

**Estudio Comparativo de Levantamientos Topográficos con
RPAS versus Estación Total en el área de Medición de Terrenos en
el Municipio del Distrito Central, Honduras Durante el Período
2015-2021.**

*Comparative Study of Topographic Surveys with RPAS versus
Total Station in the Area of Land Measurement in the Municipality of
the Central District, Honduras During the Period 2015-2021.*

Amaya Martínez, Jonathan Mauricio y Muñoz Durón, Maynor Ariel; Estudio comparativo de levantamientos topográficos con RPAS versus Estación Total en el área de medición de terrenos en el municipio del Distrito Central, Honduras durante el periodo 2015-2021. Revista Técnico-Científica Milímetro, Tegucigalpa, Honduras, ISSN: 2410-9053, disponible en <https://milimetro.upi.edu.hn/>

Amaya Martínez, Jonathan Mauricio y Muñoz Durón, Maynor Ariel Revista Técnico-Científica Milímetro, Diciembre 2021, Milímetro, Vol. VIII No. 1; PP 32-48

Fecha de Recepción: 20 de Noviembre de 2021

Fecha de Aceptación: 20 de Diciembre de 2021

Estudio Comparativo de Levantamientos Topográficos con RPAS versus Estación Total en el Área de Medición de Terrenos en el Municipio del Distrito Central, Honduras Durante el Período 2015-2021.

Comparative Study of Topographic Surveys with RPAS versus Total Station in the Area of Land Measurement in the Municipality of the Central District, Honduras During the Period 2015-2021.

Jonathan Mauricio Amaya Martínez¹
Maynor Ariel Muñoz Durón²

Resumen

Esta investigación consiste en comparar los resultados obtenidos con el levantamiento topográfico haciendo uso de la Estación Total que está catalogado como un instrumento muy preciso; con los resultados obtenidos con el RPAS que son fotos aéreas y que es una tecnología que se está implementado y que promete tener mejor precisión que métodos tradicionales de topografía. Se describen y mencionan los instrumentos de topografía que han sido utilizados a lo largo de la historia hasta llegar a los métodos más actuales y los que ofrecen una mayor cantidad de resultados y precisión en el menor tiempo posible, se mencionan todos los equipos que fueron utilizados en esta investigación para lograr los resultados que fueran necesarios y así poder lograr una comparativa que sea de provecho. También se mencionan las limitantes que se pueden llegar a tener en ambos métodos de topografía, así como sus ventajas. Como parte de esta investigación se describe el lugar de estudio, los métodos de levantamiento utilizados al igual que los instrumentos con los que fue posible poder llegar a los resultados que se obtuvieron al final de ambos levantamientos. Como resultado de haber realizado ambos levantamientos topográficos en la práctica de campo se han obtenido los resultados esperados de costos directos e indirectos, tiempo de ejecución y precisión de ambos levantamientos, así como el resultado de poder usar ambos levantamientos en conjunto. Se presentará; además, un manual de procesamiento de datos para levantamientos topográficos haciendo uso de RPAS y AGISOFT METASHAPE PRO. se presentan conclusiones y recomendaciones de toda la investigación.

PALABRAS CLAVE: *RPAS, estación total, levantamiento topográfico.*

Abstract

This research consists of comparing the results obtained with the topographic survey using the total station that has been cataloged as a very precise instrument; With the obtained results with the RPAS which are aerial photographs, a technology that is being implemented, and promise better precision than traditional surveying methods. The surveying instruments that have been used throughout history are being described and mentioned until reaching the most current methods and those that offer a greater amount of results and precision in the shortest possible time, all the equipment that was used in this research to achieve the necessary results are mentioned and thus achieve a beneficial comparison. Also, the limitations that both surveying methods may have been mentioned, as well as their advantages. As part of this research, the place of study is described, the survey methods used as well as the instruments with which it was possible to reach the results obtained at the end of both surveys. As a result of having done both topographic surveys in the field of practice the expected results of direct and indirect costs have been obtained, execution time and precision of both surveys, as well as the result to be able to use both joint surveys. In addition, a data processing manual for topographic surveys doing use of RPAS and AGISOFT METASHAPE PRO will be shown. Conclusions and recommendations of all the research are shown.

KEY WORDS: *RPAS, TOTAL STATION, TOPOGRAPHIC SURVEY.*

¹Tegucigalpa, Honduras, Facultad de Ingeniería Civil, Teléfono: (504) 2225 74 55. Email: jonathan.amaya@upi.edu.hn
<https://orcid.org/0000-0002-0628-8602>.

² Tegucigalpa, Honduras, Facultad de Ingeniería Civil, Teléfono: (504) 2225 74 55; Correo electrónico: maynor.munoz@upi.edu.hn;
<https://orcid.org/0000-0001-9538-2045>.

1. Introducción

El mundo de la construcción está en constante evolución y la topografía no se puede quedar atrás, sabemos que a lo largo de la historia se han utilizado diferentes métodos y formas para medición de terrenos o áreas y todo tiene sus inicios en métodos empíricos, que a través de la historia han evolucionado y se han convertido en métodos más técnicos y precisos. Se expone el planteamiento del problema (antecedentes, planteamiento del problema, justificación y definición de los términos básicos), para dar una idea clara del objetivo planteado en este trabajo de pregrado. Se presentan los fundamentos teóricos en los cuales se basa este proyecto tales como: Revolución Tecnológica, El papel principal de la ingeniería, Creación de Catastro, Registro de la Propiedad, Geometrización, Geodesia y tecnología GPS en Tegucigalpa, tecnología Lidar, en el marco conceptual se incluyen definiciones que a lo largo del estudiado se estarán mencionando. Se explica el tipo de investigación, enfoque, población y muestra, y recopilación de información como selección de aplicaciones tecnológicas, selección de terreno, visita de reconocimiento, visita de campo, ejecución de plan de levantamiento con RPAS, procesamiento de datos y resultado final. Se analizan y se discuten los resultados obtenidos luego de realizar los levantamientos en campo y procesar los datos; se incluye un manual para el procesamiento fotogramétrico utilizando el programa Agisoft Metashape Profesional. Se exponen las conclusiones y recomendaciones a toda la investigación.

2. Justificación.

La presente investigación se realiza con el propósito de brindar un aporte al sector construcción de nuestro país, ya que es una nueva tecnología que nos brindaría mejores resultados que métodos topográficos tradicionales. Sabemos que actualmente el mundo atraviesa por una pandemia en la que la primera recomendación es el distanciamiento social y con este novedoso método de levantamientos topográficos haciendo usos de RPAS se garantiza la disminución de personal operario al momento de realizar un levantamiento topográfico, de igual manera se acortan los tiempos de trabajo y de procesamiento de datos. La aceptación de estas nuevas tecnologías vendría a revolucionar el mundo de la topografía y permitiría una mejor adaptación de cara a la “nueva normalidad” en tiempos de

pandemia. El mundo de la construcción está en constante actualización y siempre es necesario trabajar con instrumentos de mayor precisión y tecnológicos que sean capaces de ofrecer mejores resultados.

Honduras es un país en vías de desarrollo por tanto no podría quedarse sin implementar nuevas tecnologías que permitan ofrecer más información para un mejor desempeño en el área de la construcción. Tegucigalpa es la ciudad más grande de Honduras. Ubicada al pie del cerro El Picacho (1240 msnm) en una cuenca formada por el río Grande o Choluteca, a unos 990 msnm. Su población estimada para el año 2021 es de 1,690,661 habitantes. Las ciudades de Tegucigalpa y Comayagüela, conjuntamente constituyen la capital de la República (Art. 8 del texto Constitucional). Mientras Tegucigalpa se encuentra en la margen derecha del río Grande o Choluteca, Comayagüela está en el sector occidental de la ciudad y próxima al aeropuerto. El Distrito Central, lo forman en un solo municipio los antiguos de Tegucigalpa y Comayagüela (Art. 295 del texto Constitucional). Honduras y más en concreto su capital, Tegucigalpa, no cuenta con una red geodésica oficial suficientemente densificada, fijada mediante tecnologías de GPS (Sistema de Posicionamiento Global), aun siendo este recurso de vital importancia para el desarrollo económico de cualquier región.

Como profesionales del área de la ingeniería civil; carrera que implica diferentes áreas de especialización, siendo la topografía un pilar fundamental, hoy presentamos los diferentes avances y actualizaciones de procesos que en esta área se pueden implementar con el fin de presentar una investigación que mostrará a la comunidad académica y científica una aplicación novedosa en términos de tiempo, costo y optimización de recursos. A través de la implementación de procesos de RPAs y Estaciones Totales. Readecuando los tiempos y procesos de ejecución en el área de las ingenieras y proyectos de infraestructura a nivel nacional.

3. Objetivos.

3.1. Objetivo General.

Realizar un análisis comparativo entre el levantamiento topográfico con Estación Total versus un levantamiento topográfico con RPAS.

3.2. Objetivos Específicos.

1. Comparar la precisión entre ambos métodos de levantamiento topográfico.
2. Especificar los costos que implican hacer un levantamiento topográfico con cada uno de los métodos estudiados.
3. Explicar los instrumentos utilizados en ambos levantamientos topográficos.
4. Relacionar los tiempos de ejecución y el personal técnico requerido para ambos levantamientos.

3.3. Pregunta de Investigación

1. ¿Es posible comparar la precisión entre ambos métodos?
2. ¿Qué costos que implican hacer un levantamiento con cada uno de los métodos estudiados se deben considerar para la comparación entre ambos?
3. ¿Cuáles serán los instrumentos usados en estos levantamientos topográficos a comparar?
4. ¿Qué metodología se usará para comparar los tiempos de ejecución y el personal técnico requerido para ambos levantamientos?

4. Marco Referencial

La revolución tecnológica se caracteriza por la transformación de los progresos científicos y tecnológicos en productos comerciales y por la aplicación del conocimiento e información a la generación de nuevos conocimientos, trayendo como consecuencia que la ciencia y la tecnología avancen en forma exponencial, duplicándose el conocimiento científico cada quince años. El desarrollo tecnológico demanda un cambio en la educación que adapte la enseñanza y la investigación al uso de la tecnología del momento. La complejidad de los fenómenos del mundo de hoy obliga al egresado a prepararse para trabajar en equipo, para discutir y plantear soluciones con profesionales de otras áreas, de otras disciplinas. La formación universitaria debe tomar en cuenta la multidisciplinariedad y la transdisciplinariedad, la necesidad que tienen los profesionales de interactuar con otros profesionales y otras disciplinas. La educación en nuestra era debe buscar la relación con el trabajo.

En 2001 González, nos exponía: “No se puede pensar en el futura de la educación sin pensar en el futuro del trabajo”. Esto como respuesta a Gómez que, en 1996, nos relata “Apenas uno de cada

cuatro o cinco jóvenes latinoamericanos y caribeños recibe educación laboral específica”. Bajo esta premisa el sistema educativo falla en esta relación. En general en América Latina, existe una escasa relación entre la educación profesional y el mercado laboral. Este problema es consecuencia de la rápida evolución tecnológica que hace lentos los procesos de cambio educativo.

El papel principal de la ingeniería ha sido atender las necesidades básicas de la población creciente y posibilitarle el disfrute de una serie de servicios y de comodidades acordes con los avances y paradigmas de la modernidad, y crear las condiciones de infraestructura que permitan el desarrollo de las actividades productivas y el crecimiento económico. Resolver los problemas físicos relacionados con la satisfacción de las demandas de agua, drenaje, vivienda, comunicaciones, energía, a partir de los recursos naturales renovables y no renovables del país, lo cual implicó, a menudo, conquistar e invadir territorios que se sustrajeron a los ecosistemas y defender las áreas sustraídas contra los ataques naturales, como en el caso de las defensas contra inundaciones. Tradicionalmente, la concepción, diseño y construcción de obras de infraestructura en el país, fueron confiados a firmas de ingeniería de origen extranjero o local, las cuales no utilizaron los servicios de profesionales de las ciencias ambientales y sociales, o sólo lo hicieron muy puntualmente.

Se sostenía que los tres pilares básicos de un proyecto de ingeniería eran la topografía, la geología y la hidrología; las demás condiciones ambientales, incluyendo las condiciones sociales, no eran elementos básicos que debían tenerse en cuenta para el diseño de los proyectos.

Es alrededor de 1970 que esta situación empieza a cambiar, inicialmente con las débiles exigencias que en ese entonces hizo el Banco Mundial y, posteriormente, por el avance en la conciencia y la normatividad del país.

La aparición del catastro en las leyes hondureñas se registró con la promulgación del Código de Procedimientos en 1906 en cuyo artículo 321 se declara que los documentos catastrales constituyen documentos públicos. Los primeros proyectos de catastro y titulación se dieron para impulsar la reforma agraria en 1951. En 1962 se creó el Instituto Nacional Agrario (INA) y en los años 1972 y 1974 se emitieron leyes que favorecieron su funcionamiento. (Licona, 2020)

En abril de 1963, el gobierno de la república se unió a los otros países centroamericanos en la iniciativa de desarrollar un programa de catastro multifinalitario en el istmo.

El 25 de septiembre de 1972, el Decreto Número 327 puso en marcha el Programa de Catastro Demostrativo, PCD, y años más tarde, el 5 de febrero de 1975, se aprobó un convenio para desarrollar

un Programa de Catastro Multifinalitario (PCM, Decreto Número 186). Ese mismo año el Decreto Número 170 estableció la Ley de la Reforma Agraria que daba pautas para la organización del catastro rural. (Licona, 2020)

A inicios de los años 80, se modificó la ley para permitir el catastro y la titulación de fincas con extensiones menores a una hectárea, ya que la ley vigente exigía un mínimo de cinco. Surgió la nueva Ley de Catastro en mayo de 1980 bajo Decreto Número 933, la cual fue reformada en julio de ese mismo año por el Decreto Número 983. En estos años se inició el Proyecto de Titulación de Tierras, PTT. Ya en el final del Siglo XX, el Decreto Número 134 de 1990 (Ley de Municipalidades) legislaba sobre la organización de los catastros por parte de los gobiernos locales. (Licona, 2020)

En 1991 el INA promovió nuevos proyectos de titulación, principalmente en Atlántida y El Paraíso, y en 1994 se inició el Proyecto de Titulación Masiva de Tierras, PTMT, el cual ejecutó la primera fase para los departamentos catastrados por el PTT y las tierras indígenas de Yoro, y la segunda (ejecutada a partir de 1996) en el departamento de Ocotepeque. Aún en esa década el Banco Mundial apoyó dos importantes proyectos de catastro y administración de tierras en Honduras: el Proyecto de Administración de Áreas Rurales, PARA, y el Programa de Administración de Tierras de Honduras, PATH. (Licona, 2020)

El PARA se inicia en 1999 y como componente de modernización de la administración de tierras se encarga de la modernización del catastro y del registro. En 2002 cambia la concepción de lo que debe ser la “modernización de la administración de tierras” y en 2003 se conceptualizó el Sistema Integrado de Información de la Propiedad – SINAP como un sistema gestión territorial. El registro de la propiedad y el catastro se convirtieron en solamente un componente en la administración territorial (Valencia, 2006).

Justamente con apoyo del PATH el gobierno hondureño emitió la Ley de la Propiedad mediante el Decreto Número 82 de 2004, creando así el Instituto de la Propiedad, IP, como ente desconcentrado de la Presidencia de la República con patrimonio propio e independencia administrativa, técnica y financiera. El IP recibió las funciones del anterior Registro de la Propiedad, que dependía de la Corte Suprema (coloquialmente el organismo continúa siendo llamado Registro de la Propiedad, siendo que es el IP quien tiene esa función es la Dirección de Registros). (Erba, 2017)

Importante destacar que la Ley del Catastro de 1980 el catastro es lo define como “el inventario general de la riqueza inmobiliaria del país, levantado mediante el empleo de procedimientos

fotogramétricos, mensura, planos topográficos, mapas, registros y estudios que, permiten definir en forma clara y precisa la ubicación, naturaleza, forma poligonal, área, linderos, recursos naturales, valor fiscal, identificación de sus propietarios o poseedores y conocer la situación jurídica de los predios.”

Según Artículo de Mábel Licon, se propone otro concepto de catastro, el cual es el de la Ley de Propiedad de 2004 en el que establece que catastro es “Un registro técnico administrativo, único y público está conformado por información geográfica sobre los bienes inmuebles con la identificación de los recursos naturales, agropecuarios y la infraestructura del país. Además, se detalla la información sobre las medidas y georreferenciación de los predios, su forma geométrica, superficie, linderos, colindancias, límites territoriales municipales, departamentales y nacionales; ubicaciones, uso actual y potencial del suelo y demás atributos económicos y jurídicos que perfeccionen el inventario de los bienes inmuebles y recursos del país.” (Licon, 2020)

Para terminar con algunos conceptos según el Catastro 2014 el catastro es “un inventario público, metódicamente ordenado, de datos concernientes a propiedades de un determinado país o distrito, basado en la mensura de sus límites, normalmente los límites de la propiedad y el identificador de la parcela se indican en los planos a escala grande, que, junto con otros registros, pueden mostrar para cada propiedad distinta, la naturaleza, el tamaño, el valor y los derechos legales asociados con la parcela. El catastro responde a las preguntas de donde y cuánto.” (Cruz L. A., 2010)

Para materializar la unificación de catastros y conseguir la integración institucional se creó el Sistema Unificado de Registros – SURE como componente del Sistema Nacional de Administración de la Propiedad – SINAP. Este sistema permite unificar la información del Registro de Propiedad, la DGC, las alcaldías y el INA, pudiendo ser acezado desde cualquier parte del país a través del Internet, utilizando un usuario y clave. El SURE fue desarrollado por el UN SOLO-PATH y es administrado por el Instituto de la Propiedad de acuerdo con las disposiciones de la Ley de Propiedad. En su ambiente es posible superponer los mapas catastrales con ortofotos y capas temáticas que muestran diferentes tipos de afectaciones a la propiedad, como por ejemplo las zonas de riesgo, la infraestructura, los usos de suelo, zonas forestales, hidrología y límites administrativos. Con esto se busca registrar, georreferenciar y mantener actualizado el sistema de información registro-catastro, los límites de las zonas urbanas y rurales municipales.

5. Marco Teórico

Sánchez y Pereda en 2014, nos detallan que, en la práctica habitual de la ingeniería civil, en cualquiera de sus vertientes, es frecuente el diseño, valoración, o ejecución de actuaciones que se llevan a cabo sobre el territorio; siendo preciso efectuar este proceso en base a un proyecto que se elabora sobre un modelo del mismo. Gestionando adecuadamente este modelo de la realidad se llevan a cabo actividades muy diversas: planificación y análisis territorial, diseño de obras lineales, estudios hidráulicos... para conseguir este objetivo final es preciso conocer las distintas ciencias, metodologías e instrumentación que permiten conseguir la meta planteada. En particular en este bloque se introducirán los objetivos que tienen tanto la Topografía y la Geodesia como la Cartografía; poniendo de relieve la necesidad de conocer los sistemas de referencia involucrados en la definición de una posición espacial, los fundamentos de los modelos de datos cartográficos utilizados, así como el modelo numérico de superficie habitualmente empleado. Se plantea también el flujo de trabajo básico para la gestión de las diferentes fuentes cartográficas que hoy se manejan, así como fundamentos de creación, explotación y metodologías de trabajo típicas con modelos digitales de terreno. (Sánchez Espeso & Pereda García, 2014)

5.1. Geometrización

La geometría natural —como la han llamado Houdement y Kusniak (2006)— tiene por fuente de validación la realidad, aquello que es sensible. Ésta comprende tres facultades esenciales del ser humano: intuición, experiencia y deducción, que se ejercen fundamentalmente sobre objetos materiales con la ayuda y manipulación de instrumentos (Kuzniak, 2006).

De esto último se desprende que la geometría euclidiana no es natural. En este marco, se puede considerar que la topografía es una especie de geometría natural —también conocida en su origen como geometría práctica— que ha sido poco investigada como objeto de estudio, dejándola al margen de las matemáticas y de las tradiciones propiamente técnicas. La particularidad de la topografía es que asocia los pensamientos geométrico y trigonométrico a una técnica que le sirve de objeto para geometrizarse la realidad inmediata mediante diferentes prácticas, como son levantamientos topográficos, nivelaciones, observaciones astronómicas, etc.

La geometrización es un tipo de matematización elemental que se acciona durante los levantamientos con el propósito de controlar las mediciones angular y lineal de superficies de terrenos, así como posteriormente durante el diseño de la planta topográfica correspondiente. En lo que sigue, se hará referencia a la extensión de los terrenos con la frase “espacio real”, debido a su carácter fundamental de poseer las tres dimensiones espaciales y contar con una medida superficial que las delimita, así como con la finalidad de distinguirla del que se conoce como espacio matemático o espacio euclidiano.

En este sentido, se puede decir que la geometrización transforma el espacio real de los terrenos en microespacios de geometría natural que se les aproximan, siendo estos últimos modelos a escala de los primeros. Desde el punto de vista de la asociación de conocimientos matemáticos con diferentes técnicas, la topografía puede verse como definidora de “prácticas de referencia” de las que se han desprendido nuevos conocimientos matemáticos. En sí mismo, el conocimiento matemático se admite como una unidad o síntesis de la acumulación de conocimientos generados por diferentes prácticas de referencia, los cuales tienen por límite el saber o conocimiento matemático teórico (De Gortari, 1988).

Si bien las prácticas de referencia generan nuevos conocimientos —que se podrían denominar como; conocimientos de referencia—, entre estos últimos y las primeras se colocan las prácticas sociales. Éstas son actividades que orientan la interacción del conocimiento al centro de las prácticas de referencia, dando sentido a los procesos de matematización del espacio real, “en el cual intervienen una buena cantidad de nociones y procedimientos matemáticos” (Cantoral, Farfán, Lezama, & Martínez, 2006)

En general, las prácticas sociales se describen en forma de argumentaciones de la matemática, las cuales posteriormente devienen al salón de clase. Así, por ejemplo, y en un contexto restringido de la noción de espacio, la geometrización del espacio matemático fue una práctica de referencia que desarrollaron geómetras y analistas como Newton, Leibniz y Euler, entre otros. La actividad consistía en eliminar una o más de sus determinaciones. Por “determinaciones” se referían a la medida finita de las longitudes del espacio matemático, es decir, el largo, el ancho y la profundidad, de manera que, al eliminar una de ellas, la parte correspondiente se perdiera en el infinito. En la siguiente etapa, se establecía una reformulación o síntesis de conocimientos en la que se contrastaba el infinito con el

cero, de lo cual se desprendía una primera proposición sintética. En el caso de Newton, la proposición que resultó de esa práctica se definió como: “Todo [espacio] que es capaz de aumentar y disminuir es descrito con movimiento continuo” (Camacho, 2005). Puede observarse que la actividad normativa que rige esta última actividad es una práctica social inducida por argumentos variacionales que llevan a la construcción del concepto de límite infinito, de la cual se desprende una primera proposición o discurso matemático. Este discurso es la parte inicial que orientó la construcción de los principios newtonianos y posteriormente sería ordenado en forma de discurso matemático escolar (Bails, 1789) y otros autores de obras elementales, acomodándolo de la siguiente manera: “La extensión infinita es un espacio geométrico que tiene por límite el infinito”.

5.2. Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

Ilustración 1: Dispositivo GPS etrex 10 Garmin



NOTA: Representación de GPS etrex 10 GARMIN, utilizado para la georreferenciación y medición de extensas áreas de superficie terrenos. Cuenta con un error mínimo de ubicación de hasta $\pm 3m$. Fuente: <https://www.garmin.com.>, Tegucigalpa; 14 Septiembre del 2021.

Los satélites son repetidores activos de microondas en el espacio, estaciones que funcionan en conjunto con sus pares en tierra, para poder ofrecer servicios de telecomunicaciones o especializado.

Por su parte según Ribeiro (2003), el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es una herramienta de navegación formada por 24 satélites a 20.000 kilómetros por encima de la tierra con órbitas móviles, enviando datos precisos de la hora y posición del satélite, lo que permite calcular la localización exacta del receptor en tierra. En cuanto a los receptores GPS, estos reciben dos tipos de datos, los de Almanaque y Efemérides (Ribeiro, 2021). Los primeros son una serie de parámetros sobre la ubicación y la operatividad de cada satélite en relación al resto de ellos; una vez que el receptor tiene la información y hora precisa del último Almanaque recibido, sabe dónde buscar los satélites en el espacio. En relación con las efemérides, son datos precisos, únicamente del satélite que está siendo captado por el receptor; son parámetros orbitales que se utilizan para calcular la distancia exacta del receptor al satélite.

Por otra parte, Neri (2003), detalla campos civiles donde se utilizan sistemas GPS entre los que destaca la navegación y control de flotas de vehículos; donde se emplea en planificación de trayectorias y control de flotas de vehículos. Los organismos de emergencia, las centrales de taxis, los servicios de

mensajería, empresas de reparto, etc. organizan sus tareas optimizando los recorridos de las flotas desde una estación central. (Neri, 2003).

El funcionamiento del sistema GPS se basa en el principio matemático de la triangulación, en el cual según Delaunay (1934), se puede conocer el punto o lugar donde se está situado, e incluso rastrear y ubicar el origen de una transmisión por ondas de radio. (Delaunay, 1934). El sistema GPS crea esferas virtuales determinando con exactitud la distancia que lo separa de los satélites.

Para Martínez (2004), desde el momento que el receptor GPS detecta una señal de radiofrecuencia transmitida por un satélite en su órbita, se genera una esfera imaginaria que lo envuelve, quedando como centro de la misma, donde su superficie se extenderá hasta el punto donde se encuentre situada la antena del receptor; por tanto, el radio de la esfera será igual a la distancia que separa al satélite del receptor; luego este medirá las distancias que lo separan como mínimo de dos satélites más. (Martínez, 2004).

Para ello se calcula el tiempo que demora cada señal en viajar desde los satélites hasta el punto donde éste se encuentra situado. Una esfera se superpone a esta otra y se crea un anillo imaginario que pasa por los dos puntos donde se interceptan ambas esferas. Aunado a esto, el receptor calcula la distancia a un tercer satélite y se genera una tercera esfera virtual. Esa esfera se corta con un extremo del anillo anteriormente creado en un punto en el espacio y con el otro extremo en la superficie de la Tierra. El receptor discrimina como ubicación el punto situado en el espacio utilizando sus recursos matemáticos de posicionamiento y toma como posición correcta el punto situado en la Tierra.

El principio de funcionamiento de los receptores GPS lo define Martínez (2004) de la siguiente manera: En primer lugar, cuando el receptor detecta el primer satélite se genera una esfera virtual, cuyo centro es el propio satélite. El radio de la esfera, es decir, la distancia que existe desde su centro hasta la superficie, será la misma que separa al satélite del receptor. Éste último asume entonces que se encuentra situado en un punto cualquiera de la superficie de la esfera, que aún no puede precisar.

Seguidamente, al calcular la distancia hasta un segundo satélite, se genera otra esfera virtual. Una esfera se superpone a esta otra y se crea un anillo imaginario que pasa por los dos puntos donde se interceptan ambas esferas. Aunado a esto, el receptor calcula la distancia a un tercer satélite y se genera una tercera esfera virtual. Esa esfera se corta con un extremo del anillo anteriormente creado en un punto en el espacio y con el otro extremo en la superficie de la Tierra.

El receptor discrimina como ubicación el punto situado en el espacio utilizando sus recursos matemáticos de posicionamiento y toma como posición correcta el punto situado en la Tierra. Por último, el receptor puede mostrar en su pantalla los valores correspondientes a las coordenadas de su posición, es decir, la latitud y la longitud; para detectar también la altura a la que se encuentra situado el receptor GPS sobre el nivel del mar, tendrá que medir adicionalmente la distancia que lo separa de un cuarto satélite y generar otra esfera virtual que permitirá determinar esa medición.

Por su parte, los receptores GPS detectan, decodifican y procesan las señales que reciben de los satélites para determinar el punto donde se encuentran situados. Dichos dispositivos son producidos en dos tipos o presentaciones, las cuales son: portátiles y fijos (no portátiles). Los portátiles pueden ser tan pequeños como algunos teléfonos celulares o móviles. Los fijos son los que, por su tamaño mayor, son instalados en automóviles o coches, embarcaciones, aviones, trenes, submarinos o cualquier otro tipo de vehículo.

Estos últimos generalmente permiten hacer integraciones más poderosas, así como también poseen mejores características ante condiciones adversas o de stress físico. Sin lugar a dudas, el GPS es uno de los más importantes y sofisticados avances tecnológicos del siglo pasado, siendo aplicado de manera eficaz y cada vez más eficiente en múltiples soluciones. Con esta tecnología, es posible determinar exactamente la localización del usuario, trae infinidad de aplicaciones y hoy en día, sus múltiples aplicaciones se encuentran a la mano del ambiente militar, comercial y público en general, multiplicado su utilización y dando pie con esta masificación, al abaratamiento de costos, con lo que se ha constituido como parte común, tradicional y necesaria de sociedad en su conjunto.

Específicamente entorno a los automóviles, se han diseñado novedosas consolas que permiten integrar estos vehículos con el GPS, para así indicarle al automovilista mediante despliegues interactivos, multiplicación e intuitivos, cuál es la ruta más conveniente a seguir en su trayecto, así como también la situación climática, la ubicación de congestiones vehiculares o la velocidad que el conductor puede desarrollar en las pistas.

Es importante que para que el GPS funcione dentro de los autos, es necesario un sistema microprocesador, con los elementos computacionales característicos necesarios, que le permitan tener una base de datos abordo, que es la que permitirá dibujar sobre el monitor los diferentes mapas, en los que, a su vez, se realizará la traza de ubicación física del vehículo y recorrido del mismo.

Estos mapas van a ser interpretados por un sistema operativo específico que se asemeja a un ambiente gráfico (GUI, Graphical User Interface por sus siglas en inglés) o una interfaz gráfica de usuario. También, se debe de contar con la electrónica adecuada para la alimentación eléctrica y la conectividad de telecomunicaciones. Así mismo, los sistemas de telecomunicaciones permitirán la tanto la recepción de señales GPS, como la integración a consolas y bases de datos remotas, como en el caso de la aplicación de seguimiento de flotas. Estos sistemas hacia el centro de datos, puede ser por diferentes medios inalámbricos móviles, los cuales se seleccionarán de acuerdo al área de cobertura requerida. Para zonas urbanas generalmente se utiliza interconexión por radio o celular, pues los costos son menores; sin embargo, en aplicaciones como las marítimas, donde no hay la presencia de elementos como los anteriormente descritos, el medio indicado para la interconexión será el satelital, por su huella de mayor envergadura.

Importante destacar que los GPS, son un sistema que hace uso de un conjunto de Satélites ubicados en el espacio agrupados en forma de constelaciones Actualmente se conocen las siguientes constelaciones: NAVSTAR (Americano), GLONASS (Ruso) y GALILEO (Europeo) en proceso (2009). Torres y Villate (2001) lo define como un sistema de medición tridimensional que utiliza señales de radio que proporciona el sistema NAVSTAR, esta constelación está integrada por 24 satélites artificiales que orbitan la Tierra en 12 horas. Esto permite que durante las 24 horas estén visibles al menos 5 a 8 satélites desde cualquier punto del planeta. Los satélites NAVSTAR, orbitan la tierra en 6 planos orbitales, de 4 satélites cada uno, a una altura aproximada de 20.200 Km. El NAVSTAR es utilizado por miles de usuarios civiles alrededor del mundo; el mismo fue diseñado, financiado, controlado y operado por el Departamento de Defensa de Estados Unidos. Como sistema está integrado por tres segmentos: espacial, de control y el de usuario.

El segmento espacial está formado por los llamados vehículos espaciales o satélites que envían señales de radio desde el espacio. La posición exacta de los satélites es conocida durante las 24 horas del día y desde cualquier posición del planeta. Esta información es emitida continuamente en la forma de señales de navegación. Se dice también que el receptor GPS está formado básicamente por tres componentes: el *hardware*, el *software* y el componente tecnológico que acompaña a cada uno de ellos.

El receptor GPS (Wells et al, 1986) es la pieza del *hardware* utilizado para rastrear los satélites, es decir, para recibir las señales emitidas por los mismos. El sistema de posicionamiento global (Casanova, 2002) por satélite, GPS, se basa en la medición de distancias a partir de señales de radio

transmitidas desde los satélites cuyas órbitas son conocidas con precisión y los receptores que se encuentran ubicados en los puntos cuya posición se desea determinar. La distancia de un satélite al receptor se calcula midiendo el tiempo de viaje de la señal de radio desde el satélite al receptor, conociendo la velocidad de la señal de radio, la distancia se calcula por medio de la ecuación de movimiento uniforme ($d = v \times t$) distancia igual a velocidad por tiempo.

A la medición de distancias de una posición terrestre a satélites se le denomina medición satelital de distancias; se mide el tiempo requerido para que la señal de radio viaje desde el satélite a un receptor, luego este tiempo se multiplica por la velocidad de la luz; al valor resultante se le conoce como pseudodistancia, el prefijo pseudo es equivalente a “falso”, ya que la distancia obtenida tiene error, este error se debe a que los relojes de los satélites son de muy alta precisión en comparación con los relojes que poseen los receptores, lo que se traduce en un error en la medición del tiempo de viaje de la señal. De hecho, si se pensase en que el receptor tuviese el reloj de igual precisión al del satélite, esta tecnología sólo estaría al alcance de algunos gobiernos debido a los altos costos que alcanzarían los receptores.

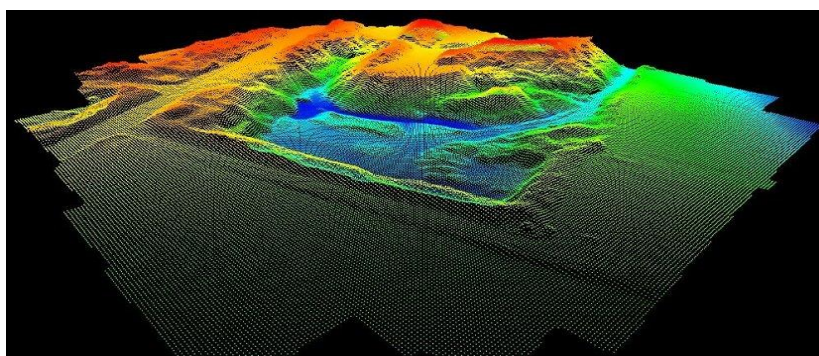
Cada satélite emite cada milisegundo una única señal codificada, que consiste en una cadena de bits (dígitos cero y uno) y recibe el nombre de código PRN *pseudorandom noise*, ruido pseudoaleatorio, la cual es reconocida por el receptor; esto es posible porque cada receptor tiene grabado en su memoria una réplica de cada uno de estos códigos, cuando el receptor sintoniza una señal de satélite detecta inmediatamente cuál satélite está generando la señal, el receptor compara la señal que está recibiendo con el mismo código que ha generado en su interior; el patrón generado por el receptor no concuerda en posición con el de la señal que se recibe, cuando un receptor registra la señal de un satélite, este calcula la pseudodistancia, es decir, la distancia entre la antena del satélite y la antena del receptor; puede entonces imaginarse que se genera una esfera de radio igual a la pseudodistancia y cuyo centro se encuentra en el satélite, indicando que la posición del receptor se encuentra en un punto de la superficie de dicha esfera (UADM (2019)).

Al querer posicionar un punto del terreno, es decir, determinar sus tres coordenadas, se hace necesario capturar la señal de cuatro satélites o más; con la señal de un satélite la solución que se obtiene es una esfera de radio igual a la pseudodistancia y con centro en dicho satélite, indicando que en algún lugar de la superficie de tal esfera se encuentra el punto cuyas coordenadas se desea conocer; al realizar el registro de dos satélites, se genera una segunda esfera que se intercepta con la primera en

una línea circular, figura que indica la posible ubicación del punto deseado; al registrar el tercer satélite se genera una tercera esfera cuya intercepción con las otras dos produce dos posibles puntos de ubicación, una de estas soluciones se descarta por inadmisibles; la posición del receptor se pudiera localizar de forma exacta si las mediciones de las distancias fuesen exactas, sin embargo, es necesario recordar que las mismas son distancias falsas o pseudodistancias, es por esto que se hace necesario el registro del cuarto satélite o más para poder eliminar el error del tiempo, considerando que cada una de las pseudodistancias está afectada por el mismo error.

5.3. Geodesia y Topografía

Ilustración 2: Geodesia y Topografía



NOTA: En la ilustración 2, podemos observar un Modelo Digital de Terreno (MDT), obtenido de un estudio fotogramétrico previo.
Fuente de: <https://topografia2.com>. Comayagüela ; 22 Septiembre del 2021.

La RAE define la Geodesia como “Ciencia matemática que tiene por objeto determinar la figura y magnitud del globo terrestre o de gran parte de él, y construir los mapas correspondientes”. Asimismo, define la Topografía como el “Arte de describir y delinear detalladamente la superficie de un terreno”. (RAE, 2021). Si bien los objetivos pueden parecer semejantes, en su origen la diferencia entre ambas ciencias ha sido la extensión abarcada: la topografía se concentra en pequeñas extensiones, en las que se podría prescindir de la forma real de la tierra y considerarla como plana, mientras que la Geodesia tiene en cuenta la forma real de toda la superficie terrestre.

La topografía (topos, “lugar”, y grafos, “descripción”) es una ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones relativas de los puntos sobre la superficie de la tierra y debajo de la misma, mediante la combinación de las medidas según los tres elementos del

espacio: distancia, elevación y dirección. La topografía explica los procedimientos y operaciones del trabajo de campo, los métodos de cálculo o procesamiento de datos y la representación del terreno en un plano o dibujo topográfico a escala. Este estudio, incluye cambios en la superficie, como montañas y valles, así como las características de ríos y carreteras. Con la práctica de la topografía podemos determinar y registrar la posición de ciertos puntos de un terreno en planimetría (X-Y) y en altimetría (Z). Gracias a la creación de instrumentos como los teodolitos y los niveles automáticos, la topografía ha ido evolucionando favorablemente. Actualmente, los desarrollos en el mundo digital como el SIG (Sistema de Información Geográfica) permiten crear mapas topográficos cada vez más complejos. (UTW, 2021).

Actualmente, la topografía se ocupa de la medición y el registro de contornos de elevación, produciendo una representación tridimensional de la superficie de la tierra. Cuando se necesita hacer un trabajo topográfico de cierto terreno, se eligen una serie de puntos y se miden con relación a sus coordenadas horizontales, como latitud y longitud, y su posición vertical, en términos de altitud. Al registrarse en una serie, estos puntos producen líneas de contorno que muestran cambios graduales en el terreno. La parte de la Geodesia que se dedica al estudio de las superficies matemáticas de aproximación de la tierra se denomina Geodesia Geométrica. Para definir un elipsoide es habitual emplear otros parámetros, directamente relacionados con los dos valores principales de los semiejes a y b , siendo los más habituales el aplanamiento y la excentricidad. Es importante destacar que la definición de esta superficie es totalmente convencional, pudiendo el alumno constatar cómo se han definido sucesivos elipsoides como figuras de aproximación a la tierra, con ámbitos de aplicación diferentes: nacional, continental o global y para toda la superficie de la tierra. (Sánchez Espeso & Pereda García, 2014).

Las Geodesia geométrica es comúnmente conocido que la tierra constituye uno de los planetas que forman el Sistema Solar, y que en relación con el Sol está sometida a distintos movimientos, siendo los más importantes los de traslación, rotación, precesión y nutación. Sí se pudiese admitir que la tierra estuviese constituida por un único material de densidad uniforme, que no existiese relieve alguno, que la rotación alrededor de su eje fuese totalmente regular y que no existiese atracción gravitacional por parte de ningún otro planeta o estrella, se puede entender que la figura geométrica regular cuya forma más se aproximaría a la superficie terrestre correspondería

a un elipsoide de revolución, achatado por los polos, cuya definición básica se efectúa en base a las dimensiones de los semiejes mayor(a) y menor(b).

La Geodesia física determina que la forma de la tierra se correspondería con un elipsoide de revolución si se cumpliesen las hipótesis enumeradas con anterioridad, que evidentemente no se verifican, de manera que la forma real de la tierra se caracteriza desde un punto de vista geométrico por ser totalmente irregular, pero en la que cada punto de la misma está en situación de equilibrio desde un punto de vista físico ante la actuación de las siguientes fuerzas principales, constituyendo de hecho una superficie equipotencial:

- a) Fuerza de atracción de los demás puntos de la tierra.
- b) Fuerza centrífuga debida a la rotación de la tierra.
- c) Fuerza de atracción de los demás planetas

Es claro que existen infinitas superficies equipotenciales, cada una caracterizada por un potencial gravitatorio. A la superficie equipotencial del campo gravitatorio terrestre que coincide con el nivel medio de los océanos en mar abierto se le denomina Geoide, y constituye una superficie de referencia básica en tanto está directamente relacionada con una dirección fundamental en el ámbito de la Topografía, de la Geodesia y de numerosas disciplinas o actuaciones en la vida corriente, como es la dirección de la gravedad o dirección de la vertical, que permite por ejemplo definir una superficie horizontal, o al construir una cuneta en una carretera, darle una pendiente adecuada que posibilite la evacuación del agua que recoge. (Sánchez Espeso & Pereda García, 2014).

Sí se compara el Geoide con un elipsoide se pueden encontrar diferencias entre ambas superficies significativas, con valores de separación que pueden llegar a los 100 metros, y que de forma genérica se denomina ondulación del geoide. Por supuesto, ambas superficies no son paralelas, pudiendo llegar la variación del paralelismo entre ambas desde pocos segundos hasta valores en torno a un minuto sexagesimal en zonas muy abruptas. Desde un punto de vista práctico, la utilidad y necesidad del Geoide está en que constituye una superficie de referencia altimétrica a partir de la cual y tomando como referencia la dirección de la vertical en cada punto, permite determinar diferencia de altitudes entre dos posiciones. (Sánchez Espeso & Pereda García, 2014).

5.4. Geodesia y Tecnología GPS en Tegucigalpa

La geodesia de Tegucigalpa, es la materialización de un sistema de referencia convencional a través de observaciones, es decir, se trata de un conjunto de puntos (lugares localizados en la superficie terrestre) con coordenadas y velocidades conocidas en ese sistema de referencia convencional y que sirven para materializar en el espacio el sistema de referencia mediante técnicas de medición y post procesamiento adecuadas, se puede lograr un posicionamiento con exactitud de pocos centímetros. Esta capacidad de GPS es aprovechada para el establecimiento del Marco de Referencia Terrestre Internacional (ITRF), una de cuyas aplicaciones es unificar las referencias geométricas de los países a escala global con una exactitud centimetrada. Incluso con una metodología apropiada para el análisis de los residuos de ajuste de las observaciones GPS se puede aumentar la exactitud de los resultados.

Una Red Geodésica constituye uno de los cimientos más importantes sobre los que se apoya toda una serie de disciplinas tanto científicas como técnicas, y queda constituida por un conjunto de puntos perfectamente localizados en el terreno, materializados a base de señales adecuadas o monumentos, entre los que se han efectuado observaciones geodésicas con la finalidad de obtener sus coordenadas, su precisión y confiabilidad en términos relativos y absolutos respecto de un sistema de referencia establecido, sirviendo al mismo tiempo como base de los proyectos de desarrollo de un país. (Bosque Sendra, y otros, 2021).

De la misma forma y como fase inicial para la planificación territorial de Tegucigalpa, se quiere establecer una red geodésica mediante tecnologías GPS y enlace con las redes de referencia oficial de Centroamérica que sirva como base de apoyo geodésico y topográfico, y que de servicio a todos los usuarios del GPS. Se pretende en primera instancia que al menos un vértice de esta red sirva para establecer en un futuro cercano una red GPS a nivel Nacional enlazada con las redes nacionales colindantes.

Tegucigalpa es la capital de Honduras y la ciudad más grande del país. Ubicada al pie del cerro El Picacho (1240 msnm) en una cuenca formada por el río Grande o Choluteca, a unos 990 msnm. Su población estimada para el 2021 es de 1,690,661 habitantes. Junto con Comayagüela, constituye la capital de Honduras. Mientras Tegucigalpa se encuentra a la margen derecha del río Grande o Choluteca, Comayagüela está en el sector occidental de la ciudad y próxima al aeropuerto. Ambas ciudades se localizan en el municipio del Distrito Central, sede constitucional del Gobierno de la República de Honduras. Honduras y, más en concreto, su capital la ciudad de Tegucigalpa, no

cuenta con una red geodésica fijada mediante el uso del GPS, siendo este recurso vital para el desarrollo económico de cualquier región, ya que éste es de vital importancia no solo para la elaboración y actualización de cartografía de todo tipo, sino también en la gestión y ordenamiento del territorio, así como en diferentes aplicaciones tales como: Geodesia, Geodinámica y Astronomía, Topografía, Fotogrametría, Teledetección, Cartografía y SIG.

No obstante, en el año 1999 y de acuerdo al programa de reconstrucción en América Central originado por el Huracán Mitch, el Servicio Geodésico Nacional de los Estados Unidos de América (NGS) se encargó de desarrollar un marco geodésico con precisión adecuada para la navegación terrestre, marítima y aérea; trabajos de cartografía y topografía; catálogo o inventario de recursos naturales; operaciones de socorro en todo tipo de desastres; levantamientos de ingeniería y catastro; y aplicaciones del Sistemas de Información Geográfica (SIG). (Vásquez, 2010)

Para ejecutar el Proyecto, y como paso previo, se deberá determinar el sistema de referencia más adecuado para el cálculo de la Red de Alta Precisión del Término Municipal de Tegucigalpa, enlazando con el vértice TEGU de la red SIRGAS2000, coordenadas ITRF2000.

Tabla 1: Coordenadas ITRF 2000

Estación	X [m]	sigma [m]	HONDURAS			
			Y [m]	sigma [m]	Z [m]	sigma [m]
TEGU	301697,362	0,001	-6181025,101	0,003	1542919,857	0,001

NOTA: Vértice TEGU de la red SIRGAS2000, coordenadas ITRF2000.

Fuente: Estaciones de la 1ª RED GPS 1994 en Honduras. Tegucigalpa, Octubre del 2021

5.5. Primera Red Geodésica GPS de Honduras

Fue con el impulso de la tecnología satelital, a mediados de los 90s, cuando se inició un proyecto que consistió en establecer la Red Geodésica de Primer Orden, utilizando equipos GPS, enmarcada en el Sistema Geodésico Mundial (WGS84). La Red Geodésica de Referencia Nacional la componen dos o tres puntos en cada país que fueron observados durante 72 horas no continuas

para obtener posiciones absolutas. El amarre de estos vértices, se realizó a Estaciones de Referencia de Operación Constante (CORS). (Bosque Sendra, y otros, 2021).

Este avance tecnológico producido en la última década del siglo pasado hizo posible crear un Sistema Geodésico Mundial (GPS), el cual tiene grandes diferencias con el método clásico o convencional, tanto en la planificación, medición (Receptores ASHTECH), como en el cálculo y ajuste de la red (Programa GPPS). Por otra parte, el Instituto Geográfico Nacional de Honduras, ahora Dirección General de Catastro y Geografía con la asesoría del DEFENSE MAPPING AGENCY (D.M.A) de Estados Unidos, en el año de 1994, planificaron y ejecutaron, de forma precisa la determinación de coordenadas geocéntricas tridimensionales, de 26 estaciones de la Red GPS a nivel nacional. Esta red utilizó el DATUM WGS84.

- a. Terreno Plano;
- b. Que no existiera interferencia;

Ilustración 3: Estaciones de la 1ª RED GPS 1994 en Honduras.

- c. Que no hubiera obstrucciones más altas de 10 grados;
- d. Lejos de superficies reflectivas;
- e. Accesibilidad, área segura; etc....

Quedando finalmente 26 Estaciones



5.6. Segunda Red Geodésica GPS de Honduras

NOTA: Para hacer realidad este proyecto, se hizo un reconocimiento de 53 Estaciones de Triangulación y 11 bancos de Nivel. Los criterios de selección de las estaciones fueron.

Fuente: Estaciones de la 1ª RED GPS 1994 en Honduras, Comayaqüela ; Octubre del 2021.

Después del Huracán Mitch (1998), como parte de la ayuda del Departamento de Comercio de Estados Unidos, en el Programa de Reconstrucción en América Central, se planificó “El Desarrollo E Implementación De Un Marco Geodésico Para El Salvador, Guatemala, Honduras Y Nicaragua”.

La base fundamental de cualquier red Geodésica Moderna lo constituye el establecimiento de una red de OBSERVACION CONTINUA (CORS), mientras que esta faceta tecnológica se ha desarrollado con éxito en otros países, cuando se apareció el fenómeno del HURACAN, en Centro-América, solo existía una estación, la cual estaba ubicada en Costa Rica. Por tal razón se planificó el establecimiento de por lo menos tres estaciones en cada uno de los países y una de ellas deberá estar ubicada en el INSTITUTO GEOGRAFICO DE CADA PAIS. En Honduras inicialmente se establecieron en Choluteca, Puerto Castilla y Tegucigalpa y más tarde en San Lorenzo, IGN, y Lancetilla.

5.7. Red Geodésica activa de Honduras

5.7.1. Estaciones Mareográficas y de Observación Continua

De las estaciones CORS, la única que se encuentra funcionando a un cincuenta por ciento, es la estación que se encuentra ubicada en la DGCG. Las demás Estaciones están INACTIVAS. Los mareógrafos están destruidos en su totalidad.

5.7.2. Red de referencia de gran exactitud

En el año 2001, se estableció una red en Honduras de 76 Estaciones, de las que 6 se ubicaron en Tegucigalpa y alrededores. Fueron documentadas, igual que los antiguos vértices geodésicos, distanciados aproximadamente de 40 a 50 km y ajustadas con 6 Estaciones de Observación Continua (Estelí, Guatemala, Kingston, Managua, San Lorenzo, San Salvador, Tegucigalpa. (CORS) Esta Red Geodésica tiene una precisión de 2 cm en la componente Horizontal y 4 cm en la altura elipsoidal. Se utilizó como referencia, algunas de las estaciones establecidas en 1994.

La última Red Geodésica realizada en la zona de Tegucigalpa tiene una antigüedad 28 años y fue establecida por métodos convencionales. Esta red constaba de 20 Estaciones, la mayoría de las cuales ha desaparecido. (Bosque Sendra, y otros, 2021)

5.8. Sistemas de Información Geográfica

Un SIG se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos. Los SIG son una tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial, y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato. Existen otras muchas definiciones de SIG, algunas de ellas acentúan su componente de base de datos, otras sus funcionalidades y otras enfatizan el hecho de ser una herramienta de apoyo en la toma de decisiones, pero todas coinciden en referirse a un SIG como un

sistema integrado para trabajar con información espacial, herramienta esencial para el análisis y toma de decisiones en muchas áreas vitales para el desarrollo nacional, incluyendo la relacionada con el estudio científico de la Biodiversidad. (Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 2006)

Las soluciones para muchos problemas frecuentemente requieren acceso a varios tipos de información que sólo pueden ser relacionadas por geografía o distribución espacial. Sólo la tecnología SIG permite almacenar y manipular información usando geografía, analizar patrones, relaciones, y tendencias en la información, todo con el interés de contribuir a la toma de mejores decisiones.

5.9. Modelos de datos

En los años 1960 y 1970 emergieron nuevas tendencias en la forma de utilizar los mapas para la valoración de recursos y planificación. Observando que las diferentes coberturas sobre la superficie de la tierra no eran independientes entre sí, si no que guardaban algún tipo de relación, se hizo latente la necesidad de evaluarlas de una forma integrada y multidisciplinaria. Una manera de sencilla de hacerlo era superponiendo copias transparentes de mapas de coberturas sobre mesas iluminadas y encontrar puntos de coincidencia en los distintos mapas de los diferentes datos descriptivos. Luego, esta técnica se aplicó a la emergente tecnología de la informática con el procedimiento de trazar mapas sencillos sobre una cuadrícula de papel ordinario, superponiendo los valores de esa cuadrícula y utilizando la sobreimpresión de los caracteres de la impresora por renglones para producir tonalidades de grises adecuadas a la representación de valores estadísticos, en lo que se conocía como sistema de cuadrícula (trama).

Pero, estos métodos no se encontraban desarrollados lo suficiente y no eran aceptados por profesionales que manejaban, producían o usaban información cartográfica. A finales de los años 70`s la tecnología del uso de ordenadores progreso rápidamente en el manejo de información cartográfica, y se afinaron muchos de los sistemas informáticos para distintas aplicaciones cartográficas. De la misma manera, se estaba avanzando en una serie de sectores ligados, entre ellos la edafología, la topografía, la fotogrametría y la percepción remota.

Inicialmente, este rápido ritmo de desarrollo provoco una gran duplicación de esfuerzos en las distintas disciplinas relacionadas con la cartografía, pero a medida que se aumentaban los sistemas y

se adquiría experiencia, surgió la posibilidad de articular los distintos tipos de elaboración automatizada de información espacial, reuniéndolos en verdaderos sistemas de información geográfica para fines generales. A principios de los años 80's, los SIG se habían convertido en un sistema plenamente operativo, a medida que la tecnología de los ordenadores se perfeccionaba, se hacía menos costosa y gozaba de una mayor aceptación. En la actualidad se están instalando rápidamente estos sistemas en los organismos públicos, los laboratorios o institutos de investigación, las instituciones académicas, la industria privada y las instalaciones militares y públicas. (Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 2006)

Los Sistemas de Información Geográfica, SIG, no son más que la representación correcta de los fenómenos del mundo real en donde analizamos las relaciones de todo tipo de información para facilitar la toma de decisiones. Básicamente un SIG es una herramienta que sirve para trabajar con la información georreferenciada. Los modelos y estructuras de datos ayudan a la descripción de un objeto geográfico (una parcela, una localidad, un río, un parque entre otros) en donde un “Modelo de Datos” hace referencia a la conceptualización de este objeto y la “estructura de datos” se refiere a la implementación / Transformación del “modelos de datos”. Los modelos de captura y almacenamiento de la información geográfica se pueden clasificar en tres tipos de datos básicos: modelo vectorial, modelo ráster y nubes de puntos.

La construcción e implementación de un SIG en cualquier organización es una tarea siempre progresiva, compleja, laboriosa y continúa. Los análisis y estudios anteriores a la implantación de un SIG son similares a los que se deben realizar para establecer cualquier otro sistema de información. Pero en los SIG, además, hay que considerar las especiales características de los datos que utiliza y sus correspondientes procesos de actualización. Es indiscutible que los datos son el principal activo de cualquier sistema de información. Por ello el éxito y la eficacia de un SIG se mide por el tipo, la calidad y vigencia de los datos con los que opera. Los esfuerzos, la investigación y la inversión necesaria para crear las bases de datos y tener un SIG eficiente y funcional no son pequeños, ni tampoco es una gran inversión. Es un esfuerzo permanente por ampliar y mejorar los datos almacenados, utilizando las herramientas más eficientes para nuestro propósito.

La información espacial contiene una referencia geográfica explícita como latitud y longitud o una referencia implícita como domicilio o código postal. Las referencias implícitas pueden ser derivadas de referencias explícitas mediante geo-codificación.

Los SIG funcionan con dos tipos diferentes de información geográfica: el modelo vector y el modelo ráster. El modelo ráster ha evolucionado para modelar tales características continuas. Una imagen ráster comprende una colección de celdas (píxel) de una grilla más como un mapa o una figura escaneada. Ambos modelos para almacenar datos geográficos tienen ventajas y desventajas únicas y los SIG modernos pueden manejar varios tipos. En el modelo vector, la información sobre puntos, líneas y polígonos se almacena como una colección de coordenadas x, y. La ubicación de una característica puntual, pueden describirse con un sólo punto x, y. Las características lineales, pueden almacenarse como un conjunto de puntos de coordenadas x, y. Las características poligonales, pueden almacenarse como un circuito cerrado de coordenadas. El modelo vector es extremadamente útil para describir características discretas, pero menos útil para describir características de variación continua.

Actualmente, debido a la disminución en el costo de los Sistemas Informáticos. debido a su proliferación, están materializándose importantes beneficios económicos en las empresas y entidades que implementan esta tecnología SIG. Entre estos beneficios se destacan:

1. Realizar un gran número de manipulaciones, sobresaliendo las superposiciones de mapas en corto tiempo, transformaciones de escala, la representación gráfica y la gestión de bases de datos, así como su administración y mantenimiento.
2. Consultar rápidamente las bases de datos, tanto espacial como alfanumérica, almacenadas en el sistema, con información exacta, actualizada y centralizada.
3. Realizar pruebas analíticas complejas rápidas y repetir modelos conceptuales en despliegue espacial, sin la necesidad de repetir actividades redundantes o tediosas.
4. Minimización de costos de operación e incremento de la productividad.
5. Ayuda en la toma de decisiones con el fin de focalizar esfuerzos y realizar inversiones más efectivas.
6. Comparar eficazmente los datos espaciales a través del tiempo (análisis temporal).
7. Efectuar algunos análisis, de forma rápida que hechos manualmente resultarían largos y molestos.
8. Integrar en el futuro, otro tipo de información complementaria que se considere relevante y que esté relacionada con la base de datos nativa u original.

Los Sistemas de Información Geográfica comparten características con otros sistemas de información, pero su habilidad de manipular y analizar datos geográficos los separa del resto. La siguiente sería una forma de clasificar los sistemas de información con los que se relaciona los SIG:

1. Mapeo de escritorio
2. Herramientas CAD
3. Sensores remotos
4. Sistemas Manejadores de Bases de Datos (SMBD)
5. Mapeo de Escritorio

El Mapeo de Escritorio: se caracteriza por utilizar la figura del mapa para organizar la información utilizando capas e interactuar con el usuario, el fin es la creación de los mapas y estos a su vez son la base de datos, tienen capacidades limitadas de manejo de datos, de análisis y de personalización.

Herramientas CAD: Se utilizan especialmente para crear diseños y planos de construcciones y obras de infraestructura, estos sistemas no requieren de componentes relacionales ni herramientas de análisis, Las herramientas CAD actualmente se han ampliado como soporte para mapas, pero tienen utilidad limitada para analizar y soportar bases de datos geográficos grandes.

Sensores Remotos: Se define como el conjunto de conocimientos y técnicas utilizados para determinar características físicas y biológicas de objetos mediante mediciones a distancia sin contacto material con los mismos (Lasselin & Darteyre, 1991). La percepción remota no agrupa solo las técnicas que permiten obtener dichas características y captación de datos desde el aire o espacio, sino también su posterior procesamiento en el ambiente de una determinada aplicación.

En otras palabras, los sensores remotos se definen como la técnica de adquisición y posterior procesamiento digital de datos de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, en virtud de la interacción electromagnética existente entre la tierra y el sensor.

Sistemas Manejadores de Bases de Datos (SMBD): Los SMBD se especializan en el almacenamiento y manejo de todo tipo de información, incluyendo datos geográficos. Los SMBD están perfeccionados para almacenar y retirar datos, y muchos SIG se apoyan en ellos para este propósito. No tienen las herramientas comunes de análisis y de visualización de los SIG. En esencia, el SIG es un sistema de gestión de base de datos (DBMS), específicamente diseñado para el tratamiento simultáneo de datos espaciales e información descriptiva relacionada.

Un DBMS proporciona un lenguaje para análisis de datos que permite al usuario describir los mecanismos o métodos utilizados por aquel. También debe contar con procedimientos adecuados para comprobar la coherencia de los datos y mantener su integridad. Además de DBMS, el SIG presenta muchas posibilidades, similares a las de la automatización de la cartografía, debe permitir el tratamiento de datos descriptivos no gráficos, como la información estadística, conjuntamente con los datos espaciales a los que están relacionados. Para que un sistema pueda considerarse un verdadero SIG, debe tener la capacidad de relacionar esos dos tipos de datos.

Si bien el SIG difiere de otros instrumentos, como el sistema de gestión de base de datos alfanumérico, la representación gráfica computarizada y la cartografía automatizada, cada uno de estos otros sistemas constituye en realidad un componente del SIG, cuya labor es integrar a todos esos otros sistemas en una sola operación.

5.9.1. Aplicaciones de los Modelos de Datos

En la mayoría de los sectores los Modelos de Datos, pueden ser utilizados como una herramienta de ayuda a la gestión y toma de decisiones.

5.9.2. Cartografía automatizada

Las entidades públicas han implementado este componente de los SIG en la construcción y mantenimiento de planos digitales de cartografía. Dichos planos son luego puestos a disposición de las empresas a las que puedan resultar de utilidad estos productos. Las propias entidades se encargan posteriormente de proveer versiones actualizadas periódicamente.

5.9.3. En infraestructuras

Algunos de los primeros sistemas SIG fueron utilizados por las empresas encargadas del desarrollo, mantenimiento y gestión de redes de electricidad, gas, agua, teléfonos, alcantarillados, etc., en estas los sistemas SIG almacenan información alfanumérica de servicios, que se encuentra relacionada a las distintas representaciones gráficas de los mismos. Estos sistemas almacenan

información relativa a la conectividad de los elementos representados gráficamente, con el fin de permitir realizar análisis de redes. La elaboración de mapas, así como la posibilidad de elaborar otro diferente tipo de consulta, ya sea gráfica o alfanumérica, son las funciones más comunes para estos sistemas, también son utilizados en trabajos de ingeniería, inventarios, planificación de redes, gestión de mantenimiento, etc.

5.9.4. Gestión territorial

Son aplicaciones SIG dirigidas a la gestión de entidades territoriales. Estas aplicaciones permiten un rápido acceso a la información gráfica y alfanumérica, y suministran herramientas para el análisis espacial de la información. Facilitan labores de mantenimiento de infraestructuras, mobiliario urbano, etc., y permiten realizar una optimización en los trabajos de mantenimiento de empresas de servicios. Tienen la facilidad de generar, documentos con información gráfica y alfanumérica.

5.9.5. Medioambiente

Son aplicaciones implementadas por instituciones de medioambiente, que facilitan la evaluación del impacto medioambiental en la ejecución de proyectos. Integrados con sistemas de adquisición de datos permiten el análisis en tiempo real de la concentración de contaminantes, a fin de tomar las precauciones y medidas del caso. Facilitan una ayuda fundamental en trabajos tales como repoblaciones forestales, planificación de explotaciones agrícolas, estudios de representatividad caracterización de ecosistemas, estudios de fragmentación, estudios de especies, etc.

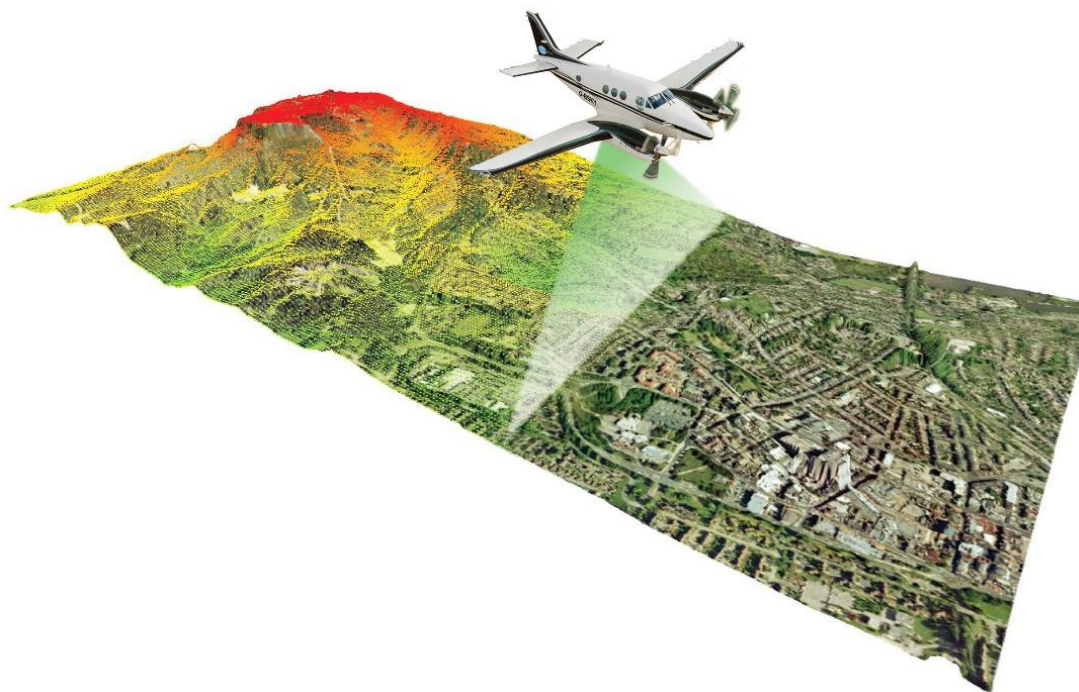
5.9.6. Equipamiento social

Son implementación de aplicaciones SIG dirigidas a la gestión de servicios de impacto social, tales como servicios sanitarios, centros escolares, hospitales, etc., suministran información sobre los centros ya existentes en una determinada zona y ayudan en la planificación en cuanto a la localización de nuevos centros. Un buen diseño y una buena implementación de estos SIG aumentan

la productividad al optimizar recursos, ya que permiten asignar de forma adecuada y precisa los centros a los usuarios y cubrir de forma eficiente la totalidad de la zona de influencia.

5.9.7. Tecnología LIDAR

Ilustración 4: Levantamiento con Tecnología LIDAR



Nota: Lidar es considerada a la fecha; una de las tecnologías más exactas y sofisticadas en estudios topográficos a grandes escalas.

Fuente de: Aerial Photography. Comayagüela; Septiembre del 2021.

El LiDAR (de *Light Detection and Ranging*) es una técnica de teledetección óptica que utiliza la luz de láser para obtener una muestra densa de la superficie de la tierra produciendo mediciones exactas de x , y y z . LiDAR, que se utiliza principalmente en aplicaciones de representación cartográfica láser aéreas, está surgiendo como una alternativa rentable para las técnicas de topografía tradicionales como una fotogrametría. LiDAR produce data sets de nube de puntos masivos que se pueden administrar, visualizar, analizar y compartir usando ArcGIS.

Los componentes de hardware principales de un sistema LiDAR incluyen un vehículo de recolección (avión, helicóptero, vehículo y trípode), sistema de escáner láser, GPS (Sistema de

posicionamiento global) e INS (Sistema de Navegación por Inercia). Un sistema INS mide la rotación, inclinación y encabezamiento del sistema LiDAR. LiDAR es un sensor óptico activo que transmite rayos láser hacia un objetivo mientras se mueve a través de rutas de topografía específicas. El reflejo del láser del objetivo lo detectan y analizan los receptores en el sensor LiDAR. Estos receptores registran el tiempo preciso desde que el pulso láser dejó el sistema hasta cuando regresó para calcular la distancia límite entre el sensor y el objetivo. Combinado con la información posicional (GPS e INS), estas medidas de distancia se transforman en medidas de puntos tridimensionales reales del objetivo reflector en el espacio del objeto.

Los datos de punto se procesan posteriormente después de que la recopilación de datos LiDAR se reconocen dentro de las coordenadas x , y , z georreferenciadas con alta precisión al analizar el rango de tiempo láser, ángulo de escaneo láser, posición del GPS e información del INS. Los pulsos láser emitidos desde un sistema LiDAR se reflejan desde objetos sobre y por encima de la superficie del suelo: vegetación, edificios, puentes y así sucesivamente. Un pulso láser emitido puede regresar al sensor LiDAR como uno o muchas devoluciones.

Cualquier pulso láser emitido que encuentre varias superficies de reflejo a medida que viaja hacia el suelo se divide en tantas devoluciones como superficies reflectoras existen. El primer pulso láser devuelto es el más importante y se asociará con la entidad más grande en el panorama como una copa de árbol o la parte superior de un edificio. La primera devolución también puede representar el suelo, en cuyo caso el sistema LiDAR solo detectará un regreso. Varias devoluciones pueden detectar las elevaciones de varios objetos dentro de la huella láser de un pulso láser saliente. Las devoluciones intermedias, en general, se utilizan para la estructura de la vegetación, y la última devolución para los modelos de terreno de suelo desnudo. La última devolución no siempre será de una devolución del suelo.

Por ejemplo, considere un caso en donde un pulso golpee una rama gruesa en su camino hacia el suelo y el pulso no llega en realidad al suelo. En este caso, la última devolución no es desde el suelo, pero sino desde la rama que reflejó el pulso láser completo. Los datos LiDAR organizados espacialmente postprocesos se conocen como datos de la nube de punto. Las nubes de punto inicial son grandes colecciones de puntos de elevación 3D, que incluyen x , y , z , junto con atributos adicionales como marcas de tiempo GPS. Las entidades de superficie específicas que el láser encuentra se clasifican después de que la nube de punto LiDAR inicial es postprocesos. Las elevaciones de la tierra,

los edificios, canopea forestal, pasos elevados de autopista, y todo lo demás que el rayo láser encuentra durante la encuesta constituye los datos de nube de punto.

6. Marco Conceptual

6.1. Cartografía: Ubicación, determinación de superficies sobre planos o cartas.

6.2. DATUM: Superficie de referencia geoméricamente definida, habitualmente un elipsoide, dado por la longitud, latitud, y altura, y un punto fundamental en el que la vertical del geoide y al elipsoide sea común.

6.3. DOPPLER: Se basa en la medición de la variación de distancias satélites mediante la cuenta DOPPLER de la frecuencia de las señales recibidas.

6.4. Fotogrametría: Disciplina que utiliza las fotografías para la obtención de mapas de terrenos.

6.5. Geodesia: Se trata de las mediciones de grandes extensiones de terreno, como por ejemplo para confeccionar la carta geográfica de un país, para establecer fronteras y límites internos, para la determinación de líneas de navegación en ríos y lagos, etc.

6.6. GPS (Global Positioning System): Sistema que puede trabajar con medida directa de distancias, en sistema Doppler.

6.7. Infraestructura: Conjunto de medios técnicos, servicios e instalaciones necesarios para el desarrollo de una actividad o para que un lugar pueda ser utilizado.

6.8. Topografía: Ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones relativas de los puntos sobre la superficie de la tierra y debajo de la misma.

6.9. Tecnología en Topografía: Herramientas usadas en Topografía y que se encuentran en la vanguardia de los últimos adelantos tecnológicos a nivel mundial, como

ejemplo se tienen algunos de los sistemas tecnológicos y que se vuelven indispensables para el desarrollo de la profesión topográfica como los sistemas de posicionamiento global, teledetección, dispositivos móviles y la fotogrametría.

6.10. Topografía Plana: El levantamiento topográfico plano tiene la misma finalidad de los levantamientos geodésicos, pero difiere en cuanto a la magnitud y precisión y por consiguiente en los métodos empleados.

6.11. Puntos de Georreferenciación: puntos de las poligonales de apoyo establecidas para el control horizontal de la obra y red de Bench Marks para el control vertical.

6.12. Planimetría: sólo tiene en cuenta la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario (vista en planta) que se supone que es la superficie media de la tierra; esta proyección se denomina base productiva y es la que se considera cuando se miden distancias horizontales y se calcula el área de un terreno. Aquí no interesan las diferencias relativas de las elevaciones entre los diferentes puntos del terreno.

6.13. (Satélite Laser Ranging): Es un sistema de medida directa de distancias por pulso laser a satélites provistos de prismas de reflexión total.

6.14. LiDAR (Light Detection and Ranging): Es una técnica de teledetección óptica que utiliza la luz de láser para obtener una muestra densa de la superficie de la tierra produciendo mediciones exactas de x, y y z.

6.15. RPAS (Remoltey Piloted Aircraft System): Es el Sistema en conjunto de la aeronave, el enlace de comunicaciones (Smartphone, iPad, computadora, RTK) y una estación en tierra (control de mandos y pista de aterrizaje).

7. Metodología

7.1. Tipo de investigación

Cuantitativa – Experimental, ya que los valores de las variables son números (Datos Medibles) y genera conocimiento al comparar Características de Tiempo, Costo e impacto en el alcance de los trabajos de levantamientos topográficos (Fernández & Velardo, 2015). El trabajo de investigación utiliza un método cuantitativo. La investigación cuantitativa es un método de investigación que utiliza herramientas de análisis matemático y estadístico para describir, explicar y predecir fenómenos mediante datos numéricos. (Hernández Sampieri & Fernandez Collado, 2014).

Para este estudio se definen variables que son evaluadas mediante el análisis de datos estadísticos obtenidos a través de la aplicación de un instrumento de investigación, en este caso la ficha técnica de observación (Ver anexo C).

El estudio analiza variables en un ambiente no controlado para determinar la relación causa efecto entre distintas variables.

7.2. Enfoque de la Investigación

Según Sampieri en 2014, nos detalla un Enfoque Descriptivo, ya que comprende el proceso de identificación, descripción, caracterización de la realidad actual de las Metodologías RPAS y Levantamientos Topográficos en Honduras.

7.2.1. Unidades de Estudio (Población y Muestra)

7.2.1.1. Población

Honduras está conformada por diez y ocho departamentos, y doscientos noventa y ocho municipios, y su extensión territorial es de 112,492 kilómetros cuadrados, en este caso delimitamos nuestra muestra poblacional, al Municipio de Francisco Morazán, específicamente la ciudad de Tegucigalpa y Comayagüela, que son el epicentro de la política y donde está ubicada todo el aparato gubernamental, y por consecuencia se denota un marcado desarrollo y crecimiento en infraestructura, red vial, vivienda y desarrollo urbano, generando la necesidad de una progresión constante e

innovadora de técnicas y tecnologías que proporcionen mejores costos y beneficios viables en materia de infraestructura.

7.2.1.2. Muestra

Se ha realizado un muestreo por conveniencia ya que es una técnica de muestreo no probabilístico y no aleatorio utilizada para crear muestras de acuerdo a la facilidad de acceso, la disponibilidad de las personas de formar parte de la muestra, en un intervalo de tiempo dado o cualquier otra especificación práctica de un elemento en particular, la muestra fue de 67,000 m² aproximadamente, ubicada en Col. Las Torres, Comayagüela, Francisco Morazán, Honduras.

7.3. Técnica e instrumentos de Investigación.

En general los instrumentos constituyen la vía mediante la cual es posible aplicar una técnica de recolección de información. Algunos instrumentos permiten captar o percibir información.

Se ha creado la ficha técnica de operación para el control de campo durante la ejecución de los levantamientos topográficos. En este caso el instrumento de registro no solo permite captar la información, sino que también; constituye un soporte o asiento que permite conservar la información. (Ver ANEXO C). Los instrumentos de medición, constituyen un conjunto de pautas e instrucciones que orientan la atención del investigador hacia un tipo de información específica, para impedir que se alejen del punto de interés. Todo instrumento de medición responde a una técnica, pero además comprende un sistema de selección de la información, un sistema de registro y un sistema de codificación e interpretación de la información.

Mager (1962 cp Gronlund, 1990) señala que en caso de instrumentos se deben tomar tres criterios en la formación de los ítems; el evento específico que se está midiendo, las condiciones en las cuales se manifiesta dicho evento y la norma de ejecución aceptable. El primer aspecto tiene que ver con los indicios del evento, el segundo, con las áreas o contexto en los cuales dicho evento se manifiesta, y el tercer criterio, con las pautas o parámetros de codificación de ítems. En consecuencia, lo que identifica a un instrumento de medición o de recolección de datos es que los criterios que permiten seleccionar el material, se basan en una serie de indicios del evento a medir, los cuales han

sido previamente especificados por el investigador durante el proceso de operacionalización: en consecuencia, en el proceso de validación lo que se valida son los instrumentos de recolección de datos.

7.3.1. Matriz de Operacionalización de las Variables

“Una variable es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse” (Sampieri, 2014, pág. 105).

“Una definición operacional constituye el conjunto de procedimientos que describe las actividades que un observador debe realizar para recibir las impresiones sensoriales, las cuales indican la existencia de un concepto teórico en mayor o menor grado” (Reynolds, 1971, p. 52).

Tabla 2: Matriz de Operacionalización de las Variables

En la siguiente tabla se enuncian los indicadores que pueden modificar los valores de las variables evaluadas y analizadas

ITEM	COSTO OPERACIONAL	TIEMPO	PRECISIÓN GEODÉSICA/ESPACIAL
DEFINICIÓN	Se define a los gastos de ejecución de un levantamiento topográfico, desde el planeamiento, ejecución y procesamiento de datos.	Periodo determinado en el cual fueron evaluados ambos métodos topográficos de manera individual, tomando en cuenta la planeación, posicionamiento de los aparatos y equipo, ejecución del levantamiento topográfico y procesamiento de datos.	Determinación de la posición de un punto sobre la superficie terrestre mediante parámetros verificables (Latitud, Longitud y Altitud).
INDICADORES	Personal Calificado Equipo Propio/Rentado Traslados Alimentación Seguridad Procesamiento de datos Superficie de terreno	Experiencia del Personal Calificado Altura de vuelos RPAS - GSD Tipo de Superficie de Terreno Errores Permisibles de Contrato Cantidad de información a recolectar	Experiencia del Personal Calificado Clima y Temperatura Ambiental Radiación y Ondas Magnéticas Calibración de Equipos Topográficos

Nota: Esta matriz ha sido evaluada mediante el criterio de Reynolds, 1971, p.52.

Fuente Propia. Comayagüela; Noviembre del 2021.

Ilustración 5: Formato de Ficha Técnica de Operación

**INSERTAR IMAGEN
GEOREFERENCIADA
DEL SITIO**

FICHA TÉCNICA DE OPERACIÓN



Nº CONTRATO _____

NOMBRE PROYECTO _____

FECHA _____

UBICACIÓN _____

COORDENADAS DE REFERENCIA _____

PROFESIONAL RESPONSABLE _____

RPAS Hora Inicio _____ Hora Final _____

ESTACION TOTAL Hora Inicio _____ Hora Final _____

COSTO OPERACIONAL

ITEM	UNIDAD	ESTACIÓN TOTAL	RPAS
Personal Calificado	Cantidad		
Equipo Propio/Rentado	Cantidad		
Traslados	Km		
Seguridad	Unidad		
Procesamiento de datos	Días		
Superficie de Terreno	Km2		

TIEMPO DE EJECUCIÓN

ITEM	UNIDAD	ESTACIÓN TOTAL	RPAS
Personal Experimentado/Equipo	Hrs		
GSD de RPAS	cm/px	N/A	
Tipo de Superficie	Irregular/Regular		
Error permisible (Especificación)	cm		
Cantidad de información	Unidad		

PRECISIÓN GEODÉSICA/ESPACIAL

ITEM	UNIDAD	ESTACIÓN TOTAL	RPAS
Personal con Experiencia	SI/NO		
Clima	Llu, Nub, Desp.		
Temperatura Ambiental	°C		
Presencia de Frecuencias Magnéticas/Radiación	SI/NO		
Calibración de Equipo	SI/NO		

Nota: De acuerdo a los indicadores mencionados en la Tabla 1 (Matriz de Operacionalización de las Variables); se ha creado la siguiente FICHA TÉCNICA DE OPERACIÓN a fin de poder evaluar en tiempo real, cada uno de los indicadores que intervienen

*dentro de los levantamientos topográficos tradicionales y/o RPAS. Instrumento aprobado por el asesor académico, ver anexo D.
Fuente Propia. Comayagüela; 25 Noviembre del 2021.*

7.3.2. Selección de las aplicaciones tecnológicas para los levantamientos

La selección de estas tecnologías surgió luego de haber participado en el Congreso Internacional de Minera en el año 2018 que fue realizado por la UPI, en una de las conferencias que se impartían tuvimos la oportunidad de participar en “Implementación de Drones para reconocimiento de zonas” fue ahí donde surgió nuestro interés de saber cómo se podía hacer un reconocimiento con dron de un área y al mismo tiempo poder obtener datos como elevaciones, áreas y curvas de nivel a partir de una nube de puntos que se generó de ortofotos.

7.3.3. Planteamiento de las Hipótesis

7.3.3.1. Hipótesis a probar 1

H₀. Consideramos que un levantamiento con Estación Total es más económico en comparación al RPAS.

H₁. Consideramos que un levantamiento topográfico usando el RPAS es más económico en comparación a la Estación Total.

7.3.3.2. Hipótesis a probar 2

H₂₀: Consideramos que el RPAS tiene mayor precisión en comparación a la Estación Total.

H₂₁: Consideramos que la Estación Total tiene mayor precisión en comparación al RPAS.

7.3.3.3. Hipótesis a probar 3

H₃₀: Consideramos que un levantamiento topográfico con RPAS se puede realizar en menor tiempo en comparación con el levantamiento con Estación Total.

H₃₁. Consideramos que un levantamiento topográfico con Estación Total se puede realizar en menor tiempo en comparación al levantamiento con RPA.

Análisis: La hipótesis H2 se rechaza y se aprueba la hipótesis H1 en función del análisis de los resultados.

7.3.4. Selección de Terreno

La selección del terreno tenía que cumplir ciertas características y entre ellas están: espacio aéreo, terreno natural irregular con cambios de niveles pronunciados, edificaciones cercanas y demás puntos de referencias que serían necesarios para tener una mayor información de parte de las ortofotos.

7.3.5. Visita de Campo

Fue necesario hacer una visita de campo después de haber elegido el terreno de estudio para poder hacer pruebas de vuelo y saber si las restricciones de Aeronáutica Civil nos permitían realizar vuelos en la zona ya que el terreno de estudio se encuentra a pocos kilómetros del Aeropuerto Internacional Toncontín, en ese día de prueba se estableció la altura de vuelo, perímetro de vuelo y se evaluó la visibilidad de la zona ya que de ello depende mucho la precisión y calidad de las ortofotos.

7.3.6. Ejecución del Plan del Levantamiento

La planeación de todo el levantamiento fue importante porque de ello dependía el tiempo en que se terminara el levantamiento ya que las baterías del RPAS cuentan con una autonomía de vuelo de 1 hora y 20 minutos continuos, la precisión del levantamiento porque dependíamos del apoyo de la estación total en tierra para poder triangular los puntos de control (PC) y los costos porque el alquiler de la estación total dependía de las horas que fuera requerido.

7.3.7. Procesamiento de Datos

El procesamiento de datos tuvo un tiempo prolongado ya que el software que es utilizado para procesar los datos requiere de una computadora con características y capacidades superiores a las que manejábamos, pero una vez procesados los datos obtuvimos información superior a la que nos ofrece la estación total.

7.3.8. Resultado Final

La estación total es más precisa en comparación al RPAS, combinando ambos métodos se puede reducir error del RPAS.

7.4. Selección del Zona de Estudio

Comayagüela, Francisco Morazán, Col. Las Torres.

7.4.1. Ubicación Geográfica de la Zona de Estudio

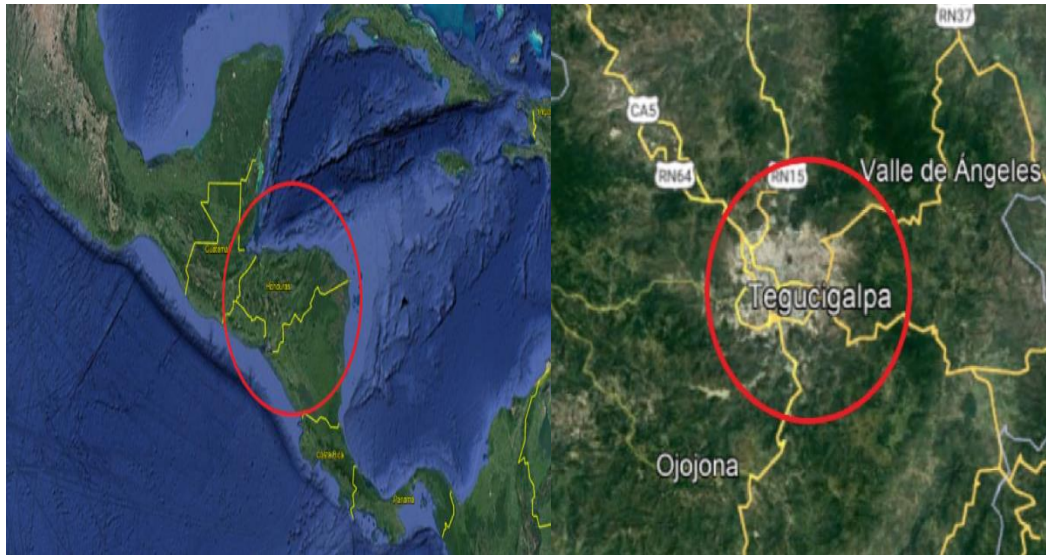
Tabla 3: Coordenadas geo-referenciadas de la zona de estudio.

En la siguiente tabla se pueden observar las coordenadas geográficas (WGS-84) de la Zona de Estudio, ubicada en la Col. Las Torres, Comayagüela.

Ubicación	Latitud (N)	Longitud (W)	Elevación(m)
Comayagüela, Honduras	14° 3'36.82'N	87°13'52.78'O	1016

NOTA: Fuente propia. Comayagüela, 1 Noviembre del 2021.

Ilustración 6: Ubicación geográfica del área de Estudio, Col. Las Torres, Comayagüela, Honduras.



NOTA: La Ilustración, muestra un acercamiento satelital del país y ciudad donde se encuentra ubicada la Zona de Estudio que se ha utilizado como muestra representativa de los valores de los indicadores. Fuente de Google Earth Pro. Comayagüela, 8 Noviembre del 2021.

Ilustración 7: Representación del área de estudio, Col Las Torres, Comayagüela, Honduras.



NOTA: La Ilustración, muestra un acercamiento satelital del área urbana donde se encuentra ubicada la Zona de Estudio que se ha utilizado como muestra representativa de los valores de los indicadores. Fuente de Google Earth Pro. Comayagüela, 8 Noviembre del 2021.

Ilustración 8: Georreferenciación de Puntos de Control (PC's) con cuadrilla topográfica convencional.



NOTA: Cuadrilla de topografía convencional desarrollando un levantamiento topográfico y de georreferenciación de los Puntos de Control (PCs) para fotogrametría; distribuidos de manera aleatoria y estratégica sobre el área de estudio. Fuente propia, Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras. 7 de Noviembre del 2021.

Ilustración 9: Equipo de RPAS para la ejecución del Plan de Vuelo.



NOTA: Descripción gráfica de equipo total del RPAS. Fuente propia, Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras. 7 de Noviembre del 2021.

Ilustración 10: Equipo y personal convencional para el Levantamiento Topográfico



NOTA: Equipo y personal calificado para la georreferenciación de PCs. Fuente propia, Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras. 7 de Noviembre del 2021.

7.5. Análisis y Discusión de los Resultados

La capacidad ofrecida por los Sistemas de Información Geográfica (SIG) de generar nueva información a partir de un conjunto de datos espaciales ha revolucionado el manejo y análisis de la información geográfica, convirtiéndose en una herramienta altamente especializada para la gestión de dicha información, lo cual se ve reflejado en la gran difusión de estos sistemas en diferentes sectores que manejan información espacial y temática asociada, principalmente para resolver problemas de tipo ambiental, social y económico.

La gran ventaja de gestionar la información espacialmente referenciada en formato digital ha significado una disminución en el tiempo de manipulación de ésta respecto a la utilización tradicional de soportes analógicos, acorde con la dinámica de los procesos de gestión del territorio en la actualidad, lo cual sitúa a los SIG como una herramienta de gran impacto en la gestión eficiente de los recursos por parte de las instituciones que disponen y utilizan dicha información. La posibilidad de integrar una serie de datos espaciales heterogéneos es otra cualidad de los SIG, con lo cual se diversifica y amplía la capacidad de análisis sobre los recursos, derivando nueva y rica información que puede ser propagada y actualizada desde un set de datos a otro. (Butenunth, y otros, 2007)

En este esquema, el proceso de entrada de datos al SIG tiene por finalidad generar una base de datos en formato digital correspondiente a una zona o área determinada del territorio (Bosque, 1997). De esta forma, una base de datos puede proceder de procesos concernientes a: topografía, fotogrametría, teledetección e informática (Calvo, 1993). En la actualidad, la demanda por la rápida disposición de bases de datos actualizadas está incrementándose, obligando a investigar, adaptar y evaluar nuevas técnicas y procedimientos de integración de información (Soergel, Schulz, Thoennessen, & Stilla, 2005). Elementos como modelos digitales de elevación (MDE), imágenes satelitales de distintos sensores, imágenes fotográficas aéreas digitales, imágenes líder o modelos 3D, cada día son de más fácil acceso, implicando un gran flujo de datos que debe ser integrado adecuadamente para obtener el máximo de provecho (Tellez & Servigne, 1997). Dentro de los modelos de datos empleados por los SIG es posible distinguir dos estructuras principales: vectorial y ráster (Mena, 2005). El primero delinea los contornos de los elementos representados, por medio de vectores o polilíneas; mientras que el segundo divide el espacio en una matriz regular de celdillas

o píxeles, en donde la representación de los elementos se realiza señalando la existencia o no de ellos dentro de cada píxel (Lee, Li, & Li, 2000). De esta forma, la representación de información geográfica, en uno u otro modelo, corresponde a una abstracción del territorio, en donde elementos geográficos complejos se representan por objetos geométricos simples: puntos, líneas y polígonos. En este contexto, el error de representación de la información geográfica es un problema importante, debido a que frecuentemente los elementos representados presentan formas no regulares o vagas (Schneider, 2003).

La magnitud de este error depende del proceso de captura de información espacial o del procesamiento aplicado, lo cual determinará la confiabilidad de la base de datos respecto a la verdadera ubicación de los elementos en el territorio. En este sentido, el término exactitud, indica el grado de conformidad de la información de la base de datos respecto de una norma establecida. Por su parte, el concepto de precisión indica la confiabilidad de dicha información. En términos generales debiese existir una consistencia entre los objetos geométricos y los elementos geográficos del territorio, pero es posible detectar errores que pueden agruparse en tres categorías: los errores por fuentes obvias, como antigüedad de los datos, escalas, densidad de observaciones o área de cobertura; los errores resultantes de la variación natural de las medidas originales; y los errores surgidos durante la aplicación de los tratamientos utilizados. Los dos primeros generalmente son más fáciles de detectar, sin embargo, los últimos ofrecen una dificultad mayor en su identificación (Burrough & McDonnell, 1998).

Tabla 4: Cronograma de Actividades

Id		Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración
0			TESIS-UPI 2021	231 días
1			INICIO	0 días
2			FASE I	205.75 días
3			Investigación técnico-científica	165 días
4			Compra de RPAS y capacitaciones de uso	1.75 días
5			Capacitación AGISOFT METASHAPE PROFESSIONAL	25.75 días
6			PRESENTACIÓN DE ANÁLISIS DE INVESTIGACION Y OBJETIVOS	0 días

7			FASE II	125 días
8			OBSERVACIÓN-L.T. con E.T. - DANLÍ, EL PARAISO	1 día
			OBSERVACIÓN-L.T. con E.T. - RES. LAS UVAS, COMAYAGÜELA	1 día
10			PRESENTACIÓN OBSERVACIONES, ANALISIS DE PERSONAL Y EQUIPO	0 días
11			FASE III	8 días
12			Reconocimiento de la zona, COL. LAS TORRES	1 día
13			L.T. con E.T. - COL. LAS TORRES, COMAYAGÜELA	2 días
14			REVISIÓN DE PROPUESTA TÉCNICA Y DE ESTUDIO	0 días
15			FASE IV	1.75 días
16			Permisos de vuelo con RPAS DJI/AHAC	0.75 días
17			Prueba de vuelos RPAS, COL. LAS TORRES	1 día
18			REVISION DE ANALISIS DE RESULTADOS	0 días
19			FASE V	4.75 días
20			Organización de actividades, equipo y personal	0.75 días
21			Planeación y descarga de Plan de Vuelo con RPAS	0.75 días
22			REVISION ANALISIS DE PROPUESTAS DE EJECUCION DE LEVANTAMIENTOS	0 días
23			FASE VI	1 día
24			Ejecución de Plan de Vuelo con RPAS	1 día
25			REGISTRO DE DATOS Y REVISION DE ORTOFOTOS	0 días
26			FASE VII	13.75 días
27			Procesamiento de datos obtenidos con RPAS y E.T.	3.75 días
28			Estudios comparativos y resultados	10 días
29			DEFENSA Y PRESENTACION DE RESULTADOS	0 días
30			FIN	0 días

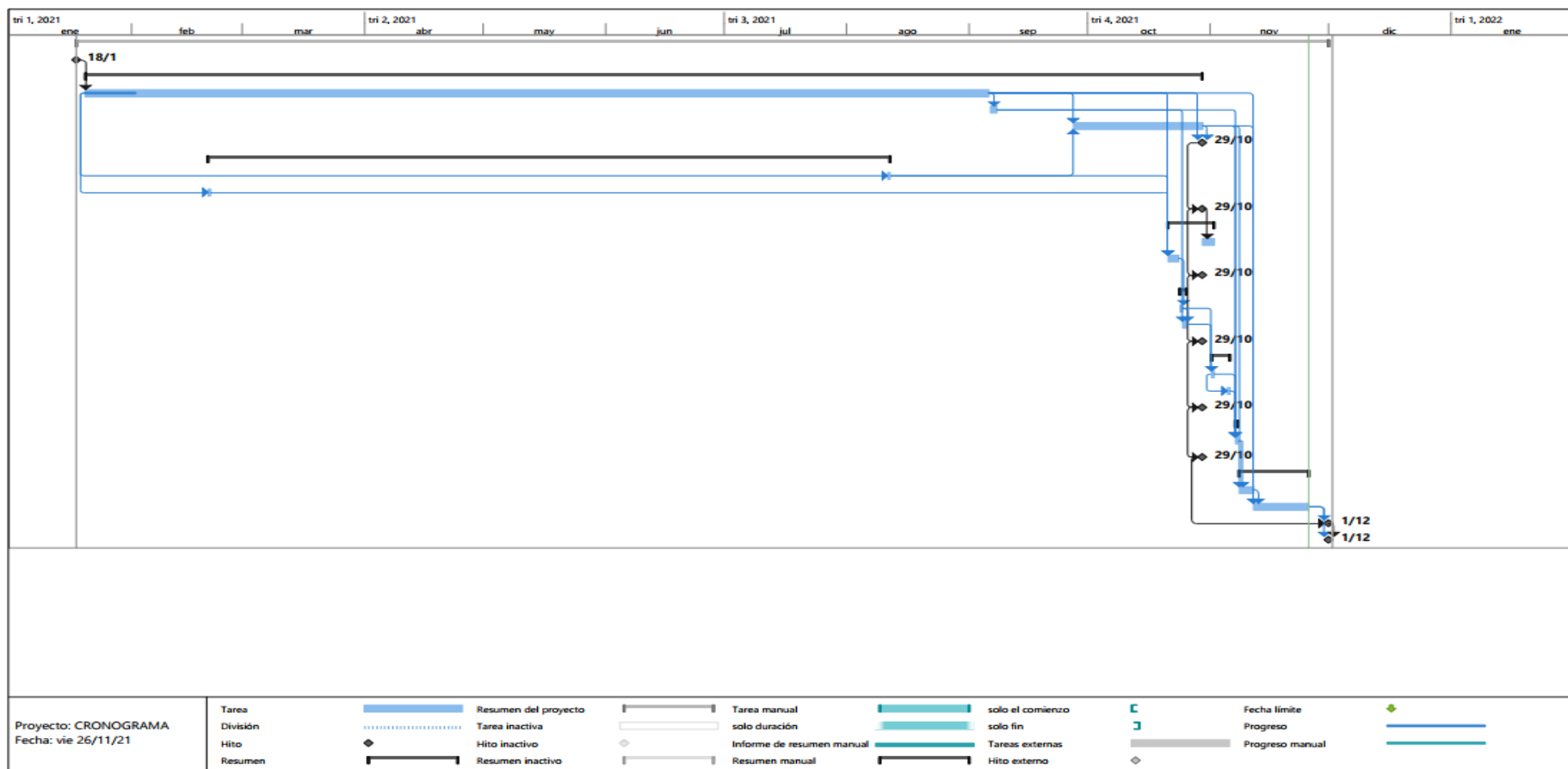
Comienzo	Fin	Predecesoras
lun 18/1/21	mié 1/12/21	
lun 18/1/21	lun 18/1/21	
mié 20/1/21	vie 29/10/21	

mié 20/1/21	dom 5/9/21	1
lun 6/9/21	mar 7/9/21	3
lun 27/9/21	vie 29/10/21	3
vie 29/10/21	vie 29/10/21	3;5
sáb 20/2/21	mié 11/8/21	
mié 11/8/21	mié 11/8/21	3CC
sáb 20/2/21	sáb 20/2/21	3CC
lun 30/8/21	lun 30/8/21	8;9
jue 21/10/21	vie 29/10/21	
vie 29/10/21	vie 29/10/21	10
jue 21/10/21	sáb 23/10/21	3
jue 21/10/21	jue 21/10/21	10CC
dom 24/10/21	lun 25/10/21	
dom 24/10/21	dom 24/10/21	13
dom 24/10/21	lun 25/10/21	16;4
jue 21/10/21	jue 21/10/21	14CC
lun 1/11/21	vie 5/11/21	
lun 1/11/21	lun 1/11/21	16
vie 5/11/21	vie 5/11/21	20CC
jue 21/10/21	jue 21/10/21	18CC
dom 7/11/21	dom 7/11/21	
dom 7/11/21	dom 7/11/21	21;5;4
dom 7/11/21	dom 7/11/21	24
lun 8/11/21	jue 25/11/21	
lun 8/11/21	jue 11/11/21	24;25
jue 11/11/21	jue 25/11/21	27;3;5
mié 1/12/21	mié 1/12/21	25CC;28
mié 1/12/21	mié 1/12/21	29;28

NOTA: Como resultado del estudio; hemos contado con un tiempo aproximado de 231 días de investigación y análisis de datos, así mismo; clasificamos nuestro flujo de trabajo en VII FASES. Fuente propia, Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras. 25 de Noviembre del 2021.

Tabla 5: Diagrama Gantt, distribución de actividades en el tiempo.

En el siguiente diagrama; se muestra la distribución de las actividades desarrolladas en tiempo para la investigación, procesamiento y análisis de datos.



Nota: El flujo general del trabajo investigativo; se ha dividido en VII FASES, las cuales están divididas en subcategorías que representan cada una de las actividades desarrolladas. Al final de cada una de las fases se procedió a analizar y presentar los resultados obtenidos y de esta forma se permitía iniciar la fase subsecuente. De esta

manera es que podemos representar y explicar la dependencia de cada una de las actividades y fases. Siendo la FASE I; la más importante; ya que en ella está plasmada el proceso de investigación, capacitaciones y compra del equipo. Fuente Propia. Comayagüela; 25 Noviembre del 2021

7.6. Levantamiento Topográfico con Estación Total

Se realizó el levantamiento por el método de poligonal cerrada para obtener las coordenadas de los puntos enumerados en la tabla 5.

Equipo utilizado:

1. Una Estación total marca: Sokia set 610.
2. Dos trípodes.
3. Dos prismas.
4. Un colector de datos.

Personal requerido:

1. Un técnico instrumentista.
2. Tres auxiliares de topografía

7.6.1. Resultados Obtenidos

Tabla 6: Resultados del Levantamiento Topográfico con Estación Total, Col. Las Torres, Comayagüela.

PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	ELEVACION (m)	DESCRIPCIÓN
1	475102.2812	1554442.544	1015.12	R1
2	475094.1934	1554422.583	1014.8638	CAS1
3	475098.4234	1554420.596	1014.8171	CAS2
4	475100.2339	1554424.58	1015.3478	MUR1
5	475109.3272	1554441.638	1015.3987	MUR2
6	475113.1574	1554448.35	1017.2772	MUR3
7	475120.468	1554457.435	1017.133	MUR4
8	475115.142	1554461.605	1016.5082	MUR5
9	475117.2764	1554469.606	1016.7063	MUR6
10	475095.6838	1554475.241	1019.9408	MUR7
11	475081.9872	1554468.341	1019.0313	MUR8
12	475084.776	1554476.998	1019.9188	TN1

13	475087.9525	1554467.071	1018.5689	TN2
14	475093.9572	1554466.326	1018.8985	TN3
15	475082.6851	1554456.654	1017.7028	TN4
16	475092.7389	1554459.103	1017.7078	TN5
17	475089.9101	1554454.365	1018.0022	TN6
18	475095.0751	1554459.646	1016.4048	TN7
19	475092.1271	1554451.566	1015.7515	TN8
20	475096.9528	1554465.32	1016.5106	TN9
21	475087.3595	1554451.007	1015.9777	TN10
22	475087.3618	1554450.991	1015.9769	TN11
23	475099.2738	1554473.686	1016.8264	TN12
24	475080.9219	1554453.054	1016.3726	TN13
25	475111.4589	1554458.217	1015.9028	TN14
26	475111.7971	1554453.383	1016.0093	TN15
27	475114.4969	1554459.036	1017.5665	TN16
28	475110.6876	1554448.924	1015.7188	TN17
29	475115.0899	1554453.984	1017.8608	TN18
30	475104.2741	1554453.062	1015.6128	TN19
31	475088.9166	1554443.994	1015.462	TN20
32	475097.1213	1554441.383	1014.6527	TN21
33	475088.8135	1554426.735	1014.9147	TN22
34	475082.1532	1554433.308	1015.1822	TN23
35	475084.2675	1554417.875	1014.7364	TN24
36	475077.0677	1554423.683	1014.9539	TN25
37	475080.1772	1554409.492	1014.5652	TN26
38	475072.2424	1554413.878	1014.5404	TN27
39	475085.5416	1554410.057	1014.5819	TN28
40	475087.0138	1554406.987	1014.3818	CAS3
41	475077.2966	1554444.403	1015.7089	ARB2
42	475071.4664	1554454.157	1016.5032	ARB3

43	475094.1087	1554466.265	1018.8775	ARB4
44	475082.8725	1554470.195	1019.4247	ARB5
45	475083.8319	1554472.657	1019.4339	ARB6
46	475104.3137	1554465.802	1016.1682	ARB7
47	475067.3617	1554398.462	1014.3477	R2
48	475036.2056	1554444.176	1014.8237	R3
49	475060.9643	1554444.25	1015.4165	ARB8
50	475055.3035	1554446.03	1015.703	ARB9
51	475056.4816	1554445.411	1015.7037	ARB10
52	475052.3376	1554446.472	1015.5427	ARB11
53	475007.7401	1554439.978	1013.9995	ARB12
54	475063.7288	1554456.277	1016.3521	ARB13
55	475011.4454	1554436.466	1014.2055	ARB14
56	475013.7928	1554436.818	1014.1863	ARB15
57	475072.9009	1554465.636	1018.8792	ARB16
58	475075.8665	1554468.704	1019.5628	ARB17
59	475013.3233	1554435.238	1013.9059	ARB18
60	475057.8585	1554468.242	1017.4987	ARB19
61	475058.379	1554464.694	1016.6793	ARB20
62	475016.2522	1554434.318	1014.3976	ARB21
63	475017.2957	1554433.847	1014.3203	ARB22
64	475018.2571	1554433.743	1014.4582	ARB23
65	475055.799	1554480.86	1019.7596	ARB24
66	475018.1076	1554436.967	1014.2759	ARB25
67	475047.7189	1554484.369	1019.607	ARB26
68	475028.278	1554428.555	1013.7357	ARB27
69	475032.093	1554427.029	1013.9346	ARB28
70	475033.4268	1554427.096	1014.3722	ARB29
71	475035.0843	1554478.184	1017.6373	ARB30
72	475041.0687	1554426.958	1014.9789	ARB31

73	475066.4308	1554457.934	1017.3613	TN29
74	475066.5844	1554461.128	1018.2228	TN30
75	475064.5791	1554454.242	1015.767	TN31
76	475069.6234	1554463.012	1017.4131	TN32
77	475056.8733	1554443.333	1015.0078	TN33
78	475064.9148	1554465.775	1017.4383	TN34
79	475063.9323	1554462.802	1017.0009	TN35
80	475052.9863	1554433.832	1014.9151	TN36
81	475072.583	1554469.48	1019.6796	CAS4
82	475067.2329	1554470.157	1019.6362	CAS5
83	475048.3924	1554425.383	1014.4636	TN37
84	475043.638	1554417.696	1014.3841	TN38
85	475058.6966	1554467.074	1017.4532	TN39
86	475040.6517	1554412.578	1014.1251	TN40
87	475052.4671	1554471.334	1017.3948	TN41
88	475055.2455	1554475.58	1019.4554	TN42
89	475057.9812	1554481.59	1020.1338	TN43
90	475046.1068	1554411.175	1014.443	CAS6
91	475046.9755	1554413.263	1014.6034	CAS7
92	475049.9835	1554412.157	1014.6179	CAS8
93	475051.9974	1554482.503	1020.312	MUR9
94	475050.5142	1554483.205	1019.6754	MUR10
95	475052.191	1554409.25	1014.3446	TN44
96	475062.339	1554402.841	1014.2577	TN45
97	475068.3433	1554394.095	1014.1734	TN46
98	475044.733	1554466.096	1018.064	TN47
99	475048.5763	1554480.115	1018.6833	TN48
100	475046.5268	1554467.359	1016.787	TN49
101	475047.9383	1554464.879	1016.615	TN50
102	475043.1689	1554463.167	1016.0156	TN51

103	475042.1309	1554468.176	1018.0326	TN52
104	475037.6387	1554455.981	1015.3685	TN53
105	475043.688	1554470.518	1017.2137	TN54
106	475031.9249	1554449.226	1014.8951	TN55
107	475039.5312	1554465.06	1015.8203	TN56
108	475026.4607	1554442	1014.4078	TN57
109	475021.6161	1554433.23	1014.4085	TN58
110	475014.3905	1554423.077	1013.1892	TN59
111	475030.7738	1554468.99	1015.5844	TN60
112	475024.3595	1554460.305	1014.947	TN61
113	475018.9302	1554451.708	1014.3987	TN62
114	475013.4589	1554443.297	1014.0479	TN63
115	475009.0441	1554434.518	1013.3044	TN64
116	475003.9644	1554426.879	1012.7207	TN65
117	475032.7312	1554472.207	1017.4015	TN66
118	475036.4029	1554479.296	1017.5566	TN67
119	475038.458	1554484.927	1018.3614	TN68
120	475020.0323	1554474.795	1015.7626	TN69
121	475041.2834	1554489.798	1020.4091	TN70
122	475014.2122	1554464.911	1014.7546	TN71
123	475007.2098	1554456.51	1014.1358	TN72
124	475000.5316	1554447.827	1013.4567	TN73
125	475021.4477	1554477.782	1018.0054	TN74
126	474995.1351	1554439.107	1012.7423	TN75
127	475025.2333	1554486.497	1017.8197	TN76
128	474991.5906	1554432.56	1012.4344	TN77
129	475027.8173	1554493.1	1018.1934	TN78
130	475009.8593	1554478.237	1015.4068	TN79
131	475029.8312	1554498.013	1021.1522	TN80
132	475005.3181	1554468.254	1014.5471	TN81

133	474999.2549	1554458.833	1013.8546	TN82
134	474992.1218	1554450.214	1013.2307	TN83
135	475011.4857	1554482.518	1017.7219	TN84
136	474981.1994	1554437.774	1011.6134	TN85
137	475014.3967	1554490.965	1017.8097	TN86
138	475017.0616	1554497.001	1017.7768	TN87
139	474998.4309	1554482.712	1015.0782	TN88
140	474994.6386	1554473.308	1014.316	TN89
141	475019.259	1554503.041	1021.5574	TN90
142	474988.2138	1554464.883	1013.6026	TN91
143	474982.2012	1554456.749	1013.3035	TN92
144	474975.4709	1554447.31	1012.5738	TN93
145	474971.3988	1554442.352	1012.0758	TN94
146	475023.7502	1554502.333	1022.4084	MUR11
147	474998.9285	1554486.045	1017.0813	TN95
148	475001.6182	1554494.109	1018.002	TN96
149	474987.5335	1554470.562	1014.1233	CAS9
150	474984.1461	1554474.602	1014.1872	CAS10
151	474972.5944	1554461.63	1013.1844	CAS11
152	475004.1323	1554500.525	1018.3019	TN97
153	475005.2717	1554505.067	1021.1989	TN98
154	474945.6261	1554487.951	1016.999	R4
155	474951.0251	1554459.246	1013.0746	R5
156	474990.2533	1554434.583	1012.805	ARB32
157	474985.9628	1554433.102	1011.5473	ARB33
158	475005.3182	1554428.869	1013.2346	ARB34
159	475010.6568	1554426.36	1013.3759	ARB35
160	475016.0182	1554423.775	1013.6457	ARB36
161	475028.199	1554419.598	1014.2428	ARB37
162	475039.8138	1554414.88	1014.5309	ARB38

163	475045.251	1554412.509	1014.5487	ARB39
164	475056.5796	1554407.522	1014.5073	ARB40
165	475056.8232	1554404.683	1013.8133	ARB41
166	475054.4501	1554403.522	1012.7455	ARB42
167	475060.9643	1554404.145	1014.5174	ARB43
168	474967.9527	1554451.142	1013.287	ARB44
169	474971.6891	1554485.817	1014.2747	TN99
170	474972.3506	1554493.224	1017.676	TN100
171	474971.539	1554503.211	1018.1184	TN101
172	474971.4677	1554507.087	1020.0916	TN102
173	474972.8988	1554479.372	1013.936	CAS12
174	474967.2683	1554475.973	1013.5011	TN103
175	474962.9233	1554492.974	1017.5392	TN104
176	474963.9081	1554483.248	1013.8173	TN105
177	474959.9927	1554501.915	1017.962	TN106
178	474958.119	1554506.205	1020.9772	TN107
179	474955.6127	1554479.32	1013.286	TN108
180	474961.8347	1554472.686	1013.3765	TN109
181	474952.2596	1554488.539	1017.1374	TN110
182	474947.9303	1554498.002	1017.7026	TN111
183	474955.8519	1554468.967	1013.0645	CAS13
184	474941.3964	1554479.312	1013.7429	TN112
185	474940.6218	1554484.392	1016.5431	TN113
186	474937.7021	1554492.828	1017.2992	TN114
187	474949.9234	1554474.597	1012.996	TN115
188	474928.1093	1554483.707	1015.9589	TN116
189	474932.6628	1554477.915	1015.4874	TN117
190	474932.8483	1554474.856	1013.7344	TN118
191	474941.6383	1554467.118	1012.939	TN119
192	474922.7063	1554473.867	1014.6257	TN120

193	474939.8669	1554457.934	1013.0717	TN121
194	474926.0984	1554470.736	1014.2642	TN122
195	474927.3274	1554466.784	1012.9329	TN123
196	474932.1005	1554461.084	1012.9494	TN124
197	474924.1634	1554460.813	1012.3379	TN125
198	474920.8273	1554462.062	1012.3746	MUR12
199	474920.6581	1554469.04	1013.9055	MUR13
200	474921.8649	1554480.655	1017.1428	MUR14
201	474923.454	1554486.121	1019.88	MUR15
202	474940.2441	1554499.899	1024.8298	MUR16
203	474943.4746	1554501.947	1024.9136	MUR17
204	474948.0308	1554504.184	1024.7336	MUR18
205	474953.5704	1554506.569	1025.0607	MUR19
206	474959.9434	1554509.27	1024.8314	MUR20
207	474968.5745	1554510.09	1024.8881	MUR21
208	474978.6126	1554508.762	1024.1706	MUR22
209	474971.5565	1554486.995	1014.7878	ARB45
210	474972.0332	1554479.451	1013.846	ARB46
211	474950.5032	1554477.354	1013.1035	ARB47
212	474949.5492	1554477.021	1013.3471	ARB48
213	474949.0677	1554475.267	1013.1271	ARB49
214	474941.5966	1554475.41	1013.2548	ARB50
215	474940.1096	1554476.512	1013.3966	ARB51
216	474932.4084	1554475.646	1014.4322	ARB52
217	474945.9222	1554485.778	1016.7405	ARB53
218	474946.3412	1554485.027	1016.7213	ARB54
219	474944.5984	1554483.941	1016.2902	ARB55
220	474944.7467	1554485.596	1016.7454	ARB56
221	474926.0656	1554459.84	1012.6287	ARB57
222	474969.7948	1554452.315	1013.0961	MUR23

223	474955.3388	1554451.537	1013.095	MUR24
224	474966.7897	1554446.69	1013.1287	MUR25
225	474937.1379	1554459.145	1013.0741	MUR26
226	474962.2766	1554465.926	1012.9039	TN126
227	474944.7385	1554466.485	1012.9477	TN127
228	474938.3747	1554462.678	1012.9169	MUR27
229	474934.4885	1554459.978	1013.8319	ARB57
230	474938.7344	1554459.517	1013.1747	GAL1
231	474961.2988	1554450.392	1013.3892	GAL2
232	474962.6435	1554454.809	1013.2623	GAL3
233	474936.5964	1554454.597	1011.3972	GAL4
234	474964.4524	1554442.348	1011.1699	GAL5
235	474910.2657	1554455.538	1011.4362	MUR28
236	474903.0892	1554449.365	1011.1814	MUR29
237	474912.0512	1554428.355	1010.2517	MUR30
238	474938.8337	1554458.257	1010.7814	TN128
239	474945.8736	1554455.378	1010.803	TN129
240	474952.7247	1554452.569	1010.7749	TN130
241	474965.6928	1554446.868	1012.3551	TN131
242	474965.6143	1554431.688	1011.1508	TN132
243	474956.7331	1554435.607	1010.3198	TN133
244	474947.1955	1554439.276	1010.4065	TN134
245	474937.2361	1554442.108	1010.4009	TN135
246	474927.0975	1554445.384	1010.5351	TN136
247	474917.5775	1554448.526	1010.5308	TN137
248	474905.9285	1554451.99	1011.264	TN138
249	474919.1688	1554457.925	1011.3801	TN139
250	474927.6076	1554455.762	1010.8878	TN140
251	474956.4791	1554412.317	1008.8334	MUR31
252	474950.9694	1554419.298	1009.1843	MUR32

253	474938.0822	1554428.25	1010.704	MUR33
254	474930.316	1554433.327	1010.7826	MUR34
255	474921.3801	1554437.604	1010.8604	MUR35
256	474967.7525	1554423.317	1011.2448	TN141
257	474968.414	1554415.572	1010.6814	TN142
258	474971.6129	1554410.173	1010.6675	TN143
259	474974.4618	1554405.984	1010.4052	CAS13
260	474972.196	1554404.598	1010.1998	CAS14
261	474978.3324	1554400.487	1010.2166	CAS15
262	474978.6478	1554408.73	1010.9233	GAL6
263	474989.9793	1554416.91	1011.2149	GAL7
264	474965.3272	1554403.742	1008.0166	R7
265	475060.6767	1554399.763	1011.978	TN
266	475053.3346	1554404.844	1009.037	TN
267	475054.6392	1554391.936	1012.054	TN
268	475045.1874	1554408.502	1012.066	TN
269	475042.0199	1554397.692	1012.062	TN
270	475037.9334	1554411.281	1011.817	TN
271	475035.2676	1554400.678	1011.853	TN
272	475030.0609	1554414.641	1011.769	TN
273	475026.7029	1554405.021	1011.72	TN
274	475022.6723	1554418.411	1011.448	TN
275	475019.9089	1554409.225	1011.386	TN
276	475036.2051	1554415.928	1011.23	TN
277	475019.6263	1554419.068	1011.777	TN
278	475084.5592	1554400.965	1014.389	BOD
279	475083.0207	1554397.157	1014.329	BOD
280	475085.7615	1554396.046	1014.217	BOD
281	475086.1861	1554393.896	1014.267	MURP
282	475085.7131	1554393.997	1014.094	MURP

283	475080.7164	1554381.724	1013.865	MURP
284	475076.5716	1554371.889	1013.614	MURP
285	475071.0749	1554356.946	1012.211	MURP
286	475067.206	1554393.255	1012.93	TN
287	475076.1136	1554393.267	1013.91	TN
288	475067.8452	1554393.657	1013.947	TN
289	475083.2637	1554390.69	1013.923	TN
290	475071.1012	1554385.648	1013.722	TN
291	475080.0257	1554382.818	1013.715	TN
292	475070.2065	1554386.121	1013.366	TN
293	475067.6025	1554379.385	1013.245	TN
294	475076.2494	1554374.393	1013.285	TN
295	475067.0198	1554379.705	1012.176	TN
296	475063.0722	1554367.977	1012.173	TN
297	475063.3953	1554367.803	1012.647	TN
298	475072.6292	1554364.226	1012.416	TN
299	475060.4329	1554359.541	1012.06	TN
300	475070.11	1554357.083	1011.792	TN
301	475059.077	1554360.078	1011.478	TN
302	475057.9208	1554353.028	1011.409	TN
303	475067.6089	1554348.832	1011.108	TN
304	475055.3465	1554344.292	1010.841	TN
305	475065.9872	1554343.454	1010.638	TN
306	475053.3156	1554337.392	1010.547	TN
307	475062.5254	1554334.855	1010.055	TN
308	475059.5701	1554357.792	1011.795	MURO
309	475067.2202	1554379.745	1012.261	MURO
310	475054.8342	1554373.827	1011.93	TN
311	475047.8868	1554353.161	1011.201	TN
312	475045.4056	1554379.939	1011.821	TN

313	475037.1737	1554360.191	1010.783	TN
314	475036.6341	1554385.906	1011.914	TN
315	475033.1008	1554365.661	1011.358	TN
316	475033.1137	1554365.673	1011.359	MURO
317	475032.0291	1554365.19	1010.518	TN
318	475027.9981	1554391.503	1011.991	TN
319	475028.7047	1554371.555	1011.162	TN
320	475019.1468	1554397.131	1011.653	TN
321	475027.7903	1554370.996	1010.485	TN189
322	475014.4998	1554402.943	1011.285	TN
323	475014.4814	1554403.205	1010.732	TN
324	475020.1277	1554383.232	1011.397	TN
325	475005.7172	1554408.888	1010.694	TN
326	475019.0167	1554382.881	1010.47	TN
327	474996.5134	1554413.448	1010.912	TN
328	475012.9726	1554393.111	1011.501	TN
329	475011.967	1554392.43	1010.466	TN
330	475013.0891	1554393.217	1011.358	GAL
331	475017.1216	1554396.135	1011.613	GAL
332	475013.1343	1554401.691	1011.566	GAL
333	475011.7163	1554387.311	1010.99	GAL
335	475019.5597	1554371.115	1010.523	BOD
336	475027.6936	1554360.687	1010.563	BOD
337	475022.1102	1554367.653	1011.104	BOD
338	475030.7142	1554356.929	1010.633	BOD
339	475021.549	1554343.107	1010.963	MURO
340	475025.2954	1554338.161	1011.056	MURO
341	475032.8472	1554328.792	1010.187	MURO
342	475036.178	1554333.293	1010.401	BOD
343	475044.2674	1554327.81	1010.445	BOD

344	475027.9801	1554336.04	1011.06	ARB
345	475050.0086	1554330.155	1010.61	ARB
346	475050.6358	1554332.139	1010.704	ARB
347	475052.8007	1554333.82	1009.728	ARB
348	475067.224	1554379.292	1013.241	ARB
349	475054.9801	1554403.534	1011.312	ARB
350	475035.9683	1554411.842	1012.072	ARB
351	475028.805	1554415.14	1011.746	ARB
352	475079.8848	1554477.568	1020.16	ARB
353	475077.5962	1554477.556	1020.236	ARB
354	475076.257	1554477.829	1020.19	ARB
355	475054.9324	1554312.37	1008.353	R8
356	475062.4048	1554328.435	1009.558	MURP
357	475068.5892	1554348.828	1011.395	MURP
358	475058.4448	1554315.708	1008.705	MURP
359	475057.2136	1554310.702	1008.289	MURP
360	475059.2069	1554308.32	1008.346	MURP
361	475057.0875	1554299.421	1008.143	MURP
362	475055.3793	1554298.323	1007.982	CTV
363	475057.0647	1554297.899	1008.131	CTV
364	475055.3987	1554298.331	1008.003	CTV
365	475047.5109	1554306.894	1007.79	BOD
367	475053.1829	1554337.38	1010.565	MURO
368	475053.3124	1554337.128	1010.25	MURO
369	475051.4768	1554332.148	1010.542	MURO
370	475051.5307	1554332.058	1009.398	MURO
371	475048.067	1554327.269	1010.605	MURO
372	475048.1432	1554327.152	1008.888	MURO
373	475045.1109	1554325.502	1010.387	MURO
374	475045.0939	1554325.338	1008.693	MURO

375	475043.1106	1554324.84	1010.079	MURO
376	475043.9056	1554325.043	1008.649	MURO
377	475040.2568	1554315.575	1008.18	TN
378	475052.3785	1554307.619	1008.127	TN
379	475036.8767	1554293.265	1006.376	R9
380	475044.5738	1554303.035	1007.295	BOD
381	475041.6024	1554305.025	1007.357	BOD
382	475038.1261	1554300.378	1006.79	BOD
383	475036.3978	1554301.665	1006.288	BOD
384	475034.1734	1554298.774	1005.554	BOD
386	475024.7439	1554304.082	1005.09	BOD
387	475042.0048	1554291.598	1007.084	MURP
388	475039.7272	1554291.249	1006.976	MURP
389	475036.6094	1554290.998	1006.565	MURP
390	475036.308	1554291.328	1006.335	MURP
391	475028.6105	1554291.417	1005.476	MURP
392	475018.2108	1554293.587	1004.085	MURP
393	475012.4164	1554295.708	1003.217	MURP
394	475000.5111	1554300.508	1001.328	MIRP
395	474998.3079	1554301.612	1001.018	MURP
396	474999.0935	1554310.55	1001.088	TN
397	475012.9009	1554301.163	1003.532	TN
398	475022.712	1554296.99	1004.684	TN
399	475034.7654	1554297.865	1006.076	TN
401	475023.1063	1554302.123	1004.472	BOD
402	475018.9688	1554305.108	1003.863	BOD
403	475020.6455	1554307.293	1003.922	BOD
404	475005.2428	1554318.975	1003.638	MURO
405	475009.5993	1554322.368	1006.803	MURO
406	474971.1664	1554316.962	998.94	MURP

407	474934.5543	1554332.15	994.45	MURP
408	474920.5067	1554334.493	992.195	MURP
409	474920.0531	1554334.705	992.236	MURP
410	474902.6211	1554353.184	991.602	MURP
411	474997.5789	1554311.354	1000.852	TN
412	475002.1248	1554316.619	1001.116	TN
413	474992.3755	1554305.51	1000.027	TN
414	474993.6009	1554323.156	999.848	TN
415	474983.894	1554311.027	999.54	TN
416	474988.7393	1554317.857	999.795	TN
417	474975.6624	1554319.018	999.228	TN
418	474990.335	1554332.236	999.749	TN
419	474982.3362	1554325.057	999.37	TN
420	474973.2596	1554331.032	999.215	TN
421	474986.3485	1554341.255	1000.005	TN
422	474966.083	1554322.185	999.296	TN
423	474982.0221	1554338.012	998.724	TN
424	474965.3523	1554320.225	999.142	TN
425	474982.553	1554350.298	999.618	TN
426	474956.7156	1554328.193	998.585	TN
427	474971.3867	1554343.464	998.698	TN
428	474953.6251	1554323.884	997.23	TN
429	474963.8567	1554335.795	998.94	TN
430	474946.7246	1554333.781	998.074	TN
431	474956.472	1554344.264	998.602	TN
432	474945.5118	1554332.429	997.811	TN
433	474963.2143	1554351.296	998.195	TN
434	474942.933	1554328.493	995.769	TN
435	474971.9952	1554357.204	998.353	TN
436	474934.2188	1554332.201	994.36	TN

438	474972.1355	1554357.224	999.32	TN
439	474936.8697	1554338.635	997.924	TN
440	474979.1838	1554359.551	1000.438	TN
441	474945.4675	1554345.716	998.59	TN
442	474957.2524	1554357.378	998.078	TN
443	474966.8057	1554366.54	999.484	TN
444	474966.6028	1554366.646	997.418	TN
445	474970.9689	1554370.305	1000.137	TN
446	474960.5287	1554376.687	997.565	TN
447	474960.5756	1554376.839	999.723	TN
448	474967.3687	1554381.953	1000.4	TN
449	474946.6199	1554362.979	997.624	TN
450	474935.3339	1554356.541	998.992	TN
451	474953.5102	1554384.794	999.868	TN244
452	474938.676	1554352.416	999.72	TN
453	474937.8917	1554350.961	999.049	TN
454	474953.3145	1554384.68	997.725	TN
455	474942.2076	1554358.151	998.492	TN
456	474943.844	1554351.753	999.31	TN
458	474927.5266	1554348.543	997.908	TN
459	474922.3879	1554341.722	992.403	TN
460	474927.341	1554338.667	993.019	TN
461	474917.5207	1554345.89	991.601	TN
462	474959.5901	1554392.435	1004.895	TN
463	474913.3853	1554348.601	994.473	TN
464	474909.6362	1554345.819	991.231	TN
465	474959.7759	1554383.964	999.99	TN
466	474964.0422	1554385.733	1000.647	TN
467	474918.7902	1554354.373	996.17	TN
468	474931.4996	1554363.966	997.3	TN

469	474968.1131	1554366.419	999.848	ARB
470	474969.4959	1554362.188	999.492	ARB
471	474934.007	1554336.996	995.754	ARB
472	474981.3506	1554353.68	1000.293	ARB
473	474942.3243	1554340.502	1002.72	ARB
474	474986.9346	1554334.825	999.096	ARB
475	474982.0528	1554351.443	999.944	ARB
476	474984.626	1554344.906	999.551	ARB
477	475005.3683	1554320.284	1005.077	ARB
479	475015.9849	1554322.614	1006.933	ARB
480	475024.6616	1554300.882	1004.735	ARB
481	474971.2224	1554316.988	998.964	BOD
482	474972.9751	1554320.304	999.196	BOD
483	474977.5591	1554318.003	999.422	BOD
484	474965.6715	1554368.057	997.401	BOD
485	474964.1644	1554366.901	997.472	BOD
486	474977.898	1554360.272	1000.268	BOD
487	474961.9904	1554369.945	997.833	BOD
488	474981.9702	1554362.73	1003.422	BOD
489	474968.0732	1554375.513	1000.984	BOD
490	474973.5613	1554375.233	1003.572	BOD
491	474969.3883	1554379.186	1003.361	BOD
492	474965.6807	1554378.776	1000.055	BOD
493	474966.29	1554376.999	1000.136	BOD
494	474970.3449	1554377.063	1002.817	BOD
495	474961.5983	1554383.64	999.992	BOD
496	474908.8265	1554353.027	994.893	TN
497	474907.0287	1554360.616	995.448	TN
498	474906.0572	1554370.525	996.574	TN
499	474905.3327	1554380.052	996.582	TN

500	474905.6933	1554386.654	996.818	TN
501	474905.0901	1554392.651	996.731	TN
502	474905.0403	1554392.712	996.73	MURP
503	474899.2083	1554404.051	997.025	MURP
504	474926.6015	1554385.984	996.516	R11
505	474911.581	1554411.111	999.505	R12
506	474911.6282	1554411.118	999.46	MURP
507	474910.5387	1554410.285	997.531	TN
508	474913.4613	1554406.669	996.389	TN
509	474922.5409	1554404.614	996.874	TN
510	474916.6996	1554397.037	996.366	TN
511	474926.9358	1554377.577	996.535	TN
512	474942.1211	1554392.173	997.62	MURO
513	474925.2023	1554404.242	997.597	MURO
514	474932.1151	1554403.987	996.58	MURO
515	474941.4489	1554399.662	998.019	MURO
517	474960.5348	1554376.648	997.554	MURO
518	474977.2364	1554343.693	998.567	MURO
519	474971.2293	1554358.928	998.702	MURO
520	474913.2902	1554393.122	996.752	MURO
521	474954.9186	1554392.62	1002.407	MURO
522	474954.9109	1554395.803	1003.014	MURO
523	474902.667	1554386.748	995.99	MURO
524	474950.8055	1554397.392	1001.759	MURO
525	474947.239	1554401.362	1000.812	MURO
526	474945.999	1554397.127	1000.511	MURO
527	474947.6348	1554405.347	1003.085	MURO
528	474946.4646	1554411.371	1006.14	MURO
529	474940.3038	1554420.363	1008.329	MURO
530	474905.0625	1554376.974	996.436	MURO

531	474936.1835	1554399.73	997.498	MURO
532	474913.0964	1554413.203	1000.815	MURO
533	474941.6411	1554399.539	999.691	MURO
534	474978.1897	1554384.548	1007.337	R6
535	474965.3272	1554403.742	1008.016	R7
536	474968.6728	1554418.548	1008.971	MURO
537	474966.3545	1554420.445	1008.205	MURO
538	474969.2109	1554413.079	1007.57	MURO
539	474973.4618	1554406.444	1007.999	MURO
540	474991.0752	1554382.021	1007.562	MURO
541	474963.8965	1554427.896	1009.643	TN
542	474964.5783	1554419.626	1008.7	TN
543	474982.6477	1554375.762	1007.183	TN
544	474968.8484	1554409.911	1008.106	TN
545	474980.3275	1554373.251	1006.769	TN
546	474966.9073	1554396.646	1007.969	BOD
547	474970.7891	1554391.318	1007.625	BOD
548	474959.7444	1554392.261	1004.876	BOD
549	474976.2472	1554399	1007.668	BOD
550	474972.0253	1554404.678	1007.994	BOD
551	474986.2468	1554378.086	1007.255	PILA
552	474990.9834	1554381.805	1007.542	PILA
553	474995.2649	1554366.135	1007.327	PILA
554	474961.1493	1554398.273	1007.84	ARB
555	474960.1751	1554403.57	1008.024	ARB
556	474962.0396	1554399.942	1008.086	TN
557	474959.4031	1554406.431	1009.65	TN
558	474954.3433	1554410.93	1009.356	TN
559	474952.2056	1554413.015	1009.218	TN
560	474947.9974	1554418.84	1009.953	TN

561	475004.0726	1554347.456	1007.202	R13
562	474982.2074	1554370.016	1006.183	ARB
563	474967.7377	1554388.638	1008.024	ARB
564	474979.6936	1554373.507	1006.38	ARB
565	474973.7509	1554381.68	1007.051	ARB
566	474979.1236	1554378.57	1007.252	ARB
567	474977.5084	1554382.256	1007.454	ARB
568	474988.7413	1554356.16	1005.981	ARB
569	474997.0603	1554364.779	1007.298	BOD
570	475003.23	1554356.619	1007.335	BOD
571	475007.5092	1554359.645	1007.701	BOD
572	475010.5485	1554356.385	1007.862	GAL
573	475005.4475	1554352.308	1007.41	GAL
574	475024.1168	1554329.09	1007.24	GAL
575	475033.8849	1554317.196	1007.435	GAL
576	475030.1409	1554312.325	1007.113	BOD
577	475027.6832	1554314.182	1007.097	BOD
578	474983.7681	1554366.537	1006.789	TN
579	474987.9393	1554369.29	1007.133	TN
580	474987.3783	1554359.552	1006.598	TN
581	474992.3495	1554363.147	1007.18	TN
582	474994.143	1554350.927	1007.372	TN
583	474997.7752	1554354.762	1007.231	TN
584	474994.7827	1554343.607	1006.707	RN
585	475001.7784	1554349.218	1007.217	TN
586	474998.1894	1554339.059	1007.362	TN
587	475005.4125	1554344.141	1007.134	TN
588	475022.5719	1554318.042	1006.89	R14
589	475025.0066	1554310.833	1007.012	BOD
590	475021.6501	1554309.404	1006.984	BOD

591	475023.6378	1554311.881	1006.933	BOD
592	475018.2995	1554311.958	1006.795	BOD
593	475016.9417	1554310.261	1006.819	BOD
594	475006.2004	1554318.523	1006.693	TN
595	475019.2038	1554323.017	1006.88	TN
596	475013.687	1554332.422	1007.041	TN
597	475006.7192	1554331.515	1006.925	BOD ELEC
598	475007.6542	1554330.004	1006.947	BOD ELEC
599	475027.0741	1554335.202	1007.25	TN
600	475024.8292	1554337.856	1007.28	TN
601	475021.187	1554342.899	1007.24	TN
602	475011.175	1554356.874	1010.57	TN
603	475008.4644	1554360.33	1010.57	TN
604	475001.6085	1554368.175	1007.32	TN
605	475001.8655	1554368.415	1010.47	TN
606	474991.6469	1554382.29	1010.92	TN
607	474977.8731	1554400.095	1007.67	TN
608	474973.9488	1554405.67	1007.92	TN
609	474971.0166	1554409.777	1008.12	TN
610	474969.7594	1554413.307	1010.72	TN
611	474967.8214	1554415.343	1008.02	TN
612	474966.9651	1554420.655	1011.12	TN
613	474965.557	1554428.12	1010.82	TN
615	475009.5333	1554313.44	1003.97	TN

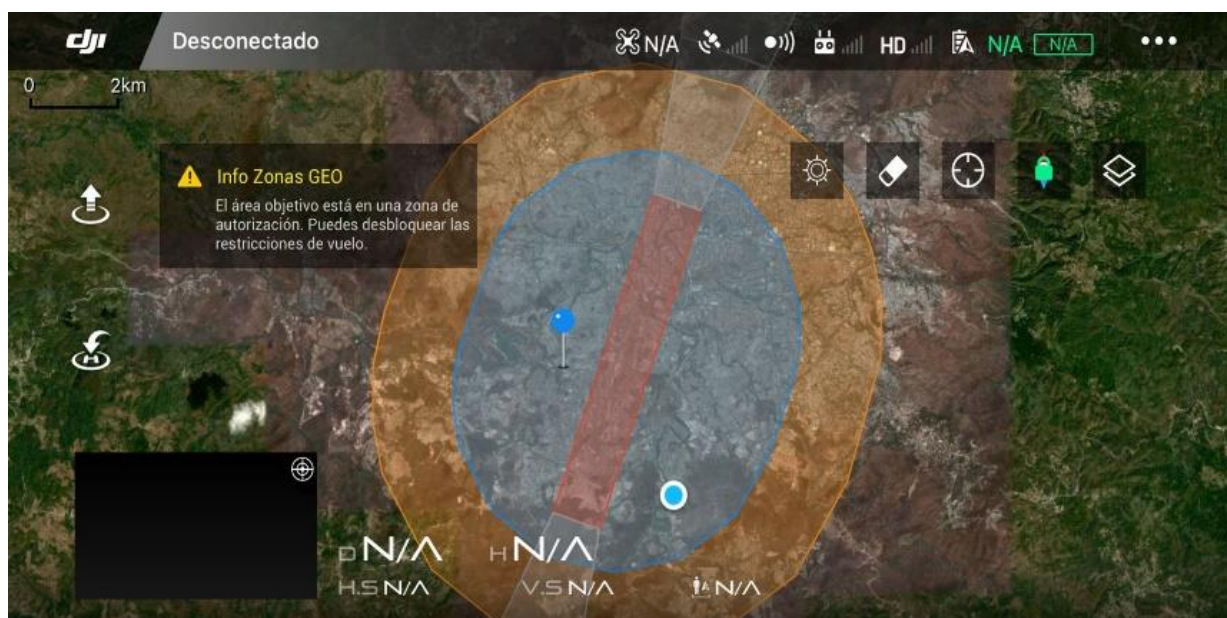
NOTA: Obtención de 615 puntos de información con Levantamiento Topográfico Convencional, haciendo uso de la Estación Total. Fuente propia, Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras. 2 de Noviembre del 2021.

7.7. Levantamiento topográfico con RPAS por medio de la fotogrametría

7.7.1. Descripción del trabajo realizado

1. En la primera visita de campo se hizo prueba de vuelo ya que el área de estudio está dentro del radio con restricción de vuelo por parte de DJI con restricción de altura por Aeronáutica Civil, véase ilustración 11.

Ilustración 11: Área con restricción de vuelo por Aeronáutica Civil (AHAC),



NOTA: Zonas GEO o espacio aéreo restringido de Tegucigalpa y Comayagüela, es necesario un permiso de tiempo limitado (Emitido por AHAC y DJI) para poder sobrellevar una misión de vuelo Fuente de DJI 4GO. Comayagüela; Honduras. 23 de noviembre de 2021.

2. Se solicitó permiso de vuelo en DJI Aeronáutica Civil para hacer pruebas y obtuvimos resultados favorables, por lo que determinamos usar el área de estudio como muestra de tesis. Véase ilustración 12, 13 y 14.

Ilustración 12: Pruebas de Vuelo con RPAS



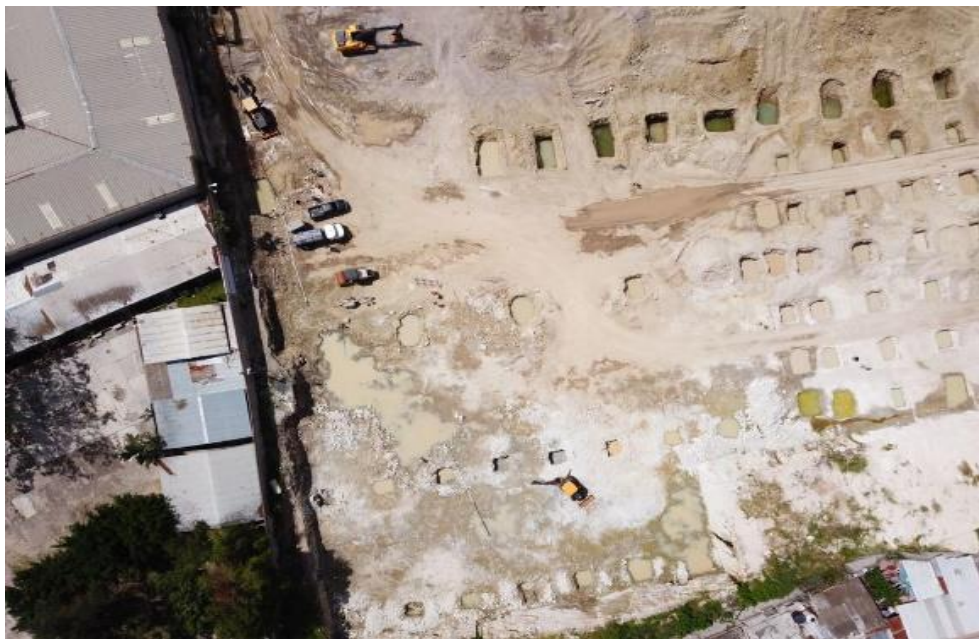
NOTA: Personal calificado y RPAS ejecutando misiones de prueba en área de interés para estudio. Fuente propia, Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras. 24 de Octubre del 2021.

Ilustración 13: Calibración del GPS, GIMBAL y Sensores del RPAS



NOTA: Personal calificado calibrando RPAS previo al plan de vuelo de prueba. Fuente propia, Col. Las Torres, Comayagüela, Honduras 24 de Octubre del 2021.

Ilustración 14: Análisis de calidad de ortofotos del RPAS

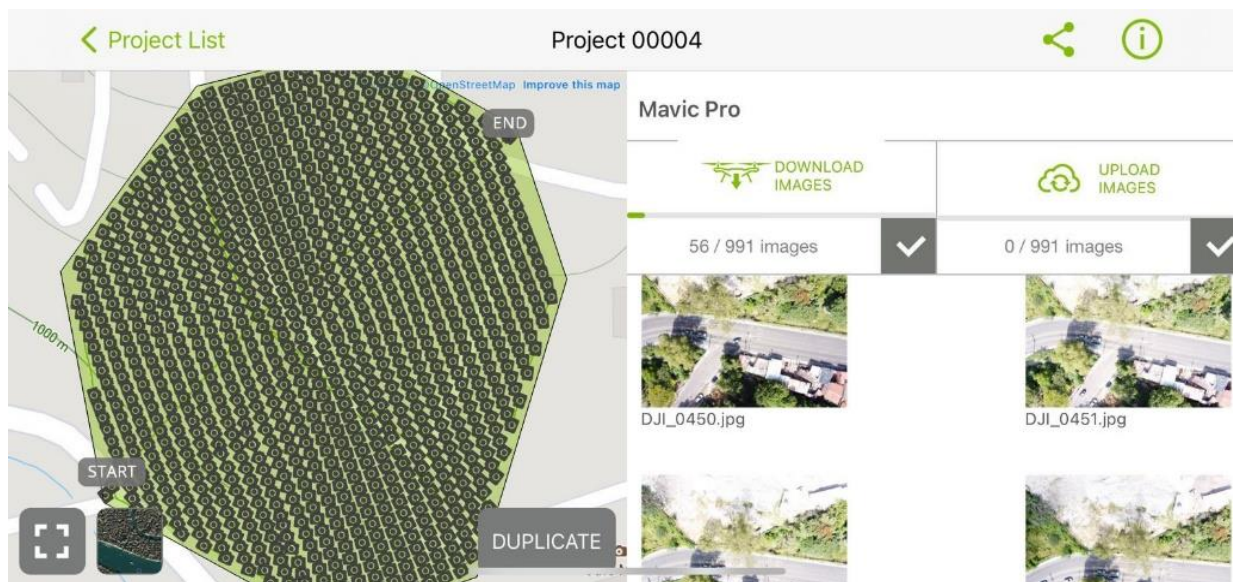


NOTA: Representación de nivel de detalle obtenida desde la cámara del RPA. Fuente propia, Col. Las Torres, Comayagüela, Honduras 31 de Octubre del 2021.

3. Una vez hechas las pruebas de vuelo en el área de estudio se programó el día de vuelo revisando baterías cargadas al 100%, estado del tiempo

favorable y preparando la misión del dron desde un día antes para aprovechar las condiciones climatológicas favorables. Véase ilustración 15.

Ilustración 15: Preparación de Misión de Vuelo en Área de Estudio, 6 de noviembre de 2021



NOTA: Revisión de recolección datos y cantidad de información obtenida. Fuente de PIX4D Capture. Comayagüela; Honduras. 5 de Noviembre del 2021.

4. Se colocaron 8 puntos de control incluyendo el punto de inicio y final de la misión de manera estratégica en toda el área de estudio para tener mejor georreferenciación del levantamiento topográfico. Véase ilustración 16.

Ilustración 16: Ubicación y Distribución de Puntos de Control.



NOTA: Distribución de 7 puntos de control en la superficie del área de estudio para la georreferenciación de ortofotos. Fuente propia. Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras. 7 de Noviembre del 2021.

5. Cada punto de control fue levantado con Estación Total haciendo amarres y triangulaciones para poder tener mejor georreferenciada el área de estudio . Véase ilustración 17.

Ilustración 17: Triangulación y georreferenciación de Puntos de Control (PCs) con Estación Total



NOTA: Cadenero utilizando prisma para la georreferenciación de puntos de control (PCs) durante el levantamiento topográfico con Estación Total. Fuente propia. Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras. 7 de Noviembre del 2021.

6. Se colocó el RPAS(dron) en el punto de Inicio de misión que sería al mismo tiempo el punto de regreso una vez terminada la misión. Véase ilustración 18.

Ilustración 18: Ubicación de RPA en punto de inicio de Plan de Vuelo.



NOTA: Colocación de RPA en punto de despegue, previo al inicio de misión para el levantamiento fotogramétrico. Fuente propia. Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras. 7 de Noviembre del 2021.

7. Una vez iniciada la misión del dron, se debe revisar el nivel de carga del dron y nivel de carga del teléfono, así como el área de misión que estaba siendo cubierta para saber en qué momento se debía reemplazar la batería por una que estuviera cargada al 100%. Véase ilustración 19.

Ilustración 19: Seguimiento y control del Plan de Vuelo y autonomía del RPAS



NOTA: Control del plan de vuelo georreferenciado del RPA, haciendo uso de la plataforma de DJI y PIX4D CAPTURE.
Fuente propia, Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras. 7 de Noviembre del 2021.

8. Una vez terminada la misión del dron procedimos a exportar todos los datos que se levantaron.

7.8. Procesamiento de datos obtenidos del levantamiento topográfico con RPAS.

7.8.1. Ubicación

Ilustración 20: Ortomosaico generado de procesamiento de ortofotos.

La siguiente ilustración es la representación final del área de estudio fotogramétrico. Obtenida del Plan de Vuelo del RPAS. Col. Las Torres, Comayagüela. Honduras.

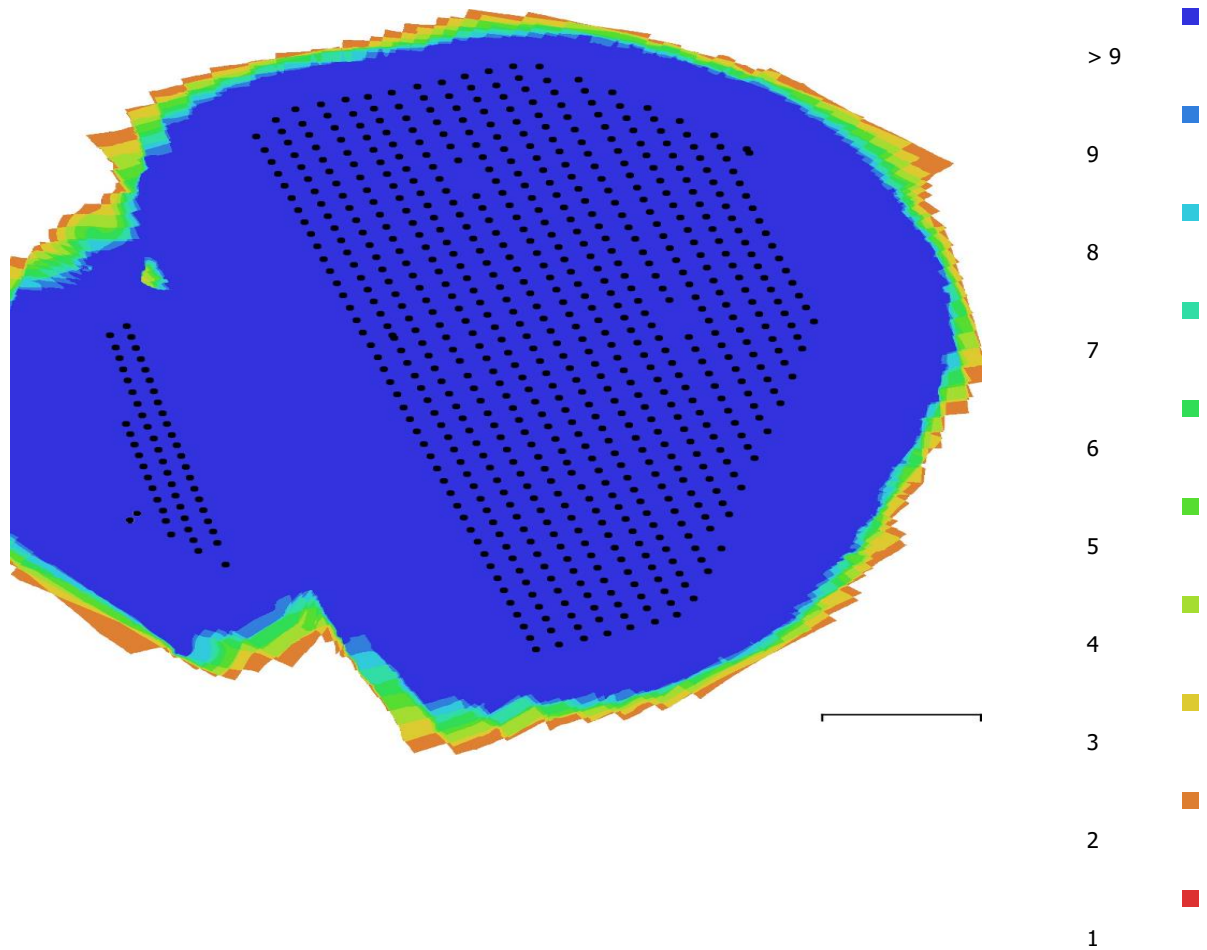
Nota: Ortofoto georreferenciada y obtenida del procesamiento de datos. Fuente propia. Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras. 9 de Noviembre del 2021



7.8.2. Datos del levantamiento

Ilustración 21: Posiciones de Cámaras y Solapamiento de imágenes, Fuente propia.

Representación de traslape horizontal v vertical de ortofotos



NOTA: El traslape de ortofotos, es una configuración previa del plan de vuelo. Esta nos garantiza un error de hasta dos veces el GSD. Fuente propia. Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras. 9 de Noviembre del 2021.

Número de imágenes:	704	Imágenes alineadas:	704
Altitud media de vuelo:	59.9 m	Puntos de paso:	415,296
Resolución en terreno:	1.9 cm/pix	Puntos de información:	2,512,701
Área cubierta:	0.0683 km ²	Error de Re-proyección:	1.77 pix

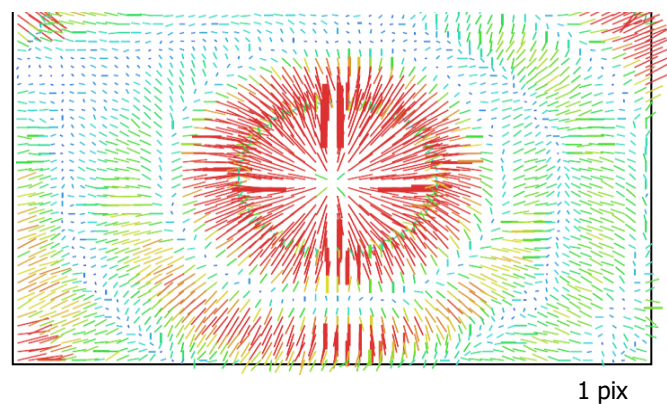
Tabla 7: Especificación de Cámara de RPAS durante el vuelo.

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Pre-calibrada
FC220 (4.73mm)	4000 x 3000	4.73 mm	1.57 x 1.57 micras	Si

NOTA: Reporte de especificaciones de cámara o GIMBAL de RPAS y Pre-calibración. Fuente propia. Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras. 9 de Noviembre del 2021.

7.8.3. Calibración de cámara

Ilustración 22: Gráfico de Residuales para FC220 (4.73mm).



NOTA: Fuente propia. Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras. 9 de Noviembre del 2021.

FC220 (4.73mm)

704 imágenes

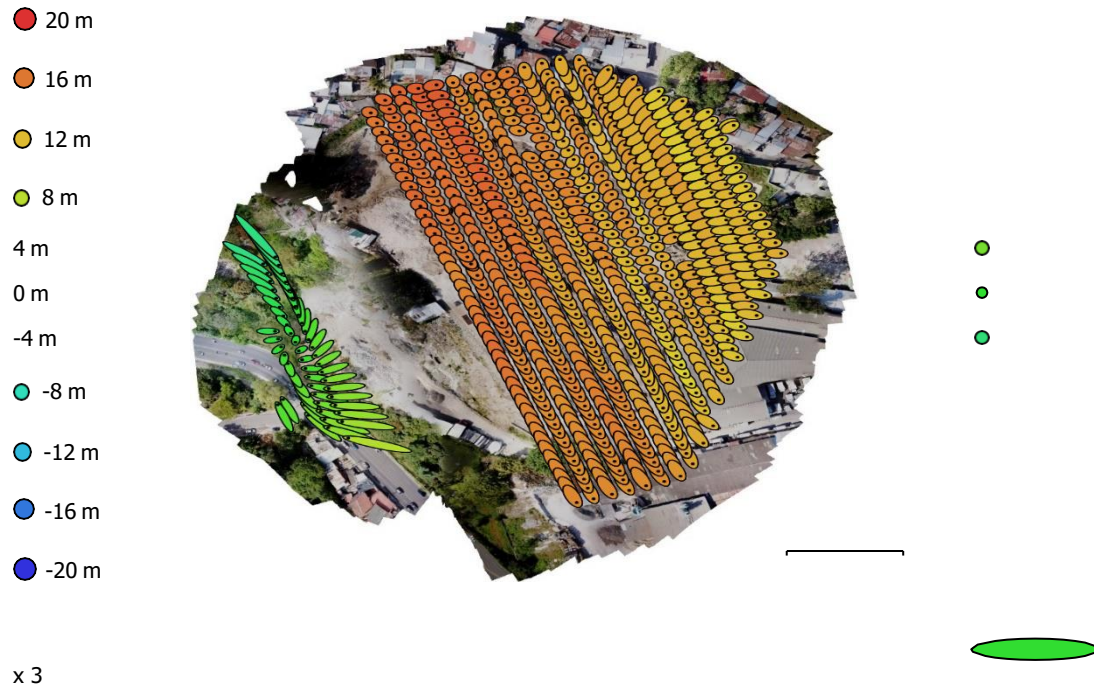
Tipo	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel
Cuadro	4000 x 3000	4.73 mm	1.57 x 1.57 micras

Tabla 8: Coeficiente de calibración y Matriz de Correlación

	Valor	Error		x	y	1	2	1	2	3	4	1	2
	2833.3	.2	.00	0.07	0.03	.10	.11	.53	0.78	.86	0.90	.05	0.01
x	4.23042	.12		.00	0.06	.01	0.07	0.04	.06	0.06	.06	.48	0.04
y	30.5317	.14			.00	.16	0.00	0.07	.08	0.09	.09	.04	.25
1	3.04977	.019				.00	.04	.06	0.09	.10	0.10	0.00	0.28
2	-0.139291	.018					.00	.08	0.09	.10	0.11	.17	0.05
1	0.0907271	.00013						.00	0.92	.85	0.80	.01	0.09
2	-0.39991	.00084							.00	0.99	.96	0.03	.05
3	0.736503	.0021								.00	0.99	.04	0.05
4	-0.469537	.0017									.00	0.04	.05
1	9.34354e-05	e-05										.00	0.02
2	-0.000499764	.1e-05											.00

NOTA: Fuente propia. Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras. 9 de Noviembre del 2021.

7.8.4. Posiciones de cámaras



NOTA: Fuente propia. Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras. 9 de Noviembre del 2021.

Ilustración 23: Posiciones de Cámaras y estimadores de error, Col Las Torres, Comayagüela, 7 de noviembre de 2021

El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY. Posiciones estimadas de las cámaras se indican con los puntos negros.

Tabla 9: Error máximo de las proyecciones de Cámaras

Datos previos a la corrección de georreferenciación del procesamiento de PCs.

Error en X (m)	Error en Y (m)	Error en Z (m)	Error en XY (m)	Error combinado (m)
1.38558	1.68575	13.7216	2.1821	13.8941

X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

NOTA: Fuente propia. Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras. 9 de Noviembre del 2021.

7.8.5. Puntos de control terrestre

Ilustración 24: Posiciones de Puntos de Apoyo y Estimaciones de Errores



NOTA: Fuente propia. Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras. 9 de Noviembre del 2021.

El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY. Las posiciones estimadas de puntos de apoyo se marcan con puntos o cruces.

Tabla 10: Error máximo rectificado de las proyecciones de Cámaras

Datos posteriores a la corrección de georreferenciación del procesamiento de PCs.

Número	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Error en XY (cm)	Total (cm)
7	1.60594	1.90994	2.56466	2.49538	3.57832

X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

NOTA: Fuente propia. Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras. 9 de Noviembre del 2021.

Tabla 11: Puntos de Apoyo en Tierra

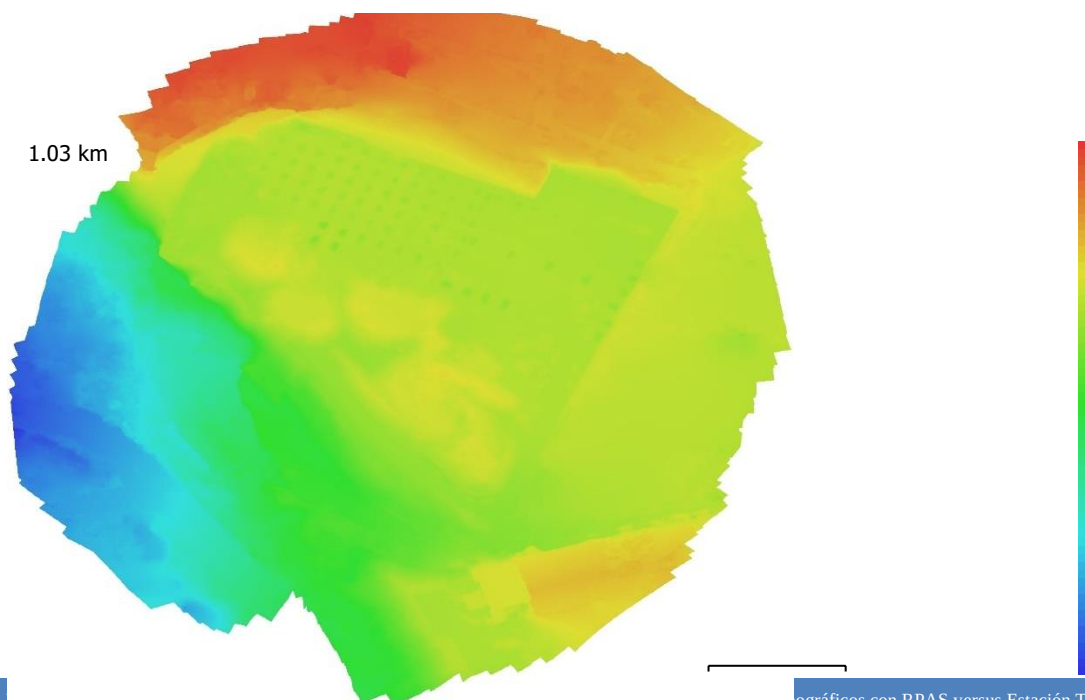
Nombre	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Total (cm)	Imagen (pix)
PC1	-0.00465759	2.87742	0.394562	2.90435	1.025 (21)
PC2	2.08178	-2.48854	-2.18209	3.91001	1.788 (44)
PC3	-3.04075	-0.975358	5.12819	6.04118	1.337 (99)
PC4	-0.697597	-1.97061	-3.84172	4.37364	1.530 (99)
PC5	-0.323255	2.49456	0.0107967	2.51544	1.160 (100)
PC6	1.97031	0.0730268	0.260273	1.98877	1.172 (50)
PC7	0.00132251	0.0011488	-0.00186381	0.00255784	0.534 (4)
Total	1.60594	1.90994	2.56466	3.57832	1.364

X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

NOTA: Fuente propia. Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras. 9 de Noviembre del 2021.

7.8.6. Modelo digital de elevaciones

Ilustración 25: Modelo digital de Elevaciones (MDE)



0.966 km

NOTA: Elevación máxima obtenida: 1.03km, elevación mínima obtenida: 0.966km Fuente propia. Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras. 10 de Noviembre del 2021.

Resolución: 7.61 cm/pix Densidad de puntos: 173 puntos/m²

7.8.7. Parámetros de procesamiento

Generales

Cámaras	704
Cámaras orientadas	704
Marcadores	7

Formas

Polilíneas	113
Polígonos	3874
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 16N (EPSG:32616)
Ángulo de rotación	Guiñada, cabeceo, alabeo

Nube de puntos

Puntos	415,296 de 450,429
RMS error de Re-proyección	0.250797 (1.76646 pix)
Error de Re-proyección máximo	1.56904 (79.6975 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	7.08884 pix
Colores de puntos	3 bandas, uint8

Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	6.41093
Parámetros de orientación	
Precisión	Media
Preselección genérica	No
Preselección de referencia	Secuencial
Puntos clave por foto	20,000
Puntos de paso por foto	4,000
Emparejamiento guiado	No
Ajuste adaptativo del modelo de cámara	Sí
Tiempo búsqueda de emparejamientos	4 horas 9 minutos
Emparejamiento	Uso de memoria durante el 65.08 MB
Tiempo de orientación	29 minutos 17 segundos
Uso de memoria durante el alineamiento	276.66 MB
Tamaño de archivo	54.95 MB
Mapas de profundidad	
Número	704
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Media
Nivel de filtrado	Moderado
Tiempo de procesamiento	10 horas 21 minutos
Uso de memoria	2.73 GB
Versión del programa	1.6.5.11249
Tamaño de archivo	726.02 MB
Nube de puntos densa	
Puntos	24,488,186
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	

Calidad	Media
Nivel de filtrado	Moderado
Tiempo de procesamiento	10 horas 21 minutos
Uso de memoria	2.73 GB

Parámetros de generación de la nube densa

Tiempo de procesamiento	2 horas 51 minutos
Uso de memoria	4.15 GB

Parámetros de clasificación de puntos de terreno

Ángulo máximo (Deg)	15
Distancia máxima (m)	1
Tamaño de célula (m)	50
Tiempo de clasificación	4 minutos 39 segundos
Uso de memoria durante la clasificación	871.47 MB
Versión del programa	1.6.5.11249
Tamaño de archivo	320.46 MB

MDE

Tamaño	4,292 x 5,364
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 16N (EPSG::32616)

Parámetros de reconstrucción

Origen de datos	Nube de puntos densa
Interpolación	Habilitada
Tiempo de procesamiento	1 minuto 16 segundos
Uso de memoria	305.74 MB
Versión del programa	1.6.5.11249
Tamaño de archivo	43.30 MB

Ortomosaico

Tamaño	15,000 x 17,552
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 16N (EPSG::32616)
Colores	3 bandas, uint8

Parámetros de reconstrucción

Modo de mezcla	Mosaico
Superficie	MDE
Permitir el cierre de agujeros	Sí
Tiempo de procesamiento	38 minutos 15 segundos
Uso de memoria	858.81 MB
Versión del programa	1.6.5.11249
Tamaño de archivo	10.67 GB

Sistema

Nombre del programa	Agisoft Metashape Professional
Versión del Programa	1 6.5 build 11249
OS	Windows 64 bit
RAM	5.92 GB
CPU	Intel(R) Core(TM) i7-5500U CPU @ 2.40GHz
GPU(s)	Intel(R) HD Graphics 55

Tabla 12: Cuadro comparativo general entre levantamiento topográfico con Estación Total versus RPAS para un área de 67,000m².

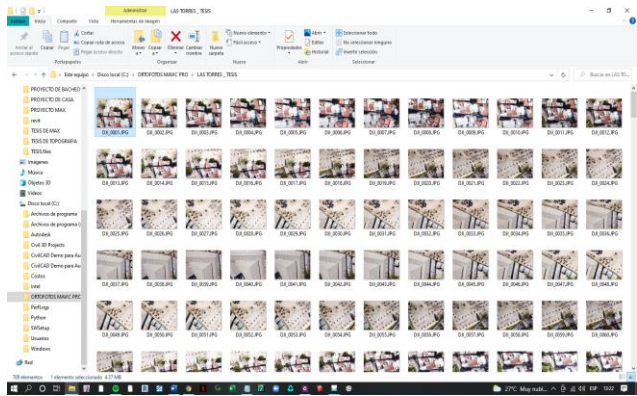
ITEM	INDICADORES DE INVERSIÓN PARA ADQUISICIÓN DE EQUIPO		INDICADORES DE ALQUILER DE EQUIPO	
	ESTACIÓN TOTAL	RPAS	ESTACIÓN TOTAL	RPAS
Tiempo en trabajo de campo	16 horas	2 hora	N/A	N/A
Personal requerido para el levantamiento topográfico	1 técnico instrumentista y 3 auxiliares de topografía	1 operario de Dron		
Trabajo de oficina	2 horas	48 horas		
Error de precisión	1mm a 3mm	1m a 3m		
Equipo utilizado	Una Estación total, Dos trípodes, Dos prismas, Un colector de datos, Una cinta métrica de 3.00 m, Un Plomo.	Un Dron marca DJ Phantom 4, con todos sus accesorios y tres baterías extras, Una computadora de novena generación, con los softwares necesarios, Un celular Smartphone, tablas para puntos de referencia.		
Adquisición del equipo para el levantamiento	Estación total Sokia: \$7,000	MAVIC PRO Specs: \$1,420	\$ 280 / día	\$100/día
Equipo para el procesamiento de datos	Pc i3 con 4 Ram:\$500	Pc i9 con 16 Ram:\$1200	\$50/día	\$ 50/día
Software	Civil 3d y AutoCAD \$ 2,755.00 / año	Agisoft Metashape: \$3,499/único pago	\$0	\$0
Cuadrilla topográfica	Para un área de 10,000.00 m2 aprox. de terreno \$300	Para un área de 10,000.00 m2 de terreno \$300	\$300/día	\$300
TOTAL	L255,958.75	L155,660.75	L15,276.00	L11,025.00

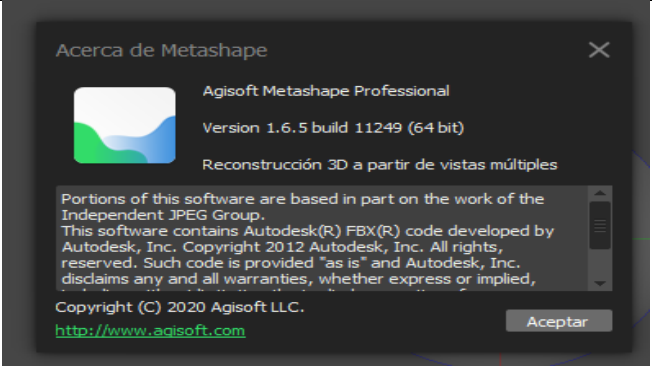
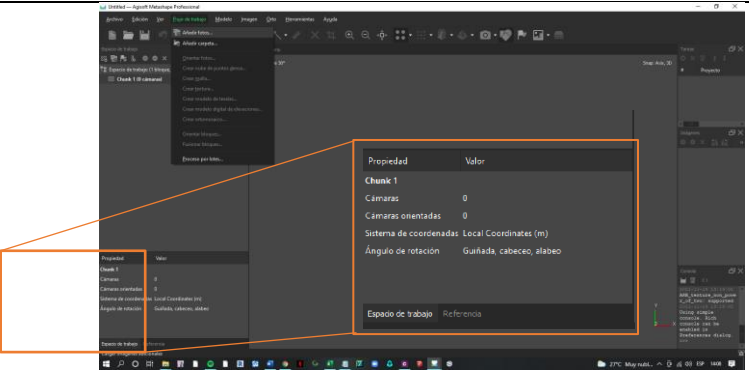
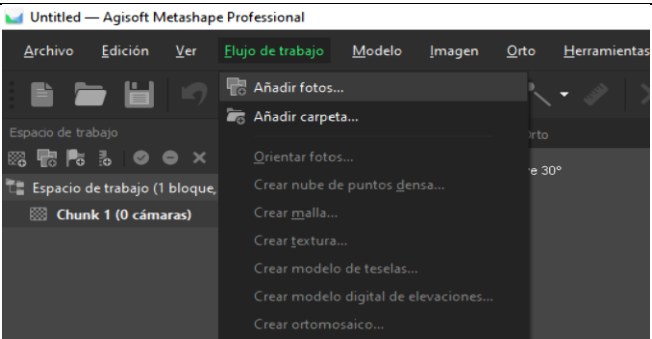
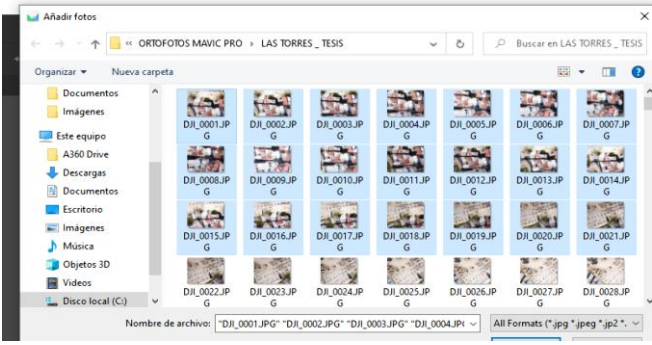
NOTA: Estos indicadores nos permiten determinar que recomendamos RPAS por su bajo costo, tanto si fuese comprado con rentado en términos de uso de operarios, además en reducción de tiempos de levantamientos y procesamientos para terrenos irregulares, de difícil acceso, con una zona boscosa no densificada y con área menor o igual a 0.06km^2 . Siempre y cuando las especificaciones de error de posicionamiento tengan como valor mínimo 2cm de error permisible para estudios de diseño y prediseño.

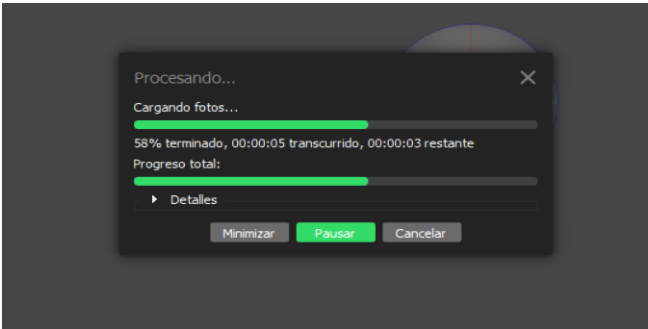
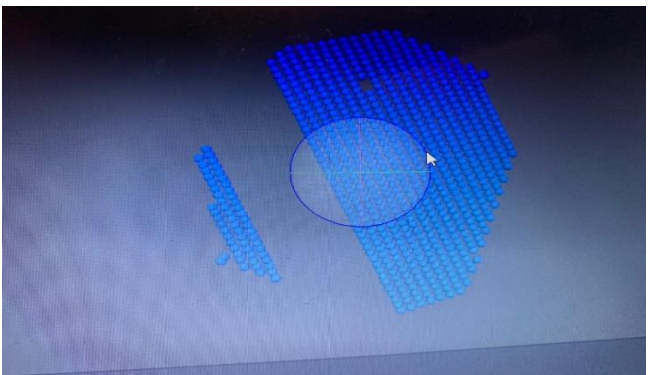
Los valores están convertidos a las tasa de cambio del 22 de Nov. Del 2021 (24.2476 Lps /1 USD). Fuente Propia. Comayagüela. 22 de Noviembre del 2021.

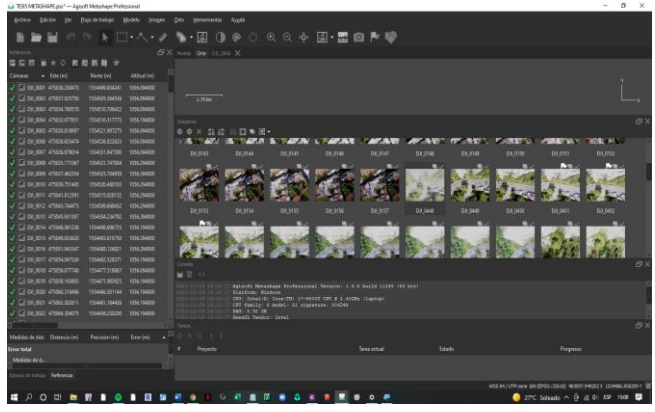
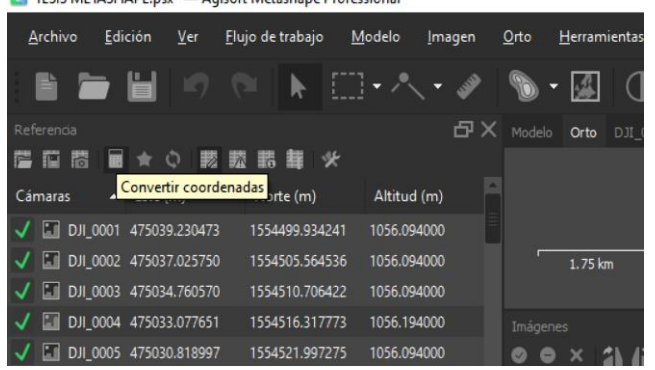
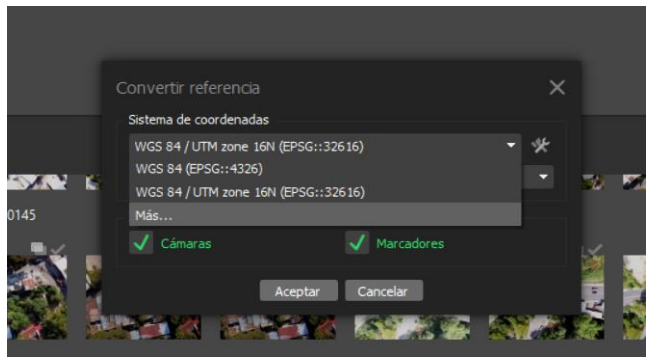
7.9. Manual para el procesamiento fotogramétrico, utilizando AGISOFT METASHAPE PROFESSIONAL

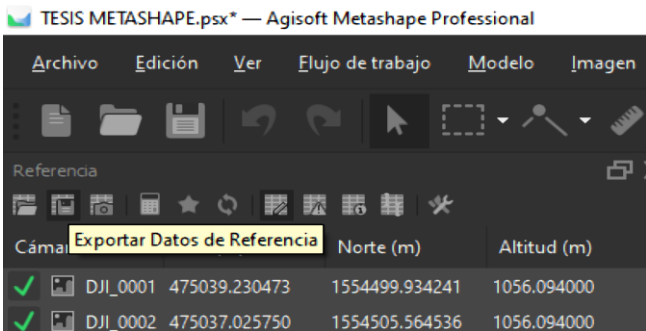
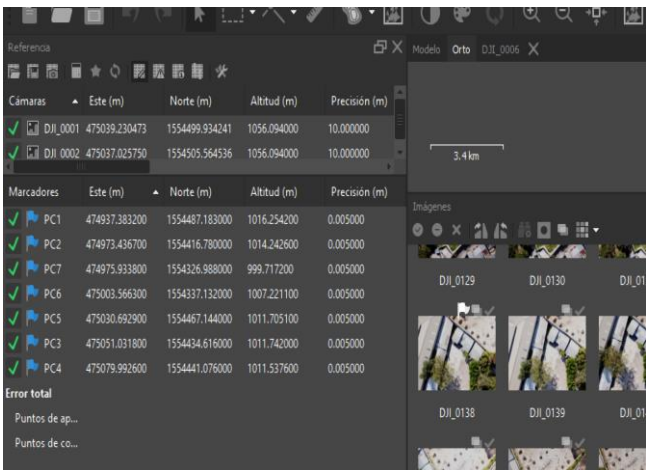
En el siguiente manual; se presenta el flujo de trabajo realizado para el desarrollo y procesamiento de datos del estudio fotogramétrico, desarrollado con RPAS. Así mismo; se explican y detallan las configuraciones y el paso a paso para la obtención de información de las ortofotos.

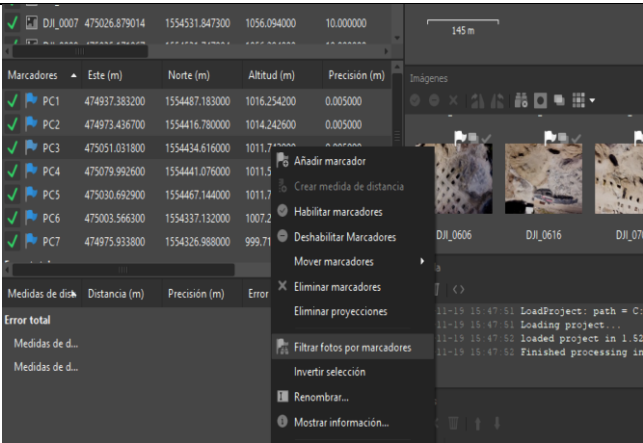
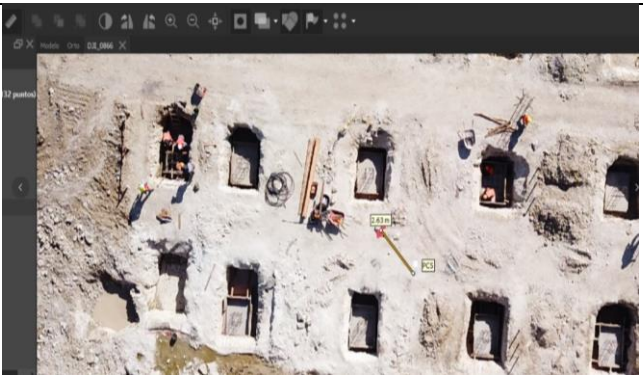
N.º	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA FOTOGRÁFICA
1	Cargar a la pc las ortofotos capturadas por el RPAS ubicadas en una memoria SD del dron y el archivo txt o Excel de los puntos de control levantados con la Estación Total; este proceso no necesita aplicaciones, programas o softwares adicionales. Es recomendable guardar los archivos en un lugar dentro de la pc donde no pueda ser borrado o modificada su ubicación dentro de la misma.	

2	Se debe tener descargado e instalados en la pc el software AGISOFT METASHAPE PROFESSIONAL u otro software, que permita el procesamiento de datos de las ortofotos.	
3	Ir a la ventana de “Espacio de Trabajo”. Ubicada en la parte inferior izquierda de la pantalla.	
4	En la barra superior izquierda: a) Ir a Flujo de Trabajo. b) Clic en añadir fotos y/o añadir carpeta.	
5	Al desplegarse la ventana de búsqueda: a) Ir a la ubicación del archivo donde hemos guardado las ortofotos. b) Seleccionar las imágenes y/o carpeta que se desee procesar.	

	c) Clic en abrir.	
6	Se cargarán de manera automática las ortofotos que hayamos seleccionado. NOTA: Este proceso es suele ser rápido.	
7	Aparecerán de manera automática los puntos de cada ortofoto tomada con respecto a la superficie del terreno y de acuerdo al Plan de Vuelo que hayamos considerado conveniente. NOTA: Cabe resaltar que en este punto el error de la ortofoto varía de 1m -4m sin embargo esto será corregido posteriormente.	

8	Debemos asegurarnos de que las imágenes han sido cargadas correctamente, para ello; éstas deben aparecer en la pantalla principal (parte inferior) en la ventana de “Imágenes”. Así mismo en “Referencia” debe aparecer el listado de las imágenes cargadas y la información de cada una de ellas (coordenadas, elevación, precisión, etc.).	
9	Para convertir las coordenadas por defecto a las coordenadas por preferencia. Debemos irnos a la parte superior izquierda y clic en el ícono de “Convertir coordenadas”.	
10	Al desplegarse la ventana de selección; daremos: a) Clic en “Más...” y elegiremos el sistema de coordenadas o datum con el que deseemos trabajar.	

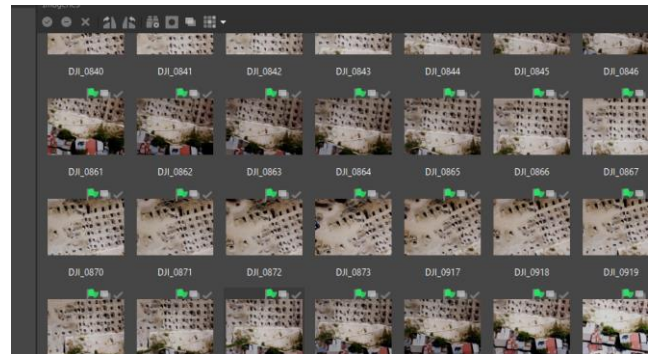
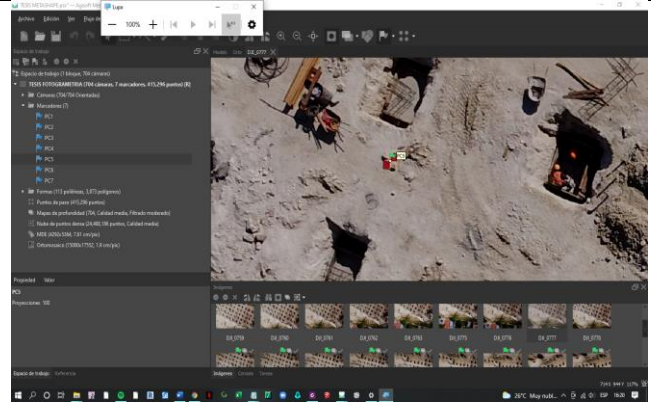
	Asegurándonos que estén seleccionadas las “cámaras” y “marcadores”. b) Clic en aceptar.																																																								
11	Cargar la información obtenida de los Punto de Control para ortofotos que fueron ubicados y distribuidos de manera visible en el área del terreno de interés.	 TESIS METASHAPE.psx* — Agisoft Metashape Professional Archivo Edición Ver Flujo de trabajo Modelo Imagen Referencia <table><tr><th>Cámaras</th><th>Exportar Datos de Referencia</th><th>Norte (m)</th><th>Altitud (m)</th></tr><tr><td>✓ DJI_0001</td><td>475039.230473</td><td>1554499.934241</td><td>1056.094000</td></tr><tr><td>✓ DJI_0002</td><td>475037.025750</td><td>1554505.564536</td><td>1056.094000</td></tr></table>	Cámaras	Exportar Datos de Referencia	Norte (m)	Altitud (m)	✓ DJI_0001	475039.230473	1554499.934241	1056.094000	✓ DJI_0002	475037.025750	1554505.564536	1056.094000																																											
Cámaras	Exportar Datos de Referencia	Norte (m)	Altitud (m)																																																						
✓ DJI_0001	475039.230473	1554499.934241	1056.094000																																																						
✓ DJI_0002	475037.025750	1554505.564536	1056.094000																																																						
12	Debemos asegurarnos de que los Puntos de Control han sido cargados correctamente, para ello; éstos deben aparecer en la pantalla principal (parte izquierda) en la ventana de “Marcadores”. Así mismo; debe aparecer el listado de los pcs cargados junto con la información de cada uno de ellos (coordenadas, elevación, precisión, etc. NOTA: El sistema de coordenadas de los PCs	 Referencia <table><tr><th>Cámaras</th><th>Este (m)</th><th>Norte (m)</th><th>Altitud (m)</th><th>Precisión (m)</th></tr><tr><td>✓ DJI_0001</td><td>475039.230473</td><td>1554499.934241</td><td>1056.094000</td><td>10.000000</td></tr><tr><td>✓ DJI_0002</td><td>475037.025750</td><td>1554505.564536</td><td>1056.094000</td><td>10.000000</td></tr></table> Marcadores <table><tr><th></th><th>Este (m)</th><th>Norte (m)</th><th>Altitud (m)</th><th>Precisión (m)</th></tr><tr><td>✓ PC1</td><td>474937.383200</td><td>1554487.183000</td><td>1016.254200</td><td>0.005000</td></tr><tr><td>✓ PC2</td><td>474973.436700</td><td>1554416.780000</td><td>1014.242600</td><td>0.005000</td></tr><tr><td>✓ PC7</td><td>474975.933800</td><td>1554326.988000</td><td>999.717200</td><td>0.005000</td></tr><tr><td>✓ PC6</td><td>475003.566300</td><td>1554337.132000</td><td>1007.221100</td><td>0.005000</td></tr><tr><td>✓ PC5</td><td>475030.692900</td><td>1554467.144000</td><td>1011.705100</td><td>0.005000</td></tr><tr><td>✓ PC3</td><td>475051.031800</td><td>1554434.616000</td><td>1011.742000</td><td>0.005000</td></tr><tr><td>✓ PC4</td><td>475079.992600</td><td>1554441.076000</td><td>1011.537600</td><td>0.005000</td></tr></table> Error total Puntos de ap... Puntos de co...	Cámaras	Este (m)	Norte (m)	Altitud (m)	Precisión (m)	✓ DJI_0001	475039.230473	1554499.934241	1056.094000	10.000000	✓ DJI_0002	475037.025750	1554505.564536	1056.094000	10.000000		Este (m)	Norte (m)	Altitud (m)	Precisión (m)	✓ PC1	474937.383200	1554487.183000	1016.254200	0.005000	✓ PC2	474973.436700	1554416.780000	1014.242600	0.005000	✓ PC7	474975.933800	1554326.988000	999.717200	0.005000	✓ PC6	475003.566300	1554337.132000	1007.221100	0.005000	✓ PC5	475030.692900	1554467.144000	1011.705100	0.005000	✓ PC3	475051.031800	1554434.616000	1011.742000	0.005000	✓ PC4	475079.992600	1554441.076000	1011.537600	0.005000
Cámaras	Este (m)	Norte (m)	Altitud (m)	Precisión (m)																																																					
✓ DJI_0001	475039.230473	1554499.934241	1056.094000	10.000000																																																					
✓ DJI_0002	475037.025750	1554505.564536	1056.094000	10.000000																																																					
	Este (m)	Norte (m)	Altitud (m)	Precisión (m)																																																					
✓ PC1	474937.383200	1554487.183000	1016.254200	0.005000																																																					
✓ PC2	474973.436700	1554416.780000	1014.242600	0.005000																																																					
✓ PC7	474975.933800	1554326.988000	999.717200	0.005000																																																					
✓ PC6	475003.566300	1554337.132000	1007.221100	0.005000																																																					
✓ PC5	475030.692900	1554467.144000	1011.705100	0.005000																																																					
✓ PC3	475051.031800	1554434.616000	1011.742000	0.005000																																																					
✓ PC4	475079.992600	1554441.076000	1011.537600	0.005000																																																					

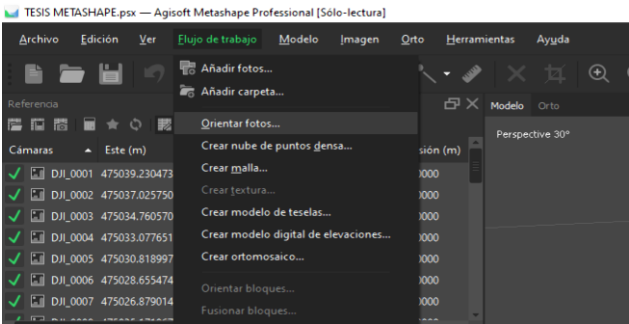
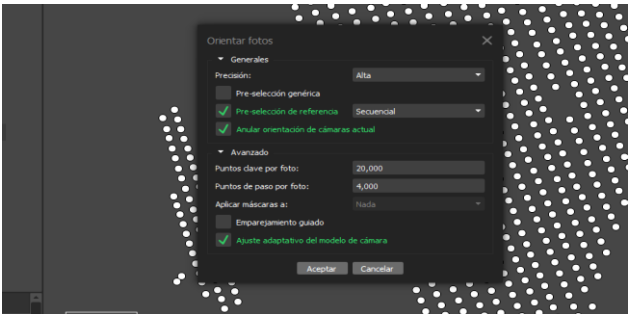
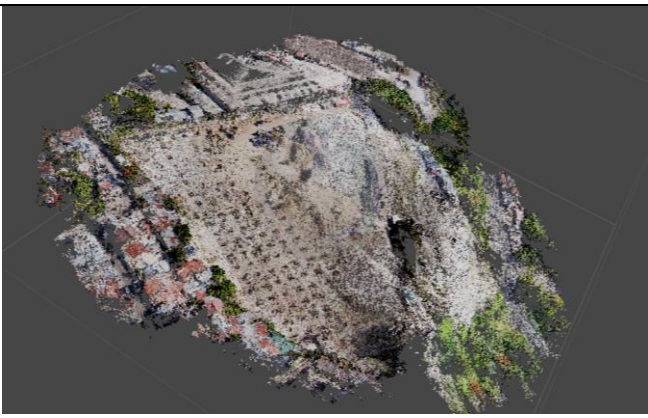
	deberá coincidir con las coordenadas que estamos trabajando en nuestro proyecto. Mismo que se modificó de paso N°9.	
13	Para orientar las ortofotos y referenciarlas: a) Clic derecho sobre un Marcador que hemos denominado PC#. b) Clic filtrar fotos por marcadores.	
14	Seleccionaremos con doble clic cada una de las fotos en donde aparece el PC que hemos elegido para su corrección. Notaremos que hay un desplazamiento de la ortofoto con respecto al	

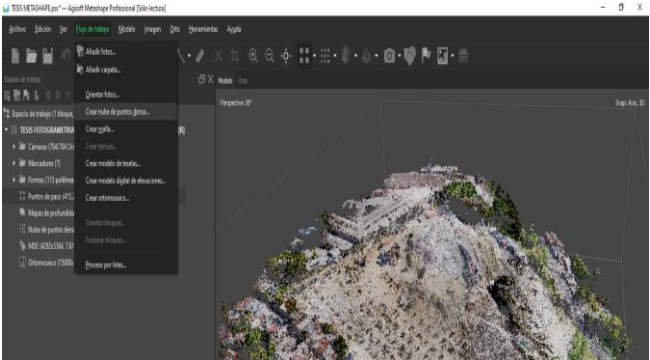
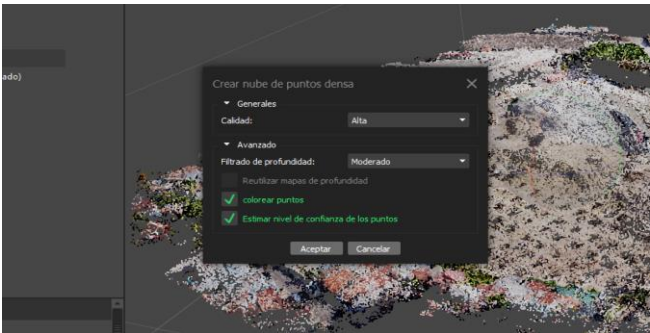
punto que hemos levantado con la E.T. En el ejemplo vemos un desplazamiento en diagonal de 2.63m.

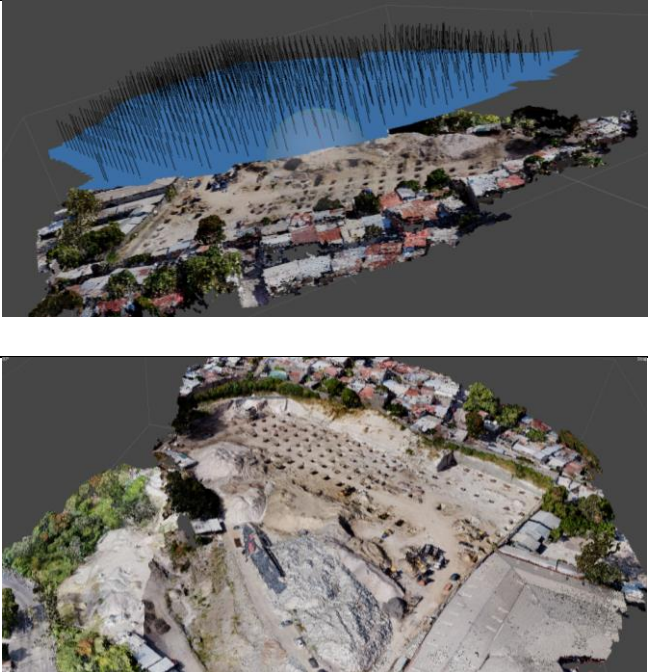
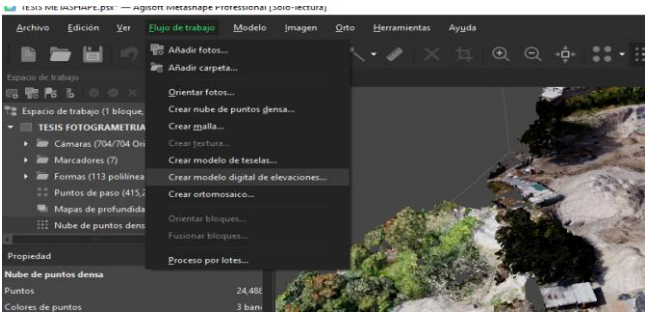
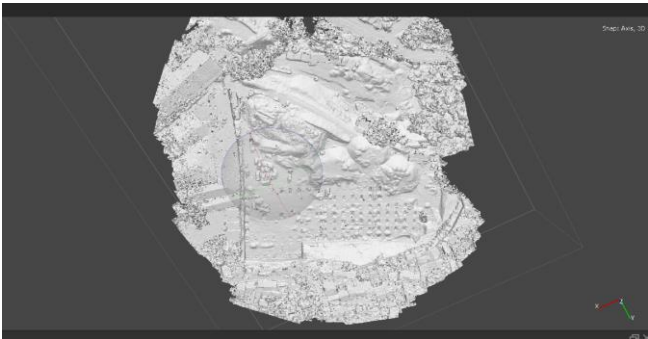
Para poder corregir dicho desplazamiento; tendremos que seleccionar la “banderita” que representa la coordenada con E.T. y arrastrarlo hacia el centro del punto control; repetiremos el mismo procedimiento con todas las imágenes y así mismo con cada uno de los pc.

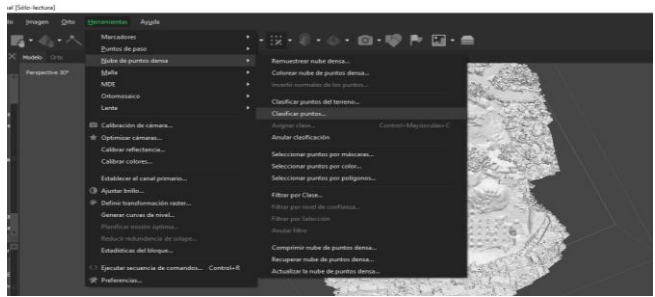
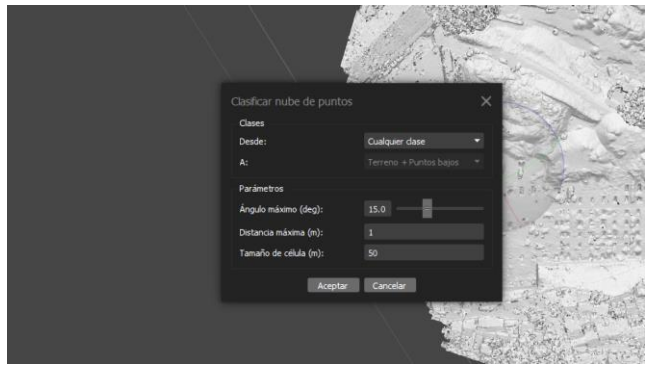
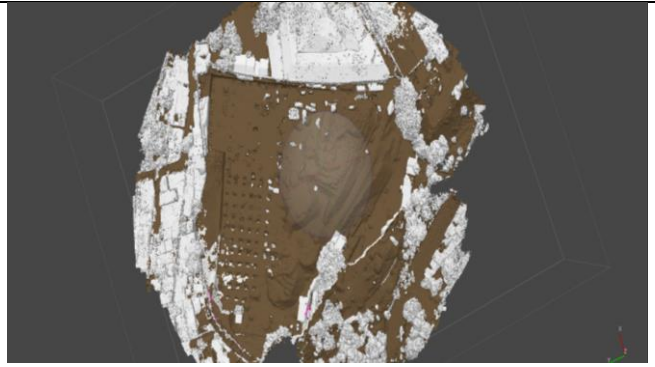
De esta manera podemos garantizar un error de posición de 1-10cm si se desarrolla de la forma correcta y teniendo una altura de RPAS de entre 50-100m en la Planeación de Vuelo. Esto nos garantizaría un GSD entre 1.97-3.29cm/pix.

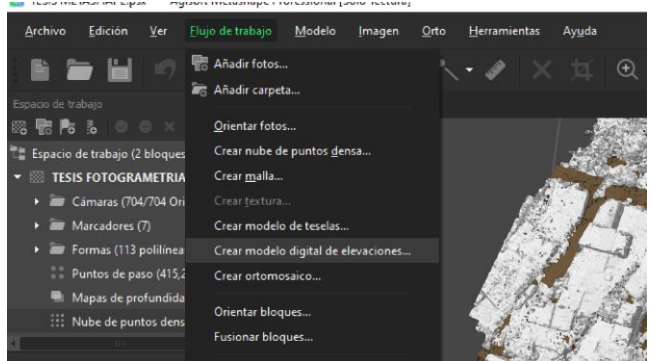
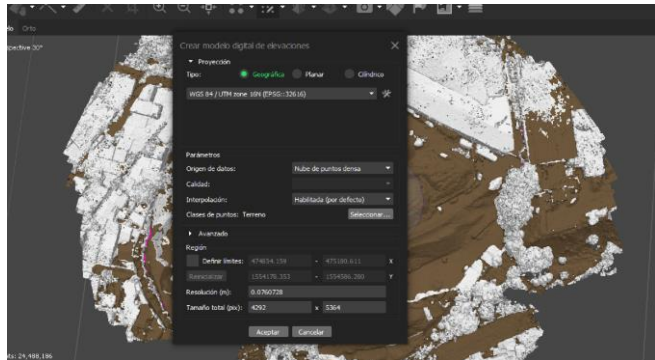


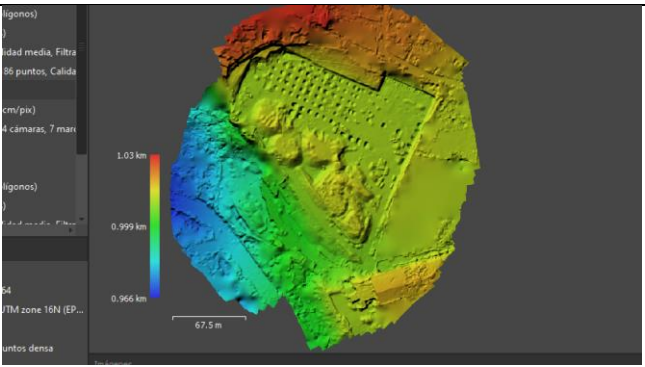
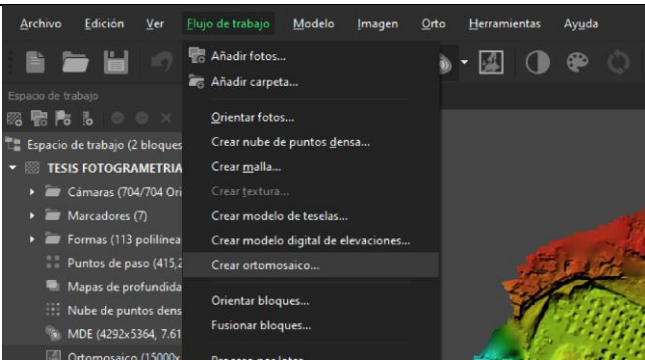
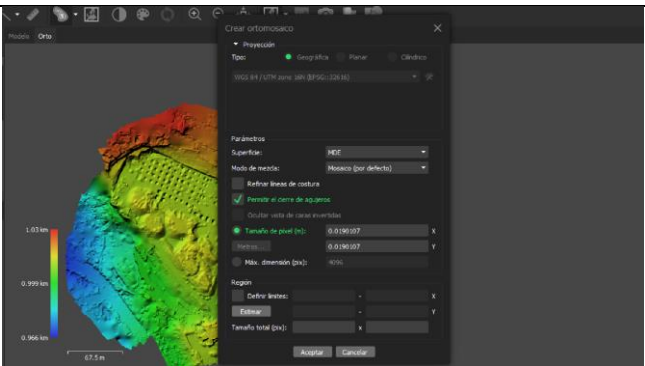
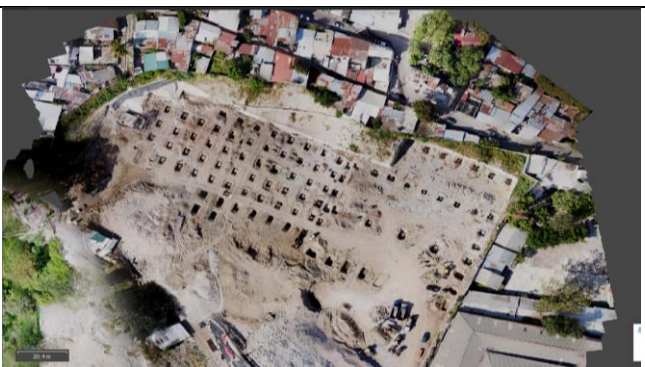
15	Crearemos nuestra primera imagen tridimensional; en la cual debemos orientar todas las ortofotos que ya están previamente cargadas en AGISOFT METASHAPE PROF. Para, seleccionaremos: a) Flujo de trabajo. b) Orientar Fotos.	 The screenshot shows the 'Flujo de trabajo' (Workflow) menu in Agisoft Metashape Professional. The 'Orientar fotos...' (Orient photos...) option is highlighted. The background shows a list of loaded photos (DJI_0001 to DJI_0007) and various processing options like 'Crear nube de puntos densa...' (Create dense point cloud...).
16	Aparecerá la ventana de configuración y en la cual modificaremos ciertos parámetros para la realización del primer render que llamaremos PUNTOS DE PASO. Este proceso tardará de 1-2hrs según las prestaciones que nos proporcionen nuestra computadora y a la cantidad de información a procesar.	 The screenshot shows the 'Orientar fotos' (Orient photos) configuration window. It has tabs for 'General' and 'Avanzado' (Advanced). Under 'General', 'Precisión' (Precision) is set to 'Alta' (High), 'Pre-selección genérica' (Generic pre-selection) is checked, 'Pre-selección de referencias' (Reference pre-selection) is checked, and 'Anular orientación de cámaras actual' (Override current camera orientation) is checked. Under 'Avanzado', 'Puntos clave por foto' (Key points per photo) is set to 20,000, 'Puntos de paso por foto' (Pass points per photo) is set to 4,000, 'Aplicar máscaras a:' (Apply masks to:) is set to 'Nada' (Nothing), 'Emparejamiento guiado' (Guided matching) is checked, and 'Ajuste adaptativo del modelo de cámara' (Adaptive camera model adjustment) is checked. 'Aceptar' (Accept) and 'Cancelar' (Cancel) buttons are at the bottom.
17	Al finalizar el proceso de renderizado; podremos visualizar la primera imagen del área de nuestro levantamiento topográfico, donde obtuvimos 415,296 puntos de información espacial.	 The screenshot shows a 3D visualization of the topographic area. It displays a dense point cloud with a textured surface, showing the terrain and some vegetation. The view is from an isometric perspective.

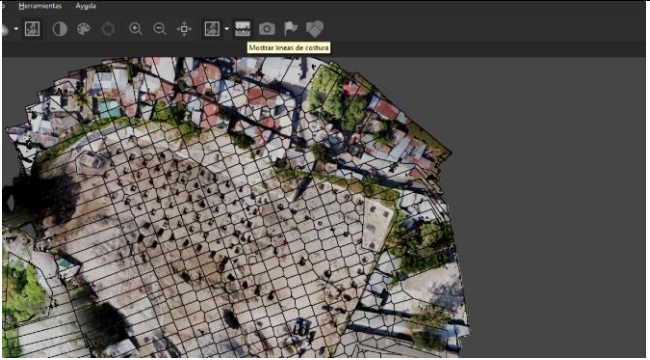
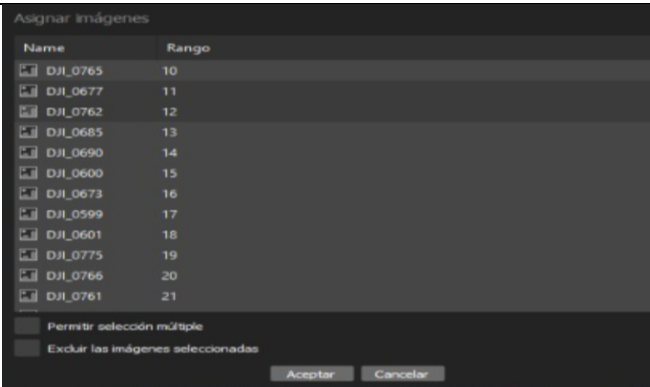
18	Al tener una nube de puntos dispersa; tenemos la necesidad de densificar la misma; lo que nos servirá para obtener una mayor información de las elevaciones del terreno natural y otros elementos ajenos al mismo. a) Clic en Flujo de Trabajo. b) Clic Nube de Puntos Densa.	
19	En el cuadro de diálogo configuraremos nuestra 2da nube de información; teniendo en cuenta que la calidad y filtrado de profundidad tomarán e indispensable un papel importante en cuando a la calidad de información de elevaciones. a) Aceptar.	

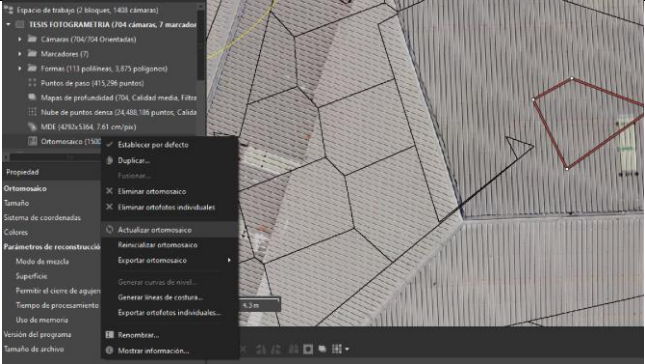
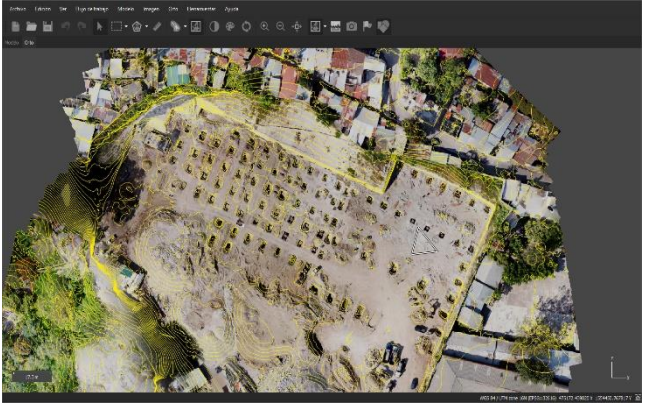
20	Al finalizar el proceso de renderizado; podremos visualizar la segunda imagen del área de nuestro levantamiento topográfico con mayor resolución; donde obtuvimos 24,488,186 puntos de información espacial.	
21	Procederemos a realizar el MDT (Modelo digital de Terreno): a) Flujo de trabajo. b) Crear MDE (Modelo Digital de Elevaciones.	
22	Como podemos observar; las elevaciones de las que nos ha brindado información el software incluyen; vegetación, casas, edificaciones y cosas u objetos ajenos al terreno natural; por lo cual procederemos a la clasificar	

	los puntos no pertenecientes al terreno natural.	
23	Pasos para crear clasificar puntos: - Clic en Herramientas. - Nube de puntos densa. - Clasificar puntos de terreno.	
24	En cuadro de diálogo dejaremos los valores por defecto; ya que, lo que necesitamos clasificar son CUALQUIER CLASE de objeto u cosas que no perteneces al terreno natural. Aceptar.	
25	Hemos clasificado de manera correcta todos los puntos y elementos que no pertenecen al terreno natural. Dichos elementos no serán tomados en cuenta en	

	el Ráster o Modelo Digital del Terreno.	
26	Creación del MDT (Modelo Digital del terreno): a) Clic en Flujo de Trabajo. b) Crear Modelo Digital de Elevaciones.	
27	En el cuadro de diálogo: a) Asegurarse que el sistema de coordenadas coincida con el que estamos trabajando. b) Clase de puntos; seleccionar únicamente terreno. c) Dejar los demás valores por defecto.	

28	Modelo Digital de Terreno.	
29	Para crear el Ortomosaico final, procederemos: a) Clic en Flujo de Trabajo. b) Crear Ortomosaico.	
30	En el cuadro de diálogo: a) Dejaremos los valores por defecto. b) Aceptar.	
31	GENERACIÓN DE ORTOMOSAICO.	

32	El Ortomosaico presentará algunas deformaciones de imagen que deberemos retocar para que la misma se vea estético: a) Clic en mostrar líneas de costura.	
33	Deformación de tipo desplazamiento en techo de bodega.	
35	a) Dibujamos los parches. b) Doble clic para cerrar el polígono.	
36	c) Clic derecho dentro del polígono. d) Asignar imágenes. e) Seleccionar la imagen que mayor se adecue a la ortofoto; a fin de	

	disminuir la imperfección. NOTA: Al finalizar dicho proceso, se deberá actualizar el Ortomosaico.	
37	Generación de curvas de nivel: - Clic en Herramientas. - Dejar los valores por defecto. - Aceptar. - Clic en Generación de curvas de nivel.	

NOTA: Los resultados obtenidos del análisis y procesamiento de datos, son compatibles con softwares como: Civil 3D, Autocad, ArcGIS, QGIS, Global Mapper, etc. La calidad y el tiempo del resultado final, dependerán de manera directa de las prestaciones que nos brinde equipo que se esté utilizando para procesamiento de las ortofotos. Fuente propia. Comayagüela; 11 de Nov. del 2021.

7.10. Comprobación de Hipótesis

7.10.1. Hipótesis Comprobada 1

H₁₀. Consideramos que un levantamiento con Estación Total es más económico en comparación al RPAS.

H₁₁. Consideramos que un levantamiento topográfico usando el RPAS es más económico en comparación a la Estación Total.

Análisis: La hipótesis H₁₀ se rechaza y se acepta la H₁₁ en función del análisis de los resultados obtenidos en la Tabla 11.

9.6.2. Hipótesis Comprobada 2

H₂₀: Consideramos que el RPAS tiene mayor precisión en comparación a la Estación Total.

H₂₁: Consideramos que la Estación Total tiene mayor precisión en comparación al RPAS.

Análisis: La hipótesis H₂₀ se rechaza y se acepta la H₂₁ en función del análisis de los resultados obtenidos en la Tabla 11.

9.6.3. Hipótesis Comprobada 3

H₃₀: Consideramos que un levantamiento topográfico con RPAS se puede realizar en menor tiempo en comparación con el levantamiento con Estación Total.

H₃₁. Consideramos que un levantamiento topográfico con Estación Total se puede realizar en menor tiempo en comparación al levantamiento con RPA.

Análisis: La hipótesis H₃₁ se rechaza y se aprueba la hipótesis H₃₀ en función del análisis de los resultados obtenidos en la Tabla 11.

8. Conclusiones

1. La Precisión de la estación Total es $\pm 4\text{mm}$ después de descartar el error humano y por otro lado el error del RPAS está entre 1m y 4m con un traslape horizontal y vertical del 90% en las ortofotos, en conclusión, la Estación Total tiene mejor precisión.
2. El costo de hacer un levantamiento con Estación Total si se tuviera que comprar todo el equipo sería de $\pm \text{L. } 255,958.75$ y si se tuviera que comprar todo el equipo RPAS $\pm \text{L. } 155,277.50$ por lo tanto se concluye que el costo de hacer levantamientos topográficos con Dron es más económico.
3. En los levantamientos topográficos de campo notamos que la estación total requiere que el operario este registrando cada punto que se levanta de manera manual, caso contrario con el RPAS que la manera de funcionamiento es programar el plan de vuelo y todo lo hace de manera automatizada. En el procesamiento de datos la estación total tiene una mejor respuesta ya que la exportación de datos no requiere de mucho tiempo, caso contrario con el RPAS la exportación de datos puede llegar a tardar más 24 horas. En cuanto al manejo de transporte para estos equipos notamos que la estación total es más compleja ya que su tamaño es mayor en comparación al dron que podría transportarse en un pequeño bolso.
4. El tiempo de ejecución utilizando la Estación Total depende del área a levantar, para nuestro caso de estudio el tiempo de levantamiento fue aproximadamente de 8 horas y el levantamiento con el RPAS fue de 1 hora desde su inicio hasta su fin, con esto podemos concluir que el RPAS representa el mejor rendimiento de ambos métodos.
5. Para el levantamiento con Estación Total fue necesario un operario técnico y 4 auxiliares de topografía que representa una mayor inversión, en cambio el RPAS solo requirió un operario técnico para poder llevar a cabo el plan de vuelo.
6. Combinando ambos métodos de levantamientos topográficos pudimos reducir el error hasta $\pm 4\text{cm}$.

9. Recomendaciones

1. Al piloto del RPAS; conocer la zona y verificar que tipo de restricción de vuelo tiene para saber si se podrán obtener los permisos de vuelo que son autorizados por DJI y aprobados por Aeronáutica Civil de Honduras.
2. Al profesional responsable; establecer un plan de vuelo con anticipación para poder evitar retrasos en zonas donde no hay buena cobertura de internet, así acortar los tiempos de ejecución en cada levantamiento para garantizar la cantidad y calidad de datos obtenidos de las ortofotos. Hacer uso adecuado de la cantidad y ubicación de puntos de control, recordando que entre mayor sea la cantidad de PCs, mejores resultados se obtendrán en la digitalización de los datos.
3. A los entes interesados en implementar levantamientos fotogramétricos con RPAS; tomar en cuenta que en tierra es importante tener el apoyo del método de topografía utilizando la estación total para reducir el error de precisión.
4. Al personal encargado de organizar el plan de vuelo; planificar bien las horas y el estado de tiempo en el que se ejecutara el vuelo con el RPAS ya que la calidad y la información georreferenciada de las ortofotos dependerá mucho de las condiciones climatológicas y las

horas del día en las que se realizara el vuelo. Conocer la capacidad de vuelo y autonomía del dron con cada batería para evitar que la misión de vuelo sea interrumpida por falta de carga.

5. Al profesional encargado; recordar que entre menor sea la altura de vuelo, menor error de precisión se tendrá en las ortofotos, sin embargo, la altura de vuelo dependerá mucho de la topografía del terreno por lo cual se recomienda despegar el RPAS desde un punto alto.
6. Es necesario que para el procesamiento de datos se pueda contar con una computadora de buenas especificaciones técnicas ya que el software requiere una enorme capacidad de procesamiento.
7. Alentar a la comunidad académica a realizar más estudios para las áreas de infraestructura vial, hidrosanitarias y batimetrías. Con el uso de RPAS o drones, para la creación de protocolos y normas nacionales en la elaboración de trabajos de topografía.
8. A la Universidad Politécnica de Ingeniería UPI; seguir implementando el desarrollo y aplicaciones de nuevas tecnologías, innovación científica, programas de ingeniería y capacitaciones continuas para los estudiantes y catedráticos, seguir desarrollando y organizando congresos y foros que despierten el interés de los estudiantes de esta institución.

10. Glosario

Antrópicas

Lo relativo al ser humano, por oposición a lo natural y es aplicado a las modificaciones que sucede en lo natural a causa de acciones humanas, 39

Bluetooth

Transmisión de datos mediante radiofrecuencia en la banda de 2,4Ghz, al tener una cobertura máxima ideal de 100m pertenece a un red inalámbrica de área personal, 17

Transmisión de datos mediante radiofrecuencia en la banda de 2,4Ghz, al tener una cobertura máxima ideal de 100m pertenece a una red inalámbrica de área personal, 86

Brecha Digital

El concepto brecha digital procede de un concepto inglés digital divide y que durante el mandato del presidente Clinton venía a expresar las diferencias que se producían en los Estados Unidos entre "conectados" y "no conectados" y que tenía que ver con el esfuerzo que debía hacer la administración para que se realizasen

inversiones necesarias para favorecer el acceso de los grupos e individuos a las nuevas tecnologías (Serrano 2003, 17

CEM

Los campos electromagnéticos son una combinación de campos de fuerza eléctricos y magnéticos invisibles., 35

Data Centers

Palabra en el idioma inglés para denominar a un Centro de Datos, 26

Electromagnetismo

Rama de la física que estudia y unifica los fenómenos eléctricos y magnéticos en una sola teoría, 28

EMI

Por sus siglas en inglés ElectroMagnetic Interference, Interferencia Electromagnética, 72, 75, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 97, 99, 100, 103, 105

Estación Base

Por sus siglas en inglés Base Transceiver Station, es un componente

de la red de telefonía móvil, el cual es un intermediario entre el terminal del usuario y la red, este equipo se instala en diferentes puntos de la geografía nacional., 37 Ionosfera:, 35

ISP

Por sus siglas en inglés Internet Service Provider, Proveedor de Servicios de Internet, 17

son las siglas de Internet Service Provider Proveedor de Servicios de Internet, una compañía que proporciona acceso a Internet. Por una cuota mensual, el proveedor del servicio te da un paquete de software, un nombre de usuario, una contraseña y un número de teléfono de acceso., 26

ITU-R

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo especializado en telecomunicaciones de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional entre las distintas administraciones y empresas operadoras., 35

LAN

Por sus siglas en inglés Local Area Network, término utilizado para denominar Redes de Área Local, 17

Por sus siglas en inglés Local Area Network, término utilizado para denominar Redes de Área Local, 33

RF

Radio Frecuencia, espectro magnético y electromagnético utilizados para las comunicaciones, 33

Radio Frecuencia, ondas electromagnéticas utilizadas en el espectro de los 3Hz y 300Ghz para las comunicaciones, 36, 50, 51, 97

Radio Frecuencia, ondas electromagnéticas utilizadas en el espectro de los 3Hz y 300Ghz para las comunicaciones, 60

RFID

(Radio Frequency Identification) es una tecnología que consiste en el almacenamiento de lectura de códigos para identificar objetos, mediante la transmisión de éstos por ondas de radio., 49

SOHO

Término que se aplica a equipos fabricados en el rango de capacidades a nivel de casa o pequeñas oficinas, 26

TIA/EIA-568-B.3

EIA/TIA-568-B son tres estándares que tratan el cableado comercial para productos y servicios de telecomunicaciones. Los estándares EIA/TIA-568-B se publicaron por primera vez en 2001. Sustituyen al conjunto de estándares TIA/EIA-568-A que han quedado obsoletos. Tal vez la característica más conocida del EIA/TIA-568-B., 34

Troposfera

Capa de la atmósfera terrestre que está en contacto con la superficie de la Tierra y se extiende hasta una altitud de unos 10 km aproximadamente, 35

VoIP

VoIP es un acrónimo de Voz sobre Protocolo de Internet (Voice Over Internet Protocol), el cual por sí mismo significa voz a través de internet. Es una tecnología que proporciona la comunicación de voz y sesiones multimedia (tales como vídeo) sobre Protocolo de Internet (IP)., 64

WIFI

Término comercial de la empresa WECA para denominar el estándar de comunicación IEEE 802.11b de secuencia directa, 17

WiMAX

Por sus siglas en inglés, Worldwide Interoperability for Microwave Access, Interoperabilidad Mundial para acceso por Microondas, 17

11. Bibliografía

Bails, B. (1789). *Principio Matematicos de la Real Academia de San Fernando*. Madrid: Imprenta de la Viudad de Ibarra Tomo II.

Bnamericas. (27 de enero de 2020). <https://www.bnamericas.com>. Obtenido de <https://www.bnamericas.com/es/reportajes/que-proyectos-de-infraestructura-ha-confirmado-honduras-para-2020-2021>

Bosque Sendra, J., Pineda de Carías, M., Maza, F., Malpica, J., Dalda Mourón, A., Gonzales Matesanz, F., . . . Meza, O. (2021). Establecimiento de una red geodésica en Tegucigalpa (Honduras) mediante tecnologías GPSy enlace con las redes de referencia oficial de Centroamérica. Memoria Final. *Postgrados UNAH*, 55-90.

Bosque, J. (1997). *Sistemas de Informacion Geográfica*. Madrid, España: Rialp S. A.

Burrough, P., & McDonnell, R. (1998). Principles of Geographical Information Systems. *Oxford University Press*, 333.

Butenunth, M., Gössel, G., Tiedge, M., Heipke, C., Lipeck, U., & Sester, M. (2007). "Integration of heterogeneous geospatial data un a federated database". *ISPRS journal of Photogrammetry and Remote Sensing The Netherlands, In Press*.

Calvo, M. (1993). *Sistemas de Información Geográfica Digitales Sistemas Geomáticos*. España: Instituto Vasco de Administración Pública y Fundación EUSKOIKER.

Camacho, A. (2005). Sisteas sintéticos. Lo inteligible en los manuales para la enseñanza. *Cinta de Moebio*.

Cantoral, R., Farfán, R., Lezama, J., & Martínez, G. (2006). Socioespistemología y representaación: algunos ejemplos. *Latinoamericana de Matemática Educativa*, 83-102.

Cruz, L. A. (2010). *Historia y Actualidad del Catastro en Honduras*. Tegucigalpa: Revista Postgrados UNAH.

De Gortari, E. (1988). *Diccionario de la Logica*. España: Plaza y Valdés.

Delaunay, R. (1934). *Sur La Sphere Vide. A la mémoire de Georges Voronoi Izvestia Akademil Nauk SSSR. Otdelenie Matematicheskikh i Estestvennykh Nauk*. Moscú: Academia de Cienciasa de la Unión Soviética.

Erba, J. L. (2017). *El catastro territorial en República de Honduras*. UNAH: Departamento de Ciencia y Tecnología de la Información Geografica, DCTIG.

Hernández Sampieri, R., & Fernandez Collado, C. &. (2014). *Metodología de la Investigación (sexta edición)*. Mñexico DF. México: Interamericana Editores.

Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, C. (2006). Los sistemas de Información Geográfica. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 107-116.

Kuzniak, A. (2006). Espace de Travail géométrique personnel: une approche didactique et statistique. *Third International Conference about Implicative Statistical Analysis*, 16-34.

Lasselin, D., & Darteyre, J. (1991). Iniciación a la Teledetección y al procesamiento de imágenes, France, . *Groupement pour le développement de la Télédétection aérospatiale (GDTA)*, France.

Lee, Y., Li, Z., & Li, Y. (2000). Taxonomy of space tessellation. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 139-149.

Licon, M. (Diciembre de 2020). El impacto del Ordenamiento Territorial y Catastral en el Modelo Valuatorio de Honduras. (UPI, Ed.) *Revista Técnico-Científica, Milímetro Vol VI*, 35-51. Obtenido de https://milimetro.upi.edu.hn/wp-content/uploads/2021/03/04_Mabel_Licon_32_46.pdf

Martínez, M. (2004). Los Sistemas Inteligentes de Transporte y sus Efectos en la Movilidad Urbana e Interurbana. *Revista Scripta Nova*, 60.

Mena, C. (2005). Geomática para la ordenación del territorio. *Talca*, 316.

Neri, R. (2003). *Comunicaciones por Satélite*. México: Editorial Thomson.

RAE. (Julio de 01 de 2021). *Diccionario de la Lengua Española*. Obtenido de <https://dle.rae.es>

Ribeiro, A. (27 de julio de 2021). www.iai.csic.es. Obtenido de www.iai.csic.es: <http://www.iai.csic.es/users/gpa/postscript/Pozo-Ruz00a.pdf>

Sánchez Espeso, J., & Pereda García, R. (2014). *Topografía y Geodesia*. Cantabria: Universidad Cantabria.

Schneider, M. (2003). Design and implementation of finite resolution crisp and fuzzy spatial objects. *Data & Knowledge Engineering*, 81-108.

Soergel, U., Schulz, K., Thoennessen, U., & Stilla, U. (2005). Integration of 3D data in SAR mission planning and image interpretation in urban areas. *Information fusion*, 301-310.

Tellez, B., & Servigne, S. (1997). Updating urban databases with aerial photographs: A common structuring methodology. *Computers, Environment and Urban Systems*, 133-145.

UTW. (21 de Julio de 2021). <https://www.utw.es>. Obtenido de <https://www.utw.es>: <https://www.utw.es/topografia-la-usamos/>

Valencia, J. J. (2006). *Aplicaciones Informáticas para el Registro y Catastro: Experiencias Centroamericanas. Primer Seminario Nacional de Catastro y Geomática*. Tegucigalpa: "Información, Propiedad y Desarrollo".

Vásquez, F. M. (2010). Técnicas Cartográficas para la ordenación del territorio y su Desarrollo Urbanístico. Aplicación de Guadalajara-España y tegucigalpa-Honduras. *Revista Geográfica de América Central*, 61-99.

Anexos

11. ANEXO A: Fotografías del día del levantamiento topográfico con RPAS

Ilustración 26: Centrado de Estación Total con puntos de referencia ya establecidos en campo.



NOTA: Fuente propia. Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras. 7 de Noviembre del 2021.

Ilustración 27: Ubicación georreferenciada de punto de control n°5 para ortofotos



NOTA: Cadenero utilizando prisma para la georreferenciación de punto de control n°5 (PC5) durante el levantamiento topográfico con Estación Total. Fuente propia. Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras. 7 de Noviembre del 2021.

Ilustración 28: Colocación de puntos de control no fijos en lugares visibles para el RPA (Drone)



NOTA: Distribución de 7 puntos de control en la superficie del área de estudio para la georreferenciación de ortofotos. Fuente propia. Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras. 7 de Noviembre del 2021

Ilustración 29: Ubicación georreferenciada de punto de control n°3 para ortofotos



NOTA: Cadenero utilizando prisma para la georreferenciación de punto de control n°3 (PC) durante el levantamiento topográfico con Estación Total. Fuente propia. Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras. 7 de Noviembre del 2021.

Ilustración 30: Punto de Inicio del levantamiento con presencia de los instrumentos de vuelo del RPAS.



NOTA: Colocación de RPA en punto de despegue, previo al inicio de misión para el levantamiento fotogramétrico. Fuente propia. Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras. 7 de Noviembre del 2021.

Ilustración 31: Verificación de avance y toma de ortofotos previamente marcadas en el plan de vuelo



NOTA: Control del plan de vuelo georreferenciado del RPA, haciendo uso de la plataforma de DJI y PIX4D CAPTURE. Fuente propia, Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras. 7 de Noviembre del 2021.

Ilustración 32: Equipo e instrumentos utilizados en el levantamiento topográfico

Utilización Estación Total para establecer puntos de control y RPA para la ejecución del plan de vuelo.



NOTA: Personal calificado, RPAS y Estación Total requeridos para el estudio fotogramétrico. Fuente propia, Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras. 24 de Octubre del 2021. ANEXO B: Presupuesto Comparativo e Indicadores de Variables.

12. ANEXO B: Comparativa y análisis de indicadores de variables

Tabla 13: Presupuesto para levantamiento topográfico con Estación Total

Descripción	Cantidad	Tiempo Referencial (días)	Precio Unitario Global
Monumentación de Hitos	3	1	L 300.00
Topógrafo	1	2	L6,000.00
Auxiliar	3	2	L2,100.00

Movilidad	1	2	L1,000.00
Alimentación	4	2	L2,096.00
Seguridad	1	2	L1,380.00
Procesador de Topografía	1	1	L 600.00
Procesador de Planos	1	1	L 600.00
Elaboración de Informes	1	1	L 1,000.00
Impresión	1	1	L 200.00
TOTAL			L15,276.00

Presupuesto para levantamiento topográfico con estación total rentada en área de Tegucigalpa y Comayagüela.

NOTA: Precios unitarios actualizados a Diciembre del 2021. Fuente propia. Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras. 7 de Noviembre del 2021.

Tabla 14: Presupuesto para levantamiento Topográfico con RPAS

Presupuesto para levantamiento topográfico con RPAS rentado en área de Comayagüela.

Descripción	Cantidad	Tiempo Referencial (días)	Precio Unitario Global
Monumentación de Puntos de Control	8	1	L 960.00
Equipo y Operador	1	1	L2,500.00
Auxiliar	1	1	L 350.00
Movilidad	1	1	L 500.00
Alimentación	2	1	L 525.00
Seguridad	1	1	L 690.00
Procesador de datos	1	1	L3,000.00
Procesador de Planos	1	1	L1,000.00
Elaboración de Informes	1	1	L1,300.00
Impresión	1	1	L 200.00
TOTAL			L11,025.00

NOTA: Precios unitarios actualizados a Diciembre del 2021. Fuente propia. Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras.
7 de Noviembre del 2021.

13. ANEXO C: Ficha Técnica de Observación – Día del levantamiento fotogramétrico.

Tabla 15: Evaluación de Ficha Técnica de Operación



FICHA TÉCNICA DE OPERACIÓN



Nº CONTRATO UPI - 2021

NOMBRE PROYECTO Tesis de Fotogrametría

FECHA Domingo; 07 de Noviembre de 2021

UBICACIÓN Col. Las Torres; Tegucigalpa, Honduras

COORDENADAS DE REFERENCIA WGS-84/14°3'36.82"N, 87°13'52.78"W

PROFESIONAL RESPONSABLE Jonathan Amaya, Maynor Muñoz

RPAS Hora Inicio 11:00 a.m. Hora Final 1:00 p.m.

ESTACION TOTAL Hora Inicio 8:00 a.m. Hora Final 4:00 p.m.

COSTO OPERACIONAL

ITEM	UNIDAD	ESTACIÓN TOTAL	RPAS
Personal Calificado	Cantidad	3	2
Equipo Propio/Rentado	Cantidad	R	P
Traslados	Km	16	15
Seguridad	Unidad	N/A	N/A
Procesamiento de datos	Días	1	2
Superficie de Terreno	Km2	0.06	0.06

TIEMPO DE EJECUCIÓN

ITEM	UNIDAD	ESTACIÓN TOTAL	RPAS
Personal Experimentado/Equipo	Hrs	3	2
GSD de RPAS	cm/px	N/A	1.97
Tipo de Superficie	Irregular/Regular	Irregular	Irregular
Error permisible (Especificación)	cm	0.1	4
Cantidad de información	Unidad	615	704

PRECISIÓN GEODÉSICA/ESPACIAL

ITEM	UNIDAD	ESTACIÓN TOTAL	RPAS
Personal con Experiencia	SI/NO	Si	No
Clima	Llu, Nub, Desp.	Despejado	Despejado
Temperatura Ambiental	°C	24	26
Presencia de Frecuencias	SI/NO	NO	NO
Magnéticas/Radiación	SI/NO	Si	Si

NOTA: Ficha elaborada el día del levantamiento fotogramétrico. Fuente propia. Col. Las Torres, Comayagüela; Honduras.

7 de Noviembre del 2021.

14. ANEXO D: Ficha de Validación del Instrumento

Tabla 16: Ficha de Aprobación de Instrumento

La siguiente ficha detalla aspectos evaluados dentro del enfoque y la aplicación del instrumento metodológico.

ITEM	CRITERIOS A EVALUAR										OBSERVACIONES (Si debe eliminarse o modificarse un ítem por favor indique)	
	Claridad en la redacción		Coherencia Interna		Introducción a la Respuesta (Sesgo)		Lenguaje Adecuado con el Nivel del Informante		Mide lo que Pretende			
	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No		
COSTO												
TIEMPO												
PRECISIÓN												
ASPECTOS GENERALES									Si	No	*****	
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para responder el cuestionario												
Los ítems permiten el logro del objetivo de la investigación												
Los ítems están distribuidos en forma lógica y secuencial												
El número de ítems es suficiente para recoger la información. En caso de ser negativa su respuesta, sugiera los ítems a añadir												
VALIDEZ												
APLICABLE							NO APLICABLE					

APLICABLE ATENDIENDO LAS OBSERVACIONES		
Validado por:	Fecha:	
FIRMA	Tel/Cel:	e-mail:
NOTA: Modificado de Formato de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Politécnica de Ingeniería UPI (2021)		

NOTA: Fuente propia, 27 de Noviembre del 2021.