

Estudio comparativo entre métodos de Fotogrametría, con Sistema Aéreo no Tripulado (UAS) con RTK, y Topografía, con Estación total para el análisis métrico y de un terreno ubicado en el Municipio de Guachucal -Nariño, para la planificación de una obra civil

**Fernando Acevedo Vargas, Brayam Osma Vargas, Reinel Rolando Romero Benavides,
William Renteria Machado**

Trabajo investigativo para optar el título de Especialista en Interventoría y Supervisión en la Construcción

Director

Robert Gutiérrez Ortiz

Magister en Dirección y Gestión de Proyectos

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingeniería y Arquitectura

Especialización en Interventoría y Supervisión en la Construcción

2024

Contenido

Introducción	9
1. Estudio comparativo entre métodos de Fotogrametría, con Sistema Aéreo no Tripulado (UAS) con RTK, y Topografía, con Estación total, utilizados en la obtención de productos para el análisis de la superficie de un terreno ubicado en el Municipio de Guachucal -Nariño, para la planificación de una obra civil.....	11
1.1 Planteamiento del problema.....	11
1.2 Justificación	11
1.3 Objetivos.....	13
1.3.1 Objetivo general.....	13
1.3.2 Objetivos específicos	13
2 Marco referencial.....	14
2.1 Marco teórico	14
2.2 Marco conceptual.....	15
2.2.1 Drones – UAS.....	15
2.2.2 Fotogrametría.....	16
2.2.3 Levantamiento topográfico	16
2.2.4 Equipos de Topografía.....	17
2.2.5 Georreferenciación.....	17
2.2.6 Nube de puntos	18
2.2.7 Modelo digital de elevaciones (MDE).....	18
2.2.8 Ortofoto.....	19

2.2.9	Meteorología aeronáutica.....	20
2.2.10	Eficiencia y eficacia.....	21
2.3	Marco legal	21
2.4	Marco metodológico	23
2.4.1	Elección de equipos	23
2.4.2	Procedimiento levantamiento en campo	24
2.4.3	Post proceso fotogrametría en software PIX4D.....	27
2.4.4	Levantamiento topográfico realizado con topografía con estación total	35
2.4.5	Fotointerpretación en Autocad con escalamiento de ortomosaico, nube de puntos y puntos de control método Arq. Robert Gutierrez	36
3	Resultados y comparación levantamientos de terreno con estación total y fotogrametría con dron.	44
3.1	Resultados levantamiento topográfico Estación Total.....	44
3.2	Resultados levantamiento fotogramétrico con dron.	45
3.3	Comparativa de Resultados obtenidos.....	47
4.	Conclusiones.....	49
	Referencias.....	51
	Apéndices.....	52

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Estación total, descripción vértices principales del Predio</i>	44
Tabla 2. <i>Estación total, áreas en planta</i>	45
Tabla 3. <i>Estación total, áreas en Perfil</i>	45
Tabla 4. <i>Fotogrametría, descripción vértices principales del Predio</i>	45
Tabla 5. <i>Fotogrametría, áreas en planta</i>	46
Tabla 6. <i>Fotogrametría, áreas en Perfil</i>	46
Tabla 7. <i>Error relativo de resultados Fotogrametría respecto a levantamiento topográfico</i>	47
Tabla 8. <i>Errores relativos a áreas en planta de levantamiento con Estación total</i>	47
Tabla 9. <i>Errores relativos a áreas en perfil de levantamiento con Estación total</i>	48

Lista de figuras

Figura 1. <i>Ruta de vuelo doble grilla.</i>	25
Figura 2. <i>Levantamiento con RTK paramentos y puntos de control para comparativas.</i>	26
Figura 3. <i>Propiedades de las imágenes capturadas.</i>	28
Figura 4. <i>Puntos de paso automáticos, procesamiento inicial.</i>	29
Figura 5. <i>Nube de puntos, procesamiento con corrección parámetros de cámara.</i>	30
Figura 6. <i>Marcado de puntos de control en fotografía.</i>	31
Figura 7. <i>Consistencia de los puntos marcados en la nube de puntos reoptimizada.</i>	32
Figura 8. <i>Configuración proceso nube de puntos.</i>	33
Figura 9. <i>Malla obtenida de una misión doble grilla.</i>	34
Figura 10. <i>Planta levantamiento topográfico con estación total.</i>	36
Figura 11. <i>Edición de nube de puntos en Recap Pro</i>	37
Figura 12. <i>Nube de puntos de Recap Pro importada en Autocad.</i>	38
Figura 13. <i>Ortomosaico en Autocad escalado y georreferenciado mediante Puntos de Control</i>	39
Figura 14. <i>Fotointerpretación a partir de Ortomosaico.</i>	40
Figura 15. <i>Cague de modelo digital de terreno formato tiff.</i>	41
Figura 16. <i>Curvas de nivel creadas en Civil 3D a partir de modelo digital de elevaciones</i>	42
Figura 17. <i>Perfiles en zonas libre de vegetación para cálculo de áreas de explanaciones</i>	43

Lista de apéndices

Apéndice A. <i>Informe Topográfico</i>	52
Apéndice B. <i>Plano Topografía Estación Total</i>	80
Apéndice C. <i>Planos Levantamiento Fotointerpretación con AutoCAD Método Arq. Robert Gutiérrez</i>	81

Resumen

En el presente documento describe el proceso para obtención de productos que representan la superficie del suelo mediante Métodos de Fotogrametría con Sistema Aéreo no Tripulado, UAS por sus siglas en inglés, Unmanned Aerial System. Donde se evalúa eficacia y eficiencia, respecto a los Métodos de Topografía con Estación Total, utilizados en la obtención de productos para el análisis de la superficie de un terreno, tales como: nube de puntos, curvas de nivel, ubicación de paramentos, ubicación de puntos de redes de servicios públicos, ubicación de construcciones existentes, ubicación de vías de acceso, y áreas de corte y relleno, todos ellos utilizados para la planificación de una obra civil durante la etapa de estudios y diseños.

El terreno está ubicado en el Municipio de Guachucal, Departamento de Nariño, el cual se encuentra delimitado por construcciones aledañas existentes, cerramientos, y vías de acceso. De igual manera el terreno en gran parte no presenta vegetación alta, lo cual permite tener una mayor precisión con los Métodos de Fotogrametría con UAS y a su vez efectuar un mejor análisis comparativo con los Métodos de Topografía con Estación Total.

Los resultados permiten evidenciar los niveles de precisión, las diferencias entre los puntos coordenados, siendo esta no significativa, el tiempo en campo requerido y la cantidad de información obtenida y finalmente la efectividad de los Métodos en relación con los resultados esperados.

Palabras clave: Fotogrametría, UAS, RTK, Topografía.

Abstract

This document describes the process for obtaining products that represent the ground surface using Photogrammetry Methods with Unmanned Aerial Systems (UAS). It evaluates the effectiveness and efficiency compared to Total Station Survey Methods used to obtain products for terrain surface analysis, such as: point clouds, contour lines, location of walls, location of public service network points, location of existing buildings, location of access roads, and cut and fill areas, all of which are used for the planning of a civil work during the study and design stages.

The land is located in the Municipality of Guachucal, Department of Nariño, which is delimited by existing surrounding buildings, enclosures, and access roads. Likewise, the terrain largely does not have high vegetation, which allows for greater precision with UAS Photogrammetry Methods and at the same time perform a better comparative analysis with Total Station Topography Methods.

The results allow to demonstrate the levels of precision, the differences between the coordinate points, this being non-significant, the time in the field required and the amount of information obtained and finally the effectiveness of the Methods in relation to the expected results.

Keywords: Photogrammetry, UAS, RTK, Topography.

Introducción

Los Sistemas Aéreos No tripulados o UAS, por sus siglas en inglés y comúnmente llamados Drones; actualmente su uso se encuentra ampliamente desarrollado en los diferentes sectores de la economía y la sociedad, debido a que en comparación con otros medios tecnológicos representan una mayor economía, resultados con precisión y efectividad adecuadas para aplicaciones de la industria de la construcción. Otros usos actuales de los UAS son Tratamiento agrícolas, Investigación y reconocimiento instrumental, Publicidad aérea, la Investigación y desarrollo, Emergencia y salvamento, Observación y vigilancia, Fotografía, filmación y levantamientos.

En la agricultura, los drones se utilizan para la inspección de cultivos y la fumigación precisa, lo que permite a los agricultores monitorear sus campos con gran detalle y aplicar tratamientos solo donde es necesario, reduciendo el desperdicio y aumentando la producción. En el sector de la seguridad, los drones ofrecen una forma rápida y segura de supervisar áreas grandes, proporcionando imágenes en tiempo real que son cruciales para la vigilancia y la respuesta rápida a incidentes. En el ámbito de la logística y el transporte, los drones están empezando a ser utilizados para la entrega de paquetes, de manera rápidas y eficientes. Es así que la versatilidad y la capacidad de adaptación de los drones los convierten en una herramienta valiosa para el progreso y la innovación en diversas industrias.

En el campo de la Ingeniería Civil y Arquitectura, el uso más visible es el que se encuentra enmarcado en la fotografía y levantamiento de superficies mediante la Fotogrametría, la cual permite la obtención de modelos de superficies, ortofotos y curvas de nivel a partir del procesamiento de fotografías tomadas por los Drones, usando programas como Pix4Dmapper para la fotointerpretación o conversión de las fotografías a nubes de puntos. Finalmente,

programas de mapeo, análisis y gestión de datos geográficos, como ArcGIS, se obtiene resultados que compiten con productos topográficos.

En el presente trabajo de grado se lleva a cabo la comparación entre dos Métodos de obtención de nube de puntos con el método tradicional de Estación Total y el empleando la Fotogrametría. Es así que en desarrollo del objeto se toma como material de estudio un terreno ubicado en el Municipio de Guachucal, Departamento de Nariño, levantado previamente con Estación total con placas georreferenciadas y tomado un registro con un equipo Dron EVO II RTK.

Inicialmente se presenta el desarrollo del proceso de obtención de productos mediante fotogrametría, una breve descripción de la topografía del terreno georreferenciada, a la vez que se presentan sus resultados y productos, seguidamente se efectúa el análisis comparativo de los métodos en mención, y finalmente se presentan las conclusiones.

1. Estudio comparativo entre métodos de Fotogrametría, con Sistema Aéreo no Tripulado (UAS) con RTK, y Topografía, con Estación total, utilizados en la obtención de productos para el análisis de la superficie de un terreno ubicado en el Municipio de Guachucal - Nariño, para la planificación de una obra civil.

1.1 Planteamiento del problema

Actualmente se ha desarrollado ampliamente el uso de Drones (UAS) en los sectores de la cartografía y la construcción, donde representan diferentes ventajas a nivel de costos, precisión, versatilidad, optimización, siendo un método alternativo al tradicionalmente utilizado, por lo cual es necesario efectuar un análisis comparativo entre el uso de drones y estaciones totales en levantamientos topográficos, aquí es importante considerar varios aspectos clave como la precisión, el tiempo, la eficiencia, efectividad, los costos y funcionalidades.

1.2 Justificación

La tecnología dron se ha estado empleando en sectores de la cartografía y construcción, sin embargo, en la actualidad hay poca información técnica sobre las precisiones logradas para medir la superficie del terreno con estas tecnologías, es así que, los procedimientos, resultados, y comparaciones contenidos en el presente estudio, pretenden generar fundamentos técnicos que servirán de base para profundizar en el conocimiento y servir como guía técnica de implementación de la fotogrametría con el fin de obtener resultados de calidad para su aplicación en planificación de obras civiles.

El campo de aplicación esperado de los presentes estudios abarca la planificación de proyectos donde permita dar confianza en levantamientos realizados con dron, en áreas de poca vegetación o de altura despreciable, áreas hasta 14000 m² (1.4 ha), uso de puntos de control en tierra y con el empleo de drones con características equivalentes al de un AUTELEVO 2 RTK V3 (empleado en el estudio). También la gestión predial es de gran importancia al momento de formular un proyecto y productos como ortofotos georreferenciadas, permiten en conjunto con información catastral del IGAC, identificar linderos y su proyección actual en el terreno.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general*

Comparar productos de topografía con Estación total y de fotogrametría con equipo dron, empleados para formular una obra civil en un predio de 14000 m² ubicado en el Municipio de Guachucal del departamento de Nariño.

1.3.2 *Objetivos específicos*

Identificar metodología de levantamiento con dron que permita obtener resultados idóneos para la planificación de una obra civil en un predio de 14000 metros cuadrados.

Evaluar la precisión de la nube de puntos obtenida con fotogrametría, respecto a la nube de puntos resultado de un levantamiento de precisión con estación total.

Analizar resultados de perfiles de terreno obtenidos mediante los modelos digitales de elevaciones del levantamiento con dron y superficies a partir de nube de puntos de la topografía de precisión.

Efectuar una comparación de los resultados de otros productos obtenidos a partir de los levantamientos topográficos con dron y con estación total, tales como planimetrías, ubicación de paramentos, ubicación de puntos de redes eléctricas e hidrosanitarias, localización de vías y linderos.

Comparar metodologías de levantamientos de superficie, en campo, postproceso, costos y prestaciones.

2 Marco referencial

2.1 Marco teórico

La fotogrametría se define como la ciencia que usa fotografías de un terreno, ya sea tomadas desde tierra o desde aire, para conseguir un plano fotográfico, clasificándose de esta manera en fotogrametría terrestre y aérea, respectivamente (Santamaria, y Sanz, 2011, p. 11).

La fotogrametría aérea puede ser llevada a cabo mediante aviones o drones equipados con cámaras especiales y GPS, a partir de las cuales se obtienen vistas aéreas del terreno, conocidas como fotogramas, que contienen, además de la información gráfica, información relacionada con la distancia focal, la altura de vuelo, hora de toma de la fotografía, número de orden, entre otros datos. Datos que a su vez permitirán determinar y definir de manera precisa, la forma y posición de un objeto dado.

Actualmente, el uso de drones en el desarrollo de fotogrametría se encuentra en auge debido, a las ventajas que representa con respecto a los métodos tradicionales como lo son las estaciones totales, entre las ventajas que se pueden identificar son: la facilidad de manejo, la versatilidad, el costo, el tiempo requerido, la eficiencia y eficacia, entre otras.

Los drones o UAS, en el campo de la fotogrametría han permitido su evolución, debido a que ha permitido la creación de modelos 3D de alta precisión a partir de imágenes aéreas. De manera general, su funcionamiento consiste en la captura de fotografías superpuestas, estas se procesan utilizando softwares especializados, convirtiendo las imágenes en modelos tridimensionales y mapas detallados, finalmente se añaden datos de ubicación GPS, lo que se conoce como georreferenciación.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Drones – UAS

Los drones o UAS, por sus siglas en inglés - Unmanned aerial system - se definen como Sistemas aéreos no tripulados y consisten en un conjunto de tecnologías y vehículos aéreos no tripulados que son operados de manera remota o pueden funcionar de manera autónoma. Los UAS presentan una gran variedad de aplicaciones en diferentes sectores, como son el ámbito militar y el ámbito civil. En el primer caso se emplean para misiones de reconocimiento, en el segundo caso se encuentran aplicaciones en la vigilancia, la fotografía aérea, la entrega de paquetes y la monitorización de cultivos.

Entre las aplicaciones de la fotogrametría con UAS se puede encontrar las siguientes:

-*Topografía*: Creación de modelos digitales del terreno (MDT) y modelos digitales de superficie (MDS).

- *Agricultura*: Monitoreo de cultivos, cálculo de masa arbórea y control de plagas.

- *Construcción*: Seguimiento de obras, cálculo de volúmenes de tierra y creación de modelos 3D de edificaciones.

- *Minería*: Explotación de canteras y levantamiento de existencias.

- *Gestión de Desastres*: Modelado de áreas afectadas por desastres naturales para evaluación y planificación de la recuperación.

Los sistemas aéreos no tripulados (UAS), están revolucionando numerosos campos gracias a su eficiencia y versatilidad. La rapidez con la que pueden recopilar datos es fundamental en situaciones que requieren una respuesta inmediata, como en la gestión de desastres naturales o en

la inspección de infraestructuras críticas. Además, la reducción de costos asociada a su uso permite a las organizaciones optimizar recursos, lo que es especialmente beneficioso en proyectos de investigación y monitoreo ambiental. Por último, su capacidad para operar en entornos peligrosos o inaccesibles protege la seguridad del personal y amplía las posibilidades de exploración y mapeo en áreas que anteriormente eran demasiado riesgosas o costosas para estudiar. En conjunto, los UAS están estableciendo nuevos estándares en la recopilación y análisis de datos, ofreciendo perspectivas sin precedentes en una variedad de aplicaciones.

2.2.2 Fotogrametría

La fotogrametría se define como la ciencia por medio de la cual se realizan mediciones e interpretaciones confiables a partir de las fotografías, para de esta manera obtener características métricas y geométricas del objeto fotografiado. (Pacheco, Pozzobon, 2011, p.10). Características como la forma, dimensión y posición de un objeto, la superficie o escenario en el espacio. A partir de las fotografías se crea una nube de puntos 3D georreferenciada y hace posible la creación de MDT (Modelos digitales del Terreno) y MDS (Modelos digitales de Superficie).

La Fotointerpretación consiste en el examen de las imágenes fotográficas con el objetivo de identificar objetos y determinar su significado, es así que, la fotointerpretación representa solamente una etapa dentro de todo el proceso de preparación de mapas temáticos.

2.2.3 Levantamiento topográfico

Un levantamiento topográfico es el conjunto de operaciones necesarias para la obtención de datos para poder realizar, con posterioridad, un plano que refleje el mayor detalle y exactitud

posible del terreno. Para ello, hay que establecer cuáles son las posiciones relativas de varios puntos tanto en el plano horizontal, es decir, lo que se conoce como planimetría, por un lado y por otro determinar la altura entre varios puntos tomando como referencia el plano horizontal, la nivelación directa.

2.2.4 Equipos de Topografía

El equipo topográfico consiste principalmente de una estación total la cual es un instrumento de gran precisión angular y de distancia, lo que resulta en precisión de coordenadas, lo anterior debió a que una estación total consiste de un teodolito que cuenta con un distanciómetro integrado, capaz de medir ángulos y distancias de forma simultánea, y que adicionalmente cuentan con otros elementos como una pantalla alfanumérica de cristal líquido (LCD), leds de avisos, iluminación independiente de la luz solar, una calculadora y un trackeador (seguidor de trayectoria).

Otro instrumento utilizado, principalmente en levantamientos de gran envergadura, son los GNSS, o sistemas globales de navegación por satélite, que, mediante navegación cinética satelital en tiempo real, o RTK, permiten generar coordenadas en tiempo real y con precisiones de ± 8 mm, en el sentido horizontal y de $\pm 0,15$ mm, en el sentido vertical.

2.2.5 Georreferenciación

La georreferenciación es el uso de coordenadas de mapa para asignar una ubicación espacial a entidades cartográficas, en otras palabras, un objeto dado se encuentra georreferenciado cuando es posible conocer sus coordenadas geográficas, latitud, longitud y altitud. Todos los

elementos de una capa de mapa tienen una ubicación geográfica y una extensión específicas que permiten situarlos en la superficie de la Tierra o cerca de ella. La capacidad de localizar de manera precisa las entidades geográficas es fundamental tanto en la representación cartográfica como en los sistemas de información geográfica o SIG.

2.2.6 *Nube de puntos*

Una nube de puntos es un conjunto de puntos georreferenciados que se pueden obtener mediante mapeo con drones y procesamiento de imágenes o por medio de un levantamiento topográfico con estación total. A través de él es posible levantar diversa información como profundidad, elevación, geometría y ubicación, que a su vez permiten representar la superficie de un terreno, identificar la forma de objetos dados, determinar el volumen de una masa de tierra, entre otras aplicaciones.

2.2.7 *Modelo digital de elevaciones (MDE)*

Los modelos digitales de elevación (MDE) son herramientas esenciales en la geografía y la planificación del uso del suelo, ya que proporcionan información detallada sobre la topografía de una región, básicamente es una representación visual y matemática de la altura con respecto al nivel medio del mar, que permite caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo. Estos valores están contenidos en un archivo de tipo raster con estructura regular, generados mediante softwares especializados. (INEGI, 2023)

Los MDE Son ampliamente utilizados en diversas aplicaciones, desde la gestión de recursos hídricos y la prevención de desastres naturales, hasta el diseño de infraestructuras y la

agricultura de precisión. La precisión de un DEM es fundamental para la fiabilidad de los estudios y proyectos que dependen de él.

Los MDE presentan dos propiedades primordiales: la exactitud y la resolución horizontal o grado de detalle digital de representación en formato digital; estas varían en función del método que se emplea para generarlos y para el caso de los que son generados con tecnología LIDAR se obtienen modelos de alta resolución y gran exactitud (valores submétricos). (INEGI, 2023)

2.2.8 Ortofoto

Una ortofoto es una presentación fotográfica de una zona en la superficie terrestre, donde todos los elementos presentan la misma escala, libre de errores y deformaciones, con la misma validez de un plano cartográfico. Se elabora a partir de una o más fotografías aéreas, que son rectificadas para corregir las distorsiones debidas al movimiento e inclinación de la cámara aérea, el desplazamiento por el relieve, la altura de vuelo y el trayecto del avión.

2.2.8.1 GSD

Un GSD o la distancia de muestreo del suelo, es la distancia entre el centro de dos píxeles consecutivos medidos en el suelo, medida de la calidad de una foto.

2.2.8.2 Aplicaciones visualización y el análisis de datos geográficos.

Hace referencia a aplicaciones que permiten el almacenamiento y gestión datos, producción de mapas y creación de visualizaciones de datos 2D y 3D, realización de análisis espacial raster y vectorial, análisis geoestadístico, análisis 3D, análisis de imágenes de satélite,

automatización de tareas, captura de datos en campo, desarrollo de aplicaciones de escritorio, creación de servicios web o creación aplicaciones web.

En el presente caso de estudio se pueden enumerar dos aplicaciones para el análisis y visualización de datos geográficos. ArGIS y QGIS.

ArcGIS es una herramienta que ha transformado la manera en que las organizaciones manejan y analizan datos geográficos debido a su capacidad para integrar y visualizar información geoespacial de manera eficiente, además, de su accesibilidad a través de múltiples plataformas asegura que los usuarios puedan acceder a datos valiosos en tiempo real, lo que facilita la colaboración y el intercambio de información crítica entre equipos y sectores diversos. ArGIS corresponde a una serie de programas de software y herramientas entre ellos, una infraestructura on-line basada en la nube, herramientas profesionales, recursos configurables como plantillas de aplicación, mapas base listos para utilizar y contenido propio compartido por la comunidad de usuarios, que le permiten realizar trabajo SIG profesional. (ArcGIS, 2024).

QGIS o Quantum Gis, es un software que permite construir un sistema de información geográfico a partir de un conjunto de aplicaciones a partir de las cuales se recolectan y crean datos, mapas, modelos, aplicaciones y consultan datos geoespaciales. Es un software de código libre para GNU/Linux, Unix, Mac OS y Microsoft. Permite manejar formatos raster y vectoriales, así como bases de datos. (Universidad Veracruzana, 2013).

2.2.9 Meteorología aeronáutica

La meteorología aeronáutica es vital para la aviación. Proporciona pronósticos precisos y alertas tempranas que son cruciales para la planificación de rutas y la toma de decisiones durante

los vuelos. Al analizar datos de múltiples fuentes, los meteorólogos aeronáuticos pueden predecir fenómenos como turbulencias, tormentas eléctricas y cambios bruscos en las condiciones del viento, asegurando así la seguridad y eficiencia de las operaciones aéreas. Su trabajo es un pilar fundamental en la gestión del tráfico aéreo y en la minimización de retrasos debido al clima.

2.2.10 Eficiencia y eficacia

La eficacia y la eficiencia son conceptos fundamentales en la gestión de proyectos y operaciones. Mientras que la eficacia se centra en alcanzar los objetivos, la eficiencia hace hincapié en cómo se alcanzan esos objetivos, optimizando el uso de recursos como tiempo, dinero y esfuerzo. Ambos son cruciales para el éxito de cualquier empresa o proyecto, ya que permiten no solo lograr las metas establecidas, sino también maximizar la rentabilidad y sostenibilidad a largo plazo.

2.3 Marco legal

Actualmente la normativa que rige el vuelo de drones en Colombia es el RAC, o Reglamentos Aeronáuticos de Colombia, que contiene las Reglas generales de vuelo y de operación, así como las definiciones y abreviaturas aplicadas al uso de la Aviación no tripulada.

Acorde a la resolución 04201 del 27 de diciembre 2018, se adopta la norma RAC 91 por la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, que contiene las disposiciones generales sobre operación de UAS y numerada como “Apéndice 13 Operación de Sistemas de Aeronaves

No Tripuladas – UAS), en cumplimiento del convenio de Aviación Civil Internacional de Chicago de 1944, según Ley 12 de 1947.

Este Apéndice establece que las reglas rigen para UAS con peso máximo al despegue mayor a 250 gr, usado en actividades civiles, para cualquier propósito de uso, dentro del espacio aéreo en jurisdicción colombiana y se aplica a toda persona natural o jurídica que explote y/u opere UAS o certifique capacitación en UAS.

La RAC 91 clasifica las operaciones con UAS acorde al riesgo operacional así:

- Clase A(abierta)
- Clase B(regulada)
- Clase C(certificada – RPAS)

Para las cuales, según sea el caso, el Apéndice establece el ámbito de aplicación, limitaciones de operación, condiciones de operaciones, inscripción del propietario, explotador u operador, condiciones técnicas. Requisitos de operación, obligaciones, requisitos de mantenimiento, autorizaciones de vuelo. (Ministerio de Transporte, 2018).

Actualmente acorde a la resolución 01983 del 27 de septiembre 2023, se adopta la RAC 100, por el cual se modifica una sección y se deroga el Apéndice 13 de la norma RAC 91 de dichos reglamentas. Esta incorporación tiene como fin estimular la interacción comercial del país, profesionalizar la aviación no tripulada e incrementa la seguridad permitiendo el acceso y uso seguro del espacio aéreo, de igual forma establece prohibiciones, sanciones económicas y zonificación de espacio aéreo. (Ministerio de Transporte, 2023).

Otras legislaciones aplicables a la aviación no tripuladas son:

- Decreto 410 de 1971 por el cual se expide el Código de Comercio

- Ley 1801 de 2016 por el cual se expide el Código Nacional de seguridad y Convivencia Ciudadana
- Ley 356 de 1994 por el cual se expide el Estatuto de Seguridad y Vigilancia y Seguridad Privada
- Ley 1523 de 2012 por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.

2.4 Marco metodológico

2.4.1 Elección de equipos

Un paso importante antes de empezar trabajos de medición de superficies de terreno es importante identificar los equipos empleados en los diferentes métodos. La Topografía tradicional, comúnmente realizada con equipos de precisión como la estación total con la cual se alcanzan precisiones milimétricas del rango de 1 a 3 milímetros, por otra parte, la fotogrametría con drones en el mejor de los casos se puede alcanzar precisión centimétrica. En ambas metodologías hay dispositivos de distintas gamas que pueden repercutir en la precisión de los puntos levantados, siendo más notorio en los drones teniendo en cuenta que la fotogrametría se puede realizar casi con cualquier dron con cámara y GPS, en contraste con las estaciones totales son equipos diseñados para el fin de la topografía y su precisión no varía más de unos pocos milímetros, por lo tanto, para realizar una comparación proporcionada se debe limitar a fotogrametría con drones con características de cámara de 20 megapíxeles, gimbal, GPS multi constelación y compatible con aplicaciones especializadas para mapeo. En el presente estudio se empleó un dron de con una

cámara de 20 megapíxeles, un sensor de 1” y con GNSS RTK integrado el cual en conjunto con una estación Base permite obtener ubicación de las fotos con precisiones de hasta 1.5 centímetros.

Una vez realizado el levantamiento como tal, para la obtención de productos para la representación de la superficie se requiere de un ordenador para ambos métodos, únicamente diferenciados en las características adicionales requeridas para realizar fotogrametría como un procesador capaz, memoria RAM suficiente y una graficadora independiente, que permitan procesar los levantamientos dependiendo de su área, entendiéndose que a mayor área se requieren mejores características del ordenador empleado para postproceso. Ahora bien, para el levantamiento y modelación en calidad media se empleó un ordenador de con un procesador Ryzen 5 (Equivalente Core i5), 32 GB de memoria RAM y una graficadora dedicada de 4 GB.

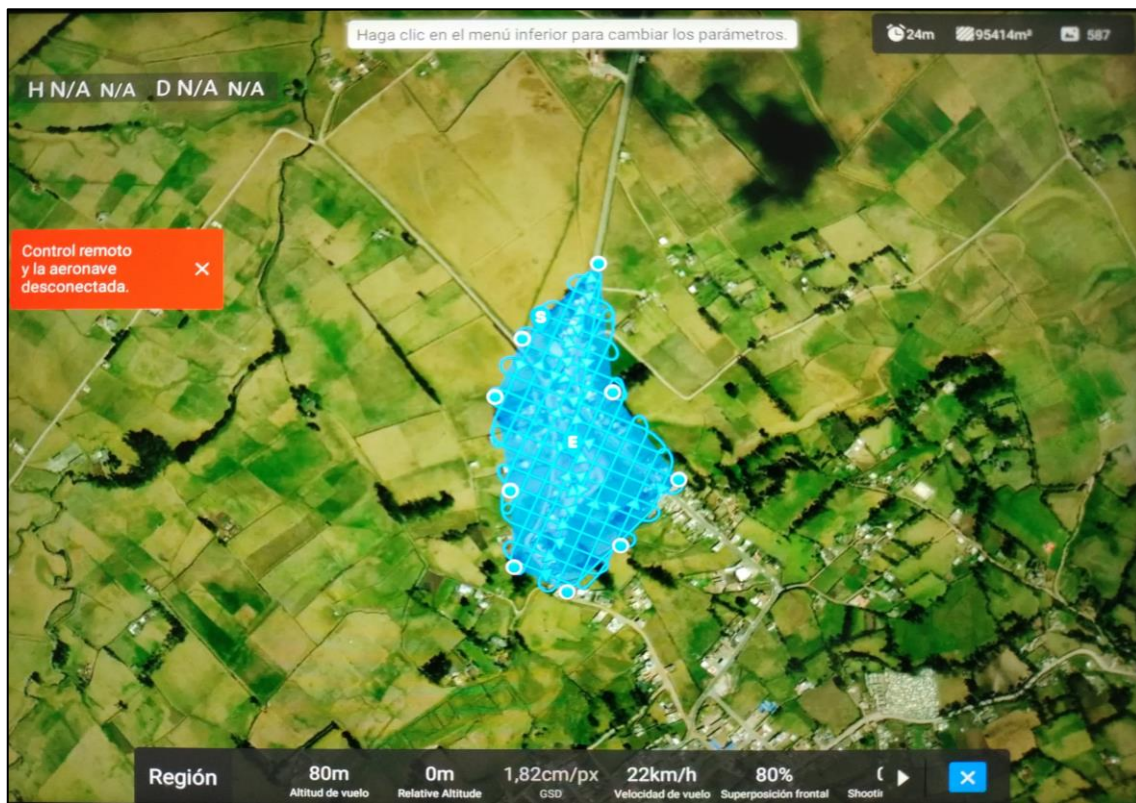
2.4.2 Procedimiento levantamiento en campo

El terreno de muestreo seleccionado contaba con 2 placas georreferenciadas amarradas en el sistema Magna sirgas zona oeste y con un levantamiento de precisión con estación total, lo cual permitía tener estudios base para la comparación de los productos del levantamiento del terreno a emplear en una obra civil. Es importante planificar con anterioridad la zona de vuelo evaluar las condiciones meteorológicas, riesgos y medidas de mitigación, área de muestreo y tiempos de vuelo, restricciones y leyes locales respecto al vuelo de drones, de manera que se pueda proveer posibles situaciones durante el vuelo y estar preparado para estas.

En el terreno es necesario la inspección de la zona de vuelo y así corroborar la planificación realizada y determinar alturas de vuelos, áreas de vuelo, posiciones de despegue y aterrizaje con las que se ejecutará la misión. En el predio analizado se identificó árboles de alturas cercanas a los

60 metros, con lo cual por la seguridad del dron se optó por una altura de vuelo de 80 metros. Se realiza una misión de ruta doble grilla, con un ángulo de echada del cardan de 60° , un tiempo ejecutado de 24 minutos, una extensión de 95414 m² y un total de 587 fotografías con superposición frontal del 80% y lateral del 70%.

Figura 1. Ruta de vuelo doble grilla.



Nota. En la figura se puede identificar las características principales de la misión. Tomado de control de Autel evo 2 pro RTK.2024

Es importante mencionar que se empleó una base GNSS posicionada en una de las placas georreferenciadas lo cual permitía que el dron conectado a esta tenga correcciones de posicionamientos de hasta 1.5 centímetros horizontal y 2.5 centímetros vertical. Igualmente,

mediante un sistema GNSS RTK se ubicaron dianas para el post proceso, con precisiones de 1 centímetro en horizontal y 1,5 centímetros en vertical, se tomaron 7 puntos de control para la georreferenciación del modelo y corroborar el correcto geoposicionamiento de la superficie.

Figura 2. levantamiento con RTK paramentos y puntos de control para comparativas.



Nota. Se observa en la imagen el equipo RTK con precisiones de hasta 1 centímetro en horizontal y 1.5 en vertical, empleado para obtener mediciones de puntos de control y medidas de referencia para ambos levantamientos. Fuente propia.

Se analizó que durante la misión no hubo interrupciones en el vuelo o cambios bruscos en las condiciones de iluminación que pudieran afectar la calidad de las fotografías, y se determinó que la misión fue exitosa y se guardó el registro.

2.4.3 Post proceso fotogrametría en software PIX4D

El registro tomado con el dron se cargó en el software PIX4D identificando si hay fotos defectuosas para retirar antes del procesamiento, una vez verificadas las fotos se carga las fotos junto con la información de coordenadas corregidas información etiquetas EFIF en el software, siguiente se selecciona el modelo de cámara recomendado, el sistema de coordenadas Magna Sirgas zona oeste o EPSG:3115, el geoide EGM 96 y el tipo de proceso seleccionado Estándar mapas.

Figura 3. *Propiedades de las imágenes capturadas.*

Propiedades de Imagen

Geolocalización de Imágenes

Sistema de Coordenadas

✓ Datum: Marco Geocentrico Nacional de Referencia; Sistema de Coordenadas: MAGNA-SIRGAS / Colo Edita...

Geolocalización y Orientación

✓ Imágenes Geolocalizadas: 587 de 587 Limpiar De EXIF De Fichero... A fichero...

Precisión de geolocalización: Estándar Baja Personalizado

Modelo de Cámara Seleccionado

✓ XL705_10.6_5472x3648 (HN7823331110/G2S823381350) (RGB) Edita...

X [m]	Y [m]	Z [m]	Precisión Horz [m]	Precisión Vert [m]	Omega [grado]
0.966	-77.731	3107.456	0.009	0.026	-27.89375
0.966	-77.731	3107.496	0.009	0.025	22.76328
0.966	-77.731	3107.948	0.009	0.025	27.98105
0.966	-77.731	3107.980	0.009	0.025	27.96941
0.967	-77.731	3108.024	0.009	0.025	27.95984

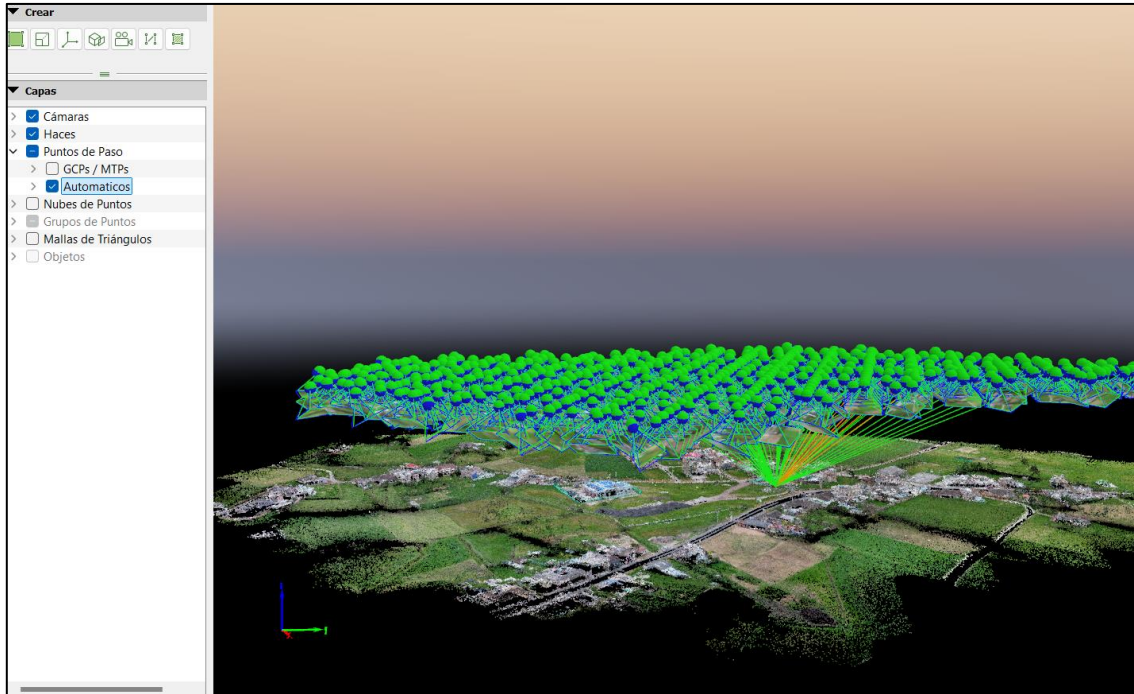
Ayuda < Atrás Siguiente > Cancelar

Nota. En la figura se indica precisiones de las fotos tomadas con el dron con módulo RTK.

Tomado de software PIX4Denterprise.2014

Se inicia el por primera vez procesamiento inicial para obtener el emparejamiento, la orientación y puntos de pasos iniciales, es de importante anotar que en este proceso se seleccionó los parámetros de escala de imagen de puntos clave completa y en opciones avanzadas en la estrategia de emparejamiento geoméricamente verificado.

Figura 4. *Puntos de paso automáticos, procesamiento inicial.*

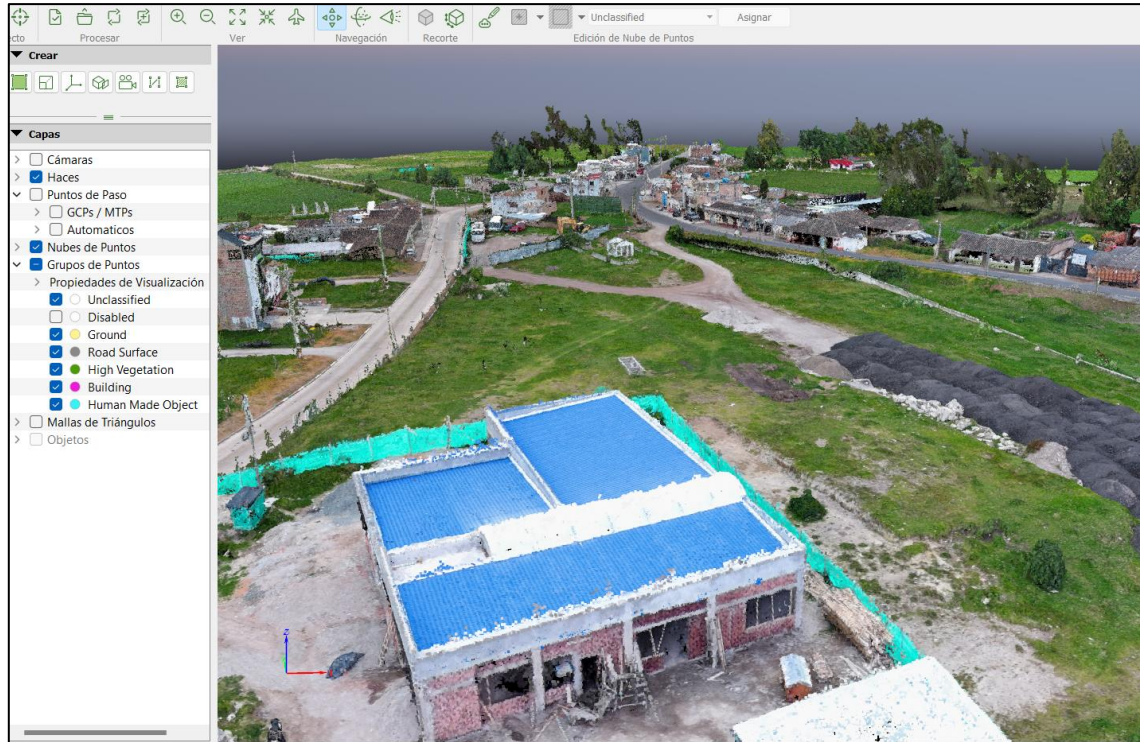


Nota. En el procesamiento inicial se orienta y genera una nube de puntos de paso.

Tomado de software PIX4Denterprise.2024

Siiguiente al proceso inicial se genera el informe inicial identificando una variación en los parámetros internos de la cámara superiores al 5%, esto puede deberse a temperatura bajas en el municipio del proyecto que afectan las dimensiones del sensor, con el objetivo de obtener mejores resultados se carga los parámetros corregidos en la elección del modelo de cámara y se ejecuta nuevamente el proceso 1 y se incluye el proceso 2 con escala de imagen $\frac{1}{2}$ para un proceso de calidad pero más rápido que en tamaño original. El nuevo reporte del proceso inicial nos indica una variación en los parámetros internos de la cámara del 0.17%.

Figura 5. Nube de puntos, procesamiento con corrección parámetros de cámara.



Nota. En el procesamiento de nube puntos se obtienen muchos puntos que permiten visualizar la forma de la superficie y construcciones existentes. Tomado de software PIX4Denterprise.2024.

Una vez obtenido un proceso corregido se procede a georreferenciar el modelo con puntos de control tomados en campo, En este estudio se emplean 4 puntos de control en tierra los cuales se marcan en las fotografías con un promedio de fotos 11 puntos en las 3 dianas y 17 fotos se marcaron en la diana que se capturó con mejor calidad y se lograba identificar desde distintos ángulos.

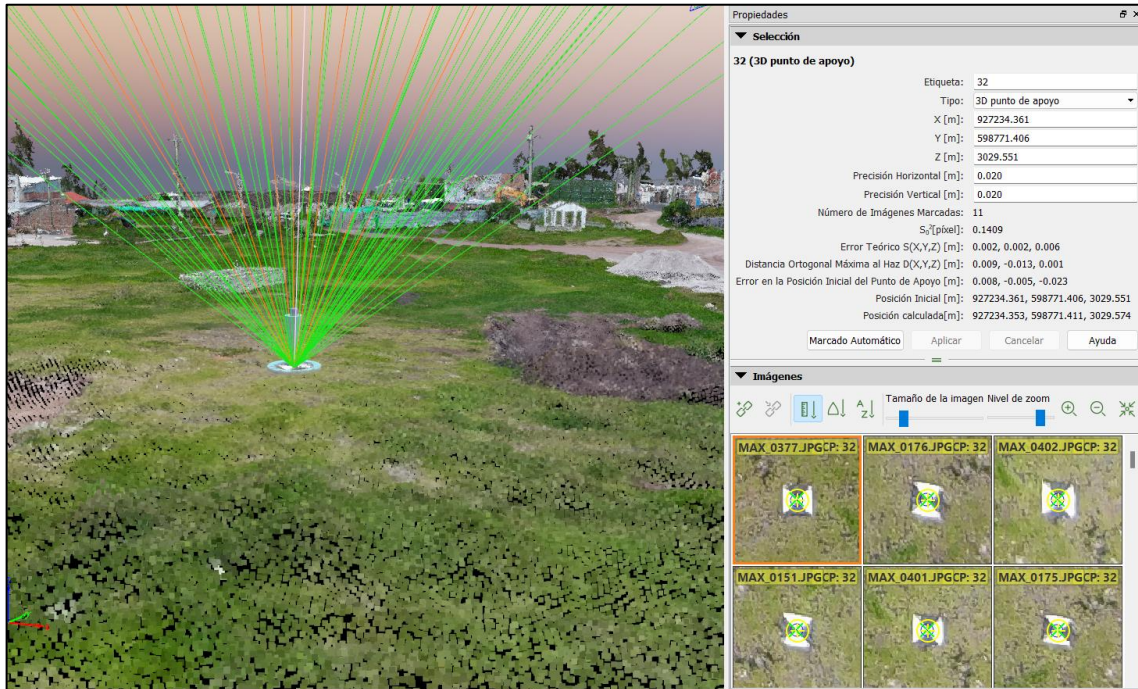
Figura 6. *Marcado de puntos de control en fotografía.*



Nota. Marcado de 4 puntos de control, identificando 3 en el perímetro y 1 en el centro del área de interés. Tomado de software PIX4Denterprise.2024

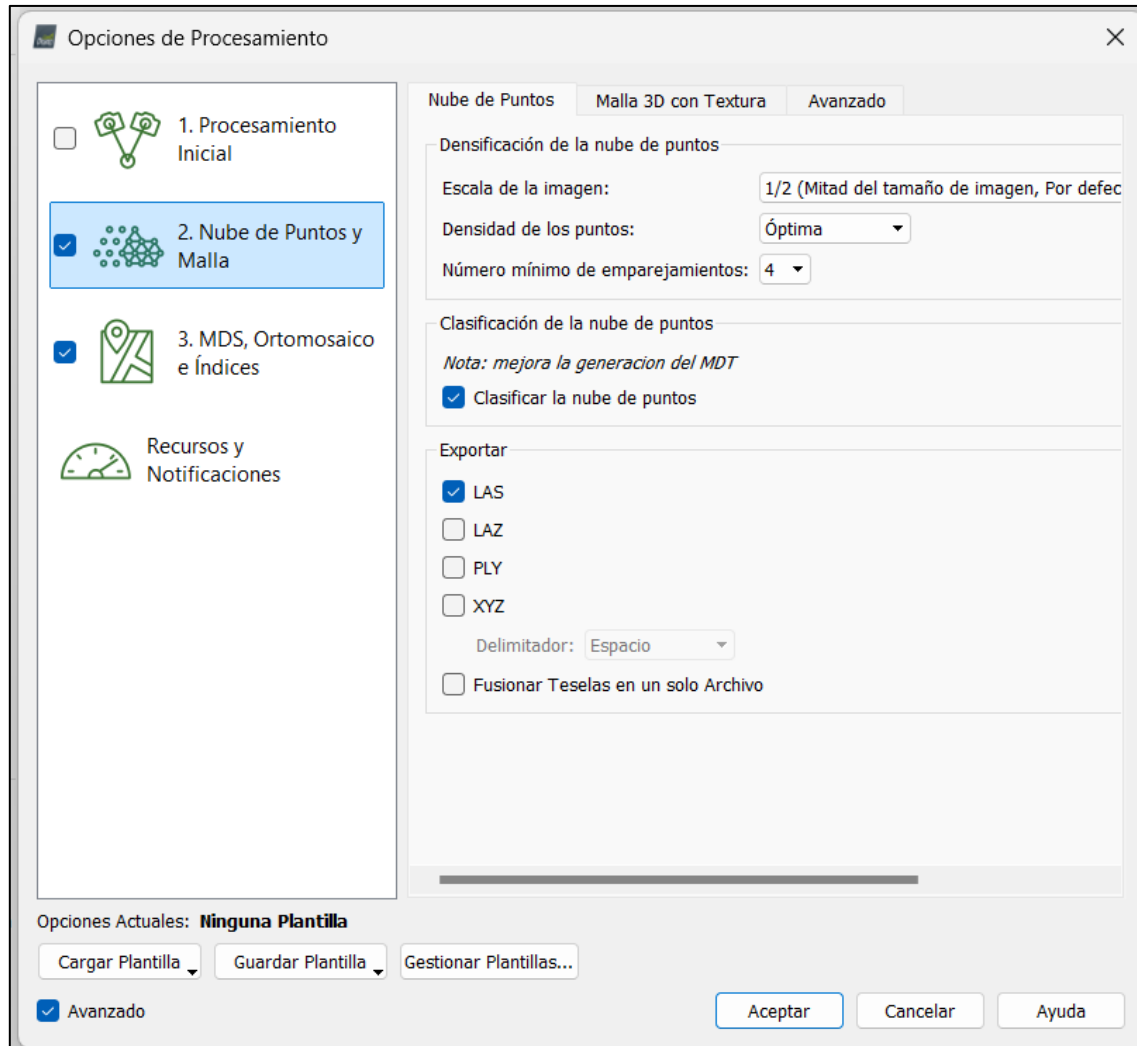
Una vez realizada la marcación de los puntos de control, y luego de un proceso de Re optimización, se puede apreciar que los marcadores se ajustaron a la nube de puntos y se encuentra listo para ejecutar nuevamente los procesos 1, 2 e incluir el proceso 3 para obtener también un ortomosaico.

Figura 7. Consistencia de los puntos marcados en la nube de puntos reoptimizada.



Nota. En el amarre de los puntos de control en tierra se puede identificar errores de 0.8 centímetros en proyecciones en planta y un error de 2.3 centímetros en la elevación. Tomado de software PIX4Denterprise.2024

Para el procedimiento final para obtener nube de puntos, se recomienda considerar las características del equipo para evitar periodos de procesamiento extensos por la gran cantidad de fotografías para procesar, en el proceso de la nube de puntos en su segundo proceso se escogió una estala de $\frac{1}{2}$ y un número mínimo de emparejamientos de 4, con el fin de que el proceso no sea muy lento y la precisión de los puntos obtenidos sea de mejor consistencia. También es importante en la configuración del proceso seleccionar la casilla de clasificación de nube de puntos y escoger los formatos de exportación que vayamos a emplear.

Figura 8. Configuración proceso nube de puntos.

Tomado de software PIX4Denterprise.2024

En el proceso 2 del software también se logra obtener una malla o modelo tridimensional, de igual manera podemos elegir la calidad del modelo y los formatos de exportación, este producto adicional es muy diferente a modelos de superficie obtenidos mediante triangulación de puntos levantados con estación total, debido su mejor grado de detalle, colores y texturas realistas. En las configuraciones de procesamiento se empleó una resolución media, para obtener una malla

representativa de la superficie, pero se recomienda que cuando el objeto de la fotogrametría sea obtener una malla a detalle, se requieren misiones de vuelos oblicuas o combinación con misiones circulares, vuelos de alturas menores a los 80 metros como el realizado en este estudio y, junto con un procesamiento configurado para modelado 3d, se obtengan mallas con mejor detalle.

Figura 9. Malla obtenida de una misión doble grilla.



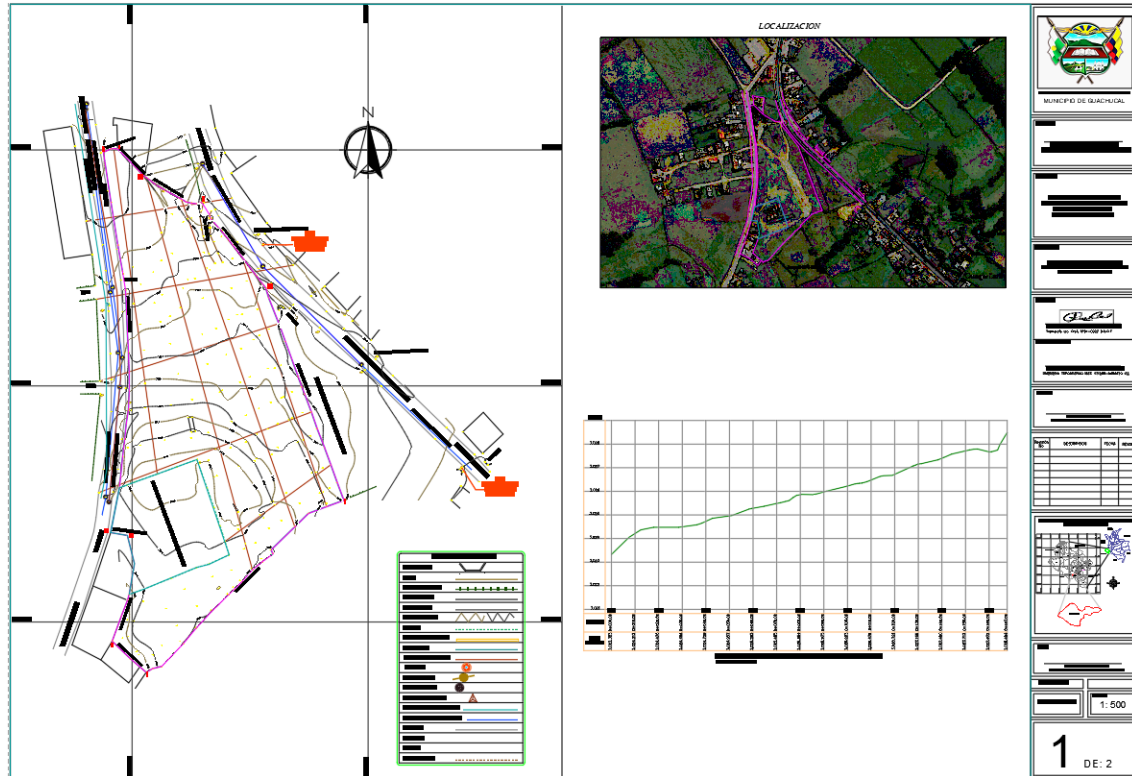
Nota. En la figura Se puede identificar detalles generales aceptables sin embargo se presenta ruido considerable en detalles pequeños y postes de electricidad. Tomado de software PIX4Denterprise.2024

2.4.4 Levantamiento topográfico realizado con topografía con estación total

En el presente estudio se realiza la comparativa de un levantamiento mediante fotogrametría y un estudio topográfico con estación total, el levantamiento topográfico del terreno se realizó aproximadamente 6 meses antes que la ejecución del vuelo para toma de muestras para fotogrametría, por ende, hay posibilidad que se presenten algunos cambios menores en las condiciones de la superficie en estudio.

El levantamiento topográfico se realizó con una estación total de la marca Leica TCR 105 con aproximación angular al segundo, se encuentra amarrado al sistema de referencia Magna Sirgas del IGAC mediante 2 placas GPS 1 y GPS 2, las coordenadas de las placas se calcularon mediante un procesamiento estático empleando la estación base PSTO de la red Magna Eco del IGAC.

En el estudio topográfico se levantó información de puntos de terreno, así como también tomo información del lote como linderos, construcciones, andenes, vías, cámaras, sumideros y demás. La información levantada en campo se encuentra dibujada en Autocad junto con las curvas de nivel, adicionalmente se encuentran dos perfiles de terreno en zona sin vegetación y en la vía del lindero occidente del predio, se identificaron áreas del lote y de construcción de tanque existente, lo cual permitirá comparar la calidad del levantamiento fotogramétrico.

Figura 10. *Planta levantamiento topográfico con estación total.*

Tomado de levantamiento Topográfico lote Guachucal.2024. elaborado por el topógrafo Carlos Córdoba

2.4.5 Fotointerpretación en Autocad con escalamiento de ortomosaico, nube de puntos y puntos de control método Arq. Robert Gutierrez

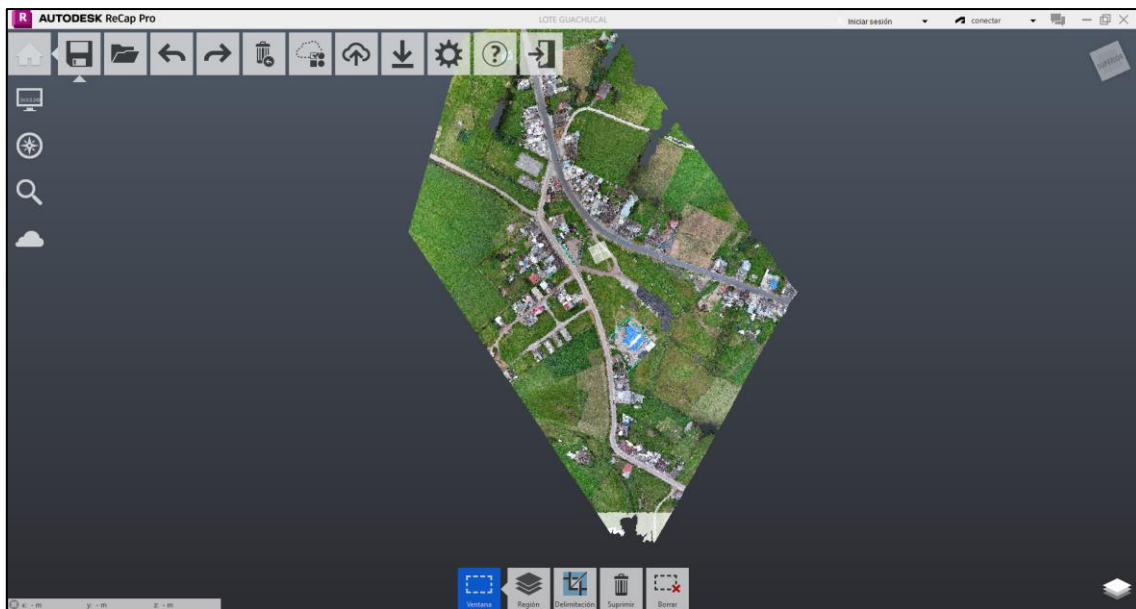
Este método ha sido desarrollado por el Arquitecto Robert Gutierrez, en una investigación propia, buscando un mejor método de precisión de métricas de perímetros para cartografía y topografía y cuyo conocimiento se dispuso en el Diplomado. Dicho método y consta de 3 pasos, primero la edición en Recap Pro, donde se carga la nube de puntos obtenida en de Pix4d mapper para su recorte de bordes con ruido y su posterior guardado en formato de nube de puntos de Recap

Pro; importación de nube de puntos de Recap Pro y ortomosaico en Autocad, donde se inserta la nube de puntos, el orto mosaico y su ajuste de escala con puntos de Control.

2.4.5.1 Edición de nube de puntos en Recap Pro

En Recap Pro podemos importar la nube de puntos generada en Pix4D mapper, donde podemos eliminar los bordes de la nube de puntos donde se presenta menor calidad o no son áreas de interés y así mejorar la calidad del producto, también se ajusta la iluminación de los pixeles para permitir una mejor visualización de los puntos, y finalmente se puede guardar la nube de puntos en formato RCP de Recap Pro, este formato es compatible para ser importado en Autocad.

Figura 11. *Edición de nube de puntos en Recap Pro*



Nota. En la figura se muestra el recordé de la nube de puntos. Tomado de software Recap

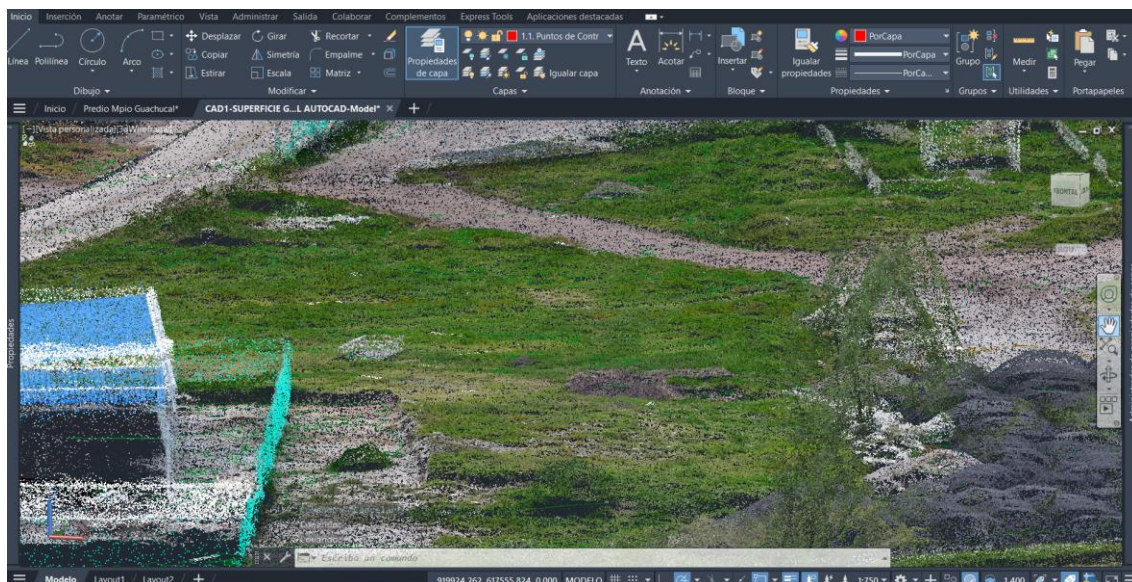
Pro.2024

2.4.5.2 Importar Nube de Puntos y ortomosaico en Autocad

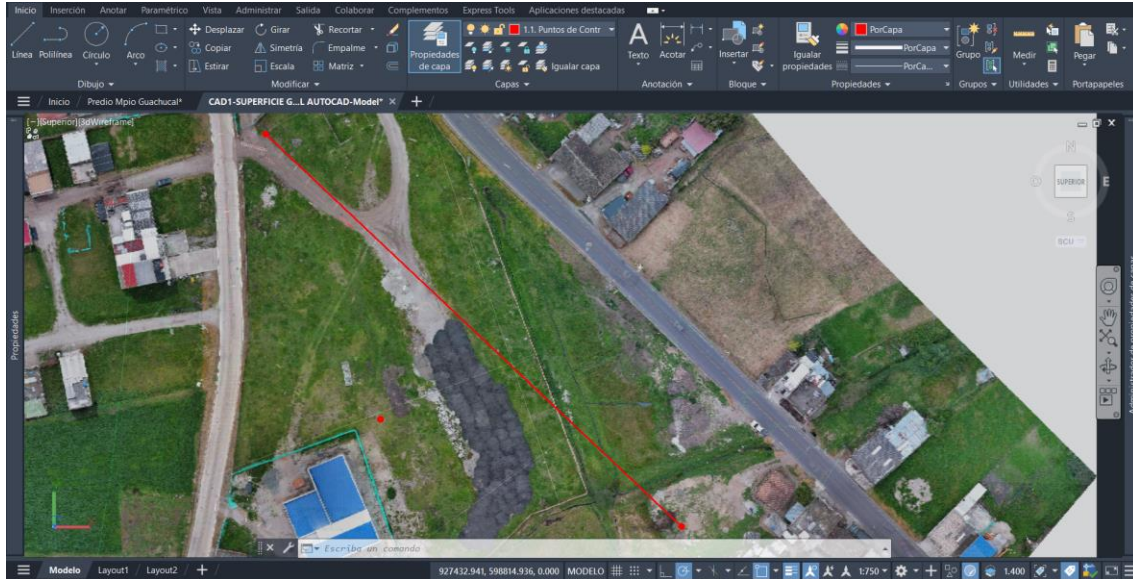
Autocad es uno de los programas para el dibujo de planos mas empleado en los proyectos profesionales de la ingeniería y arquitectura, por este motivo la inclusión de los productos de la fotogrametría en Autocad garantiza la facilidad de acceso a los profesionales y demás personas que estén interesados en el empleo de estas nuevas tecnologías.

La importación de la nube de puntos y el ortomosaico se realizan de manera similar desde la pestaña insertar y empleando el botón enlazar, la única diferencia en la importación es que el ortomosaico no se importa escalado ni georeferenciado. Una vez incertado el ortpomosaico se procede a dibujar los puntos de control con los cuales se escalará y se georefenciará el ortomosaico en Autocad.

Figura 12. Nube de puntos de Recap Pro importada en Autocad



Tomado de software Autocad.2024

Figura 13. Ortomosaico en AutoCAD escalado y georreferenciado mediante Puntos de Control

Nota. En la figura se puede apreciar el escalamiento empleando puntos de control.

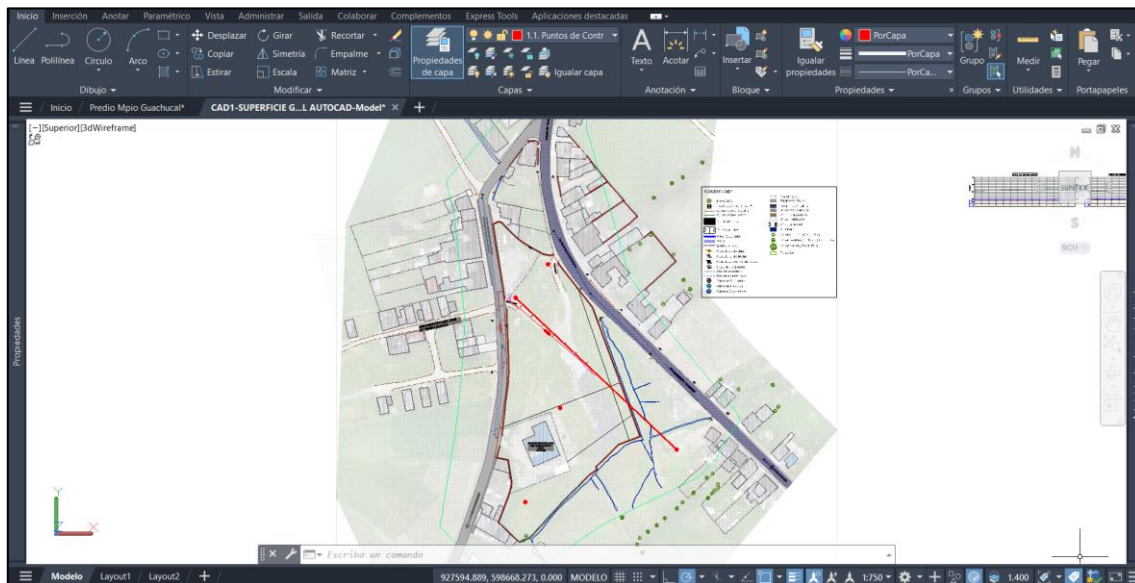
Tomado de software Recap Pro.2024

Es importante realizar chequeos en los procesos para evitar que en un mal proceso se cause errores en los productos, por lo cual, se chequea el escalamiento del ortomosaico con puntos de control en tierra y de chequeo adicionales a los empleados en el escalamiento, tomados en campo el mismo día del vuelo con RTK para georreferenciar y corroborar con el levantamiento fotogramétrico. Este procedimiento es útil debido a que muchas veces debido a cambios de luz, ángulo vertical de toma de fotos, puede causar que la señal de la ortofoto tenga pequeñas distorsiones o ruidos, donde no se pueda identificar con la precisión que permite la calidad de la foto la posición del punto con coordenadas conocidas.

2.4.5.3 Fotointerpretación en Autocad

Con el ortomosaico georreferenciado en Autocad se realiza la fotointerpretación y dibujo de la información visualizada. de paramentos y líneas, construcciones, postes de energía, pozos de alcantarillado, muros de cerramiento y demás componentes del lote identificados en las fotografías. Adicionalmente de la fotointerpretación se toma medidas para la comparación de los vértices del predio, área del predio y áreas de construcciones levantadas también en el levantamiento topográfico con estación total.

Figura 14. Fotointerpretación a partir de *Ortomosaico*



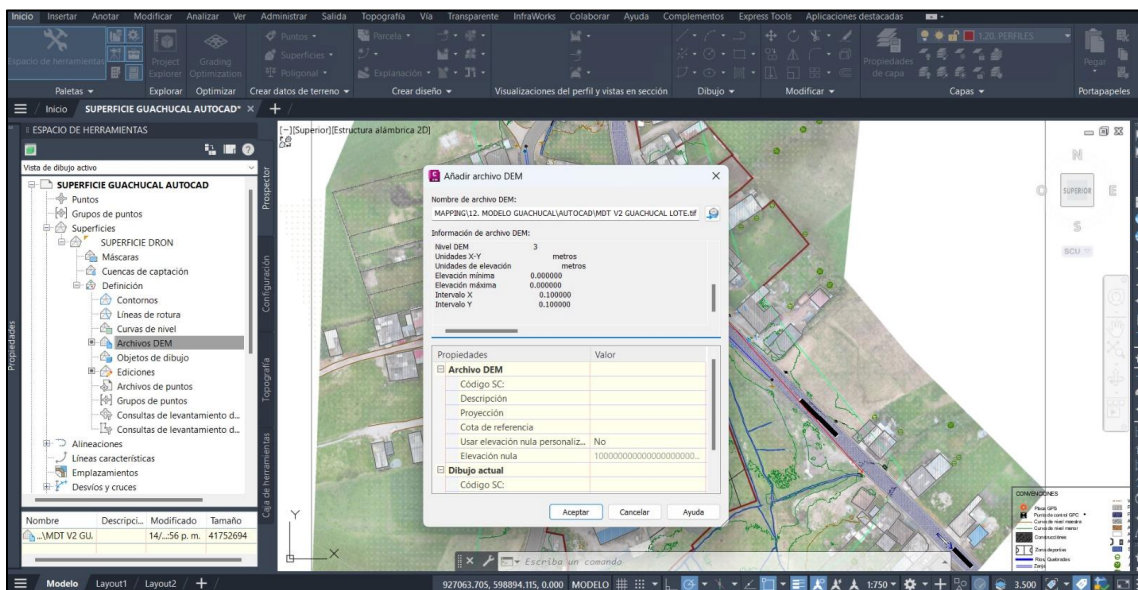
Tomado de software Autocad.2024

2.4.5.4 Dibujo de curvas de nivel y perfiles de terreno en Autodesk Civil 3D

Para generar la superficie y curvas de nivel se en el espacio se emplea software Autodesk Civil 3D, este software tiene las mismas herramientas que AutoCAD adicionado un espacio de trabajo con herramientas para planificar obras civiles. En este programa creamos una superficie

nueva, configurando el intervalo de dibujo de curvas cada 0.50 metros, una vez configurada la superficie, se carga el modelo digital de terreno de la zona de interés que se obtuvo de Pix4d Mapper en formato Tiff.

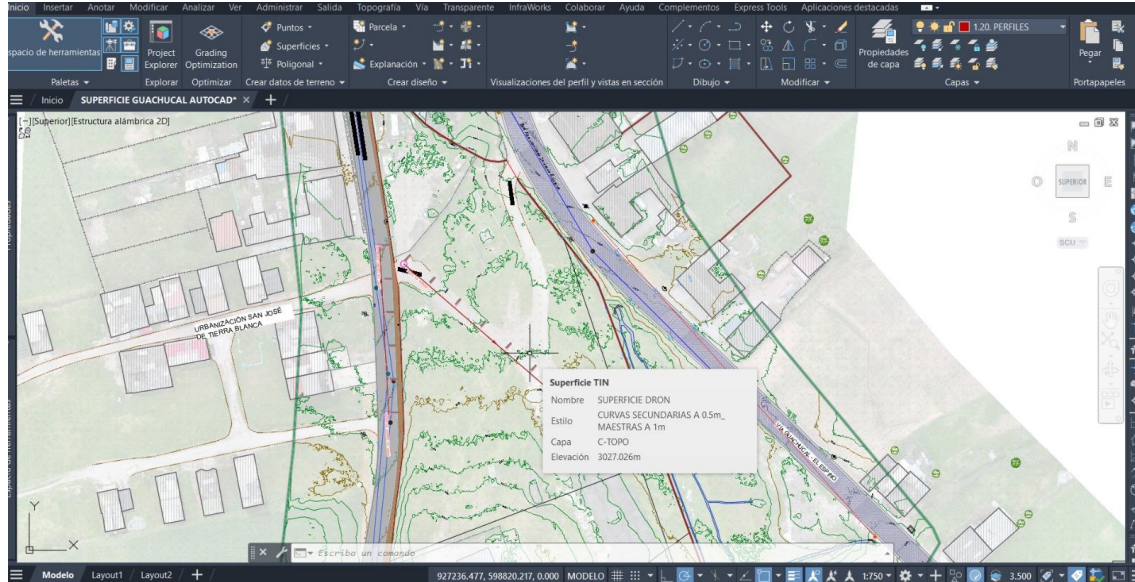
Figura 15. Cargue de modelo digital de terreno formato tiff.



Tomado de software Autodesk Civil 3D.2024

El modelo digital de terreno cargado en los datos de definición de la superficie en Civil 3d permite genera curvas de nivel, de igual manera que en los otros procesos, se recomienda revisar las curvas de nivel generadas, debido a que en ocasiones algunos puntos de ruido que no se limpiaron en procedimientos anteriores causan cambios anormales en la superficie. Una vez eliminados los puntos verificados que o se generen puntos con distorsiones en la superficie, se realiza el trazado de perfiles.

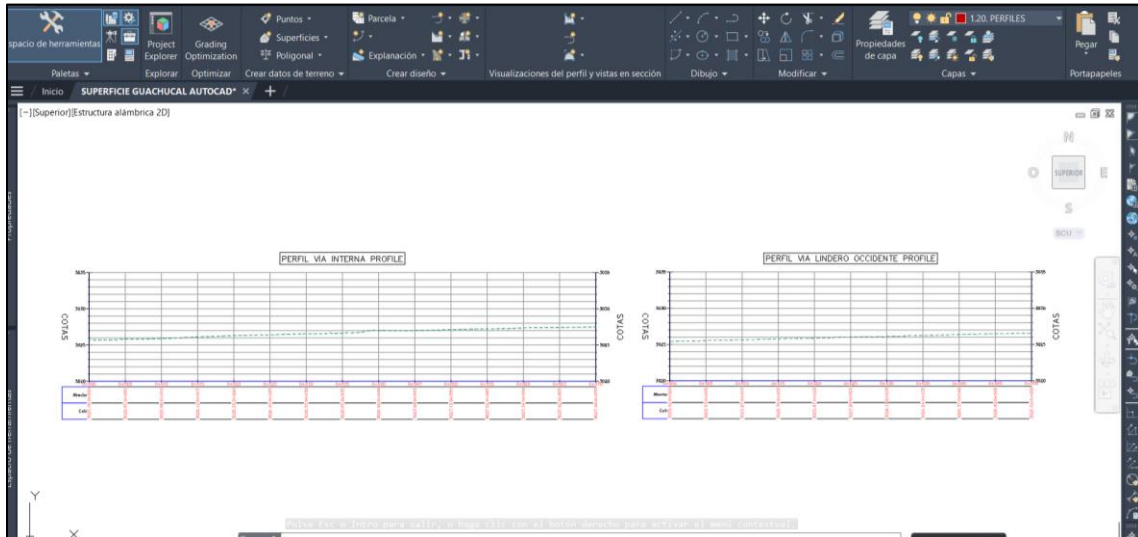
Figura 16. *Curvas de nivel creadas en Civil 3D a partir de modelo digital de elevaciones*



Tomado de software Autodesk Civil 3D.2024

Para efectos del análisis de precisiones de los perfiles se toman dos perfiles en zonas libres de vegetación y Teniendo en cuenta que en zonas con vegetación de diez a quince centímetros de altura los resultados son variables en porcentajes equivalentes a la altura de la vegetación.

Figura 17. *Perfiles en zonas libre de vegetación para cálculo de áreas de explanaciones*



Tomado de software Autodesk Civil 3D.2024

3 Resultados y comparación levantamientos de terreno con estación total y fotogrametría con dron.

3.1 Resultados levantamiento topográfico Estación Total

Una vez obtenidos los resultados del levantamiento con estación total, se realiza la identificación de parámetros en común de los levantamientos, para el estudio comparativo mediante longitudes entre vértices del predio, coordenadas entre vértices, área en planta y en perfil.

Tabla 1. Estación total, descripción vértices principales del Predio

VÉRTICE	LADO	DISTANCIA	ESTE	NORTE
1	1 - 2	6.318	927187.9000	598899.0460
2	2 - 3	16.317	927193.9030	598900.3950
3	3 - 4	27.480	927205.3630	598888.7800
4	4 - 5	45.370	927229.5820	598877.7840
5	5 - 6	95.881	927256.5310	598841.4730
6	6 - 7	114.212	927289.7903	598751.5546
7	7 - 8	19.551	927206.0180	598678.6850
8	8 - 9	21.085	927191.5820	598691.8610
9	9 - 10	45.494	927198.7820	598711.6690
10	10 - 11	42.652	927241.0840	598728.4100
11	10 - 11	34.956	927227.4840	598768.8360
12	10 - 11	143.264	927194.6660	598756.7990

Nota. En la tabla se identifican las coordenadas en sistema Magna Sirgas Origen Oeste, y longitudes entre vértices principales del predio.

Tabla 2. Estación total, áreas en planta

CUADRO DE ÁREAS		
ZONA	CANTIDAD	UNIDAD
ÁREA ÚTIL PREDIO	10742.06	M2
ÁREA CAJA CONCRETO EXISTENTE	10.538	M2

Nota. En la tabla se identifican áreas en planta detalladas en topografía con Estación Total.

Tabla 3. Estación total, áreas en Perfil

CUADRO DE ÁREAS PERFILES			
TIPO	ZONA	CANTIDAD	UNIDAD
EXCAVACIONES	PERFIL VÍA LINDERO OCCIDENTE	49.09	M2
	PERFÍL VÍA ACCESO INTERNA	18.65	M2
RELLENOS	PERFIL VÍA LINDERO OCCIDENTE	0.00	M2
	PERFÍL VÍA ACCESO INTERNA	15.44	M2

Nota. En la tabla se identifican áreas en perfil en zonas sin vegetación, considerando una cota de desplante en común para la comparativa.

3.2 Resultados levantamiento fotogramétrico con dron.

Con el fin del estudio comparativo se describen los parámetros de coordenadas, longitudes y áreas que se tienen en común con el levantamiento con estación total.

Tabla 4. Fotogrametría, descripción vértices principales del Predio

VÉRTICE	LADO	DISTANCIA	ESTE	NORTE
1	1 - 2	6.325	927187.9000	598899.0460
2	2 - 3	16.232	927193.9030	598900.3950
3	3 - 4	27.369	927205.3630	598888.7800
4	4 - 5	45.497	927229.5820	598877.7840
5	5 - 6	95.700	927256.5310	598841.4730

6	6 - 7	114.629	927289.7903	598751.5546
7	7 - 8	19.702	927206.0180	598678.6850
8	8 - 9	20.906	927191.5820	598691.8610
9	9 - 10	45.488	927198.7820	598711.6690
10	10 - 11	42.832	927241.0840	598728.4100
11	10 - 11	35.117	927227.4840	598768.8360
12	10 - 11	143.371	927194.6660	598756.7990

Nota. En la tabla se identifican las coordenadas en sistema Magna Sirgas Origen Oeste, y longitudes entre vértices principales del predio.

Tabla 5. Fotogrametría, áreas en planta

CUADRO DE ÁREAS		
ZONA	CANTIDAD	UNIDAD
ÁREA ÚTIL PREDIO	10746.376	M2
ÁREA CAJA CONCRETO EXISTENTE	11.061	M2

Nota. En la tabla se identifican áreas en planta detalladas en fotointerpretación con AutoCAD.

Tabla 6. Fotogrametría, áreas en Perfil

CUADRO DE ÁREAS PERFILES			
TIPO	ZONA	CANTIDAD	UNIDAD
EXCAVACIONES	PERFIL VÍA LINDERO OCCIDENTE	50.13	M2
	PERFÍL VÍA ACCESO INTERNA	19.88	M2
RELLENOS	PERFIL VÍA LINDERO OCCIDENTE	0	M2
	PERFÍL VÍA ACCESO INTERNA	15.11	M2

Nota. En la tabla se identifican áreas en perfil en zonas sin vegetación, con desplante en común al empleado en los perfiles de la topografía.

3.3 Comparativa de Resultados obtenidos.

Tabla 7. Error relativo de resultados Fotogrametría respecto a levantamiento topográfico

VÉRTICE	LADO	% ERROR DISTANCIA	ERROR (M) ESTE	ERROR (M) ESTE
1	1 - 2	-0.1%	-0.019	-0.028
2	2 - 3	0.5%	0.027	0.183
3	3 - 4	0.4%	0.080	0.094
4	4 - 5	-0.3%	-0.009	-0.045
5	5 - 6	0.2%	-0.216	0.088
6	6 - 7	-0.4%	-0.065	-0.039
7	7 - 8	-0.8%	0.093	0.310
8	8 - 9	0.8%	-0.147	-0.175
9	9 - 10	0.0%	-0.168	0.030
10	10 - 11	-0.4%	-0.243	0.238
11	10 - 11	-0.5%	-0.110	0.092
12	10 - 11	-0.1%	0.064	0.088

En la anterior tabla podemos identificar valores de error menores a 1% respecto a los resultados obtenidos en longitudes calculadas con estación total y en coordenadas un error máximo en coordenadas de 31 centímetros. Aunque en coordenadas se tiene un error significativo es importante anotar que teniendo en cuenta que el levantamiento con estación total no se especifica en vértices de linderos de lote con muros si el punto es tomado en la parte interior o exterior de muro, teniendo así una varianza en la medida patrón.

Tabla 8. Errores relativos a áreas en planta de levantamiento con Estación total

ERROR RELATIVO ÁREAS PLANTA		
ZONA	CANTIDAD	UNIDAD
ÁREA ÚTIL PREDIO	0.0%	M2
ÁREA CAJA CONCRETO EXISTENTE	-5.0%	M2

Nota. En la tabla se identifica un error máximo de 5% en áreas de plantas de los levantamientos.

Tabla 9. Errores relativos a áreas en perfil de levantamiento con Estación total

ERROR RELATIVO ÁREAS PERFILES			
TIPO	ZONA	CANTIDAD	UNIDAD
EXCAVACIONES	PERFIL VÍA LINDERO OCCIDENTE	-2.1%	M2
	PERFÍL VÍA ACCESO INTERNA	-6.6%	M2
RELLENOS	PERFIL VÍA LINDERO OCCIDENTE	-	M2
	PERFÍL VÍA ACCESO INTERNA	2.1%	M2

Nota. En la tabla se identifica un error máximo de 6.6%, en áreas de cortes y rellenos en perfiles.

4. Conclusiones

Acorde a los resultados obtenidos se encontró que en terrenos con vegetación se presentan imprecisiones tanto en altura como en plantas en las mediciones del terreno tomadas con dron respecto de las tomadas con estación total.

En relación a los datos e información recolectada para puntos como muros, redes de energía, zanjas de drenaje, construcciones aledañas, paramentos de vías y andenes, entre otros, se tiene una mayor cantidad en el levantamiento con fotogrametría, lo cual permite mejorar la calidad de los productos importantes para los procesos subsiguientes de implantación de estructuras.

Debido a lo anteriormente mencionado se puede evidenciar que la fotogrametría puede resultar en un importante complemento para la topografía tradiciones, pues ayuda a obtener y recolectar información con mayor detalle y calidad.

Con respecto al levantamiento planimétrico los resultados obtenidos mostraron variaciones mínimas entre levantamiento efectuado con dron y el levantamiento con estación total, es decir se obtuvo la misma geometría y al realizar una comparación métricas obtienen errores relativos menores a 1% en mediciones longitudinales, un 5% en área en planta y un 6.6% de error máximo en mediciones en perfil, presentándose la mayor variación en puntos donde no hay certeza del punto tomado con estación total. Considerando que el levantamiento topográfico realizado con estación total no se realizó con el objetivo de ser patrón para medida de otro levantamiento e identificado la incertidumbre en algunos paramentos levantados con estación total y los resultados obtenidos en la comparativa, permíte evidenciar la eficiencia del levantamiento con dron, con el empleo de menor tiempo y recursos para obtener resultados adecuados para la planificación de obras civiles.

En cuanto al levantamiento altimétrico los resultados mostraron mayores variaciones respecto de los levantamientos planimétricos, presentando una variación máxima de 6.6%, estas variaciones en obras civiles generales no son de gran importancia, teniendo en cuenta que la superficie real del terreno puede variar en magnitudes similares a la superficie creada a partir de los puntos levantados con estación total, sin embargo, el levantamiento con dron se destaca por ser un método más rápido puede ser usado para efectuar mediciones que no requieran precisiones específicas de mayor rango.

Referencias

- ArcGIS (2024), *¿Qué es ArcGIS?*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2024
<https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2023), *Modelos Digitales de Elevación (MDE) – Descripción*. Recuperado el 19 de agosto de 2024.
<https://www.inegi.org.mx/contenidos/temas/mapas/relieve/continental/metadatos/mde.pdf>
- Pacheco, C. y Pozzobon, E. (2011), *Manual de ejercicios de laboratorio Fotogrametría y Fotointerpretación*. (1ª ed.). Universidad de los Andes
- Resolución Numero 04201 de 27 dic de 2018, Ministerio de Transporte, *por la cual se incorporan a la norma RAC 91 de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia unas disposiciones sobre operación de sistemas de aeronaves no tripuladas UAS se numeran como Apéndice 13, y se adoptan otras disposiciones*. 27 de diciembre de 2018
- Resolución Numero 01983 de 27 sep de 2023, Ministerio de Transporte, *por de la cual se incorpora la norma RAC 100 operación de sistemas de aeronaves no tripuladas UAS a los reglamentos Aeronáuticos de Colombia, se modifica una sección y se deroga el Apéndice 13 de la Norma Rac 91 de dichos reglamentos*.. 27 de septiembre de 2023
- Santamaria Peña, J., Sanz Méndez, T. (2011). *Fundamentos de Fotogrametría*. (1ª ed.). Universidad de la Rioja.
- Universidad Veracruzana (2013). *Manual operative para la utilización del Sistema de información geográfica quantum GIS 1.8*. Recuperado el 20 de septiembre de 2024.

Apéndices

Apéndice A. Informe Topográfico

INFORME TOPOGRAFICO

**LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO PREDIO TIERRA BLANCA EN EL
MUNICIPIO DE GUACHUCAL DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

**OBJETO: CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIO RECREO DEPORTIVO EN EL
MUNICIPIO DE GUACHUCAL, DEPARTAMENTO DE NARIÑO**



Fecha levantamiento: 22 de diciembre 2023
Fecha informe v1.1: 17 de septiembre de 2024

Tabla de contenido

1. INTRODUCCION.....	4
2. OBJETIVOS.....	5
3. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PREDIO	6
3.1. UBICACIÓN DEL PREDIO	6
3.2. DESCRIPCIÓN DEL PREDIO.....	7
4. ESPECIFICACIONES DEL TRABAJO.....	9
5. METODOLOGÍA DEL LEVANTAMIENTO	10
5.1. GEOREFERENCIACIÓN	10
5.2. PROCEDIMIENTO LEVANTAMIENTO	22
POLIGONAL DE CIERRE.....	23
5.3. EQUIPO UTILIZADO	27
5.4. COMISIÓN DE TOPOGRAFÍA.....	28
Anexos.....	29

Tabla de Figuras

Figura 1. Fotografía Vista zona Sureste del predio.	4
Figura 2. Localización predio presente estudio.....	7
Figura 3. Vista predio desde vía interior	8
Figura 4. Vista vía interior Acceso	8
Figura 5. Rastreo de puntos de amarre GPS 1 y GPS 2 Mediante GPS de doble frecuencia	10
Figura 6. Puntos de georreferenciación materializados.....	11
Figura 7. Distancia entre punto de red activa magna sirgas a punto GPS 1.....	11
Figura 8. Detalles estación IGAC PSTO	12
Figura 9. Rastreo del equipo estación IGAC PSTO y puntos del proyecto.....	13
Figura 10. Vector de ajuste desde estación PSTO	14
Figura 11. Vector de ajuste, sector GPS1 y GPS 2	14
Figura 12. Descripción de punto Geodésico instalado GPS 1.....	24
Figura 13 Descripción de punto Geodésico instalado GPS 2.....	25
Figura 14. Descripción de punto geodésico IGAC PSTO	26
Figura 15. Estación total Leica TCR 705 empleada.....	27

Lista de Tabla

Tabla 1. IDENTIFICACIÓN DEL PREDIO	6
Tabla 2 . COORDENADAS VÉRTICES PRINCIPALES DEL PREDIO	6
Tabla 3. COORDENADAS ELIPSOIDALES ÉPOCA 2018,0.....	19
Tabla 4. COORDENADAS GEOCÉNTRICAS ÉPOCA 2018,0.....	19
Tabla 5. COORDENADAS PLANAS LOCALES CARTESIANAS ÉPOCA 2018,0.....	19
Tabla 6. COORDENADAS GAUSS KRUGER ÉPOCA 2018,0	19
Tabla 7. COORDENADAS ORIGEN NACIONAL ÉPOCA 2018,0.....	20
Tabla 8. ORIGEN DE COORDENADAS PLANAS CARTESIANAS.....	21
Tabla 9. ORIGEN DE COORDENADAS PARA CALCULO DE COORDENADAS GAUSS KRUGER.....	21
Tabla 10. ORIGEN DE COORDENADAS PARA CALCULO DE ORIGEN NACIONAL	22
Tabla 11. Poligonal de control de cierre	23
Tabla 12. Puntos Control Topográfico	23

1. INTRODUCCION

El Estudio topográfico tiene desarrollo en el Municipio de Guachucal, Ubicado al Sur de San Juan de Pasto Capital del Departamento de Nariño a 99 Kilómetros, a una temperatura de 12 grados centígrados promedio. El predio de estudio se encuentra ubicado en la entrada desde la vía a EL ESPINO – GUACHUCAL 1 km antes del parque principal.

La información que aquí se presenta contiene datos de campo recolectados en el sitio de trabajo, para su posterior procesamiento, y así obtener los planos topográficos para realizar el diseño

Figura 1. Fotografía Vista zona Norte del predio.



Fuente: Presente Estudio

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar los trabajos de campo topográficos de precisión que permitan generar un modelo preciso del relieve topográfico en formato CAD de la zona en la cual se encuentra localizado el proyecto, con el fin de obtener la información necesaria para la elaboración de estudios y diseños.

Recopilar toda la información del entorno del Predio antigua Plaza de ferias, del Municipio de Guachucal, Departamento de Nariño con el fin de establecer los elementos fijos que se encuentran como: Paramentos, Construcciones existente, Vías de acceso, Construcciones aldañas, casetas, postes, luminarias, vegetación, cerramientos, entre otros.

2.2. OBJETIVO ESPECIFICO

- Amarre del estudio Topográfico al sistema de coordenadas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Levantamiento Topográfico del lote donde se implantará el escenario.
- Obtener la Información necesaria para generar Planos en Planta y Perfil, en escala adecuada.

3. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PREDIO

3.1. UBICACIÓN DEL PREDIO

A continuación, se relacionan los datos de ubicación e identificación del Predio

Tabla 1. IDENTIFICACIÓN DEL PREDIO

DATOS	PREDIO
DEPARTAMENTO	NARIÑO
MUNICIPIO	GUACHUCAL
UBICACION	URBANO
DIRECCIÓN O NOMBRE PREDIO	TIERRA BLANCA (SALIDA VÍA GUACHUCAL – EL ESPINO)
NOMBRE DEL PROPIETARIO	MUNICIPIO DE GUACHUCAL
ÁREA DEL PREDIO	14000 M2
CÓDIGO PREDIAL	00-02-00-00-0003-0053-0-00-00-0000

Fuente: Presente Estudio

El predio en el cual se realizó el presente estudio topográfico se encuentra localizado en el perímetro del casco urbano, en la vía Guachucal – El Espino, a 1.1 Kilómetros del parque principal de Guachucal. El predio Tiene los siguientes linderos: Al norte, Luis Tobar Ojeda y Vía Guachucal – El Espino; Al oriente, Vía Guachucal – El Espino y Asociación de Vivienda San José; Al sur, Segundo Emiliano Alvarado y Jhon Ruano; Occidente, con Segundo Tatalcha, Jorge Bravo, Elisa Rodríguez y vía a Guachucal.

Tabla 2 . COORDENADAS VÉRTICES PRINCIPALES DEL PREDIO

DESCRIPCIÓN VÉRTICES PRINCIPALES DEL PREDIO ÁREA UTIL COORDENADAS: GEOGRÁFICAS (WS84)		
VÉRTICE	LATITUD	LONGITUD
1	0° 58' 07.6807" N	77° 43' 54.0074" W
2	0° 58' 06.9888" N	77° 43' 52.6592" W
3	0° 58' 05.8068" N	77° 43' 51.7874" W
4	0° 58' 02.8826" N	77° 43' 50.7174" W
5	0° 58' 00.5069" N	77° 43' 53.4201" W
6	0° 58' 02.4025" N	77° 43' 53.9258" W

Fuente: Presente Estudio

Figura 2. Localización predio presente estudio.



Fuente: *Google Earth Pro*

3.2. DESCRIPCIÓN DEL PREDIO

El predio donde se realizo el estudio topográfico actualmente se encuentra sin usos permanentes, en la esquina norte se encuentra temporalmente usado como parqueadero de vehículos del municipio y en la zona suroeste se encuentra en construcción de 1 piso de la casa del anciano de Guachucal. El predio no cuenta con vegetación de altura, se encuentra cubierta por grama natural en su gran mayoría y sin vegetación en partes centrales. Se evidencia una batea en la zona central del predio, hay pendientes transversales en la zona de implantación del rango de 7%. El predio cuenta con cerramiento en regular estado con mampostería y malla en el costado oeste del predio colindando con vía pavimentada en concreto rígido. El predio cuenta con dos accesos en los costados Este y oeste, con vía pavimentada con asfalto a El Espino y Túquerres y vía en concreto rígido que se dirige al casco urbano de Guachucal.

No se identificaron riesgos de inestabilidades, sin embargo, se identifica zona de drenaje aledañas al predio y se recomienda incluir drenajes en la zona a intervenir.

EL predio cuenta con los servicios público de acueducto y alcantarillado, en la vía colindante costado oeste, donde se encuentra un sistema de alcantarillado pluvial y uno sanitario; energía eléctrica, hay poste de red de media tensión en la vía del lindero este del predio.

Figura 3. Vista predio desde la zona Norte (Zona de implantación del proyecto)



Fuente: Presente Estudio

Figura 4. Vista vía costado oeste del predio



Fuente: Presente Estudio

4. ESPECIFICACIONES DEL TRABAJO

Realizar el Levantamiento topográfico del Predio denominado Tierra Blanca del Municipio de Guachucal Casco Urbano, Departamento de Nariño. conforme a las especificaciones establecidas.

El levantamiento debe contener los siguientes elementos topográficos: linderos, construcciones, andenes, vías, cámaras, sumideros, etc.

El levantamiento se inicia con orientación Azimutal a partir de dos Placas GPS Topográficos que se encuentran materializados y referenciados en el sitio (GPS 1 y GPS 2). Generar la documentación requerida, de acuerdo a las labores realizadas y los productos resultantes del levantamiento entregarlos a la parte contratante y en el tiempo estimado.

Realizar y entregar el informe del levantamiento Topográfico detallado del sitio donde se va a realizar el proyecto de tal manera que se prevean todas las incidencias o afectaciones y todas las actividades preliminares necesarias para el diseño y futura construcción de las obras.

Planta del levantamiento a escala adecuada conforme al tamaño del proyecto, que incluya: Identificación del norte geográfico, curvas de nivel, levantamiento de construcciones existentes, Entre otras.

5. METODOLOGÍA DEL LEVANTAMIENTO

5.1. GEOREFERENCIACIÓN

El presente informe consiste en el ajuste de 2 puntos Geodésicos, los cuales se calculan para incorporarlos al sistema de coordenadas para Colombia, esta actividad se realiza teniendo en cuenta el marco geocéntrico nacional MAGNA SIRGAS, y las normas del instituto Geográfico Agustín Codazzi para georeferenciación con sistema de GPS.

PUNTOS MATERIALIZADOS

Para el trabajo se instaló dos placas en aluminio que se identifica como GPS1, GPS2, las cuales se encuentran ubicadas al costado de la vía Guachucal – El Espino sobre sardinel junto a alcantarilla vía zona sureste del predio y cruzando la misma vía en zona noreste del predio, se verifica que cumpla con las normas técnicas para la buena recepción de señal al momento de la recepción de la época teniendo condiciones óptimas de horizonte; así como la reducción de efectos para la mejor recepción de señal GPS.

GPS1: Ubicado fuera de cuneta de vía Guachucal – El Espino, frente a cuenta cabezal alcantarilla vial de zona sureste, el material de la placa es aluminio, se instaló el 22 de diciembre de 2023 incrustada en un recuadro de concreto de 0.15 m x 0.15 m. La placa tiene inscrito el texto “COLISEO MPAL DE GUACHUCAL GPS 2 12 2023”.

GPS2: Ubicado fuera de cuneta de vía Guachucal – El Espino, cruzando la vía desde el predio cerca a la entrada noreste, el material de la placa es aluminio, se instaló el 22 de diciembre de 2023 incrustada en un recuadro de concreto de 0.15 m x 0.15 m. La placa tiene inscrito el texto “COLISEO MPAL DE GUACHUCAL GPS 2 12 2023”.

Figura 5. Rastreo de puntos de amarre GPS 1 y GPS 2 Mediante GPS de doble frecuencia



Fuente: Presente Estudio

Figura 6. Puntos de georreferenciación materializados.



Fuente: Presente Estudio

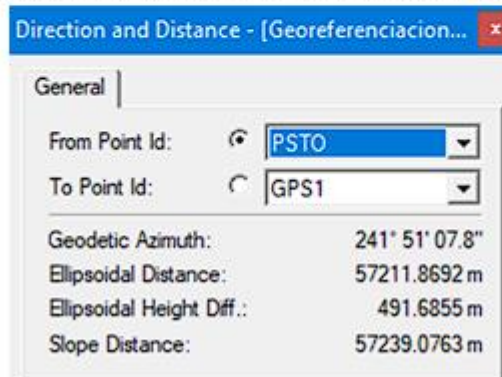
LECTURA DE PUNTOS MATERIALIZADOS

En la ocupación de los puntos de apoyo se tuvieron en cuenta las siguientes características:

Utilización de 2 Equipos GPS de doble Frecuencia Marca Leica SR530

La georreferenciación consistió en ligar los puntos materializados a la red MAGNA SIRGAS, para ello se realizaron rastreos tomando como base la estación permanente de la Red Geodésica IGAC – PASTO(PSTO) ubicada en las instalaciones del IGAC en la ciudad de Pasto “ Ver página IGAC <https://www.colombiaenmapas.gov.co/#> y pagina SIRGAS <http://www.sirgas.org> “

Figura 7. Distancia entre punto de red activa magna sirgas a punto GPS 1



Fuente: Leica Geotice

Figura 8. Detalles estación IGAC PSTO

Fuente: IGAC

TRABAJO EN OFICINA

Los cálculos de los datos se realizaron con el software de procesamiento de GPS, LEICA GEOFFICE 5.0, teniendo en cuenta las normas y parámetros del IGAC para posicionamiento de GPS, bajo el nuevo Marco Geocéntrico de Referencia para Colombia – MAGNA -, Para mayor información al respecto visitar la página del IGAC (www.igac.gov).

El ajuste se realiza en red, realizando observaciones simultaneas. Donde el tiempo de observación como el PDOP, es suficientes para hacer el ajuste, teniendo como puntos de control horizontal los puntos Geodésico PSTO.

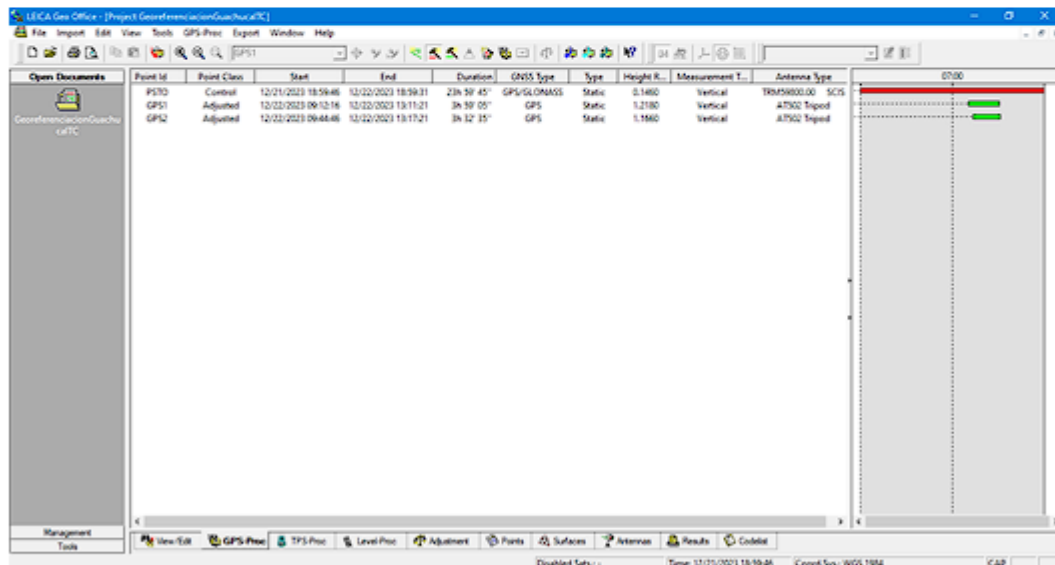
POSTPROCESO

Para el cálculo se empleó el software “Leica Ge-Office V5.0”, utilizando el siguiente flujo de trabajo:

- Descarga de datos crudos de los receptores LEICA SR530 (GPS 1 - GPS2) y Rinex de la Base (Base PSTO)
- Exportación de los datos crudos a formato RINEX
- Creación de proyecto e Importación de datos RINEX en el software “Leica Ge-Office V5.0”
- Ajuste del Punto base según Información Sirgas PSTO

- Se define en el programa el punto de control – BASE – PSTO
- Revisión de información registrada, Altura de las antenas, intervalo de registro, etc.
- Ajuste de Procesamiento de los vectores calculados para la red
- Exportación de coordenadas geocéntrica en época de observación 2023
- Conversión de Coordenadas época 2018,0
- Cálculo de elevaciones mediante modelo Geoco1 2004 del IGAC
- Cálculo de coordenadas Elipsoidales época 2018,0
- Cálculo de coordenadas Gauss Kruger época 2018,0
- Cálculo de coordenadas origen nacional época 2018,0
- Cálculo de Coordenadas Cartesianas Planas se realiza utilizando la aplicación Magna Pro 5 IGAC NARIÑO GUACHUCAL 2012.

Figura 9. Rastreo del equipo estación IGAC PSTO y puntos del proyecto

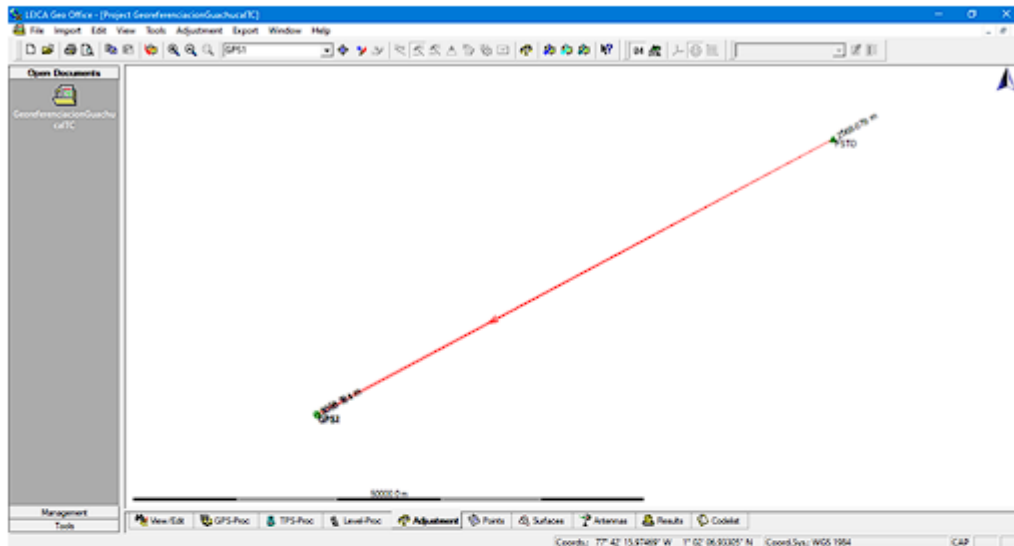


Fuente: Cálculos presente Estudio en software Leica Geo Office

Esta figura muestra la captura de información o rastreo del Equipo ubicado en PASTO (PSTO) y los puntos instalados en el sitio del proyecto, donde la barra larga de color rojo representa al tiempo ocupado en la base PSTO de igual manera las barras cortas de color verde que se identifican con el GPS 1 y GPS2. Es necesario tener en cuenta que en este

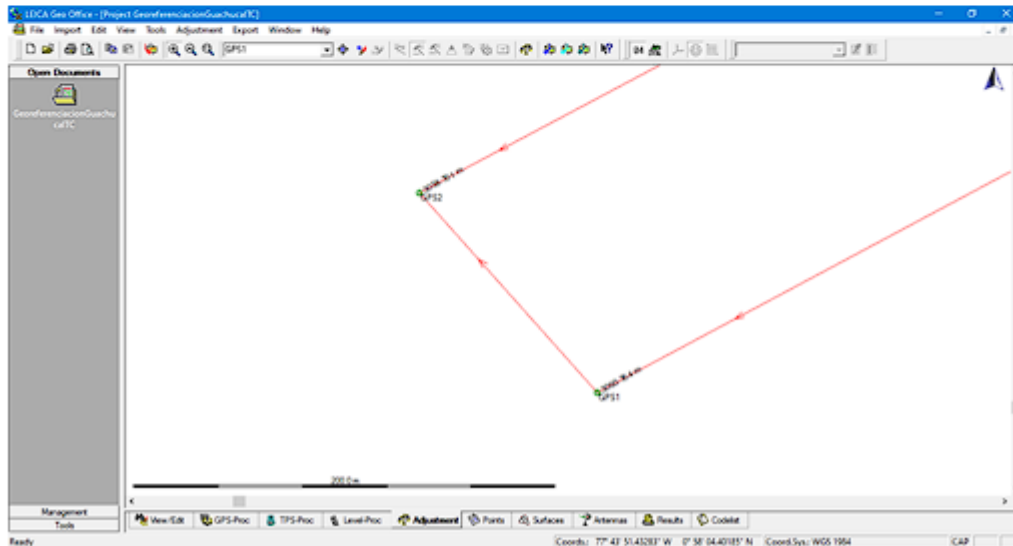
ejercicio la ocupación de la base debe ser superior a los puntos instalados con el fin de obtener los ajustes requeridos. Tomado de: Leica Geo Office.

Figura 10. Vector de ajuste desde estación PSTO



Fuente: Cálculos presente Estudio en software Leica Geo Office

Figura 11. Vector de ajuste, sector GPS1 y GPS 2/



Fuente: Cálculos presente Estudio en software Leica Geo Office

INFORME DE PROCESAMIENTO



Adjustment Pre-Analysis

www.MOVE3.com

(c) 1993-2006 Grontmij

Licensed to Leica Geosystems AG

Created: 03-01-2024 13:55:24

Project Information

Project name: GeoreferenciacionGuachucaITC
Processing kernel: MOVE3 3.3

General Information

Type: 3D minimally constrained network on WGS 84 ellipsoid

Stations

Number of (partly) known stations: 1
Number of unknown stations: 2
Total: 3

Observations

GPS coordinate differences: 9 (3 baselines)
Known coordinates: 3
Total: 12

Unknowns

Coordinates: 9
Total: 9
Degrees of freedom: 3



Network Adjustment

www.MOVE3.com

(c) 1993-2006 Grontmij

Licensed to Leica Geosystems AG

Created: 01/03/2024 18:40:46

Project Information

Project name:	GeoreferenciacionGuachucalTC
Date created:	01/03/2024 13:44:00
Time zone:	-5h 00'
Coordinate system name:	WGS 1984
Application software:	LEICA Geo Office 5.0
Processing kernel:	MOVE3 3.4

General Information

Adjustment

Type:	Minimally constrained
Dimension:	3D
Coordinate system:	WGS 1984
Height mode:	Ellipsoidal
Number of iterations:	1
Maximum coord correction in last iteration:	0.0000 m ✓ (tolerance is met)

Stations

Number of (partly) known stations:	1
Number of unknown stations:	2
Total:	3

Observations

GPS coordinate differences:	9 (3 baselines)
Known coordinates:	3
Total:	12

Unknowns

Coordinates:	9
Total:	9
Degrees of freedom:	3

Testing

Alfa (multi dimensional):	0.1291
Alfa 0 (one dimensional):	5.0 %
Beta:	80.0 %
Sigma a-priori (GPS):	10.0
Critical value W-test:	1.96

Critical value T-test (2-dimensional):	2.42	
Critical value T-test (3-dimensional):	1.89	
Critical value F-test:	1.89	
F-test:	0.27	✓ (accepted)

Results based on a-posteriori variance factor

Adjustment Results

Observations and Residuals

	Station	Target	Adj obs	Resid	Resid (ENH)	Sd
DX	GPS1	GPS2	-83.0847 m	0.0000 m	0.0001 m	0.0007 m
DY			-14.4154 m	0.0002 m	-0.0001 m	0.0012 m
DZ			94.4554 m	-0.0001 m	-0.0002 m	0.0004 m
DX	PSTO	GPS2	-49135.6252 m	0.0000 m	-0.0012 m	0.0020 m
DY			-11915.3235 m	-0.0057 m	0.0022 m	0.0037 m
DZ			-26896.8120 m	0.0023 m	0.0056 m	0.0013 m
DX	PSTO	GPS1	-49052.5405 m	0.0001 m	0.0007 m	0.0020 m
DY			-11900.9080 m	0.0027 m	-0.0010 m	0.0036 m
DZ			-26991.2674 m	-0.0010 m	-0.0027 m	0.0012 m

GPS Baseline Vector Residuals

	Station	Target	Adj vector [m]	Resid [m]	Resid [ppm]
DV	GPS1	GPS2	126.6203	0.0002	1.6
DV	PSTO	GPS2	57268.8667	0.0061	0.1
DV	PSTO	GPS1	57239.0763	0.0029	0.1

External Reliability

Station		Ext Rel [m]	Station	Target
GPS1	Latitude	0.0051	DZ	PSTO
	Longitude	0.0071	DX	PSTO
	Height	-0.0128	DY	PSTO
GPS2	Latitude	0.0049	DZ	GPS1
	Longitude	0.0069	DX	GPS1
	Height	-0.0124	DY	GPS1
PSTO	Latitude	0.0000	DZ	PSTO
	Longitude	0.0000	DX	GPS1
	Height	0.0000	DY	GPS1

Relative Error Ellipses (2D - 39.4%)

Station	Station	A [m]	B [m]	A/B	Psi	Sd Hgt [m]
GPS1	GPS2	0.0006	0.0004	1.5	-60°	0.0012
PSTO	GPS2	0.0018	0.0012	1.5	15°	0.0038
PSTO	GPS1	0.0018	0.0012	1.5	15°	0.0037

Testing and Estimated Errors

Observation Tests

	Station	Target	MDB	Red	BNR	W-Test	T-Test
DX	GPS1	GPS2	0.0105 m	2	17.6	0.82	1.00

DY			0.0191 m	2	18.2	1.16	
DZ			0.0073 m	2	18.1	-1.18	
DX	PSTO	GPS2	0.0105 m	67	2.0	-0.82	1.00
DY			0.0191 m	66	2.0	-1.16	
DZ			0.0073 m	67	2.0	1.18	
DX	PSTO	GPS1	0.0105 m	29	4.2	0.82	1.00
DY			0.0191 m	31	4.1	1.16	
DZ			0.0073 m	30	4.2	-1.18	



Loops and Misclosures

www.MOVE3.com

(c) 1993-2006 Grontmij

Licensed to Leica Geosystems AG

Created: 01/03/2024 18:42:08

Project Information

Project name:	GeoreferenciacionGuachucaITC
Date created:	01/03/2024 13:44:00
Time zone:	-5h 00'
Coordinate system name:	WGS 1984
Application software:	LEICA Geo Office 5.0
Processing kernel:	MOVE3 3.4

Critical value W-test is:	1.96
Dimension:	3D

GPS Baseline Loops

Loop 1

From	To	dX[m]	dY[m]	dZ[m]
GPS1	PSTO	49052.5404	11900.9053	26991.2684
PSTO	GPS2	-49135.6252	-11915.3291	-26896.8097
GPS2	GPS1	83.0847	14.4152	-94.4553
X:	-0.0001 m	W-Test:	-0.01	
Y:	-0.0086 m		-0.57	
Z:	0.0034 m		0.64	
Easting:	-0.0019 m	W-Test:	-0.22	
Northing:	0.0032 m		0.61	
Height:	0.0084 m		0.57	
Closing error:	0.0092 m	(0.1 ppm)	Ratio:(1:12431254)	
Length:	114634.5631 m			

COORDENADAS**Tabla 10. COORDENADAS ELIPSOIDALES ÉPOCA 2018,0**

COORDENADAS ELIPSOIDALES ÉPOCA 2018,0					
id	Latitud	Longitud	Altura Elip	Ondulación	COTA msnm
PSTO	1°12'42,16433"N	77°16'37,49043"W	2569,079	31,4	2537,679
GPS1	0°58'3,33113"N	77°43'49,09484"W	3060,765	31,7	3029,065
GPS2	0°58'6,40637"N	77°43'51,81853"W	3058,790	31,7	3027,090

Fuente: Cálculos presente Estudio

Tabla 11. COORDENADAS GEOCÉNTRICAS ÉPOCA 2018,0

COORDENADAS GEOCÉNTRICAS ÉPOCA 2018,0			
PUNTO	X	Y	Z
PSTO	1404951,709	-6222655,063	134028,753
GPS1	1355899,173	-6234555,970	107037,486
GPS2	1355816,088	-6234570,385	107131,941

Fuente: Cálculos presente Estudio

Tabla 12. COORDENADAS PLANAS LOCALES CARTESIANAS ÉPOCA 2018,0

COORDENADAS PLANAS LOCALES CARTESIANAS ÉPOCA 2018,0				
GPS1	598765,776	927339,680	3029,065	NARIÑO - GUACHUCAL - 2012
GPS2	598860,278	927255,429	3027,090	NARIÑO - GUACHUCAL - 2012

Fuente: Cálculos presente Estudio

Tabla 13. COORDENADAS GAUSS KRUGER ÉPOCA 2018,0

COORDENADAS GAUSS KRUGER ÉPOCA 2018,0				
PUNTO	Norte	Este	Cota msnm	Origen
GPS1	598765,409	927339,770	3029,065	Oeste
GPS2	598859,888	927255,572	3027,090	Oeste

Fuente: Cálculos presente Estudio

Tabla 14. COORDENADAS ORIGEN NACIONAL ÉPOCA 2018,0

COORDENADAS ORIGEN NACIONAL ÉPOCA 2018,0				
PUNTO	Norte	Este	Cota msnm	Origen
GPS1	1665322,602	4473318,385	3029,065	NACIONAL
GPS2	1665417,426	4473234,085	3027,090	NACIONAL

Fuente: Cálculos presente Estudio

ORIGEN DE COORDENADAS

Tabla 8. ORIGEN DE COORDENADAS PLANAS CARTESIANAS

Fuente: MagnaSirgas5

NOTA: En la realización del post proceso de la información se aclara que el ajuste fue generado a la Época Oficial del IGAC 2018,0 y se calcula las coordenadas Cartesianas con el Origen establecido en IGAC NARIÑO GUACHUCAL 2012, con los datos anteriormente ilustrados (Figura: 6), los cuales aplican para cada pareja de puntos, sobre estos se muestra imagen inmediatamente anterior (Figura 4). y utilizando las herramientas de este programa se realiza el cálculo de estos 2 puntos geodésicos los cuales servirán para el inicio de labores topográficas.

Tabla 9. ORIGEN DE COORDENADAS PARA CALCULO DE COORDENADAS GAUSS KRUGER

Origen	Coordenadas Elipsoidales		Coordenadas Gauss-Krüger	
	Latitud (N)	Longitud (W)	Norte [m]	Este [m]
Bogotá-MAGNA	4° 35' 46,3215"	74° 04' 39,0285"	1 000 000,0	1 000 000,0
Este Central - MAGNA	4° 35' 46,3215"	71° 04' 39,0285"	1 000 000,0	1 000 000,0
Este Este - MAGNA	4° 35' 46,3215"	68° 04' 39,0285"	1 000 000,0	1 000 000,0
Oeste - MAGNA	4° 35' 46,3215"	77° 04' 39,0285"	1 000 000,0	1 000 000,0
Oeste Oeste - MAGNA	4° 35' 46,3215"	80° 04' 39,0285"	1 000 000,0	1 000 000,0

Fuente: https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/aspectos_practicos.pdf

Tabla 10. ORIGEN DE COORDENADAS PARA CALCULO DE ORIGEN NACIONAL

Tabla 1. Parámetros de la proyección

Parámetro	Valor
Proyección	Transversa de Mercator
Elipsoide	GRS80
Origen: Latitud	4° N
Origen: Longitud	73° W
Falso Este	5.000.000
Falso Norte	2.000.000
Unidades	Metros
Factor de escala	0.9992

La denominación del sistema de proyección cartográfica oficial para Colombia es **MAGNA-SIRGAS / Origen-Nacional** y se encuentra codificado por el *European Petroleum Survey Group* como EPSG:9377.

Fuente: Pagina IGAC <https://www.igac.gov.co>

5.2. PROCEDIMIENTO LEVANTAMIENTO

El levantamiento se inició a partir de las dos placas (GPS 1 Y GPS 2), las cuales fueron instaladas y Geo referenciadas para el estudio Topográfico del Predio Tierra Blanca Municipal de Guachucal. Armándose en la placa GPS 2 y tomando orientación al GPS 1, que se encuentran Geo referenciadas, amarradas a la red Geodésica del País en fundamento a las coordenadas IGAG; en el Sistema de Referencia Espacial Magma Sirgas, Proyección Cartográfica Gauss Kruger, de las cuales se tiene informe con los datos necesarios para Generar la documentación requerida y poder determinar secuencialmente los deltas que componen este levantamiento, los cuales se ubicaron estratégicamente, tratando de cubrir una parte amplia a levantar, después de orientado se ubicó y materializo el Delta 1, del cual se radio los puntos de topografía, paramentos, postes, pozos de alcantarillado, vías y demás detalles del la zona de estudio.

Se utilizó una estación total marca Leica TCR 705 con aproximación angular al segundo, para ubicar y materializar los deltas del levantamiento, como aparece en los planos.

POLIGONAL DE CIERRE*Tabla 11. Poligonal de control de cierre*

PTO	DIST.	POLIGONAL DE CONTROL DE CIERRE										COTA				
		AZIMUT			PROYECCIONES				PROYECCIONES CORREGIDA		COORDENADAS		COORDENADAS CORREG.			
		G.	M.	S.	N-S	CORR	E-W	CORR	N-S	E-W	NORTE		ESTE	NORTE	ESTE	
GPS1												598765.409	927339.770	598765.409	927339.770	3029.065
	126.550	318	17	35	94.477	0.002	-84.196	-0.002	94.479	-84.198						
GPS2												598859.886	927255.574	598859.888	927255.572	3027.090
	88.840	193	5	23	-86.532	-0.003	-20.120		-86.535	-20.120						
D1												598773.354	927235.453	598773.353	927235.451	3029.534
	104.620	94	21	17	-7.944		104.318	0.001	-7.944	104.319						
GPS 1												598765.410	927339.771	598765.409	927339.770	3029.066








AZIMUT PUNTO FIJO	318	17	35
AZIMUT PUNTO DE CONTROL	318	17	36
ERROR CIERRE ANGULAR	0	0	1
NUMERO DE VERTICES	3		
DIF. ELEVACION DE LLEGADA	-0.001		
ERROR ADMITIDO en mm	4.000		
LONGITUD POLIGONO	320.010		
SUMATORIA PROYECCIONES N	0.001		
SUMATORIA PROYECCIONES S	0.001		
SUMATORIA PROYECCIONES E	0.001		
SUMATORIA PROYECCIONES W	0.001		
DIFERENCIA DE LAS N -S PUNTO DE CIERRE	0.003		
DIFERENCIA DE LAS E-W PUNTO DE CIERRE	0.003		
CIERRE OBTENIDO	1 : 257		
CIERRE ADMITIDO	1 : 10000		
CORRECCION N-S POR MIL	0.000005		
CORRECCION E-W POR MIL	0.000005		

*Fuente: Cálculos presente Estudio***PUNTOS TOPOGRAFICOS***Tabla 12. Puntos Control Topográfico*

PUNTO	ESTE	NORTE	ELEVACION	CODIGO
PL1	927339,770	598765,409	3029,065	GPS1
PL2	927255,572	598859,888	3027,090	GPS2
D1	927235,451	598773,353	3029,534	D1




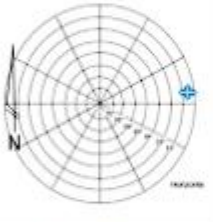


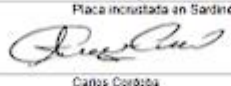
Fuente: Presente Estudio

Figura 12. Descripción de punto Geodésico instalado GPS 1

 DESCRIPCIÓN DE PUNTO GEODÉSICO GRUPO INTERNO DE TRABAJO CONTROL TERRESTRE Y CLASIFICACIÓN DE CAMPO Nomenclatura Estandarizada: 22/12/2023 Nomenclatura Placa: GPS1				FECHA AAAA-MM-DD 2023-12-27																											
Departamento NARIÑO		Municipio GUACHUCAL		Zona: Casco Urbano		Site: SECTOR VÍA GUACHUCAL EL ESPINO - ALCANTARILLA VIAL PREDIO 141																									
Coordenadas Navegadas MAGNA SIRGAS Latitud (φ) Longitud (λ) Altura Elipsoidal (h) D°583.331137N 77°43'49.05434"W 3050.765				Croquis General 		Acceso General Ubicado fuera de cuneta de vía Guachucal – El Espino, frente a cuenta cabezal alcantarilla vial de zona sureste adelfaño a predio colindante 141.																									
Monumentación Fecha: 2023-12-22 Tipo: ALUMINIO Monumentado por: Carlos Cordoba						Perfil 																									
Estado del punto: BUENO Ancho(m): 0.15 Largo(m): 0.15 Altura(m): 0		Diagrama de obstáculos 		Imagen de la Placa 		Referencias medidas de los objetos al punto <table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Objeto</th> <th>Ángulo Magnético(°)</th> <th>Distancia (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Casa 1 piso</td> <td>170</td> <td>7.2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		No	Objeto	Ángulo Magnético(°)	Distancia (m)	1	Casa 1 piso	170	7.2	2				3				4				5			
No	Objeto	Ángulo Magnético(°)	Distancia (m)																												
1	Casa 1 piso	170	7.2																												
2																															
3																															
4																															
5																															
Observaciones: Placa incrustada en Santinel  Descripción: Carlos Cordoba				Descripción Detallada Ubicado fuera de cuneta de vía Guachucal – El Espino, frente a cuenta cabezal alcantarilla vial de zona sureste, el material de la placa es aluminio, se instaló el 22 de diciembre de 2023 incrustada en un recuadro de concreto de 0.15 m x 0.15 m. La placa tiene inscrito el texto "COLISEO MPAL DE GUACHUCAL GPS 2 12 2023".																											








Fuente: Presente Estudio, imágenes Google maps.

Figura 13 Descripción de punto Geodésico instalado GPS 2

DESCRIPCIÓN DE PUNTO GEODÉSICO				FECHA	
GRUPO INTERNO DE TRABAJO CONTROL TERRESTRE Y CLASIFICACIÓN DE CAMPO				AAAA-MM-DD	
Nomenclatura Estandarizada		22/12/2023		2023-12-27	
Nomenclatura Placa		GPS2			
Departamento NARIÑO		Municipio GUACHUCAL		Zona Casco Urbano	
				Site: SECTOR VÍA GUACHUCAL - EL ESPINO - CRUZANDO VÍA DESDE PREDIO TIERRA BLANCA	
Coordenadas Navegadas MAGNA SIRGAS			Croquis General		
Latitud (φ)	Longitud (λ)	Altura Elipsoidal (h)			
0°58'54.06377"N	77°43'51.81853"W	3,058.790			
Monumentación			Acceso General		
Fecha	Tipo	Monumentado por			
2023-12-22	ALUMINIO	Carlos Córdoba			
Estado del punto	Ancho(m)	Largo(m)			
BUENO	0.15	0.15			
Diagrama de obstáculos		Imagen de la Placa			
					
Referencias medidas de los objetos al punto					
Nº	Objeto	Azmut Magnético(°)	Distancia (m)		
1	Casa 1 Piso, H 3.2 m	80	3		
2					
3					
4					
5					
Observaciones:		Placa incrustada en Sardinol		Descripción Detallada	
Describió:  Carlos Córdoba		Ubicado fuera de cuneta de vía Guachucal – El Espino, cruzando la vía desde el predio cerca a la entrada noreste, el material de la placa es aluminio, se instaló el 22 de diciembre de 2023 incrustada en un recuadro de concreto de 0.15 m x 0.15 m. La placa tiene inscrito el texto "COLISEO MPAL DE GUACHUCAL GPS 2 12 2023".			

Fuente: Presente Estudio, imágenes Google maps

Figura 14. Descripción de punto geodésico IGAC PSTO

		DESCRIPCIÓN DE PUNTO GEODÉSICO		FECHA	
		GRUPO INTERNO DE TRABAJO CONTRA EL TERRESTRE Y CLASIFICACIÓN DE CAMPO		ANAMMOO	
Nomenclatura Estandarizada		Nomenclatura Plaza		2023-12-26	
Departamento: NARIÑO		Municipio: PASTO		Sitio: IGAC - PASTO C. 17 #21a-82	
Coordenadas Navegables MAGNA SIRGAS Latitud (°) Longitud (°) Altura Elipsoidal (m) 1°12'42.16438"N 77°18'37.43045"W 2360.079		Crocquis General 		Acceso General Ubicado en la ciudad de pasto en las instalaciones del IGAC, centro	
Monumentación Fecha: 2023-12-26 Tipo: MOJON Monumentado por: IGAC		Crocquis Detallado 		Perfil 	
Estado del punto: BUENO Ancho (m): 0.15 Largo (m): 0.15 Alto (m): 0.146					
Diagrama de obstáculos 		Imagen de la Plaza 			
Referencias medidas de los objetos al punto					
No.	Objeto	Ángulo (grados)	Distancia (m)		
1	N/A	N/A	N/A		
2					
3					
4					
5					
Observaciones: Descripción:  CARLOS CORROCHACA		Descripción Detallada: ubicado dentro dentro de las instalaciones de IGAC Pasto			

Fuente: Presente Estudio, imágenes Google maps, IGAC.

5.3. EQUIPO UTILIZADO

Antes de iniciar el levantamiento se verifico que el equipo sea transportado de la manera adecuada, una vez en el predio se procedió a verificar el buen estado de los equipos y la calibración de los mismo.

Tabla 6. Relación de equipo

CANTIDAD	TIPO EQUIPO	MARCA	REFERENCIA
1	ETACIÓN TOTAL	Leica	TCR 705
2	GPS DOBLE FRECUENCIA	Leica	SR530
2	PRISMA	Leica	N/A
2	BASTÓN DE TOPOGRAFÍA	Leica	5.2 M
2	FLEXOMETRO	Truper	5m
1	TRÍPODE ALUMINIO	Genérico	N/S

Figura 15. Estación total Leica TCR 705 empleada



Fuente: Presente Estudio.

5.4. COMISIÓN DE TOPOGRAFÍA

CARGO	NOMBRE	IDENTIFICACIÓN	MATRÍCULA
TECNÓLOGO TOPÓGRAFO	CARLOS JAVIER CÓRDOBA CÓRDOBA	87.550.797	12962152 CPNT
CADENERO (TECNÓLOGO)	JONATHAN GIOVANNI CORDOBA J	12.753.622	01 – 19760 CPNT
OBRERO	RIGOBERTO JURADO OLIVA	87.753.622	-

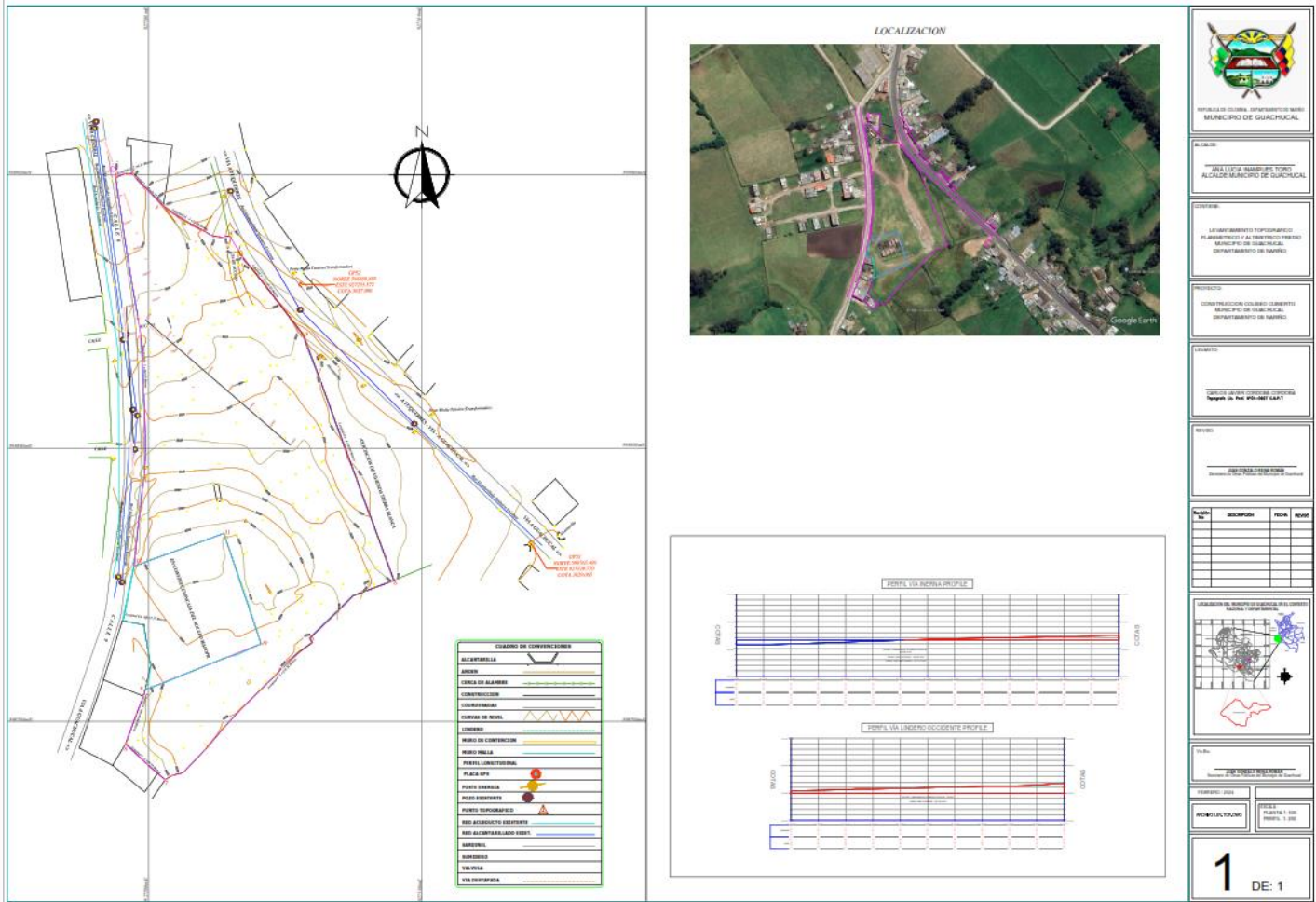
3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Para mejorar la calidad de la zona de juego se recomienda la construcción de un sistema de drenaje.
- Generar pendientes sobre la superficie de la cancha para una evacuación natural de la escorrentía producida por las lluvias.



TOPÓGRAFO CARLOS CÓRDOBA CÓRDOBA
Lic. Prof. N°01-0927 CPNT

Apéndice B. Plano Topografía Estación Total



Apéndice C. Planos Levantamiento Fotointerpretación con AutoCAD Método Arq. Robert Gutiérrez.

