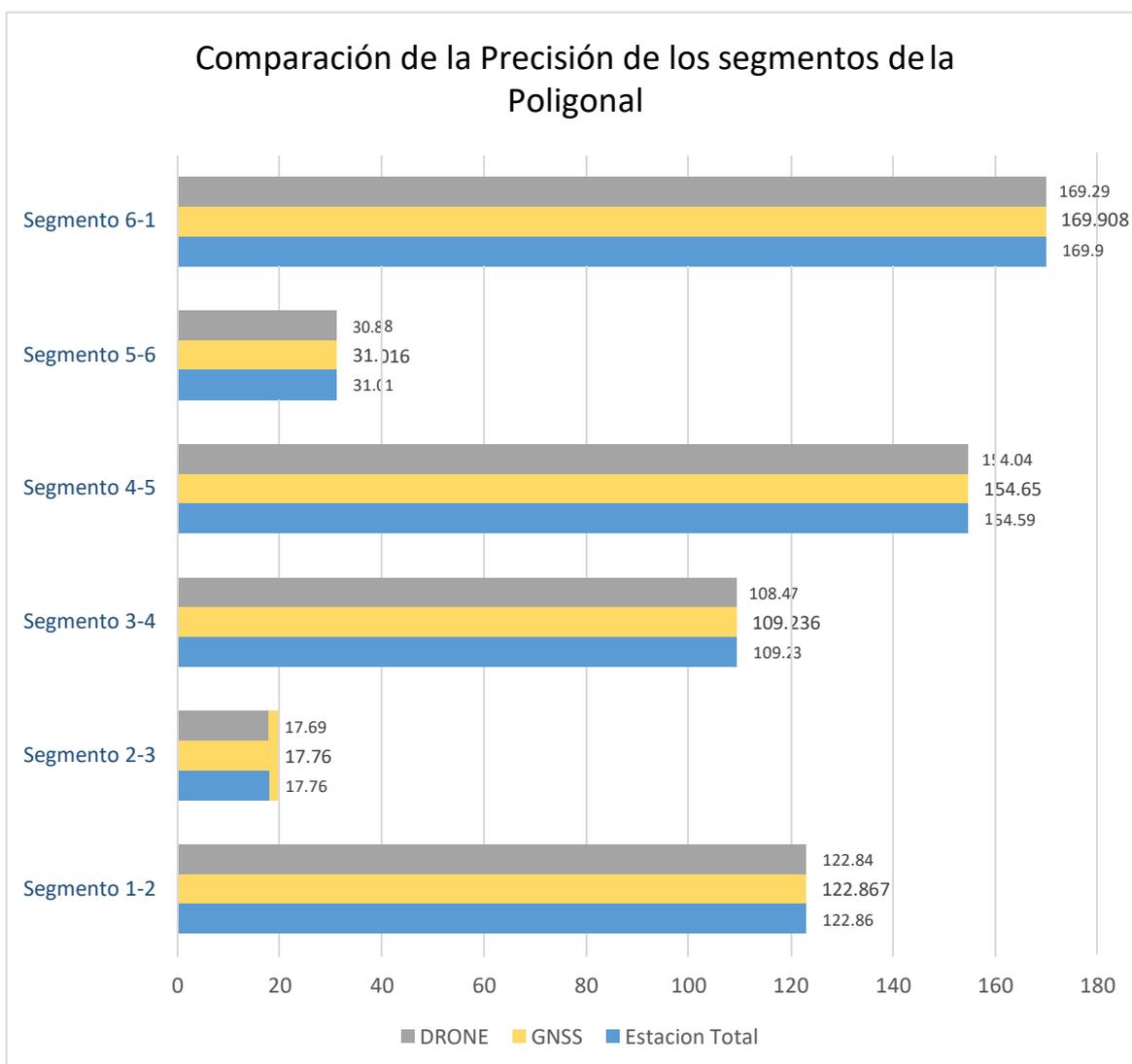


Figura 42: Comparación de la Precisión de los segmentos de la poligonal

Fuente: Elaboración Propia

- **RESULTADOS DE LA PRECISIÓN DE LOS ÁNGULOS INTERNOS**

El levantamiento geodésico horizontal es la base de todo levantamiento convencional y no convencional; ya que su posicionamiento está dado por el DATUM WGS84 y tiene precisión milimétrica, incluso por debajo del milímetro; si bien el modelo WGS84 es un modelo imaginario, es la mejor aproximación a la forma de la tierra y cuenta con el respaldo técnico-profesional idóneo para su mantenimiento.

En este caso, se compara la precisión de los ángulos internos de las poligonales; teniendo como base los ángulos internos generados por el polígono del GNSS; observando la Estación Total tiene mejor aproximación al GNSS con 99.986%, por otro lado, los ángulos del polígono generado por la restitución de las imágenes del DRONE tienen un 99.936%, y algunas aproximaciones al GNSS pero un desfase significativo en el vértice 3. Ver figura 38.

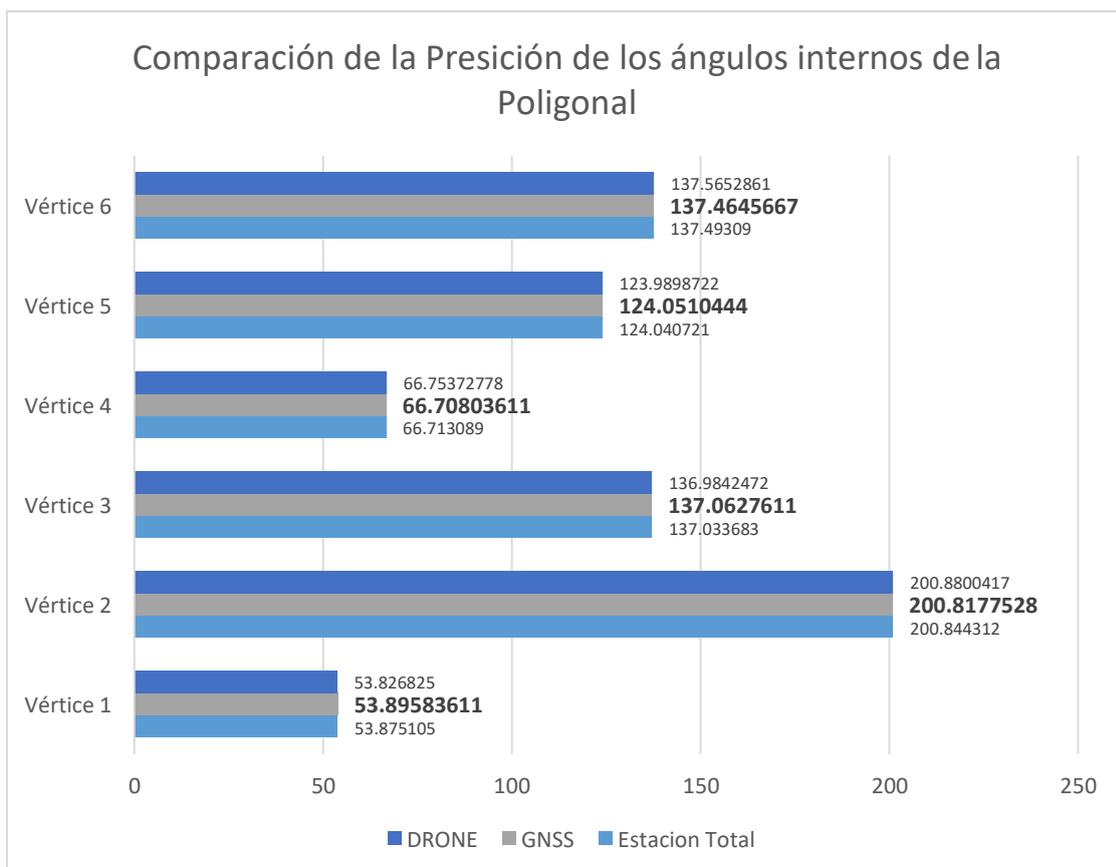


Figura 43: Comparación de la precisión de los ángulos internos de la poligonal

Fuente: Elaboración Propia

➤ **MEDIO AMBIENTE**

En esta tabla se aprecia el funcionamiento de los equipos en diferentes situaciones meteorológicas, ya que estas afectan las mediciones y funciones de los equipos, es necesario elegir el adecuado. Siendo la estación total más versátil en comparación al drone, ya que incluso la estación total es operativa durante la noche. Ver tabla N° 15.

Porcentaje de rendimiento de acuerdo al medio ambiente

Porcentaje de rendimiento	Medio Ambiente				
	Sol	Lluvia	Nublado	Neblina	Viento
GNSS	100%	100%	100%	100%	100%
Estación Total	100%	50%	100%	0%	100%
Drone	100%	20%	100%	0%	0%

Fuente: Elaboración Propia

También hay que considerar los aspectos del lugar del levantamiento, por ejemplo en las mejores condiciones meteorológicas una estación total no es adecuada para una zona boscosa, ahí sería conveniente un GNSS en modo RTK o PPK ya que este equipo es radiométrico y no necesita ver un objetivo como el prisma de la Estación Total.

➤ **VALOR DE EQUIPO**

En esta tabla se aprecia una comparación de los precios que tienen los equipos topográficos en el mercado, como se puede apreciar hay varios rangos de precios eso es debido a la calidad, la precisión y actualizaciones de los equipos, se observa que el de mayor costo es el receptor GNSS por su alta precisión para el posicionamiento geográfico. Ver tabla N° 16.

Costo del Valor de Equipo

Costo	Valor de Equipo				
	1\$ - 2000\$	2001\$-4000\$	4001-6000\$	6001\$- 8000\$	8001\$ a más
GNSS				X	X
Estación Total			X	X	X
Drone		X	X	X	X

Fuente: Elaboración Propia

➤ **RESULTADO DE TIEMPO UTILIZADO EN LA POLIGONAL**

En esta tabla se aprecia una comparación, del tiempo utilizado en un levantamiento, esta investigación dio como resultado que el dron es el que menor tiempo requiere por su practicidad, ya que su manejo es automatizado y programado. Ver tabla N° 17.

Tiempo utilizado en la poligonal

Horas	Tiempo utilizado en la poligonal				
	0 - 1	1 - 5	5 -10	11 - 15	15 a más
GNSS					X
Estación Total		X			
Dron	X				

Fuente: Elaboración Propia

IV. DISCUSIÓN

- Se concuerda con Dolores Alminco L. (2017), en su trabajo de titulación en la Universidad Cesar Vallejo titulado “Aplicación de métodos fotogramétricos mediante vehículos aéreos no tripulado para plano catastral en San Juan de Lurigancho”, el cual menciona que los vehículos aéreos no tripulados proporcionan información de buena calidad que complementa la topografía convencional; esto se contrasta en los resultados obtenidos; aunque de manera independiente la precisión del dron no es buena con un 99.60%, respecto al Receptor Satelital GNSS (Patrón); la información espacial generada, es de gran utilidad para información referencial convenientemente en catastro, donde el objetivo es la identificación de los predios y actualización de ellos.
- Esta investigación concuerda con León Pulgar D. (2018), en su tesis presentada en la Universidad Pontificia Universidad Católica del Ecuador, titulada “Uso de cuatro métodos topográficos de recolección de datos con el objeto de evaluar la precisión y costos de cada uno. Caso real Taludes de la vía E35 Colibrí – Pifo, Sector KM 20 – KM 24”, el cual determino que el levantamiento con dron tiene mayor discrepancia respecto a sus otros levantamientos realizados con el fin de determinar la precisión y rapidez en obras; esta investigación demostró que efectivamente la precisión del dron es mucho menor con un 99.60% en comparación al levantamiento convencional, ya que la estación alcanza un 99.98 % de precisión; tomando en cuenta su área, perímetro y ángulos internos de la poligonal.
- Los resultados de esta investigación concuerda con Tacca QQuelca H. (2015), en su trabajo de titulación en la Universidad Nacional del Altiplano titulado “Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional”, ya que menciona que el levantamiento indirecto con dron es versátil con un 95% de confianza; donde discrepa con los resultados obtenidos, dado que en la investigación realizada, el dron no alcanza un grado de precisión aceptable, ya que la diferencia en perímetro es de 2.13 m en comparación a la estación total.

V. CONCLUSIONES

- Los resultados del levantamiento geodésico fueron tomados como patrón para determinar la precisión de los dos tipos de levantamientos; el levantamiento convencional usando (Estación Total), demostró un 99.98% de acercamiento al levantamiento geodésico; respecto al área, perímetro y ángulos internos; esto demuestra la gran precisión de este instrumento, a la hora de calcular distancias horizontales, y de la precisión del limbo horizontal para la determinación de los ángulos horizontales; por el otro lado el levantamiento no convencional con drone obtuvo un 99.60% en comparación al GNSS, siendo inferior a la Estación Total; por lo que el drone de manera independiente, no es un instrumento de precisión para trabajos topográficos en obras civiles; el cual requiere dominio en las distancias horizontales y de los ángulos horizontales para determinar rumbos, azimuts y generar áreas de precisión.
- Esta investigación concluye que el levantamiento con estación total, presenta una mayor precisión del área calculada; de la poligonal cerrada; presentando un área de 19,554.31 m² \equiv 99.96% sobre el drone que solo alcanza un 19,410.84 m² \equiv 99.22%, ambos respecto al receptor satelital GNSS (patrón).
- En los resultados del perímetro el levantamiento Geodésico se obtuvo 605.437 ml, para la poligonal cerrada; para el caso del levantamiento convencional se obtuvo un 605.34 ml, alcanzando una alta precisión con un acercamiento de 99.984%; por el otro lado el perímetro generado por la restitución fotogramétrica obtenida por el drone dio como resultado 603.209 ml. correspondiente a un 99.632% de acercamiento al perímetro generado por el GNSS, demostrando una baja precisión en las mediciones horizontales.
- Esta investigación también concluyo que; teniendo en cuenta que los ángulos internos son determinantes para la variación del área de un polígono; estos deben alcanzar una alta precisión a los ángulos generados por el polígono del GNSS, por lo cual la precisión generada por la restitución fotogramétrica fue de 99.936% de equivalencia con el GNSS y para el levantamiento convencional fue 99.986%; siendo el levantamiento convencional el más preciso, con más coincidencias respecto al GNSS.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que en el uso de la Estación Total esta debe contar con certificación de calibración vigente no mayor a un año; además de ingresar a la estación los parámetros medio ambientales como temperatura, presión y humedad de la localidad en donde se está ejerciendo el levantamiento y tener cuidado con la nivelación del equipo al momento de su utilización y que el nivel circular del prisma o miniprisma se encuentren calibrados; de esta forma obtendremos mediciones precisas en todo el trabajo. También se debe tener en cuenta el contexto del levantamiento, ya que en zonas con obstáculos como viviendas edificios, arboles, etc. perjudicarían enormemente las mediciones, lo cual demandaría tiempos muy altos para poder evadirlos.
- En los levantamientos no convencionales con drone, se recomienda realizar previamente una red de puntos medidos con Estación Total; si se requiere para fotogrametría y poder realizar mediciones de manera directa en la imagen; o de GNSS; ya sea en modo estático o en RTK; si además se requiere que este correctamente georreferenciado; de esta manera las fotografías restituidas en el ortomozaico, se encuentren ortorectificadas con alta precisión; considerar también el contexto ya que definitivamente las edificaciones y los arboles interfieren con el terreno natural.
- Se recomienda no realizar una poligonal geodésica en los proyectos, ya que demanda tiempo y costo; solo se realizó la poligonal geodésica para fines de investigación; lo que si se recomienda es realizar por lo menos 2 hitos medidos con receptor GNSS que servirán como apoyo geodésico para la elaboración de la poligonal con Estación Total, este a su vez servirá para todo el levantamiento; y en el levantamiento con DRONE; estos dos hitos medidos de igual manera servirán como base de la red de puntos para su ortorectificación.
- Se recomienda evaluar los costos de los equipos de manera congruente a la necesidad del trabajo, si bien el levantamiento convencional con Estación Total tiene ventajas

en costos en función de la precisión, no sería apropiada para un levantamiento referencial de grandes extensiones de territorio; en ese caso el drone sería más apropiado ya si bien no cuenta con alta precisión, su producto es más que aceptable para planos referenciales, y cubriría hectáreas de terreno en minutos.

REFERENCIAS

- AYALA VALDIVIA, Mak Robert. Evaluación de Levantamientos topográficos con Drone (DJI Phantom 4 pro) y estación total, quebrada señor de quinuapata del Distrito de Ayacucho, Perú. Tesis (Ingeniero Civil). Universidad Privada de Trujillo–Perú, 2018.
Disponible:
<http://repositorio.uprit.edu.pe/handle/UPRIT/4/browse?value=Ayala+Valdivia%2C+Mak+Robert&type=author>
- DOLORES ALMINCO, Lincoln. Aplicación de métodos fotogramétricos mediante vehículos aéreos no tripulados para plano catastral en San Juan de Lurigancho. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2017.
Disponible:
http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/34/discover?filtertype=author&filter_relational_operator>equals&filter=Dolores+Alminco%2C+Lincoln
- QUISPE FLORES, Timoteo. Levantamiento topográfico con estación total y un dron (UAV) eBee de Sensefly, para la demarcación del centro experimental Wayllapampa, Pacaycasa, Ayacucho. Tesis (Ingeniero Civil). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho – Perú, 2017.
Disponible:
<http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2663>
- TACCA QQUELCA, Hilario. Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional. Tesis (Ingeniero Topógrafo y Agrimensor). Universidad Nacional del Altiplano Puno – Perú, 2015.
Disponible:
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3882/Hilario_Tacca_Qquelca.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- LEÓN PULGAR, Diego. Uso de cuatro Métodos Topográficos de recolección de datos con el objeto de evaluar la precisión y costos de cada uno. Caso real taludes de la Vía E35 Colibrí – Pifo, Sector KM 20 – KM 24. Tesis (Ingeniero Civil). Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2018.
Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/14611>.
- ALBA COELLO, Romero y BALLESTEROS ABELLÁN, Gonzalo. Fotogrametría de UAV de ala fija y comparación con Topografía clásica. Tesis

presentada en la Universidad Politécnica de Madrid, España, 2013. Disponible en: http://oa.upm.es/34699/1/PFC_ALBA_COELLO_ROMERO.pdf.

- APARICIO Ramírez, Vittorio Francesco. Replanteo de Coordenadas UTM a la Superficie Topográfica, para grandes extensiones. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería – Perú, 2018. 20-24pp.
- CORREDOR Daza, Juan G. Implementación de modelos de elevación obtenidos mediante topografía convencional y topografía con drones para el diseño geométrico de una vía en rehabilitación sector Tuluá – Río Frio: Tesis (Especialización en Geomática). Bogotá – Colombia: Universidad Militar Nueva Granada.
- INSTITUTO Geográfico Nacional (Perú): Especificaciones Técnicas para levantamientos Geodésicos verticales. Lima: IGN, 2016. 8, 18-19 y 28-29 pp.
- SANTAMARÍA Peña, Jacinto. La Cartografía y las Proyecciones Cartográficas. [en línea]. España: Universidad de la Rioja Servicio de Publicaciones, 2011 [fecha de consulta: 9 de junio del 2019]. Capítulo 1. La Cartografía. Disponible en: https://www.todostuslibros.com/libros/apuntes-de-cartografia-y-proyecciones-cartograficas_978-84-95301-30-7
ISBN: 978-84-694-0867-4
- MENDOZA Dueñas, Jorge. Topografía y Geodesia. [en línea]. 2019. [fecha de consulta: 15 de mayo del 2019]. Capítulo 1. Generalidades
Disponible en: <https://librosdefisicajlmd.com/libros-de-topografia-gratuitos/>
- CLAROS Zelaya, René Alberto GUEVARA Aguilar, Alex Enrique y PACAS Cruz, Nelson Ricardo. Aplicación de Fotogrametría aérea en levantamientos topográficos mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados. Tesis (Ingeniero Civil). Universidad de El Salvador, 2016. 21, 23-24pp.
- ARIAS Fidias. Introducción a la Metodología Científica. 6.^a ed. Episteme: El Proyecto de Investigación, 2006. 24, 31 y 58pp.
ISBN: 980-07-8529-9.
- ZAPATA Oscar. Fundamentos de Fotogrametría para Imágenes de Contacto y Digitales. [ed] Universidad Nacional de Colombia. Medellín: Aproximación a Pedagogías Intensivas, 2003. Pág. 327.
- BERNAL Torres, César Augusto. Metodología de la Investigación. 3^{ra} ed. Pearson Educación de Colombia Ltda., 2010., pág. 320.

- SÁNCHEZ José. Introducción a la Fotogrametría. E. T. S. I. Caminos, Canales y Puertos, Cátedra de Topografía. [En línea] 2006.
- PORTA INGA, James. Evaluación de la Precisión del Proyecto con el Método Medición del Levantamiento Topográfico con Estación Total Topcon del Coar Chupaca 2016. Tesis (Ingeniero Civil). Universidad Peruana Los Andes, Huancayo – Perú, 2016.
Disponible:
<http://repositorio.upla.edu.pe/handle/UPLA/262>
- DIAZ Jairo, GALINDO Yeismi. Comparación de la Eficiencia lograda en el Uso de Modelos Digitales de Terreno Generados a partir de Topografía Convencional y Tecnología LiDAR en Proyectos de Infraestructura Vial. Tesis (Maestría). Universidad Santo Tomás De Aquino, Bogotá D.C. - Colombia, 2017. 53-54pp._
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10739/2018>
- ZUÑIGA Walter. Topografía Teoría y Práctica. 1.ª ed. Grupo Universitario: 2011. 22-23 y 93 - 94 pp.
- Las medidas de seguridad que se aplican en los drones a día de hoy [Artículo Científico]. España: Sabán, A., (28 de diciembre del 2017). [Fecha de consulta: 3 de julio del 2019]. Recuperado de <https://blogthinkbig.com/seguridad-en-drones>.
- Aplicación de la fotogrametría terrestre al levantamiento de alzados de edificios singulares. [Artículo Científico]. España: Lema, J., Cabrelles, M., Segui, A., Navarro, S., (1 de febrero 2011). [Fecha de consulta: 3 de julio del 2019].
Recuperado_
<http://www.iaph.es/revistaph/index.php/revistaph/article/view/3118/3118>
- Nuevas tecnologías en topografía [Artículo Científico]. México: Gutierrez, A., (13 de noviembre del 2015). [Fecha de consulta: 3 de julio del 2019].
Recuperado de <http://www.cienciamx.com/index.php/ciencia/la-tierra/4003-tecnologia-permite-realizar-estudios-topograficos>
- Algunos Aspectos Sobre Alturas Ortométricas y Normales [Artículo Científico]. España: Hernández, A., Navarro, P., Santos, M., Tenzer, R., (1 de diciembre del 2003). [Fecha de consulta: 3 de julio del 2019]. Recuperado de <http://www2.unb.ca/gge/Personnel/Vanicek/AlgunosAspectos.pdf>

- Estudio de la Ondulación del Geoide [Artículo Científico]. Costa Rica: Moya, J., Dorries, E., (1 de enero del 2004). [Fecha de consulta: 3 de julio del 2019]. Recuperado <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/uniciencia/article/view/5934>
- Acelerómetros cuánticos en vez de GPS [Artículo Científico]. España: Martin, J., (3 de diciembre del 2018). [Fecha de consulta: 3 de julio del 2019]. Recuperado de <https://blogthinkbig.com/acelerometro-cuatico-gps>.
- La Importancia de las imágenes de los satélites en el mundo actual [Artículo Científico]. España: Martin, J., (1 de septiembre del 2018). [Fecha de consulta: 3 de julio del 2019]. Recuperado de <https://blogthinkbig.com/importancia-imagenes-satelites>.
- Un nuevo dron para realizar las funciones de los satélites. [Artículo Científico]. España: Martin, J., (4 de agosto del 2018). [Fecha de consulta: 3 de julio del 2019]. Recuperado de <https://blogthinkbig.com/dron-zephyr-satelites>.
- Comparison between Multicopter UAV and Total Station for estimating stockpile volumes.
- US Army Corps of Engineers (USA): Control and Topographic Surveying, Washington, DC, 2007.1, 9 pp.
Recuperado:<https://ocw.upc.edu/sites/all/modules/ocw/estadistiques/download.php?file=390209/2011/1/53971/entire-4511.pdf>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Operacionalización de Instrumento

Tabla 6: Matriz de Consistencia de Instrumento

TÍTULO: COMPARACIÓN DE LA PRECISIÓN DE UN LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CONVENCIONAL Y NO CONVENCIONAL PARA PROYECTOS CIVILES DEL AA.HH MIRAMAR – DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES -2019							
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA	
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE LEVANTAMIENTO CONVENCIONAL Y NO CONVENCIONAL	Equipo GNSS (Marca: Trimble R6-3, Precisión 3mm+0.1ppm).	Posicionamiento horizontal y vertical, constelaciones satelitales (GPS y GLONASS).	TIPO DE INVESTIGACIÓN: Cuantitativa NIVEL DE INVESTIGACIÓN: No experimental POBLACIÓN: Distrito de San Martin de Porres MUESTRA: AA.HH Miramar TECNICA: Observación INSTRUMENTO:	
¿De qué manera afectaría la precisión de un levantamiento convencional y no convencional en proyectos civiles del AA.HH. Miramar – Distrito San Martin de Porres?		Existe un alto nivel de probabilidad que el levantamiento topográfico con estación total cuente con más precisión para obras civiles.		Estación total (Marca: LEICA TS02, Precisión 5")	Coordenadas polares (ángulos y distancias), elevaciones (nivel trigonométrico) Software: Civil 3D		Ficha técnica de recolección de datos diseñados para tal fin.
PROBLEMA ESPECÍFICO	OBJETIVO ESPECÍFICO	HIPOTESIS ESPECÍFICA		Fotogrametría (Phantom 4 Pro, resolución de cámara 20 megapíxeles)	Ortorectificación, profundidad de campo (estereoscopia) Software: Pixie 4D		
¿Cómo afectaría la precisión de estos levantamientos en el perímetro de los proyectos civiles?	Determinar la precisión del perímetro en los dos tipos de levantamientos.	El levantamiento no convencional utilizando drone no precisa las áreas correctamente por la deformación natural de las fotografías.	VARIABLE DEPENDIENTE PRECISIÓN	Puntos de Control Geodésico	Datum, factor de escala, proyección UTM, Puntos de control de orden "C" y monumentación.		
¿Cómo influye la precisión de estos levantamientos en los ángulos internos de los proyectos civiles?	Determinar la precisión de los ángulos internos de la poligonal, en los dos tipos de levantamientos.	La medición de ángulos cuenta con mayor precisión si es medido de manera directa.		Distancia , Áreas, perímetro y elevación	Planimetría (longitudes horizontales), Poligonales (error lineal de cierre), Altimetría (altura)		

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2: Aspectos Administrativos

- **ASPECTOS ADMINISTRATIVOS**
- **Recursos**

Son los recursos necesarios para continuar con el desarrollo de la investigación, para ello, estos se obtendrán por el autor de la investigación, y en transcurso de los recursos de asesoramiento, será brindado por el temático encargado y expertos en la materia de la investigación.

- **Presupuesto**

1ra Etapa - Puntos de Control – 1 día

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (DIAS)	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
0.1	EQUIPOS	1	1	60\$	205
0.2	TRANSPORTE	1	1	150	150
0.3	COMPRA DE DATA DE ERP	4	-	178.56	178.56
TOTAL					533.56

2da Etapa - Levantamiento Topográfico – 1 días

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (DIAS)	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
0.1	EQUIPOS	1	1	200	200
0.2	TRANSPORTE	1	1	150	150
0.3	PERSONAL (AUXILIAR)	1	1	80	80
TOTAL					430.00

3ra Etapa - Levantamiento Fotogramétrico – 1 día

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (HORAS)	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
0.1	EQUIPOS	1	1	250	160
0.2	OPERADOR Y PROCESAMIENTO	1	1	200	160
0.3	TRANSPORTE	1	1	150	160
TOTAL					600

TOTAL: S/. 1,583.56 Soles

Fuente: Elaboración Propia

- **Financiamiento**

El gasto general será solventado en su totalidad por el investigador.

- **Cronograma de ejecución**

Según (Pérez, 2017, párr: 1 -2) Indica: Que para el desarrollo de un proyecto el tiempo es importante, porque las fechas se encuentran limitadas para la entrega, el cual se debe respetar y cumplir. Por lo tanto, para llevar adecuadamente todas las actividades del proyecto se debe distribuir el tiempo objetivamente, teniendo en cuenta los imprevistos y el contexto en la que se pueda encontrar.

ACTIVIDADES PARA DESARROLLO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		TIEMPO											
		D-1	D-2	D-3	D-4	D-5	D-6	D-7	D-8	D-9	D-10	D-11	D-12
1	Inspección de campo												
2	Monumentación y Levantamiento Geodésico												
3	Disponibilidad de la Data de la ERP del IGN												
4	Post-Procesado de los Puntos de Orden C												
5	Certificación de los Puntos de Orden C												
6	Levantamiento Topográfico												
7	Elaboración del plano Perimétrico y Topográfico												
8	Levantamiento fotogramétrico con Drone												
9	Post-Procesado de las imágenes rasters.												

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3: Certificados de calibración de los equipos

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TRAZABILIDAD DE LA VERIFICACIÓN

Equipo utilizado como patrón	<p>Sel de Calibradores, Marca Topcon Serie N° 267488, con Certificación de Calibración N° G-2017-5571</p> <p>Tecolito Mecánico Kern DPM2A, Serie N°74586 con Certificado de Calibración N° G-2017-5572</p> <p>Nivel Automático Leica NAK2 32x, Serie N°568215, con Certificado de Calibración N° G-2017-5570</p> <p>Monitoreo de placas paralelas LEICA-NAK, con Serie N° 1007983, con Certificado de Calibración N° G-2017-5573.</p> <p>Colimador TOPCON con Telescopio de 32x cuyo retículo enfocado al infinito, el grosor de sus brazos esta dentro de 1", consiste de 08 tubos cada uno con cuadrante reflejado en plataforma fija, con distancia de enfoque infinito, distancia focal de 500mm, apertura efectiva de 56mm y 2" de campo de visión, que es revisado periódicamente por un Tecolito Kern DPM2A precisión 1", con método de lectura directa inversa y referenciado con un Nivel Automático Leica Modelo NAK2 de 32x con Monitoreo de Placas Paralelas de Precisión 0.3 mm, nivelación doble de 1 km.</p>
-------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

FECHA DE CALIBRACIÓN: 2018-10-28

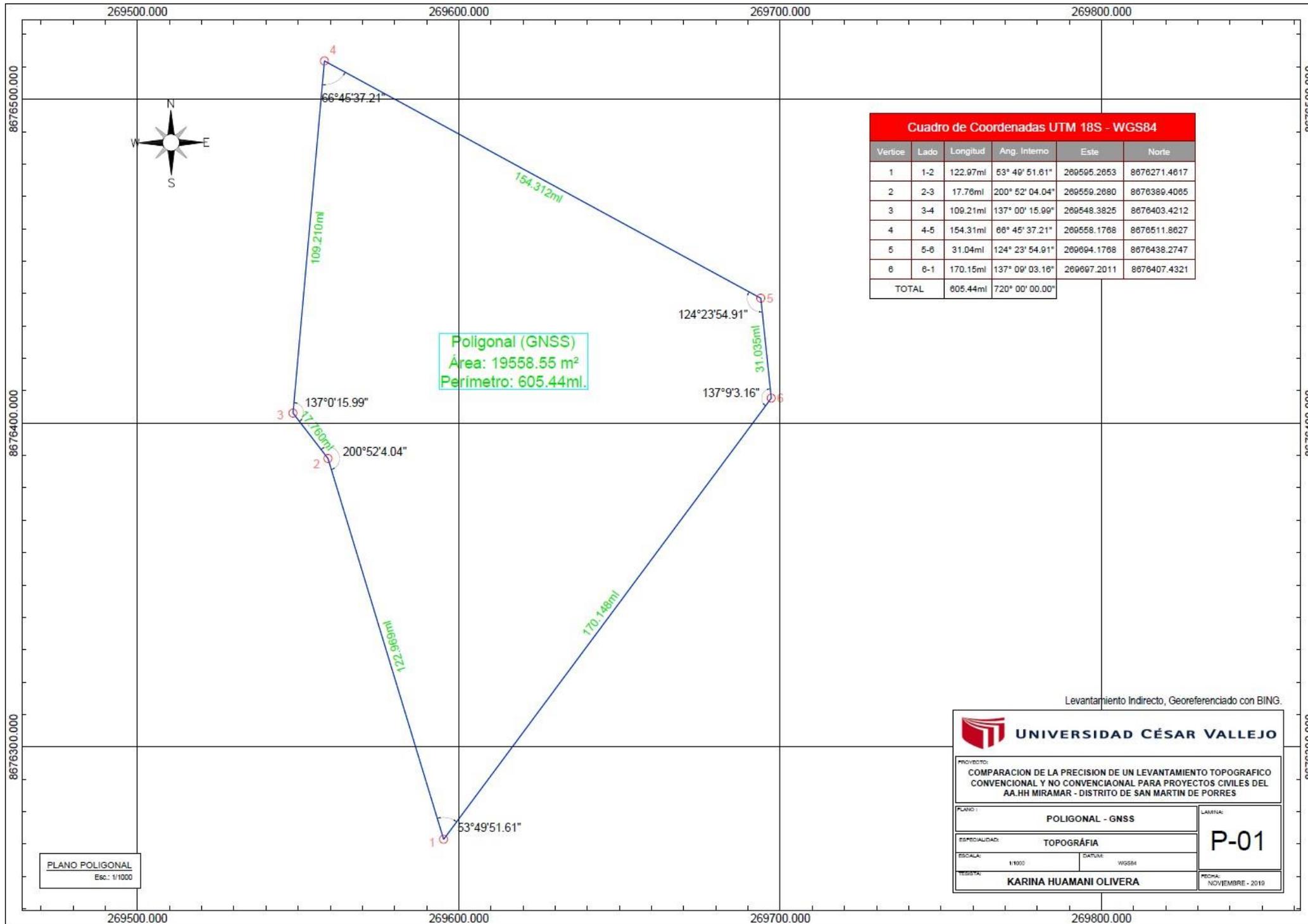
DATOS: ESTE EQUIPO ANTES DE SALIR DE ALMACÉN HA SIDO CHEQUEADO, Y SE ENCUENTRA EN PERFECTO ESTADO, ES DE SU RESPONSABILIDAD EL ADECUADO CUIDADO, ESTA EMPRESA NO SE RESPONSABILIZA POR POSIBLES DAÑOS CAUSADOS POR UNA MALA MANIPULACIÓN Y/O TRANSPORTE INAPROPIADO. A LA FIRMA SE MUESTRA LA CONFORMIDAD.

ENTREGUÉ CONFORME:



GEOTOP S.R.L.
JORGE CAMACHO DELGADO
Administración - Cel. 997627

Anexo 4: Planos



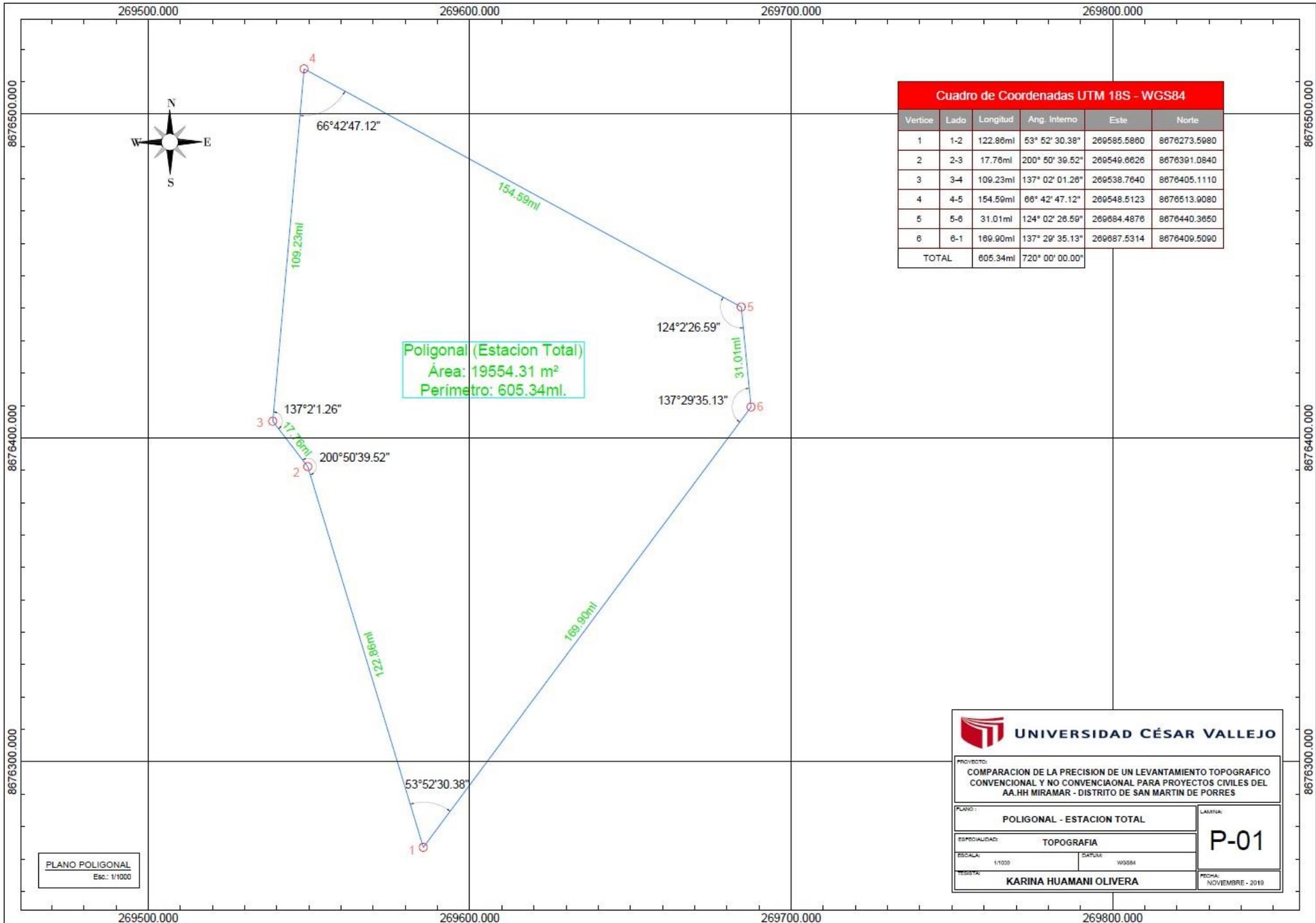
Cuadro de Coordenadas UTM 18S - WGS84					
Vertice	Lado	Longitud	Ang. Interno	Este	Norte
1	1-2	122.97ml	53° 49' 51.61"	269595.2653	8676271.4617
2	2-3	17.76ml	200° 52' 04.04"	269559.2680	8676389.4065
3	3-4	109.21ml	137° 00' 15.99"	269548.3825	8676403.4212
4	4-5	154.31ml	66° 45' 37.21"	269558.1768	8676511.8627
5	5-6	31.04ml	124° 23' 54.91"	269604.1788	8676438.2747
6	6-1	170.15ml	137° 09' 03.16"	269697.2011	8676407.4321
TOTAL		605.44ml	720° 00' 00.00"		

Poligonal (GNSS)
 Área: 19558.55 m²
 Perímetro: 605.44ml.

Levantamiento Indirecto, Georeferenciado con BING.

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO			
PROYECTO: COMPARACION DE LA PRECISION DE UN LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CONVENCIONAL Y NO CONVENCIONAL PARA PROYECTOS CIVILES DEL AA.HH MIRAMAR - DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES			
PLANO:	POLIGONAL - GNSS		LAMINA:
ESPECIALIDAD:	TOPOGRAFIA		P-01
ESCALA:	1/1000	FECHA:	
RESPONSABLE:	KARINA HUAMANI OLIVERA		

PLANO POLIGONAL
 Esc.: 1/1000

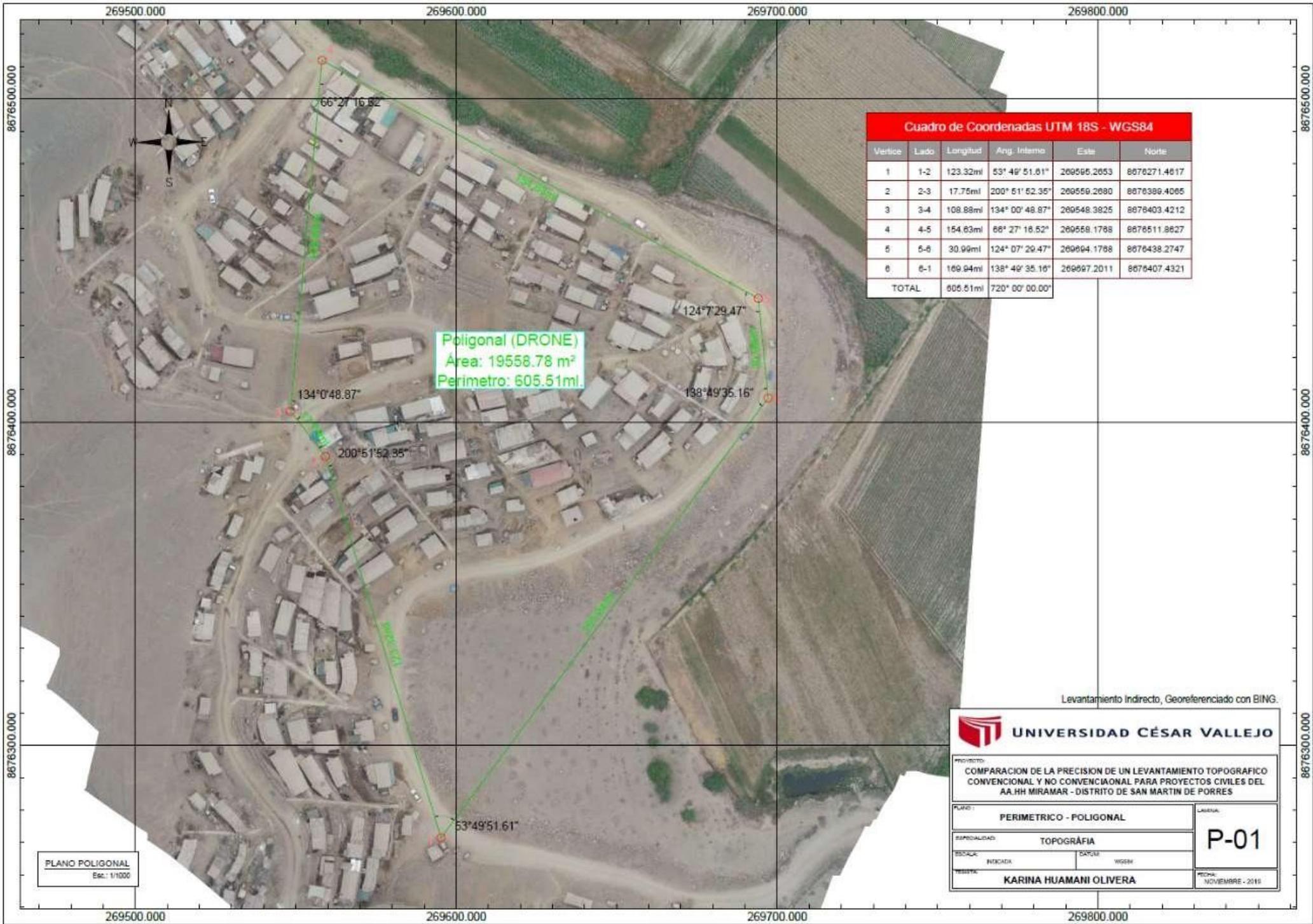


PLANO POLIGONAL
Esc.: 1/1000

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

PROYECTO:
COMPARACION DE LA PRECISION DE UN LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CONVENCIONAL Y NO CONVENCIONAL PARA PROYECTOS CIVILES DEL AA.HH MIRAMAR - DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES

PLANO: POLIGONAL - ESTACION TOTAL	LABORA: P-01
ESPECIALIDAD: TOPOGRAFIA	
ESCALA: 1/1000	DATUM: WGS84
TECNICA: KARINA HUAMANI OLIVERA	FECHA: NOVIEMBRE - 2019



Cuadro de Coordenadas UTM 18S - WGS84					
Vertice	Lado	Longitud	Ang. Interno	Este	Norte
1	1-2	123.32ml	53° 49' 51.61"	269595.2653	8676271.4617
2	2-3	17.75ml	200° 51' 52.35"	269559.2680	8676389.4065
3	3-4	108.88ml	134° 00' 48.87"	269548.3825	8676403.4212
4	4-5	154.63ml	66° 27' 16.52"	269558.1788	8676511.8627
5	5-6	30.99ml	124° 07' 29.47"	269694.1788	8676438.2747
6	6-1	169.94ml	138° 49' 35.16"	269697.2011	8676407.4321
TOTAL		605.51ml	720° 00' 00.00"		

PLANO POLIGONAL
Escala: 1/1000

Levantamiento Indirecto, Georeferenciado con BING.

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

PROYECTO:
COMPARACION DE LA PRECISION DE UN LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CONVENCIONAL Y NO CONVENCIONAL PARA PROYECTOS CIVILES DEL AA.HH MIRAMAR - DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES

PLANO: PERIMETRICO - POLIGONAL

LABOR: P-01

ESPECIALIDAD: TOPOGRAFIA

FECHA: NOVIEMBRE - 2019

INICIADA: KARINA HUAMANI OLIVERA

TERMINADA: KARINA HUAMANI OLIVERA