



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



FACULTAD DE
INGENIERÍA
UDELAR

Teledetección aplicada en la Comparación de Modelos Tridimensionales de Pavimento

Caso de estudio en la ciudad de Montevideo

Mauro Arzuaga

Lucía Margall

*PROYECTO DE GRADO PRESENTADO A LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA EN CUMPLIMIENTO PARCIAL DE LOS
REQUERIMIENTOS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGRIMENSOR*

TUTORES:

Ing. Agrim. Prof. Luis Alberto Calderón Ruiz

Ing. Agrim. Aux. Doc. Valeria Ferrari

Montevideo, diciembre de 2024

Página de Aprobación

El tribunal docente integrado por los abajo firmantes aprueba el Proyecto de Grado:
“Teledetección aplicada en la Comparación de Modelos Tridimensionales de Pavimento. Caso de estudio en la ciudad de Montevideo”

Autores: Mauro Arzuaga, Lucía Margall

Tutores: Ing. Agrim. Prof Luis Alberto Calderón Ruiz.

Ing. Agrim. Aux. Doc. Valeria Ferrari

Carrera: Ingeniería en Agrimensura

Puntaje:

Tribunal:

Docente: Nombre y Firma

Docente: Nombre y Firma

Docente: Nombre y Firma

Montevideo, 20 de diciembre del 2024

Agradecimientos

Queremos expresar nuestra más sincera gratitud a todas las personas que nos acompañaron y apoyaron durante el desarrollo de este proyecto.

En primer lugar, agradecemos profundamente a nuestras familias, cuyo amor, paciencia y constante aliento han sido nuestra mayor fortaleza a lo largo de este camino. Su confianza en nuestras capacidades y su apoyo incondicional han sido fundamentales para alcanzar esta meta.

A nuestros amigos, quienes, con su compañía, palabras de ánimo y momentos de distracción hicieron que este proceso fuera más llevadero, les extendemos nuestro más sincero agradecimiento. Su presencia ha sido un recordatorio constante de que los desafíos se superan mejor con buenos compañeros a nuestro lado.

También queremos reconocer a nuestros profesores y mentores, quienes con su guía, conocimientos y motivación nos inspiraron a dar lo mejor de nosotros. Su compromiso con nuestro aprendizaje ha dejado una huella imborrable en nuestro desarrollo profesional y personal.

Finalmente, dedicamos este logro a todas las personas que, de una u otra manera, nos ofrecieron su apoyo, ya sea con un consejo, un gesto amable o simplemente con su disposición para escuchar. Cada uno de ustedes ha contribuido a que este proyecto sea una realidad.

INDICE

1. RESUMEN.....	6
2. INTRODUCCIÓN.....	7
3. OBJETIVOS.....	9
3.1. Objetivos generales.....	9
3.2. Objetivos específicos.....	9
4. MARCO TEÓRICO.....	10
4.1. LiDAR.....	10
4.2. Fotogrametría Digital.....	14
4.3. Estereoscopía.....	14
4.4. Haz Perspectivo.....	14
4.5. Orientación Interior.....	15
4.6. Orientación exterior.....	15
4.7. Modelo Digital de Elevación.....	16
4.8. Precisión y exactitud.....	17
4.9. Posicionamiento RTK (Real Time Kinematic).....	17
4.10. PPK (Post Processed Kinematic).....	18
4.11. UAV (Unmanned Aerial Vehicle).....	19
4.12. RINEX (Receiver Independent Exchange).....	20
5. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	21
5.1. Definición de instrumentos a utilizar.....	21
5.2. Especificaciones técnicas.....	26
5.3. Definición de Softwares.....	27
5.4. Definición del área de estudio.....	28
5.5. Coordinación y ejecución de los relevamientos.....	31
5.6. Procesamiento de datos.....	42
5.7. Generación de los modelos de pavimento.....	45
6. COMPARACIÓN DE RESULTADOS.....	50
7. RESULTADOS PARA PAVIMENTO HORMIGÓN.....	52
7.1. Comparación altimétrica.....	52
7.2. Comparación Volumétrica.....	56
8. RESULTADOS PARA PAVIMENTO BALASTO.....	60
8.1. Comparación altimétrica.....	60
8.2. Comparación Volumétrica.....	64

9.	COMPARACIÓN DE COSTOS.....	68
10.	COMPARACIÓN DE TIEMPOS.....	69
11.	CONCLUSIONES.....	71
12.	ANEXOS.....	77
12.1.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL INSTRUMENTAL UTILIZADO.....	77
12.2.	PROCESAMIENTO DE DATOS.....	80
12.3.	REPORTE PIX 4D.....	94
12.4.	RESOLUCIÓN 291/2014.....	112
12.5.	REPORTE TRIMBLE BUSINESS CENTER.....	117
12.6.	LÁMINAS.....	122
13.	BIBLIOGRAFÍA.....	131

PALABRAS CLAVE

- LiDAR
- Fotogrametría
- Pavimentos
- Modelo de Pavimento
- Nube de Puntos
- Teledetección
- Modelo Digital de Terreno

1. RESUMEN

Este proyecto de grado se realiza a efectos de cumplir con la carrera de Ingeniería en Agrimensura en su plan del 1997 de la Universidad de la República.

Todas las tareas propias, incluyendo las de relevamiento, recaudos gráficos y demás insumos fueron realizadas entre julio y septiembre del año 2024, mientras que los relevamientos proporcionados fueron realizados en diciembre de 2022.

Este trabajo consiste en realizar una comparación entre diferentes instrumentos topográficos, utilizando como referencia, un modelo de pavimento generado a partir de cada uno de ellos.

Las variables a tener en cuenta serán la posicional (altimétrica y planimétrica), los costos inherentes a las tareas, y los tiempos de relevamiento asociados a cada instrumental.

El objetivo principal de este estudio, con calidad de proyecto de grado, es el de identificar las diferencias posicionales y de precisión a la hora de realizar relevamientos sobre pavimentos. Consideramos esta comparación de sumo interés para el ámbito profesional, ya que la misma puede ser utilizada como una herramienta para poder optar por el método más conveniente, dependiendo de las condiciones requeridas en el pliego de los relevamientos solicitados.

El crecimiento exponencial del uso de sensores que utilizan la tecnología LiDAR para realizar relevamientos topográficos, y la estandarización del uso de drones utilizando fotogrametría también aplicados a este fin, hacen este proyecto aún más interesante.

Como objetivo principal, este proyecto propone dejar en claro las diferencias que existen al modelar pavimentos utilizando sensores LiDAR y cámaras RGB.

2. INTRODUCCIÓN

La tecnología es el conjunto de conocimientos, habilidades, técnicas y herramientas que los seres humanos desarrollan para crear, modificar y utilizar objetos, procesos o sistemas con el fin de resolver problemas, satisfacer necesidades y mejorar la calidad de vida. En su sentido más amplio, abarca desde los avances más simples hasta las innovaciones más complejas, y se aplica en casi todos los aspectos de la vida humana, desde la comunicación hasta la industria y la ciencia.

La profesión de ingeniero agrimensor está profundamente vinculada con la tecnología, ya que el trabajo de esta disciplina depende directamente de herramientas y métodos tecnológicos avanzados para realizar mediciones precisas del terreno y analizar información geoespacial. A lo largo de los años, la tecnología ha transformado la manera en que los ingenieros agrimensores llevan a cabo sus tareas, aumentando la eficiencia, precisión y la capacidad para abordar proyectos más complejos.

Este fenómeno suscita un interés particular en compararlas y contrastarlas. Al hacerlo, podremos respaldar y evidenciar este progreso tecnológico al destacar las ventajas y limitaciones de cada técnica en relación con la precisión, eficiencia y adaptación a las demandas cambiantes del entorno topográfico actual.

Para llevar esto a cabo serán seleccionadas algunas técnicas e instrumentos topográficos y compararemos un modelo tridimensional (en adelante modelo 3D) de pavimento, producto de cada uno. Para este caso los pavimentos a modelar serán de balasto y hormigón.

Se utilizará un escáner móvil montado sobre un vehículo (Leica Pegasus Two), un relevamiento convencional realizado con un receptor GNSS, (Trimble R8s Full), un relevamiento fotogramétrico utilizando un UAV (DJI Mavic 3 Enterprise RTK) y un relevamiento LiDAR aéreo, utilizando un Matrice 300 RTK y un sensor Alpha Air 450.

Se hará lo posible por mantener constantes la mayor cantidad de factores, para que las diferencias entre ellos estén representadas, en mayor proporción, por el equipamiento utilizado.

Una vez obtenidas las nubes de puntos de cada técnica de relevamiento se procederá a depurar las mismas y generar el mejor modelo de pavimento posible para cada instrumento.

A partir de los modelos 3D para cada tipo de pavimento, se procederá a realizar la comparación altimétrica mediante perfiles transversales aleatorios (cada 20 metros) tomando como “absoluto” el relevamiento utilizando el Escáner Leica Pegasus Two (debido a sus prestaciones) y documentar las diferencias obtenidas para cada caso.

Por último, se incorporarán en la matriz de comparación, las variables de costo, tiempos asociados y posibilidad de reutilización de la información para cada tipo de tecnología, de manera de alcanzar una comparación más integral.

3. OBJETIVOS

3.1. *Objetivos generales*

El objetivo general de este proyecto es poder evaluar distintas tecnologías de relevamiento topográfico, aplicadas a la generación de modelos 3D de pavimento, considerando parámetros técnicos y económicos. Para esto se incluyen análisis de diferencias posicionales, de costos, tiempos de relevamiento y calidad de los datos. También se busca determinar las ventajas y limitaciones de cada método, con el fin de optimizar los proyectos viales y los relevamientos topográficos en general.

Las tecnologías asociadas al instrumental utilizado están en constante desarrollo y se adentran cada día más en el mercado local, por lo que disponer de un valor cuantitativo en la diferencia posicional, facilitará la decisión a la hora de solicitar este tipo de relevamientos según el objetivo de las tareas requeridas.

3.2. *Objetivos específicos*

Para alcanzar estos objetivos se realizará una comparación teniendo en cuenta:

- Precio de mercado del instrumental Utilizado.
- Precisión alcanzada en los modelos generados.
- Tiempos de relevamiento.
- Calidad de la información.

También se discutirán los resultados de los siguientes instrumentos y tecnologías en la generación de modelos 3D de pavimento, en relación con las características de cada uno:

- Escáner móvil Leica Pegasus Two.
- Receptor GNSS Trimble R8s Full.
- UAV DJI Mavic 3 Enterprise RTK (fotogrametría RGB).
- UAV Matrice 300 RTK con sensor LiDAR Alpha Air 450.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. LIDAR

LiDAR (Light Detection and Ranging) es una tecnología de detección o relevamiento, remota, que utiliza un láser para medir distancias entre el emisor o sensor, y una superficie reflectante.

Es una técnica de teledetección óptica que utiliza la luz de láser para obtener una nube de puntos masiva que se puede administrar, visualizar, analizar y compartir.

Existen varios aplicativos para esta tecnología, como la topografía, cartografía, la geología, la ingeniería civil, la agricultura, aplicativos forestales, conducción de vehículos autónomos, etc.

Componentes de Hardware principales:

- Vehículo de recolección.
- Sistema de escáner láser.
- GPS.
- IMU (sistema de navegación por inercia), que mide la rotación, inclinación y encabezamiento del sistema LIDAR.

Funcionamiento:

Los pulsos láser emitidos desde un sistema LIDAR, se reflejan desde objetos sobre y por encima de la superficie del suelo. Un pulso láser emitido puede regresar al sensor como una o como 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 alta en el panorama, como una copa de árbol o la parte superior de un edificio.

La primera devolución también puede representar el suelo, por lo que sólo detectará un regreso.

Las devoluciones intermedias en general se usan para estructura de la vegetación, y la última devolución para los modelos de terreno de suelo desnudo. (tener en cuenta que la última no siempre será una devolución de suelo).

Atributos del punto LIDAR:

La información adicional se almacena en la componente temática junto con la componente espacial (x, y, z).

- a) Intensidad: es la fortaleza de la devolución del pulso láser que generó el punto LIDAR.

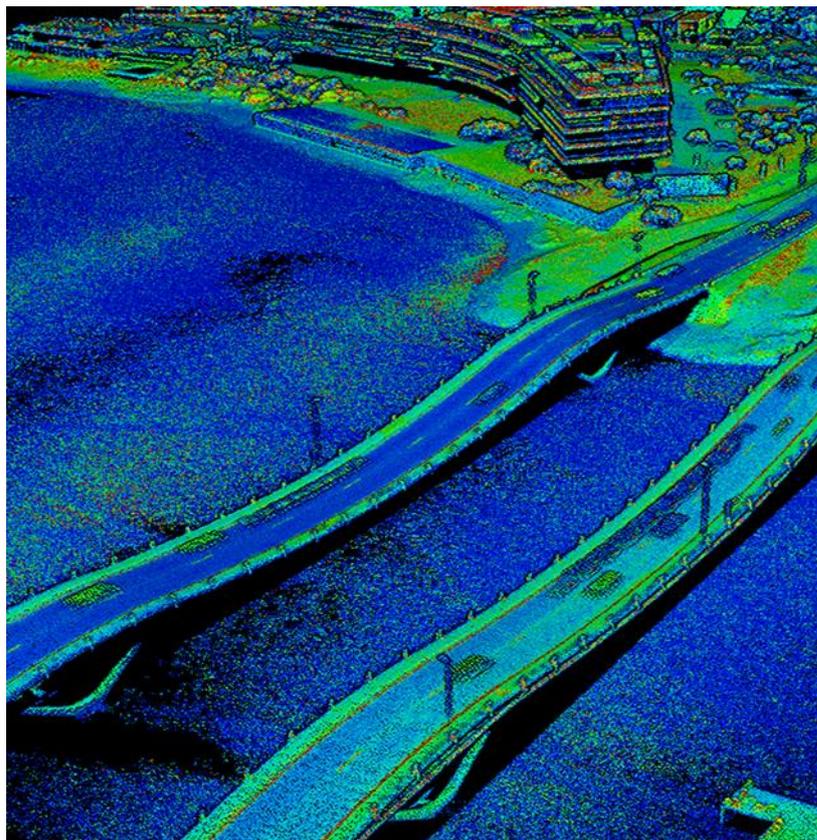


Imagen 1 - Nube de puntos coloreada por valores de intensidad. Fuente: elaboración propia.

- b) Número de devolución: un pulso puede tener hasta 5 devoluciones, dependiendo las entidades en las que se refleja y las capacidades del escáner que se usa.
- c) Cantidad de devoluciones: número total de devoluciones para un pulso dado.

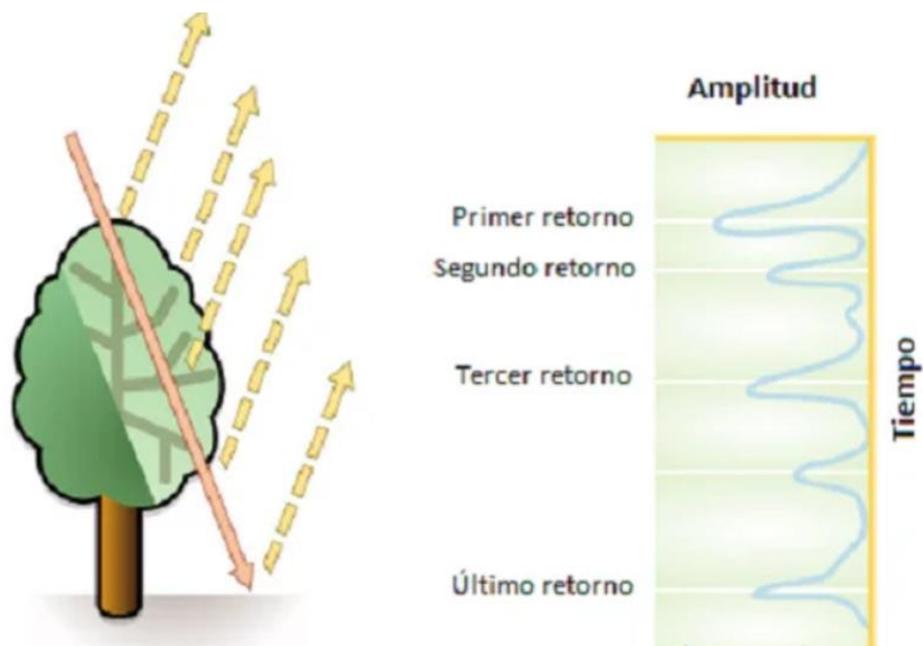


Imagen 2 - devoluciones de un pulso. Fuente: elaboración propia.

- d) Clasificación de puntos: cada punto LIDAR postprocesado puede tener una clasificación que define el tipo de objeto que reflejó el pulso (suelo desnudo, parte superior de cubierta forestal o agua). Las diversas clases se definen mediante códigos numéricos de enteros en el archivo LAS.

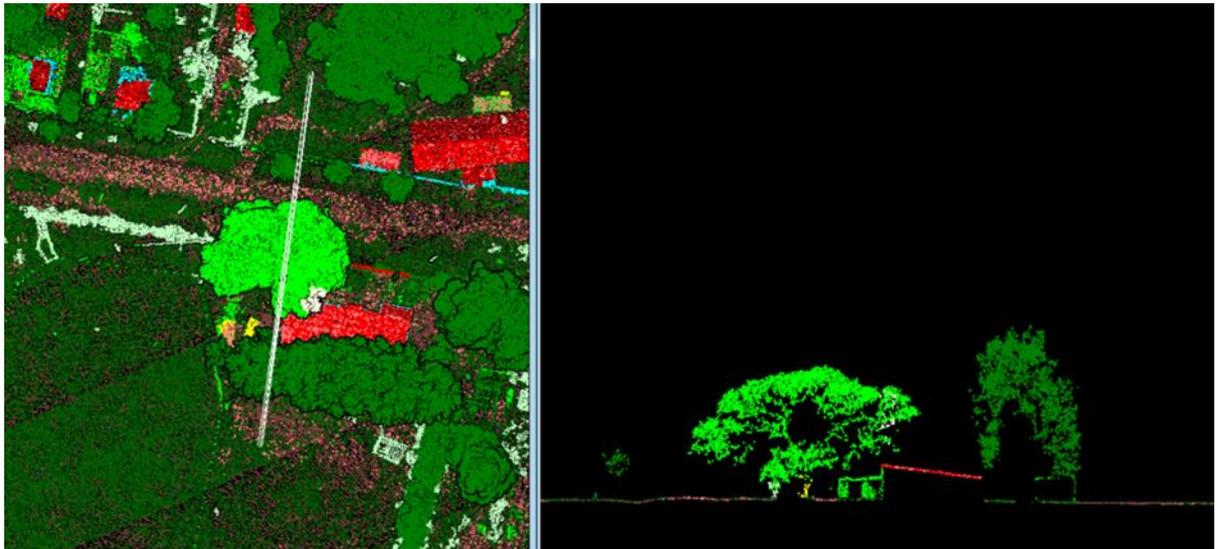


Imagen 3 - Nube de puntos clasificada. Fuente: elaboración propia.

- e) Borde de la línea de vuelo: los puntos se simbolizan en base a un valor de 0 (interno) o 1 (en borde).

- f) RGB: la atribución de los datos con bandas RGB viene de las imágenes recopiladas al mismo tiempo que la topografía LIDAR.
- g) Tiempo del GPS: la fecha de registro del GPS en la que se emitió el pulso, en segundos GPS de la semana.
- h) Ángulo de escaneo: es un valor en grados entre -90 y $+90$. A 0° el pulso está directamente debajo del avión en nadir. Actualmente son menos de $\pm 30^\circ$.
- i) Dirección de escaneo: es la dirección en la que se encuentra el espejo de escaneo en el momento del pulso láser de salida. Dirección positiva (1) y dirección negativa (0).

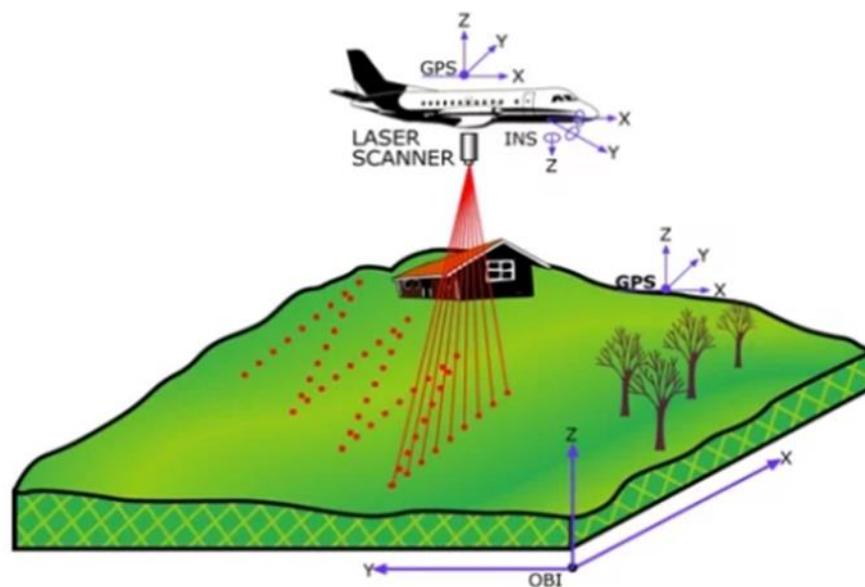


Imagen 4 - Tecnología LiDAR. Fuente: Building Zone Regulation Compliance Using LIDAR Data: Real-Life Tests in İstanbul (İsmail Büyüksalih).

4.2. Fotogrametría Digital

Según la Sociedad Internacional de Fotogrametría y Sensores Remotos (ISPRS) la fotogrametría es “la ciencia encargada de realizar mediciones confiables por medio de fotografías para obtener características métricas y geométricas (dimensión, forma y posición) del objeto fotografiado”.

Según la Sociedad Americana de Fotogrametría y Teledetección (ASPRS) es “el arte, ciencia y tecnología para la obtención de medidas fiables de objetos físicos y su entorno, a través de grabación, medida e interpretación de imágenes y patrones de energía electromagnética radiante u otros fenómenos”.

A partir de las imágenes, superpuestas entre sí, y sus parámetros de posición y orientación, utilizando un software específico, se identifican a través de algoritmos, pares estereoscópicos, es decir puntos similares en imágenes distintas.

A partir de estos puntos es posible densificarlos y generar una nube de puntos con coordenadas (X,Y,Z) sobre toda la superficie fotografiada.

4.3. Estereoscopia

Es la capacidad de percepción de la profundidad o relieve de los objetos.

Esta técnica permite recoger información tridimensional de los objetos a partir de dos o más imágenes en dos dimensiones.

4.4. Haz Perspectivo

Es un concepto matemático que se utiliza en geometría para la representación gráfica de objetos.

Se refiere a una familia de rectas que se intersectan en un punto llamado de fuga o centro de perspectiva, que para nuestro caso, será el centro de la imagen capturada.

Dado un objeto formado por una superficie \mathcal{E} y un punto S situado o no sobre este objeto, definimos:

- Punto de Vista: Punto S del haz.

- Haz perspectivo: conjunto de rectas que unen S con cada punto sobre la superficie.
- Rayo perspectivo: todo elemento del haz.

Para cada haz perspectivo debe conocerse su posición relativa de cada rayo con respecto al resto.

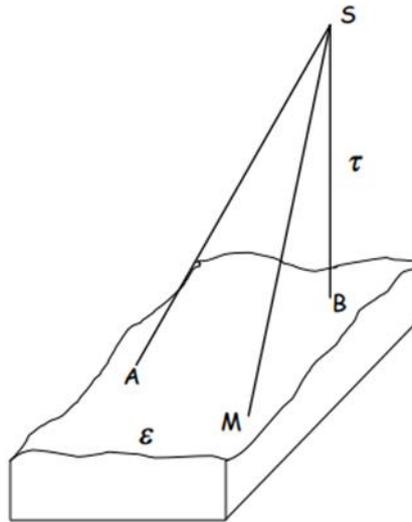


Imagen 5 - Elementos del haz perspectivo. Fuente:
<http://pdi.topografia.upm.es/cepeda/Fotoll/Tema1/hazperspectivo.pdf>

4.5. Orientación Interior

Es el procedimiento por el cual se puede reconstruir el haz perspectivo en igual condición que como fue formado en el sensor pasivo, es decir, la cámara.

4.6. Orientación exterior

Es el procedimiento por el cual se consigue ubicar cada imagen en la misma posición al momento de la toma de la foto, referido al sistema de coordenadas del espacio objeto o terreno.

4.7. *Modelo Digital de Elevación*

Es una representación visual y matemática de los valores de altura de un terreno con respecto a un plano.

Desde su creación en la década del 50, los modelos constituyen un medio para lograr la representación del relieve en forma versátil y funcional, ya que a partir del mismo se puede conocer la conformación o morfología del terreno (MDT), y también los elementos antrópicos y la vegetación presente en el mismo (MDS).

Los modelos se pueden clasificar, según la forma en que representan los datos, en vectorial y ráster. Un modelo vectorial utiliza puntos y líneas para definir los valores de altura, y el modelo ráster representa esta variable mediante píxeles.

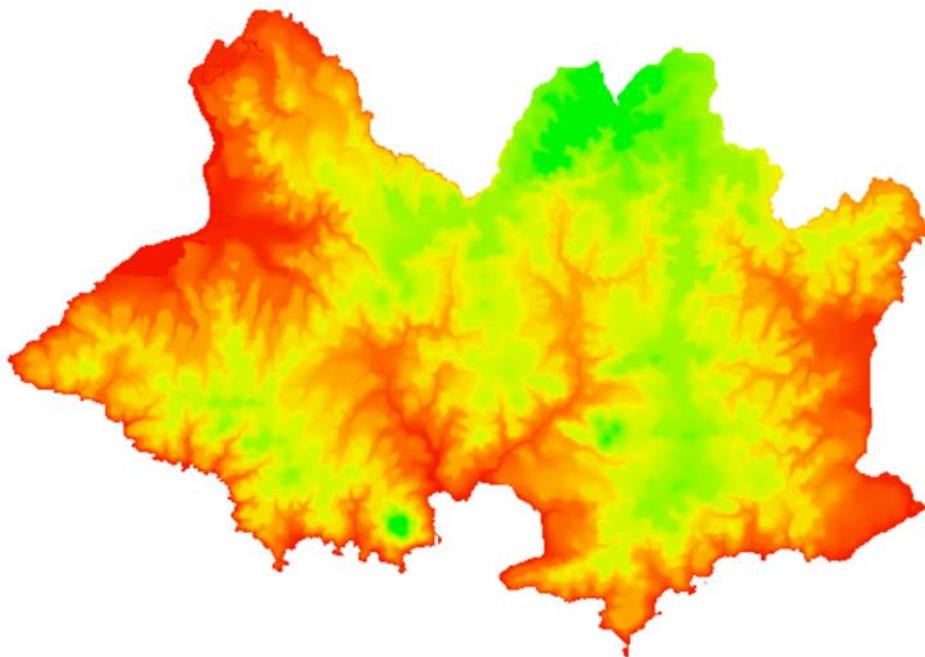
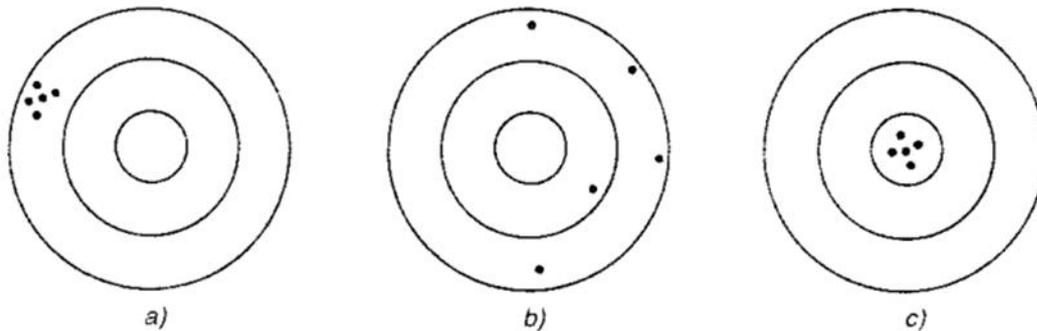


Imagen 6 - Modelo Digital de Terreno de Montevideo. Fuente: RENARE

4.8. *Precisión y exactitud*

Cuando se habla de la precisión de las observaciones se está refiriendo al grado de conformidad o cercanía que existe entre los valores de una serie de observaciones de la misma magnitud. En cambio, cuando se habla de la exactitud se está refiriendo al grado de cercanía del conjunto de observaciones al valor exacto.



Ejemplos de precisión y exactitud: a) los resultados son precisos pero no exactos, b) los resultados no son ni precisos ni exactos, c) los resultados son precisos y exactos.

Imagen 7 - Ejemplos de precisión y exactitud. Fuente: Material teórico del curso de Teoría de Errores
1 - Prof. Danilo Blanco, Liliana Barreto, Rocío López.

4.9. *Posicionamiento RTK (Real Time Kinematic)*

Esta tecnología es el resultado de la evolución de los equipos GNSS desde la aparición de este sistema de posicionamiento, la misma ofrece posicionamiento preciso en tiempo real, es decir, la obtención de coordenadas al momento de la medición. Para que esto sea posible, se debe contar con un enlace que transmita en tiempo real los datos del receptor base al receptor móvil.

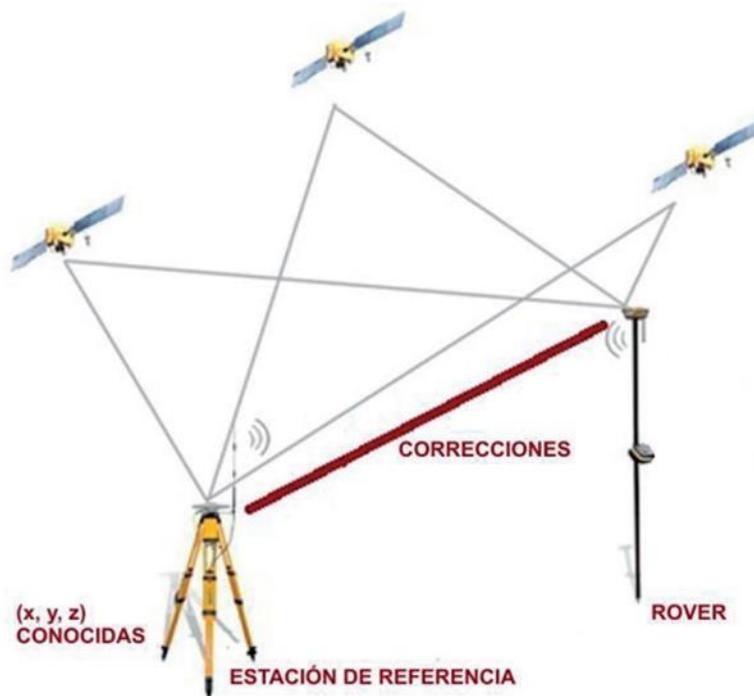


Imagen 8: solución RTK. Fuente: GNSS. GPS: fundamentos y aplicaciones en Geomática..

4.10. PPK (Post Processed Kinematic)

Esta metodología se utiliza para obtener coordenadas más precisas a través de un software de postproceso, para corregir los errores. Al igual que en el posicionamiento RTK, se utilizan observaciones de dos GNSS (base y rover). La principal diferencia es el momento en el que se realiza la corrección de posicionamiento. Como se mencionó anteriormente, la corrección en RTK es en tiempo real, mientras que en PPK, la corrección se realiza posterior a la toma de observaciones.

La ventaja de realizar este procedimiento para la fotogrametría con drones, es que se reduce la cantidad de puntos de control, lo que ahorra tiempo de preparación en campo.

4.11. UAV (Unmanned Aerial Vehicle)

Un dron o UAV (Unmanned Aerial Vehicle) es un vehículo aéreo no tripulado que posee la capacidad de ser reutilizable tras sus vuelos, que es mantenido en el aire mediante motores de propulsión y posee la capacidad de ser controlado, manejado y sostenido en el aire de manera estable.

El origen de los UAV se remonta al siglo XX, donde comenzaron a desarrollarse para proyectos militares, como reconocimiento y ataque durante la guerra.

Debido a los rápidos avances tecnológicos, reducción de costos y las necesidades en diferentes sectores, los UAV comenzaron a expandirse fuera del ámbito militar y fueron adaptados para usos civiles y comerciales. Algunas de las aplicaciones más importantes hoy en día son la fotografía aérea, georreferenciación y topografía, agricultura de precisión, etc.

Regulación en Uruguay

En nuestro país, la regulación del uso de drones está a cargo de la Dirección Nacional de Aviación Civil e Infraestructura Aeronáutica (DINACIA), la cual establece normativas para garantizar la seguridad y el control en el espacio aéreo uruguayo. Debido al avance de esta tecnología en el Uruguay, y al uso cada vez más frecuente de los mismos, es que en el año 2014 se dicta la Resolución N° 291/014 (ver anexo), con el fin de establecer un ordenamiento que garantice niveles aceptables de seguridad en el territorio y un adecuado cumplimiento de la normativa vigente.

Clasificación de UAV en Uruguay

Esta resolución también ofrece una clasificación para los mismos, en función de su peso y tipo de operación.

- Dispositivos Aéreos Operados a Distancia - Menores: hasta 25 kg de peso de lanzamiento.
- Dispositivos Aéreos Operados a Distancia - Medianos: más de 25 kg de peso de lanzamiento y hasta 260 kg de peso vacío inclusive.

- Dispositivos Aéreos Operados a Distancia - Mayores, o Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia (RP AS): más de 260 kg de peso vacío.

4.12. RINEX (Receiver Independent Exchange)

Es un formato de archivo de texto que almacena de manera estandarizada, datos de observación a los satélites de las diferentes constelaciones GNSS. Fue creado por la Universidad de Bern (Suiza) y presentado en marzo de 1989 en una conferencia internacional de geodesia. Este archivo se compone de distintos tipos de archivos con información crucial para el postproceso de los datos. Archivo de observación, que contiene el tiempo GPS, distancia desde el satélite al receptor (pseudodistancia) y fase. Archivo de Navegación, contiene las efemérides de transmisión de los satélites. Archivo de datos meteorológicos, que contiene datos de presión atmosférica, temperatura, humedad.

```

3.03          OBSERVATION DATA   Mixed(MIXED)          RINEX VERSION / TYPE
cnvtToRINEX 3.14.0  convertToRINEX OPR  20241116 143755 UTC PGM / RUN BY / DATE
-----
1
MARKER NAME
MARKER NUMBER
MARKER TYPE
OBSERVER / AGENCY
REC # / TYPE / VERS
ANT # / TYPE
APPROX POSITION XYZ
ANTENNA: DELTA H/E/N
SYS / # / OBS TYPES
SYS / # / OBS TYPES
INTERVAL
TIME OF FIRST OBS
TIME OF LAST OBS
RCV CLOCK OFFS APPL
GLONASS SLOT / FRQ #
GLONASS SLOT / FRQ #
SYS / PHASE SHIFT
SYS / PHASE SHIFT
LEAP SECONDS
# OF SATELLITES

GEODETTIC
GNSS Observer      Trimble
5628R07109          TRIMBLE R8S          5.37
                    TRMR8S              NONE
2922626.9392 -4352874.3372 -3619925.3291
1.6764          0.0000          0.0000
G  6 C1C C2W C2X L1C L2W L2X
R  4 C1C C2C L1C L2C
1.000
2024  7  6  13  17  55.0000000  GPS
2024  7  6  15  10  53.0000000  GPS
0
9 R04  6 R05  1 R06 -4 R07  5 R09 -2 R14 -7 R15  0 R16 -1
R17  4
G L2X -0.25000
R L2C -0.25000
18
21

```

Imagen 9: Encabezado de archivo RINEX. Fuente: elaboración propia.

5. DESARROLLO DEL PROYECTO.

Este proyecto, conlleva varias etapas para poder lograr los objetivos planteados.

En términos generales el trabajo estará separado en las siguientes:

1. Definición de instrumentos a utilizar en este proyecto.
2. Especificaciones Técnicas.
3. Definición de Softwares.
4. Definición del área de actuación.
5. Coordinación y ejecución de los relevamientos.
6. Procesamiento de los datos.
7. Generación de los modelos de pavimento.

5.1. *Definición de instrumentos a utilizar*

Para esta etapa se discute sobre los instrumentales más utilizados para realizar relevamientos viales, por los agrimensores y topógrafos en el mercado laboral actualmente.

Luego de realizar varias consultas a Ingenieros Agrimensores que se encuentran actualmente desarrollando tareas de control y certificación en obras viales, todos coinciden que los receptores GNSS son los equipos más estandarizados y utilizados a la hora de relevar o verificar pavimentos. En varias oportunidades, los profesionales mencionan también el uso de las estaciones totales, pero solamente a la hora de replantear pavimentos con maquinaria automatizada. Además, se decide incluir instrumentos poco convencionales para agregar valor a este trabajo.

Para esto, se contacta a la empresa Uruguay Ingeniería 4D. Esta empresa realiza, en todo el territorio nacional y en la región, relevamientos utilizando sensores LiDAR, tanto terrestres como aéreos, montados en UAV y en avionetas.

Debido a la poca disponibilidad de instrumentos dotados de esta tecnología, se decide utilizar relevamientos realizados anteriormente con el Leica Pegasus Two y el LiDAR aéreo Alpha Air 450, a los efectos de poder incluir sus productos en este proyecto.

Además, dado el creciente uso de dispositivos UAV con cámaras RGB para la generación de modelos de terreno y superficie, decidimos incluir un relevamiento de este tipo para evaluar su calidad.

Luego de este primer análisis, se fija el siguiente instrumental a utilizar:

DJI Mavic 3 Enterprise RTK

Este es un dispositivo UAV del fabricante DJI lanzado en octubre del año 2023.

Es un equipo compacto pero muy eficiente, ya que cuenta con una autonomía de 46 minutos según el fabricante.

Cuenta con la capacidad de trabajar en RTK o PPK según se requiera, para mejorar la calidad posicional de los centros de imagen de su cámara Hasselblad de 20 megapíxeles.



Imagen 10: Mavic 3 Enterprise RTK. Fuente: enterprise.dji.com

Matrice 300 RTK + LiDAR Alpha Air 450

El dron Matrice 300 RTK es del tipo multi rotor, de la línea Enterprise del fabricante chino DJI.

Dentro de esta línea de dispositivos UAV, es de los más avanzados y de mayor porte y se caracteriza por su versatilidad para acoplar diferentes sensores de cientos de fabricantes diferentes.



Imagen 11: Matrice 300 RTK. Fuente: enterprise.dji.com

Para este caso, se utiliza un sensor LiDAR Alpha Air 450 del fabricante chino CHC.

Este equipo integra un sensor IMU (Inertial Measurement Unit) una cámara RGB y un sensor LiDAR, todo en uno.



Imagen 12: Sensor LiDAR. Fuente: chcnv.com

Alpha Air 450 es la nueva generación del sistema LiDAR del fabricante chino CHC. El mismo está preparado para conectarse directamente al dron DJI Matrice 300 a través de su Skyport integrado. Este sistema integra un escáner láser de alto

rendimiento con una cámara de 24 MP y un sistema de navegación inercial de alta precisión para la recogida de datos de calidad.

La alta precisión del IMU permite que el AlphaAir 450 proporcione una precisión absoluta de 5 a 10 cm.

Debido a la avanzada tecnología de calibración y optimización de la nube de puntos, el grosor (ruido de alcance) de la nube de puntos es de sólo un 30% en comparación con otros productos similares, lo que mejora eficazmente la precisión de los datos recogidos.



Imagen 13: Sensor conectado al Matrice 300 RTK. Fuente: chcnave.com

Receptor GNSS Trimble R8s - FULL

Este receptor ofrece la posibilidad de trabajar en RTK mediante radio interna y externa, así como mediante NTRIP con estaciones fijas del instituto geográfico militar.

Está equipado con la tecnología de rastreo de satélites Trimble 360, la cual es compatible con las señales de todos los sistemas satelitales (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou y QZSS), lo que permite al receptor extender su alcance.

A su vez, cuenta con Trimble Access, el cual es un software de fácil manejo e interpretación.

Estos receptores se configuran para almacenar datos rinex en estático para luego realizar los post procesos de las trayectorias de los distintos instrumentos.



Imagen 14: GNSS Trimble R8s. Fuente: Trimble

Leica Pegasus Two

El Leica Pegasus Two es un sistema de escaneo móvil desarrollado por Leica Geosystems. Este equipo utiliza un escáner láser (o varios) en combinación con receptores GNSS, Inertial Measurement Unit (IMU) y un instrumento de medición de distancia (DMI) en una plataforma móvil (vehículo) para adquirir datos espaciales con precisión.

Este dispositivo capta imágenes calibradas y nube de puntos con su escáner láser de alta precisión (lidar), permitiendo el registro de la totalidad de los objetos, debido a la captura con 360° de visión esférica.



Imagen 15: Leica Pegasus two. Fuente: Leica

5.2. Especificaciones técnicas

DJI Mavic 3 Enterprise RTK: Este dispositivo cuenta con una alta resolución en imágenes y videos. Logra una precisión horizontal de hasta de hasta $\pm 1 \text{ cm} + 1 \text{ ppm}$ y una precisión vertical de hasta $\pm 1.5 \text{ cm} + 1 \text{ ppm}$.

DJI Matrice 3 RTK: este UAV permite incorporar el uso de varios sensores, entre ellos el sensor LiDAR. También proporciona una precisión de posicionamiento horizontal de hasta $\pm 1 \text{ cm} + 1 \text{ ppm}$ y una precisión vertical de hasta $\pm 1.5 \text{ cm} + 1 \text{ ppm}$.

Trimble R8s: este receptor GNSS proporciona distintas precisiones en base a la técnica de medición utilizada. Con posicionamiento diferencial, alcanza precisiones horizontales de $0.25 \text{ m} + 1 \text{ ppm}$ y verticales de $0.50 \text{ m} + 1 \text{ ppm}$. En medición estática de alta precisión hasta 3 m en horizontal y 3.5 mm en vertical, y en tiempo real, las precisiones son de 8 mm en horizontal y 15 mm en vertical.

Leica Pegasus Two: este sistema de escaneo móvil ofrece una precisión horizontal de 2 cm y vertical de 1.5 cm , sin necesidad de utilizar puntos de control. A su vez captura datos en 360° mediante 8 cámaras y un sensor LiDAR de alta precisión.

5.3. Definición de Softwares

Para definir los softwares a ser utilizados, se realiza un estudio de todo el flujo de trabajo de principio a fin, de manera de abarcar todos los procedimientos y procesamientos necesarios para lograr los modelos de pavimento a partir de cada uno de los relevamientos con sus respectivas metodologías.

Se entiende apropiado utilizar los siguientes programas:

Trimble Business Center: es un software CAD para topografía, el cual permite transformar los datos de campo de receptores GNSS, estaciones totales, escáneres láser, drones, etc., en información de alta calidad.

Convert to Rinex: Software específico de Trimble para convertir los archivos nativos de observaciones del fabricante (T02, T04) en archivos RINEX manejables en cualquier tipo de software para post proceso de datos.

Klau PPK de Klau Geomatics: es un software que brinda precisión a los mapeos aéreos. Dicho software está personalizado para procesar los datos de los drones DJI, en el modo cinemático post procesado (PPK), para obtener resultados más confiables y precisos que en modo RTK.

Autocad CIVIL 3D: AutoCAD Civil 3D es un software desarrollado por Autodesk, especialmente diseñado para la ingeniería civil y la planificación de infraestructuras. Combina las herramientas de diseño y documentación de AutoCAD con funcionalidades más avanzadas.

Es muy utilizado en el área de la topografía para realizar todo tipo de cálculos y comparaciones entre modelos de superficies de cualquier tipo.

Pix4DMapper: Es un software de procesamiento de imágenes, que permite crear nubes de puntos, ortomosaicos digitales, Modelos Digitales de Superficies, curvas de nivel, realizar cálculos de volumetría, etc.

Global Mapper: Global Mapper es un software de SIG (Sistema de Información Geográfica) desarrollado por Blue Marble Geographics. Es una herramienta versátil que permite visualizar, analizar y procesar una amplia variedad de datos geoespaciales. Es conocido por su capacidad de manejar una gran cantidad de

formatos de datos y por su facilidad de uso, tanto para usuarios novatos como avanzados en el ámbito de los SIG.

5.4. Definición del área de estudio.

Como ya fue mencionado, parte de los datos que se utilizan durante este trabajo comparativo, fueron proporcionados por una empresa uruguaya prestadora de servicios con sensores LiDAR.

De todos los relevamientos ofrecidos por la empresa Ingeniería 4D, se opta por uno realizado en el barrio Manga, en la ciudad de Montevideo, Uruguay.

Lo interesante de este trabajo es que la empresa realizó un relevamiento LiDAR utilizando el equipo Leica Pegasus Two y el sensor Alpha Air 450, en simultáneo.

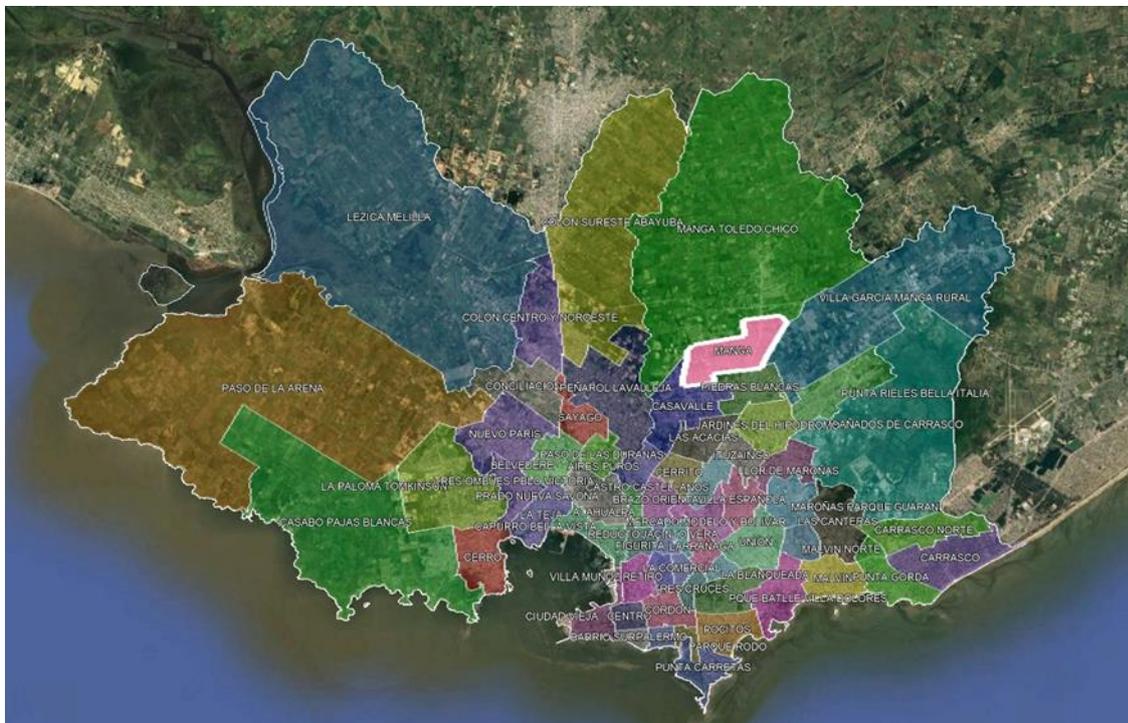


Imagen 16: ubicación de barrio Manga. Fuente: google earth pro

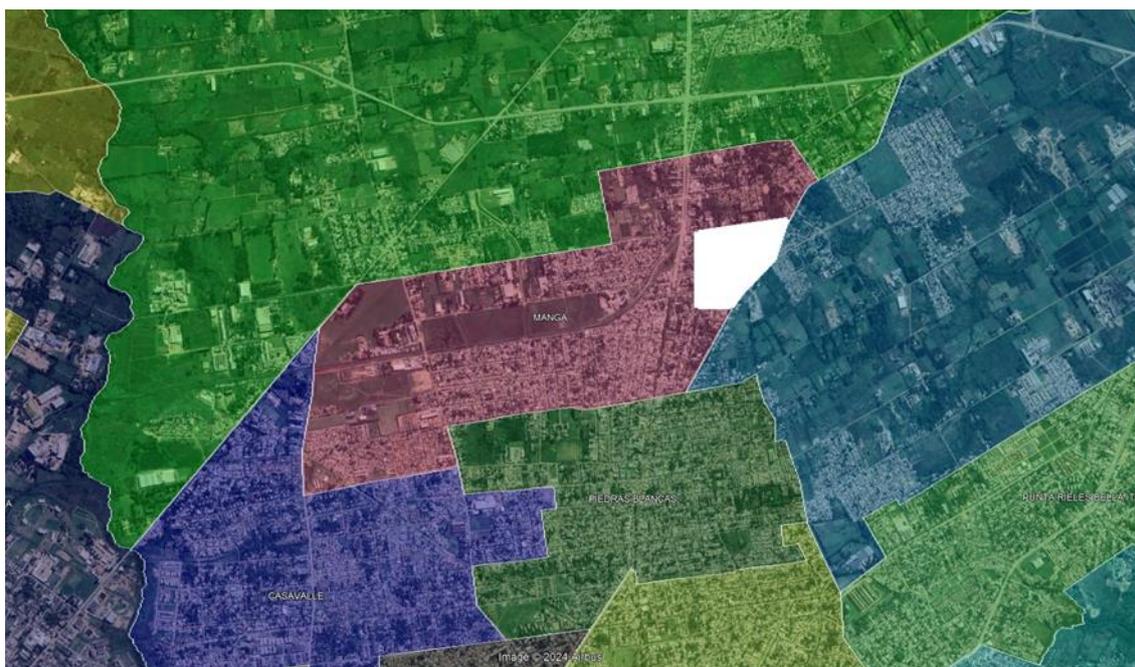


Imagen 17: zona del relevamiento. Fuente: google earth pro

Al tratarse de un relevamiento integral de todo un barrio, se debe acotar el área de interés.

Para esto, luego de revisar meticulosamente el relevamiento, se decide trabajar en dos zonas, donde se distinguen distintos tipos de pavimento.

Zona de Pista

Esta primera área, está centrada en una pista de atletismo, rodeada por la calle Av. de la Alaba que cuenta con un pavimento de hormigón.



Imagen 18: zona del relevamiento. Fuente: elaboración propia

Zona Plaza Pedro Mascaro:

Esta segunda área abarca, en su totalidad, la calle 1271, orientada de Noroeste a Sureste, ubicada muy próxima a la plaza Pedro Mascaro y cuenta con un pavimento de Balasto.



Imagen 19: zona del relevamiento. Fuente: elaboración propia

5.5. Coordinación y ejecución de los relevamientos.

Coordinación

Para realizar la comparación, tarea central de este trabajo, se utilizan cuatro relevamientos sobre los mismos pavimentos, de los cuales, dos de ellos, fueron realizados con anterioridad y proporcionados por terceros, como fue mencionado anteriormente.

Los relevamientos que restan realizar corresponden a los que se ejecutarán utilizando un dispositivo UAV con una cámara RGB y un receptor GNSS.

Cabe mencionar que para ajustar ambos relevamientos proporcionados por Ingeniería 4D se utilizaron los mismos GCP (Ground Control Points) pintados sobre el pavimento.

Estos puntos fotoidentificables, materializados por elementos sólidos y duraderos distribuidos por todo el barrio (Tapas de Saneamiento, Cámaras, Cabezales, etc.), serán también utilizados para ajustar el relevamiento realizado con UAV, de manera de asegurarnos que todos los relevamientos sean compatibles y comparables planialtimétricamente.

Claramente, el modelo calculado a partir de la taquimetría realizada utilizando un dispositivo GNSS se realizará utilizando el mismo sistema de referencia que los puntos de control mencionados anteriormente.

La planificación previa de los relevamientos es una etapa fundamental en el flujo de trabajo. Incluir esto en cualquier tipo de tarea optimiza los trabajos que serán realizados en campo. Además, las tareas de campo, en la mayoría de los trabajos, son las que representan el mayor porcentaje de los costos, por lo que no realizarlas adecuadamente se vería reflejado directamente en las ganancias.

Para este caso, la planificación de los relevamientos de campo es sencilla, ya que la distancia al sitio es corta y los relevamientos son de corta duración.

Como primer paso de esta planificación, tanto para realizar el relevamiento utilizando receptores GNSS como para el relevamiento UAV, se deben identificar en sitio los puntos de control utilizados por la empresa Ingeniería 4D para ajustar sus relevamientos, y los puntos de referencia materializados como base para los relevamientos cinemáticos anteriores.

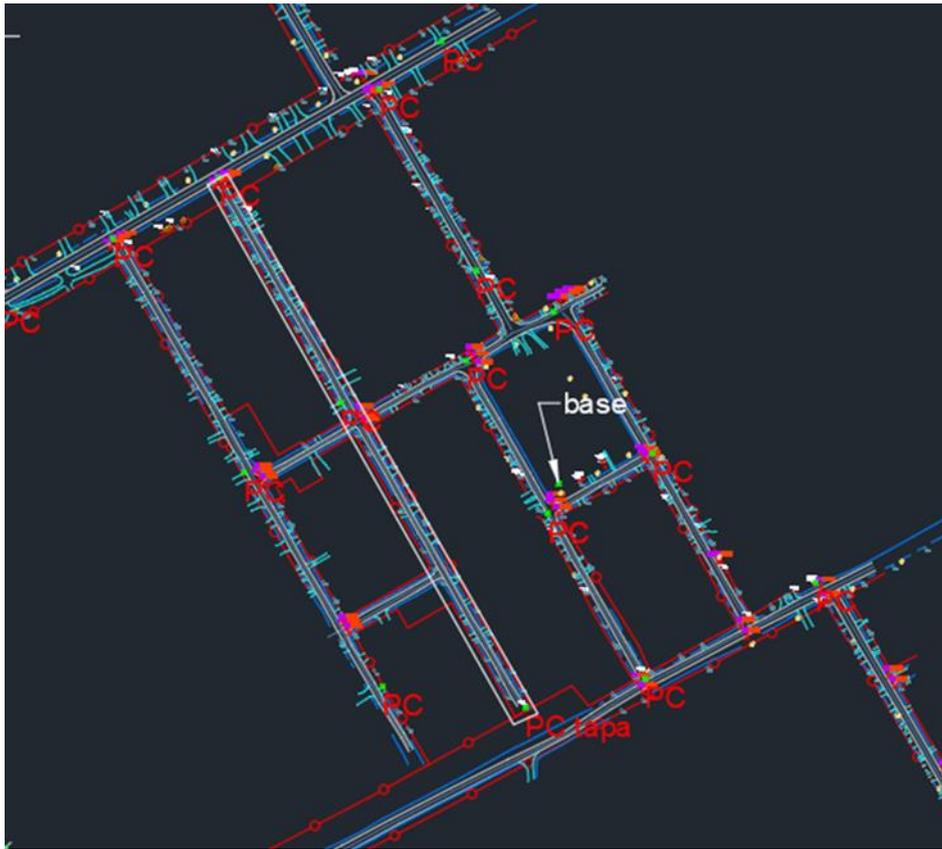


Imagen 20: puntos de control identificados en zona de balasto. Fuente: elaboración propia

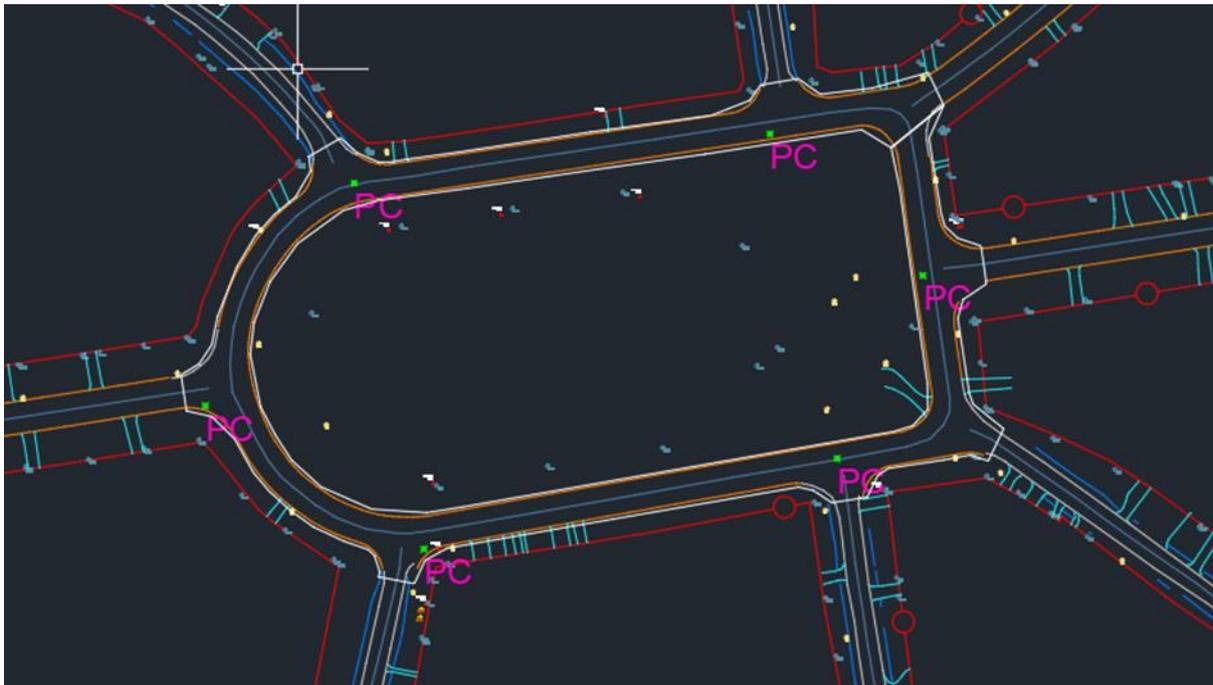


Imagen 21: puntos de control identificados en zona de hormigón. Fuente: elaboración propia

Una vez identificados, y asumiendo que estos puntos fueron colocados para otros relevamientos, se debe evaluar si su cantidad y distribución es suficiente y adecuada para estos nuevos relevamientos topográficos.

Para ambos casos, se entiende que la cantidad y distribución de los puntos de control ubicados por Ingeniería 4D para ajustar sus relevamientos es suficiente para los propios. Igualmente, estando en campo, se debe evaluar la posibilidad de relevar algún otro elemento foto-identificable para utilizar como verificación o posible control.

Para la generación del modelo de pavimento utilizando el receptor GNSS, se identificará el punto materializado más próximo al área elegida de manera de obtener el vector diferencial de menor módulo para todos nuestros puntos, de manera de mejorar la precisión de estos.

Luego de verificados los recaudos con los que se debe compatibilizar el trabajo, de las primeras limitantes que se tienen al realizar relevamientos con drones, son las condiciones climáticas.

Para esto, se consultan varias plataformas gratuitas como Windy o UAV Forecast, (ambas recomendadas por la DINACIA para realizar este tipo de consultas) para decidir el día a concurrir al barrio Bola de Nieve a completar las tareas de campo.

Luego, previo a realizar los relevamientos, al estar incluido un vuelo fotogramétrico en nuestra planificación, se debe verificar en el portal de DINACIA si existe alguna zona prohibida para volar. De así serlo, se debería pedir un permiso expreso presentando toda la documentación habilitante para hacerlo.

La forma correcta de realizar trabajos que impliquen la realización de relevamientos aerofotogramétricos utilizando dispositivos UAV en Uruguay es teniendo una empresa habilitada por este ente como prestadora de servicios aéreos.

Una vez se realiza la inscripción y se está activo en la nómina de empresas registradas, se otorga un usuario y contraseña de acceso a una plataforma llamada Portable UTM donde se deben cargar todos los vuelos previos a su realización de manera de mantener informada a la gente de tránsito aéreo de nuestras actividades.

Además de esta inscripción, quien sea el piloto asignado a la tarea, debe contar con un carné habilitante emitido también por este ente.

» Vuelo	
ID	ce560598-d668-416d-8924-fbfd62f51daf
Piloto	Mauro Arzuaga (mauro.arzuaga)
Vehículos	Matrice 300 RTK-mauro.arzuaga-CX-2022-146: DJI MATRICE 300 RTK (CX-2022-146) - Mauro Arzuaga (mauro.arzuaga)
Tiempo de comienzo	12/12/2022, 7:03:14 p. m.
Tiempo de finalización	19/12/2022, 8:03:14 p. m.
Altitud máxima (en metros)	80
Comentarios de la aeronave	
Número de vuelo	
Estado	CLOSED
Comentarios del vuelo	
Texto libre	

Imagen 22: Solicitud de permiso para realizar los relevamientos en el año 2022.

En este caso, no existen impedimentos para realizar las tareas, siempre y cuando se respete la legislación vigente, que, entre varias cosas, implica realizar los vuelos a un máximo de 120 metros de altura y en condición VLOS (Visual Line of Sight).



Imagen 23: zona del relevamiento a realizar y zona restringida más cercana. Fuente: elaboración propia.

El último paso previo a realizar los relevamientos aerofotogramétricos es la planificación de las trayectorias en sí mismas.

Para este caso, al ser relevamientos cortos, se opta por trabajar con parámetros redundantes en cuanto a los mínimos necesarios para realizar este tipo de trabajos.

Los parámetros elegidos fueron los siguientes para ambos relevamientos:

- Overlap Frontal: 80%
- Overlap Lateral: 80%

- Altura: 60 metros
- Optimización de Elevación: Activado
- Velocidad de Vuelo: 2-3m/s

Estos parámetros son más que suficientes para poder realizar un correcto procesamiento y obtener los resultados con los que se pretende trabajar.

Lo sugerido en trabajos monográficos y por experiencia en cuanto a los mínimos para las superposiciones de las imágenes capturadas, es de un 60%, dependiendo además sobre qué superficie se esté volando.

La orientación de las líneas de vuelo, se programan, a priori, paralelas al lado más largo del polígono a relevar, optimizando así los tiempos de vuelo. La realidad es que luego, en caso de contar con vientos a la hora de relevar, se debe intentar, en la medida de lo posible, de configurar las líneas perpendiculares al mismo, de manera que el esfuerzo realizado por el dron sea constante durante toda la trayectoria.

En cuanto a la altura del relevamiento, de realizarse a 60 metros, se obtiene un píxel de 1.6 centímetros. Por tratarse de un relevamiento urbano, no es seguro volar a menos de esta elevación sobre el terreno, a menos que la DINACIA lo solicite por razones de tráfico aéreo.

Con respecto a la velocidad del vuelo, el sensor permite volar mucho más rápido que 3/ms, ya que cuenta con la capacidad de capturar y almacenar cada una de las imágenes muy rápido. Se elige volar sustancialmente más despacio que el máximo soportado por el equipo, (la duración promedio de los vuelos para estos parámetros es de 3 minutos) ya que se pretende realizar el postproceso de la trayectoria, y al contar con un archivo de observación más largo, ayuda a la interpolación realizada y mejora sustancialmente los resultados en cuanto a la precisión de los eventos.

Al momento de realizar el postproceso de los vuelos, no se utiliza solamente los eventos inmediatamente anteriores y posteriores al que se le pretende calcular las coordenadas, se utilizan varias anteriores y posteriores, por lo que cuanto más información tenga el software para realizar este proceso, más sólida será la solución posicional obtenida.



Imagen 24: zona de vuelo pavimento hormigón. Fuente: elaboración propia.

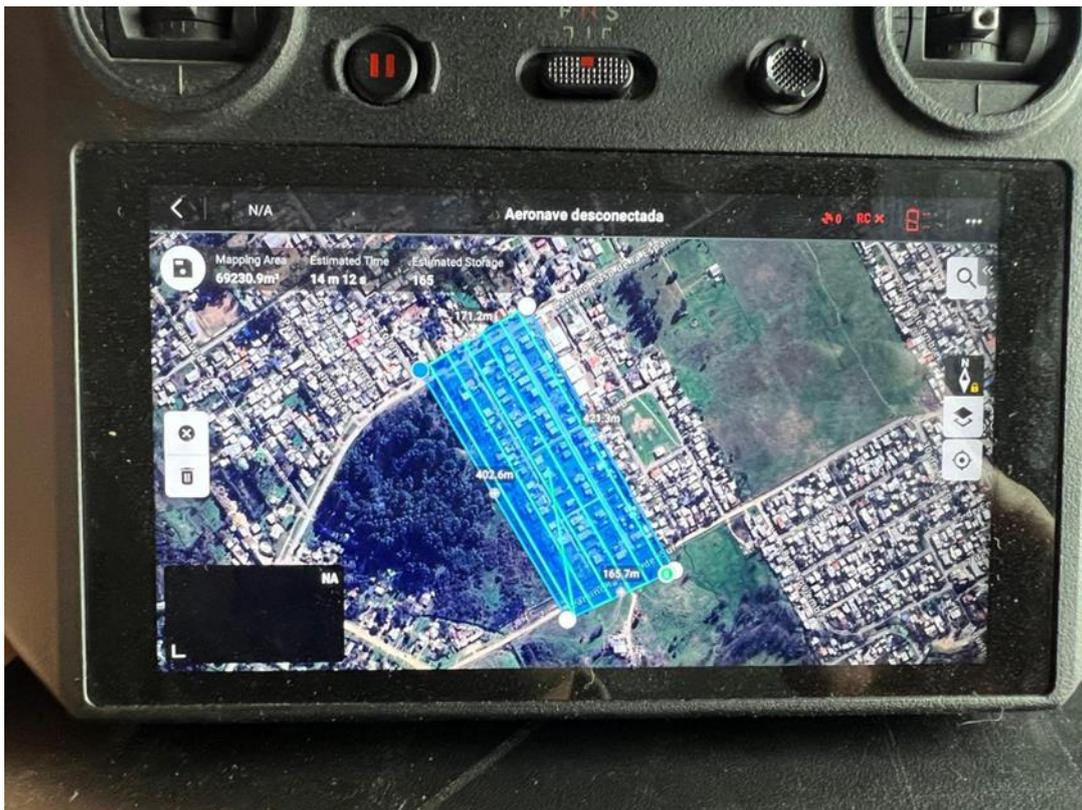


Imagen 25: zona de vuelo pavimento balasto. Fuente: elaboración propia.

Ejecución

Luego de realizada la selección del instrumental a utilizar, de las técnicas, los softwares correspondientes para el procesamiento de los datos, la compatibilización de todos los relevamientos y organizar todas las tareas previas, se procede a ir al campo a realizar los trabajos de relevamiento.

Como primer paso, acorde a lo planificado, se buscan los puntos base utilizados en los relevamientos anteriores para lograr compatibilizar los relevamientos posteriores, y así lograr que tenga sentido la comparación propuesta. Esto se realiza posicionando nuestra base sobre la misma referencia.

De esta manera, midiendo correctamente la altura del receptor base e introduciendo las coordenadas iniciales de ese punto, se está en condiciones de comenzar a relevar.



Imagen 26: base en el lugar de relevamiento. Fuente: elaboración propia

Para la zona de estudio elegida en primera instancia (zona de balasto), al encontrarse muy próxima a la base utilizada por Ingeniería 4D, se decide trabajar con los receptores GNSS utilizando sus radios internas.

Para poder verificar las coordenadas del mojón utilizado por ingeniería 4D, se inicializa el receptor base de tal manera que además de emitir correcciones, almacene observaciones satelitales en un archivo RINEX.

Con este archivo de observaciones, posteriormente, utilizando como coordenadas válidas y oficiales, las que proporciona el Instituto Geográfico Militar, es posible postprocesar la posición del receptor para así conocer las coordenadas absolutas sobre las cuales se estaciona y poder compararlas contra las que se utilizan en tiempo real.

Al llegar al barrio Bola de Nieve a primera hora de la mañana, se nota que la actividad se encuentra bastante reducida con respecto a lo normal, por este motivo, se decide realizar los vuelos fotogramétricos de ambas zonas de trabajo en primera instancia.

Esta decisión se toma más que nada porque este tipo de relevamientos, utilizando drones, suelen ser mucho más llamativos, ruidosos e incluso amenazantes para las personas del entorno a los mismos.

Al tratarse de un entorno urbano, no se precisa determinar, previo al vuelo, en el sitio, puntos fotoidentificables para utilizar como control, ya que existen muchos sitios con estas características como, por ejemplo, cámaras de saneamiento, cabezales, tapas de servicios, etc.

Independientemente de que el alcance del equipo UAV (Matrice 3 enterprise RTK) permitiera realizar ambos vuelos desde un mismo sitio, por un tema de seguridad y regulación aeronáutica, se procede a desplazarse a cada uno de los sitios para realizar los relevamientos.

Previo a ejecutar cada vuelo, se establece comunicación con quien se encuentra en la base, para conocer el estado de la misma, ya que se debe asegurar que ésta se encuentre almacenando observaciones satelitales para posteriormente post procesar la trayectoria del drone.

Luego de realizar ambos vuelos, se recorren ambas zonas para relevar los puntos de control fotoidentificables para ajustarlos. En este recorrido, se encuentran varios vértices bien definidos y con cota homogénea, además de encontrar uno de los puntos de control utilizados en el relevamiento original, el cual se ubica en el vértice de una entrada vehicular a una casa.



Imagen 27: Punto de control del relevamiento original. Fuente: elaboración propia

Luego de culminados ambos vuelos fotogramétricos y de relevados todos los puntos de control para su ajuste, se procede a realizar los perfiles topográficos sobre los pavimentos utilizando el móvil GNSS.

Se comienza por la zona más próxima a la base que cuenta con pavimento de balasto, donde se realizan perfiles 15 metros aproximadamente, a menos que exista algún cambio de pendiente que amerite ser tenido en cuenta para modelar el pavimento.

Además, para tener algún elemento comparativo más, se deciden relevar perfiles transversales con un espaciamiento entre los puntos de unos 10 centímetros.

Un perfil tipo consta de 3 o 4 puntos como máximo, dos en los bordes del pavimento, y uno o dos entre estos dos puntos. La longitud relevada para este caso fue de unos 320 metros aproximadamente.

Posteriormente se continúa con el pavimento de hormigón, ubicado a una distancia de unos 2km de la posición de la base. Al comenzar con el mismo, no se tuvo ningún inconveniente con respecto a la radio entre ambos receptores, pero al cabo de unos minutos, la conexión comienza a fallar, no pudiendo continuar con el relevamiento según lo esperado.

Luego de intentar levantar el receptor lo máximo posible para lograr una conexión estable con el receptor base y no obtener resultados, se decide abandonar esta metodología de relevamiento.

En el sitio, se plantean varias alternativas para continuar con el trabajo tratando de conservar las precisiones dentro de un entorno razonable para poder realizar la comparación, objetivo de estos trabajos topográficos.

Como primera instancia se plantea la posibilidad de trasladar la base hacia otro punto más cercano del sitio donde se realiza el relevamiento, para así asegurar una conexión estable entre ambos receptores. Para realizar esto, se debe anteriormente, vincular ambas bases para mantener y conocer las desviaciones y errores que se obtienen en los puntos que se corrigen con respecto a esta última.

Otra opción, es utilizar el servicio de corrección por internet utilizando NTRIP del Instituto Geográfico Militar. De hacerlo de esta manera, se deben evaluar qué diferencias existen entre los puntos relevados utilizando nuestra base y los que se corrigen diferencialmente por internet.

Además, verificar la distancia a la base más próxima y en qué entorno de precisiones se trabaja utilizando este servicio.

Por la facilidad que tiene la conexión con los caster del IGM, en pocos minutos se verifica que la distancia a la base UYMO es lo suficientemente chica como para lograr una solución fija con buenas precisiones planialtimétricas.

Estas precisiones, son más bajas que las que se obtienen al utilizar el propio receptor base, pero se encuentran dentro de las tolerancias esperadas.

Además de verificar que las precisiones sean aceptables, se tiene consciencia de que el receptor base propio se encuentra almacenando archivos rinex, para luego post procesar su posición con respecto a la misma estación que envía correcciones por internet al móvil.

Esto permite verificar que se utilizan exactamente las mismas coordenadas de la estación fija para ambos procesamientos.

Como precaución, y para tener más elementos de comparación entre ambos tipos de relevamientos, se decide superponer varios perfiles con ambas metodologías para poder controlar las diferencias y que se mantengan dentro de valores aceptables.

Para este caso del pavimento hormigón, el perfil tipo cuenta con 5 puntos, uno en el eje de la calzada, y otros cuatro para la parte de arriba y abajo de los cordones.

Terminado este relevamiento, se está en condiciones de culminar los levantamientos para darle fin a las tareas de relevamiento en campo.

5.6. *Procesamiento de datos*

Como primer paso de esta etapa de procesamiento de datos se debe recabar y unificar toda la información relevada en campo.

Este trabajo se realiza por equipo detallado a continuación:

Mavic 3 Enterprise RTK

Del dispositivo UAV se procede a remover la tarjeta micro sd donde se descargan los siguientes archivos fundamentales para el procesamiento:

- Imágenes navegadas del vuelo acorde a los parámetros definidos antes de volar.
- Archivo RINEX nativo del fabricante DJI (.bin .obs).
- Archivo .MRK con los eventos de cada una de las fotos.

Nombre	Fecha	Tipo	Tamaño
DJI_202407061022_013_BDN1_PPKNAV.nav	6/7/2024 10:28	Archivo NAV	22 KB
DJI_202407061022_013_BDN1_PPKOBS	6/7/2024 10:29	Archivo OBS	6.719 KB
DJI_202407061022_013_BDN1_PPKRAW	6/7/2024 10:24	Archivo BIN	1.288 KB
DJI_202407061022_013_BDN1_PPKRAW.nav	6/7/2024 20:00	Archivo NAV	14 KB
DJI_202407061022_013_BDN1_PPKRAW	6/7/2024 20:00	Archivo OBS	6.757 KB
DJI_202407061022_013_BDN1_Timestamp	6/7/2024 10:27	Archivo MRK	23 KB
DJI_20240706102420_0001_V	6/7/2024 10:24	Archivo JPG	14.147 KB
DJI_20240706102421_0002_V	6/7/2024 10:24	Archivo JPG	14.127 KB
DJI_20240706102422_0003_V	6/7/2024 10:24	Archivo JPG	13.899 KB
DJI_20240706102423_0004_V	6/7/2024 10:24	Archivo JPG	13.667 KB

Imagen 28 - archivos obtenidos a partir del vuelo UAV RGB. Fuente: elaboración propia

GNSS Trimble R8s

- Archivo .job nativo de Trimble con la información de todos los puntos relevados.
- Archivo .T02 de observaciones satelitales nativo de Trimble.

71091881.T02	6/7/2024 19:23	Archivo T02	999 KB
Proyecto.BDN	6/7/2024 19:22	Task Scheduler Tas...	191 KB

Imagen 29 - archivos obtenidos a partir del relevamiento GNSS. Fuente: elaboración propia

Una vez unificada la información se está en condiciones de comenzar con las tareas de procesamiento de gabinete. Para ver en detalle el flujo de trabajo del procesamiento, se sugiere ver anexo.

Procesamiento GNSS

A partir del archivo RINEX anteriormente mencionado, y accediendo a los archivos RINEX de la base UYMO del Instituto Geográfico Militar, se procede a realizar el postproceso, utilizando el software Trimble Business Center, de las coordenadas de

la base. Se obtienen así las siguientes diferencias entre las coordenadas que fueron proporcionadas por la empresa Ingeniería 4D y las coordenadas luego de realizar este post proceso.

COORDENADAS PROPORCIONADAS			COORDENADAS POST PROCESADAS			DIFERENCIAS		
X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
580346,728	6148518,26	46,164	580346,761	6148518,254	46,171	-0,033	0,007	-0,007

Tabla 1 - comparación de coordenadas.

Procesamiento vuelo fotogramétrico

Como tercer paso, se procede a realizar el procesamiento de ambos vuelos realizados.

Como dichos vuelos fueron realizados sin ninguna corrección diferencial con respecto a una base, como el geotag de las imágenes tiene la calidad de navegado (16Q Flag), por lo que se procede a corregirlo en post proceso, utilizando los RINEX del UAV y de la base (ya postprocesado). Para esto se utiliza el Software Klau PPK.

Luego de esto, se procede a utilizar el software Pix4D Mapper para el proceso fotogramétrico. Para esto se utilizan los siguientes archivos: las imágenes del vuelo con el geotag corregido y las coordenadas de los puntos de control relevados.

Como se puede observar en la siguiente imagen, donde aún los puntos de control no están ingresados, y el software reconoce perfectamente la ubicación del punto de control (en este caso el vértice de una cancha de basketball), debido al procesamiento realizado anteriormente.



Imagen 29 - Punto de control en software Pix4D. Fuente: elaboración propia

Una vez culminados los procedimientos fotogramétricos y asignados los puntos de control a las respectivas imágenes del vuelo, se obtiene un archivo .LAS de nube de puntos que es utilizado posteriormente para modelar el pavimento.

5.7. Generación de los modelos de pavimento

Modelo GNSS

Para generar el modelo de pavimento a partir del relevamiento utilizando receptores GNSS, se utiliza el software Autocad Civil 3D.

Este modelo se genera a partir de la interpolación entre los puntos relevados en formato de perfiles transversales a la calzada.

En este programa se pueden unir los puntos generando una malla de triángulos que representa el pavimento.

Para visualizar mejor los relevamientos se utiliza como mapa base, la ortoimagen generada a partir del relevamiento fotogramétrico realizado.

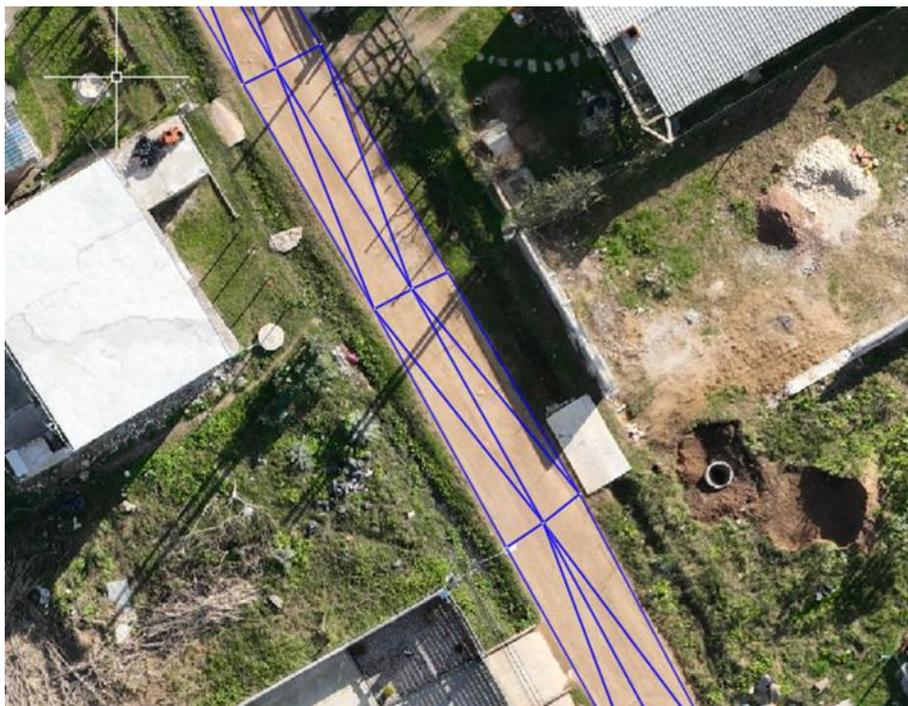


Imagen 30 -Malla de triángulos. Fuente: elaboración propia

Una vez importados los puntos y generada la superficie, se debe verificar que la interpolación esté bien hecha, ya que el programa, por defecto, realiza un modelo que muchas veces es erróneo. Para mejorar aún más los resultados, es indispensable la incorporación al modelo de líneas de quiebre. Estas polilíneas no permiten que se triangule a través de ellas, obteniendo así los resultados deseados para el modelo.

Para este caso en particular, los perfiles están compuestos por tres puntos, por lo que la única breakline que se debe digitalizar y asignar a la superficie es la del eje del pavimento, para que no se realicen interpolaciones de un lado del pavimento al otro, sin pasar por el eje antes.



Imagen 31 - breakline creada en el eje del pavimento. Fuente: elaboración propia

Modelo UAV RGB

Este modelo se realiza a partir de la nube de puntos obtenida en el procesamiento fotogramétrico de las imágenes del dron.

Esta nube contempla absolutamente todos los elementos que están sobre la superficie, por lo que el desafío más grande pasa por el depurado de la misma.



Imagen 32 - Nube de puntos. Fuente: elaboración propia

Como se ve en la imagen, para poder quedarnos solo con los puntos correspondientes al pavimento, se deben depurar todos los elementos que se encuentran sobre el mismo, como contenedores de residuos, árboles, autos estacionados, etc.

Para realizar esta tarea, primero se procede a recortar la nube para trabajar solamente en el área de interés. Luego se disminuye la densidad de puntos y por último, se utiliza el software Global Mapper con su herramienta de clasificación automática de puntos de terreno y una depuración manual para corregir algunas imperfecciones. El resultado es un archivo .xml conteniendo toda la información de los puntos que conforman el modelo.

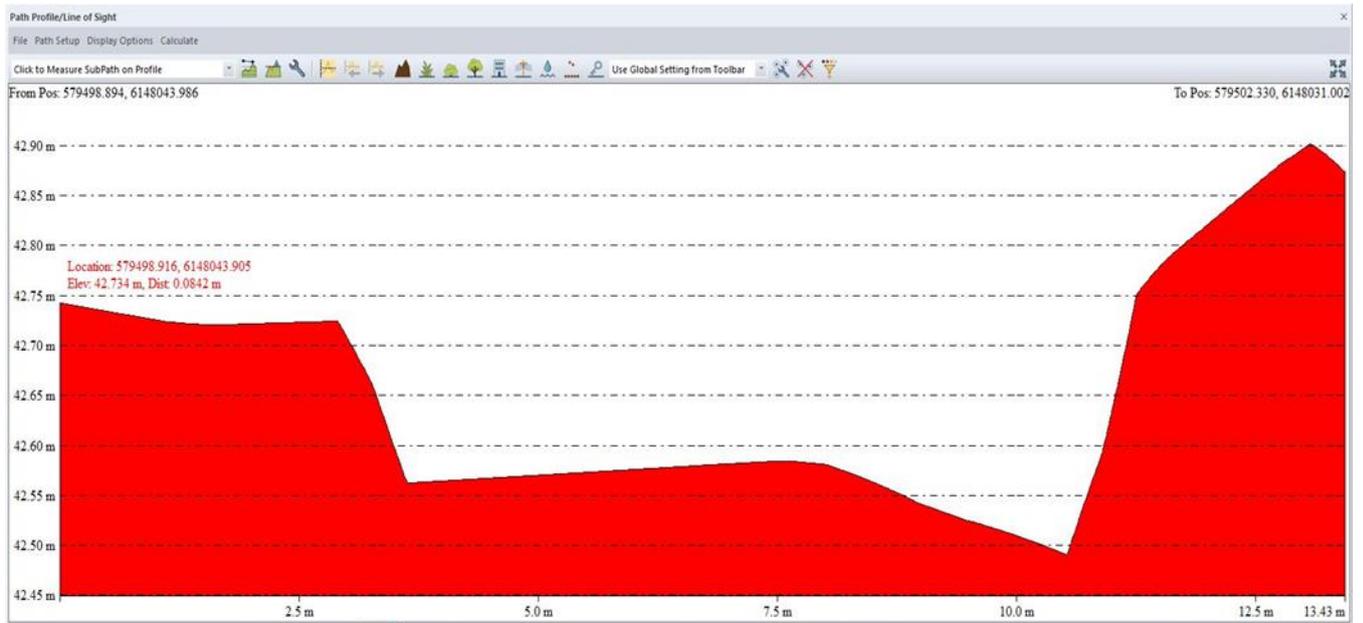


Imagen 33 - perfil transversal al modelo de pavimento generado a partir del relevamiento UAV RGB.

Fuente: elaboración propia.

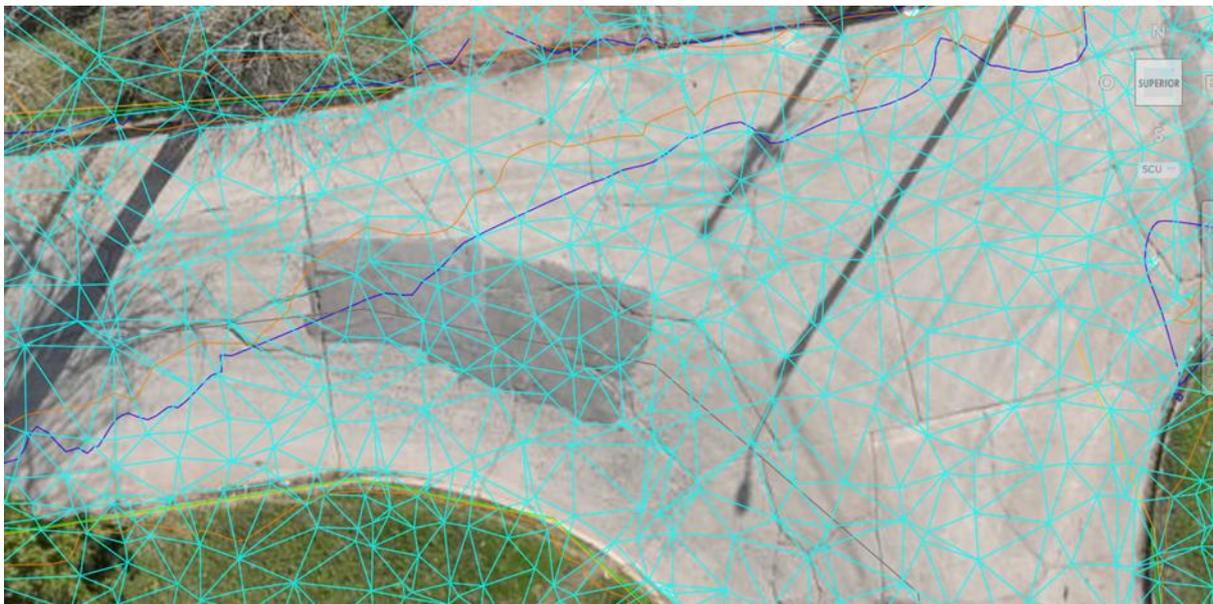


Imagen 34 - Interpolación entre los puntos que generan el modelo. Fuente: elaboración propia

Como se ve en la imagen este tipo de relevamientos generan superficies menos discretas que las que se crean relevando puntos con receptores GNSS, particularmente para este caso, la superficie que modela el pavimento a partir de puntos relevados con el equipo Trimble R8s está compuesta por 180 puntos, mientras que la obtenida con el Mavic 3 Enterprise RTK (UAV RGB) por más de 20.000.

Por último, los modelos generados a partir del escaneo móvil Leica Pegasus Two y el LiDAR aéreo, fueron proporcionados.

6. COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Una vez generados los distintos modelos para los dos tipos de pavimento relevados, se procede a la comparación de estos. Como fue mencionado con anterioridad, se consideran distintas variables, de modo de contar con varios elementos para decidir qué tipo de relevamiento es adecuado para cada situación.

Antes de comenzar con la comparación, es importante destacar que todos los relevamientos realizados tuvieron como objetivo la modelación de los pavimentos y fueron realizados y procesados de manera que sean lo más comparables posibles. Se intenta para todos los casos, independientemente de la técnica, modelar exactamente el pavimento dentro de lo que es un relevamiento típico, con el instrumental correspondiente.

Como fue mencionado anteriormente, y entendiendo que el equipo Leica Pegasus 2 es muy superior en todo aspecto, para el modelado de pavimentos, al resto del instrumental utilizado, se asume esa superficie como absoluta y se evalúan las diferencias del resto de los modelos con respecto a esta última.

Se realizarán dos comparaciones entre los modelos, una altimétrica y otra volumétrica. La altimétrica será dividida en dos etapas, primero considerando todas las superficies en conjunto para evaluar la dispersión entre ellas y luego se comparará cada una, individualmente, contra la generada a partir del levantamiento láser móvil.

Por otro lado, se realizará una comparación volumétrica entre cada una de las superficies y la que es asumida como absoluta.

Comparación altimétrica

Comparación en conjunto

Como primer paso para esta comparación se comienza a digitalizar el eje de la calzada para cada uno de los pavimentos, para así poder visualizar los perfiles longitudinales a lo largo de estas trazas y tener una noción general de la posición relativa entre las superficies.

Para tener cuantitativamente un valor máximo de dispersión entre todas las superficies, se generan dos nuevas superficies paralelas a la generada a partir del levantamiento láser móvil terrestre de manera que el resto queden contenidas.

Comparación Individual

Esta comparación consistirá en comparar longitudinalmente el modelo entre cada uno de los relevamientos contra el modelo absoluto visualizando en las guitarras del perfil las cotas para cada uno de los modelos y las diferencias entre ellos para cada progresiva.

Comparación Volumétrica

Como segunda comparación y aprovechando el potencial de cálculo que ofrece el software Autocad Civil 3D, se realizará una comparación de volúmenes entre cada una de las superficies y la generada a partir del levantamiento láser terrestre.

Se considera que el análisis volumétrico es la mejor herramienta que se puede utilizar para evaluar las diferencias entre los distintos modelos ya que es una comparación continua, que para cada punto de la superficie calcula la diferencia entre los dos modelos.

Para hacer comparables los resultados entre las distintas superficies, se utiliza siempre en Civil 3D, como superficie “base”, la generada con el Pegasus 2. De esta manera todos los valores de terraplén indicarán que el relevamiento está por debajo y los valores de desmonte que el modelo en cuestión está tomando valores más altos.

7. RESULTADOS PARA PAVIMENTO HORMIGÓN

7.1. Comparación altimétrica

Comparación en conjunto

Luego de estudiar altiméricamente las superficies para este pavimento y de varios intentos, se observa que en un rango de ± 5 centímetros centrados en el modelo del Pegasus, se logra contener todas las superficies para los 411 metros de longitud que tiene el relevamiento.

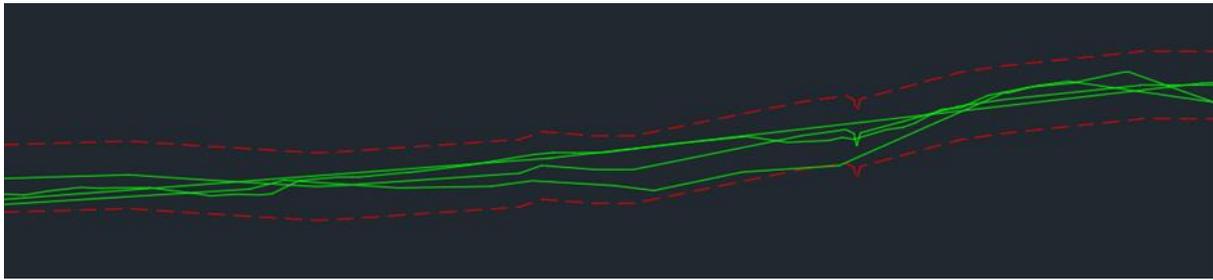


Imagen 35: sector del perfil longitudinal pavimento hormigón. Fuente: elaboración propia.

Es decir, a lo largo de todo el eje, ninguna de las superficies difiere de forma absoluta en 5 centímetros respecto a la superficie de referencia.

Comparación Individual

Relevamiento LiDAR UAV

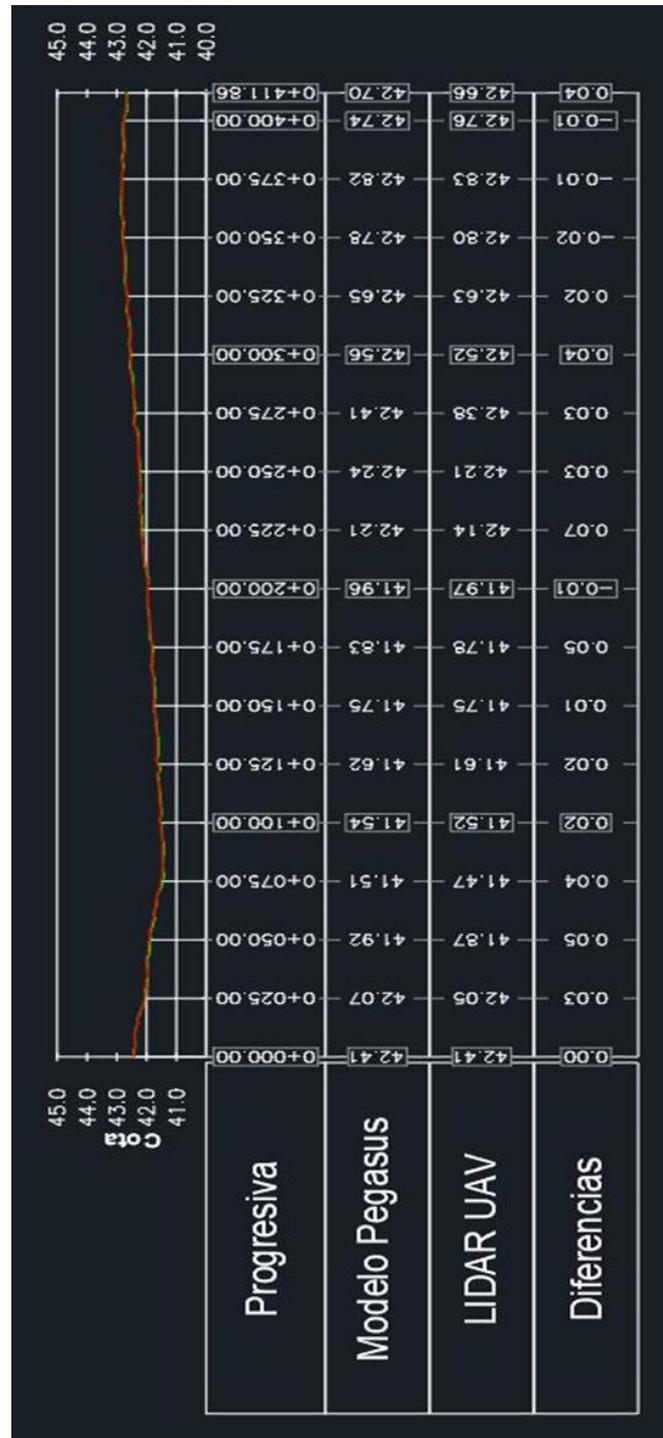


Imagen 36: comparación altimétrica Pegasus - LiDAR UAV en hormigón. Fuente: elaboración propia.

Relevamiento UAV RGB

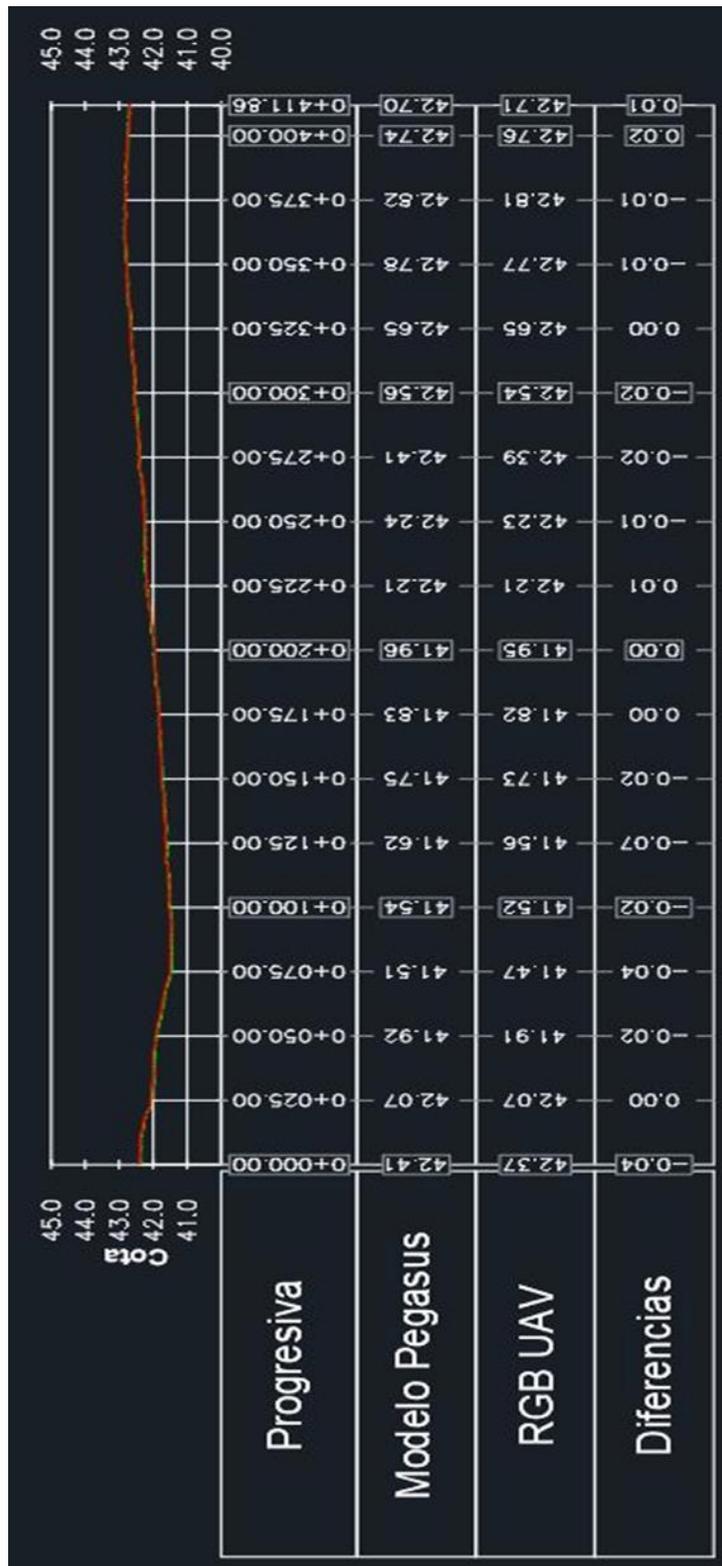


Imagen 37: comparación altimétrica Pegasus - RGB UAV en hormigón. Fuente: elaboración propia.

Relevamiento GNSS

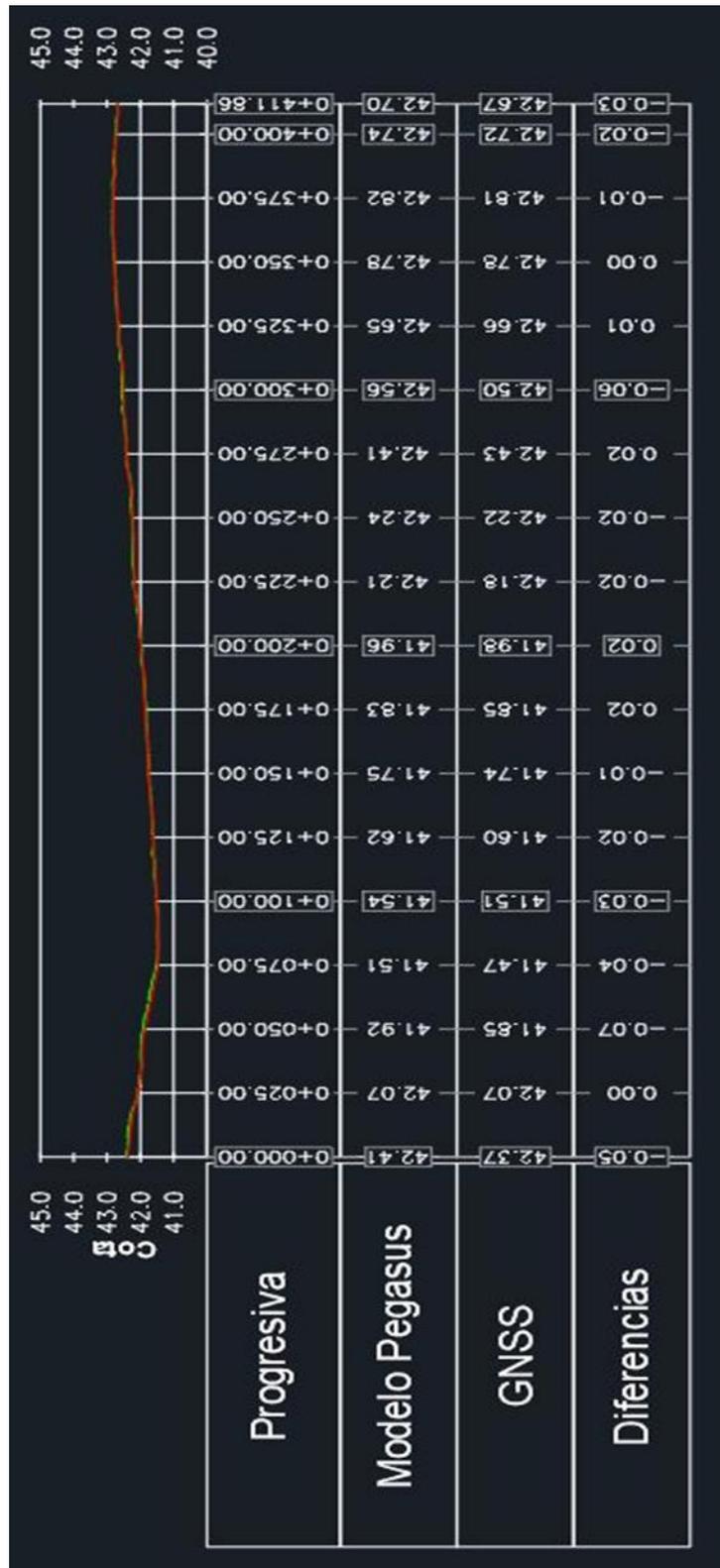


Imagen 38: comparación altimétrica Pegasus - GNSS en hormigón. Fuente: elaboración propia.

7.2. Comparación Volumétrica

Relevamiento LiDAR UAV

Se procede a generar la “superficie volumen” entre el modelo obtenido a partir de LiDAR UAV y la superficie de referencia y se obtienen los siguientes resultados:



Imagen 39: comparación volumétrica Pegasus - LiDAR UAV en hormigón. Fuente: elaboración propia.

Tabla de elevaciones 1			
Número	Elevación mínima	Elevación Máxima	Color
1	-0.63	-0.48	Red
2	-0.48	-0.32	Orange
3	-0.32	-0.05	Light Orange
4	-0.05	0.05	White
5	0.05	0.17	Light Green
6	0.17	0.33	Green

Mediante el software se obtiene que existen 97.44 metros cúbicos donde se encuentra por debajo el relevamiento UAV LiDAR y 44.79 metros cúbicos donde se encuentra por encima de la superficie de referencia.

Teniendo en cuenta que estos cálculos están realizados sobre un área de 4.820 metros cuadrados, estas diferencias son mínimas ya que se corresponden a una diferencia de -0.02 m en promedio por encima, y de 0.01m por debajo, valores totalmente aceptables.

Tabla de volúmenes 1	
Volumen de desmonte	44.79 m ³
Volumen de terraplén	97.44 m ³
Volumen neto	52.65 m ³

Relevamiento RGB UAV

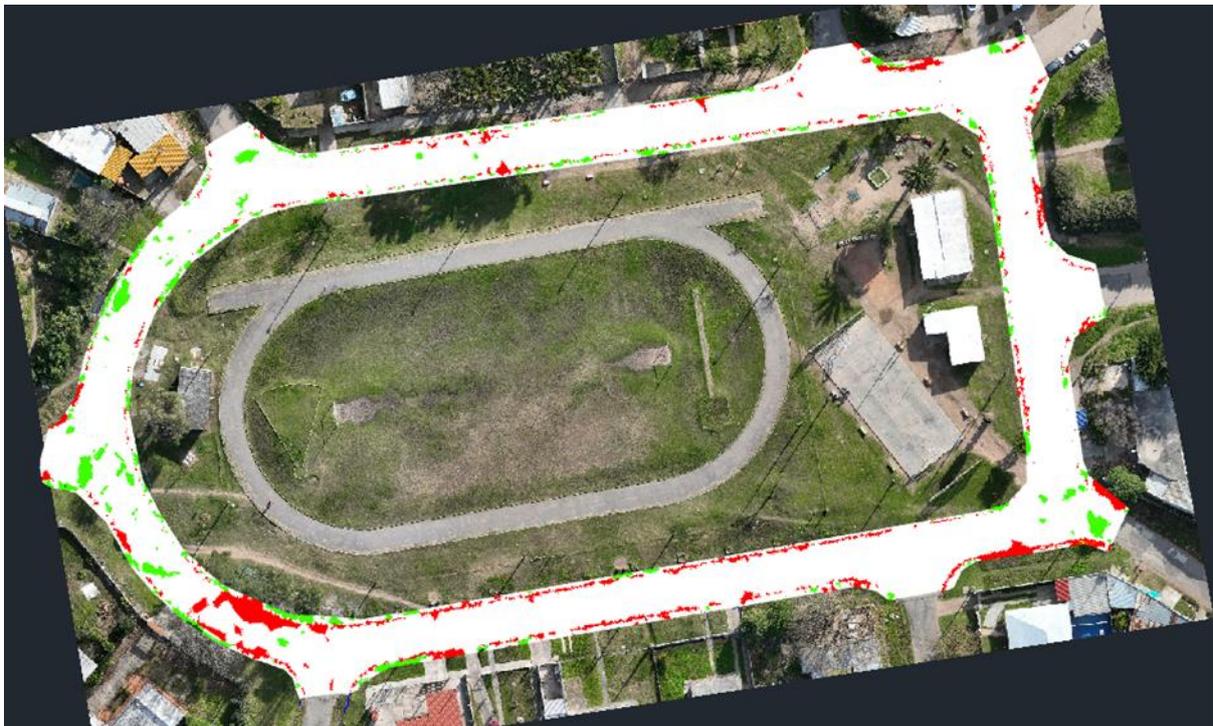


Imagen 40: comparación volumétrica Pegasus - RGB UAV en hormigón. Fuente: elaboración propia.

Tabla de elevaciones 2			
Número	Elevación mínima	Elevación Máxima	Color
1	-0.71	-0.53	Yellow
2	-0.53	-0.34	Orange
3	-0.34	-0.05	Red
4	-0.05	0.05	White
5	0.05	0.20	Light Green
6	0.20	0.38	Dark Green

Tabla de volúmenes 2	
Volumen de desmonte	65.44 m ³
Volumen de terraplén	54.57 m ³
Volumen neto	10.87 m ³

Relevamiento GNSS

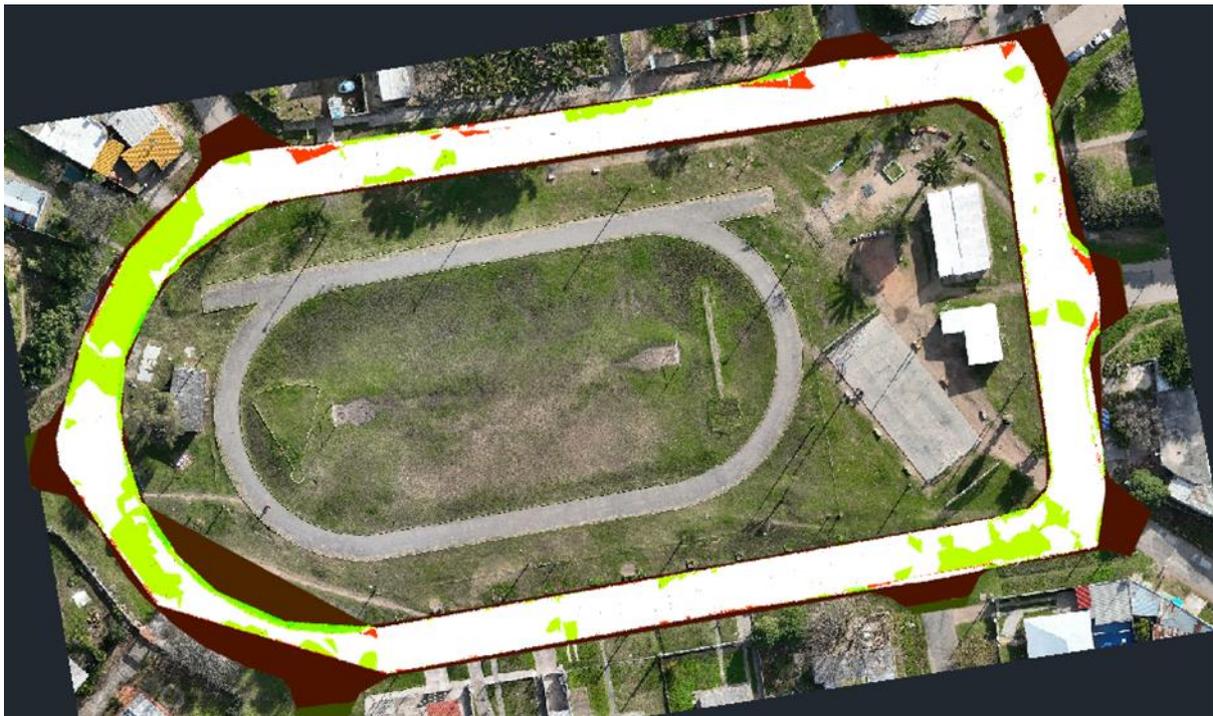


Imagen 41: comparación volumétrica Pegasus - GNSS en hormigón. Fuente: elaboración propia.

Tabla de elevaciones 3			
Número	Elevación mínima	Elevación Máxima	Color
1	-0.28	-0.17	
2	-0.17	-0.06	
3	-0.06	0.05	
4	0.05	0.15	
5	0.15	0.26	
6	0.26	0.37	

Tabla de volúmenes 3	
Volumen de desmonte	16.17 m ³
Volumen de terraplén	105.25 m ³
Volumen neto	89.08 m ³

8. RESULTADOS PARA PAVIMENTO BALASTO

8.1. Comparación altimétrica

Comparación en conjunto

Si bien debido al tipo de pavimento se podrían obtener diferencias mayores que las obtenidas en el relevamiento de la pista de hormigón, luego de visualizar los resultados, se decide utilizar el mismo rango de ± 5 centímetros para comparar las superficies en conjunto. Resultando así una comparación igualmente satisfactoria.

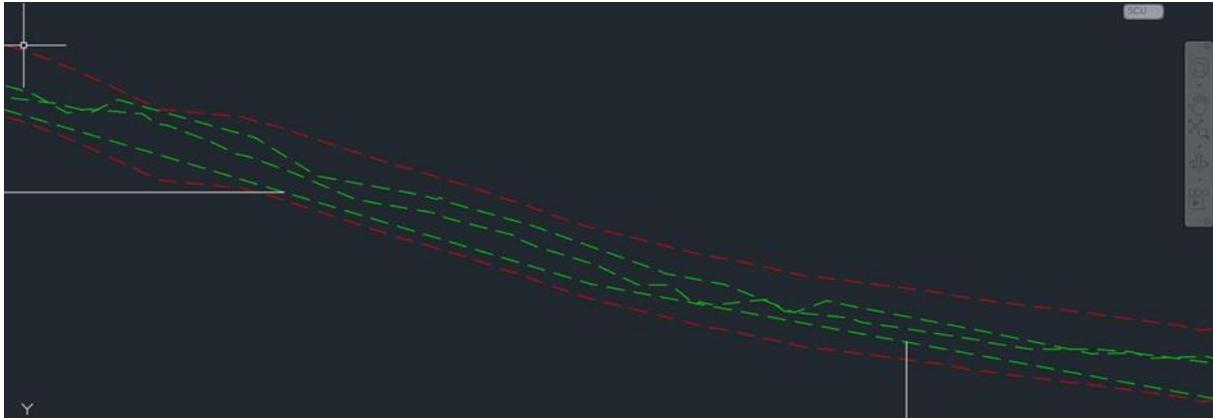


Imagen 42: sector del perfil longitudinal, pavimento balasto. Fuente: elaboración propia.

Comparación individual

Relevamiento LIDAR UAV

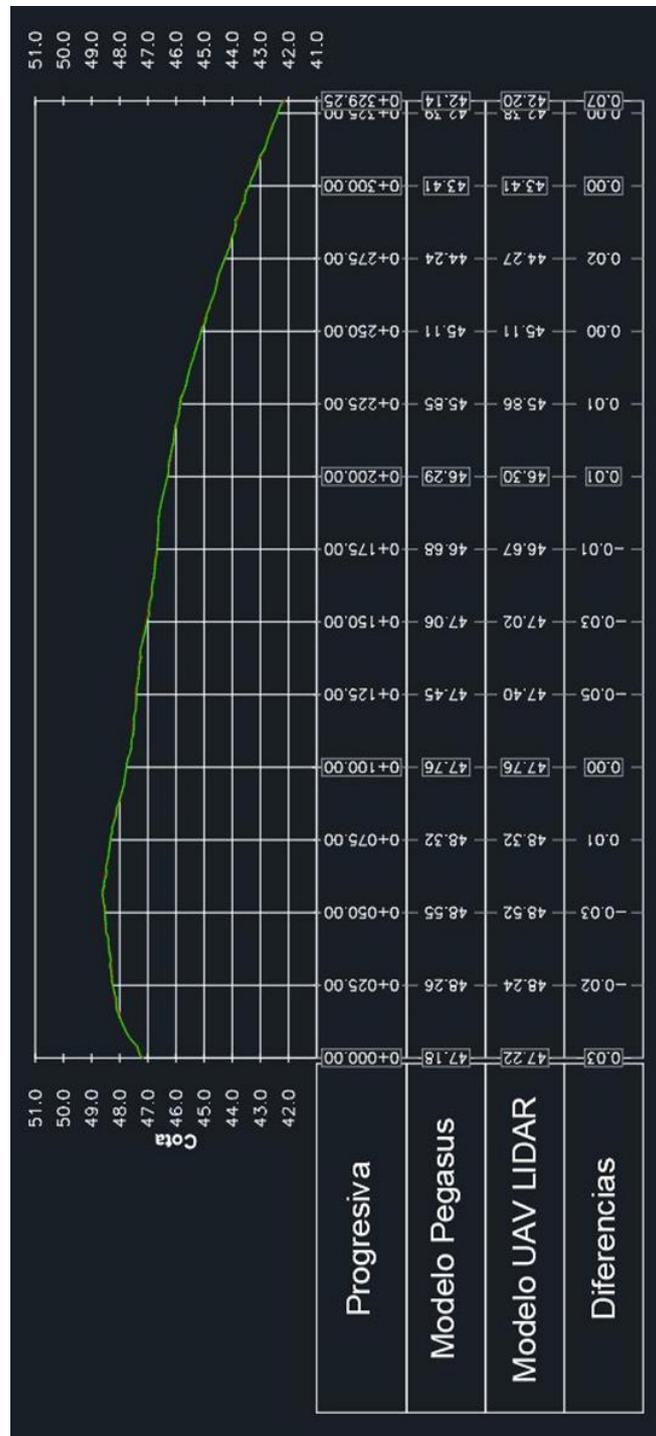


Imagen 43: comparación altimétrica Pegasus - UAV LIDAR en balasto. Fuente: elaboración propia.

Relevamiento UAV RGB

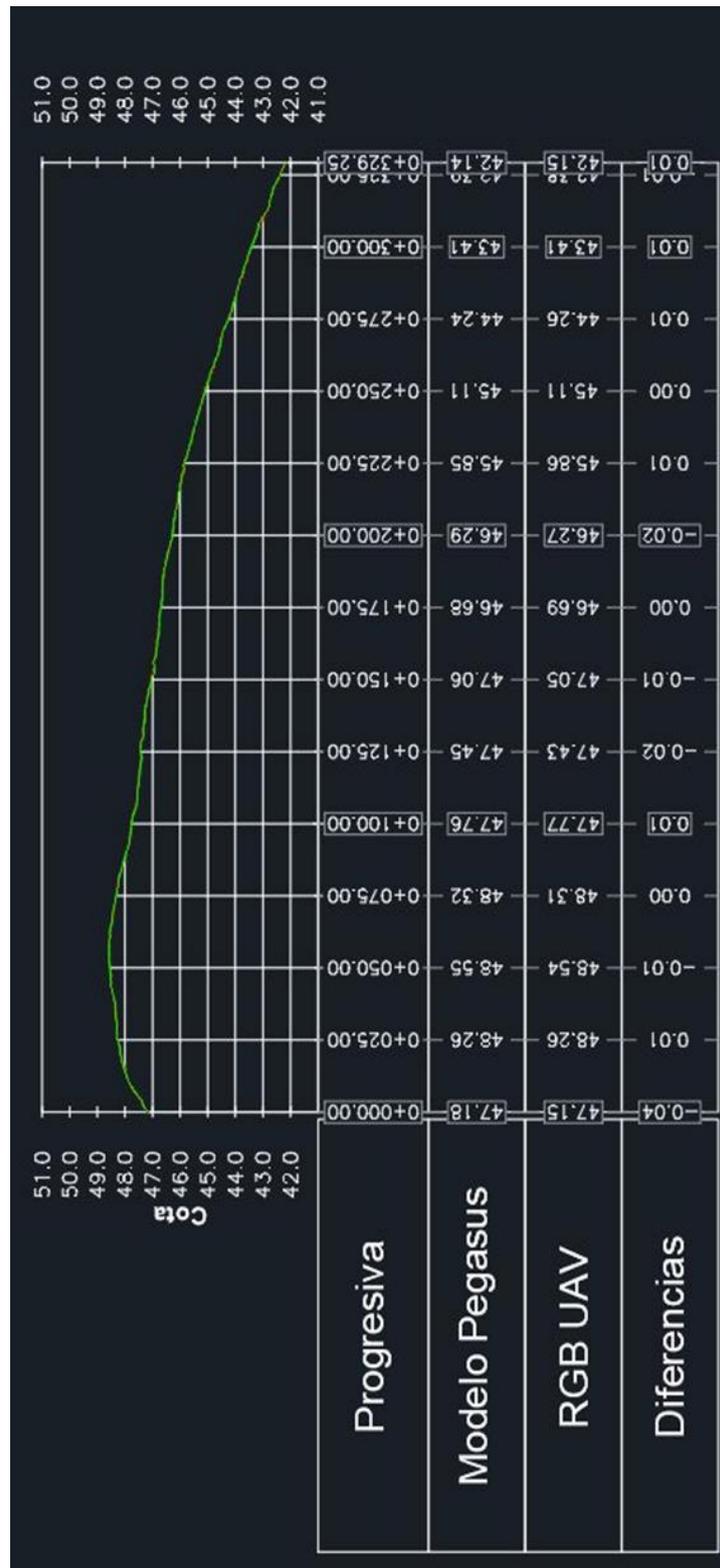


Imagen 44: comparación altimétrica Pegasus - UAV RGB en balasto. Fuente: elaboración propia.

Relevamiento GNSS

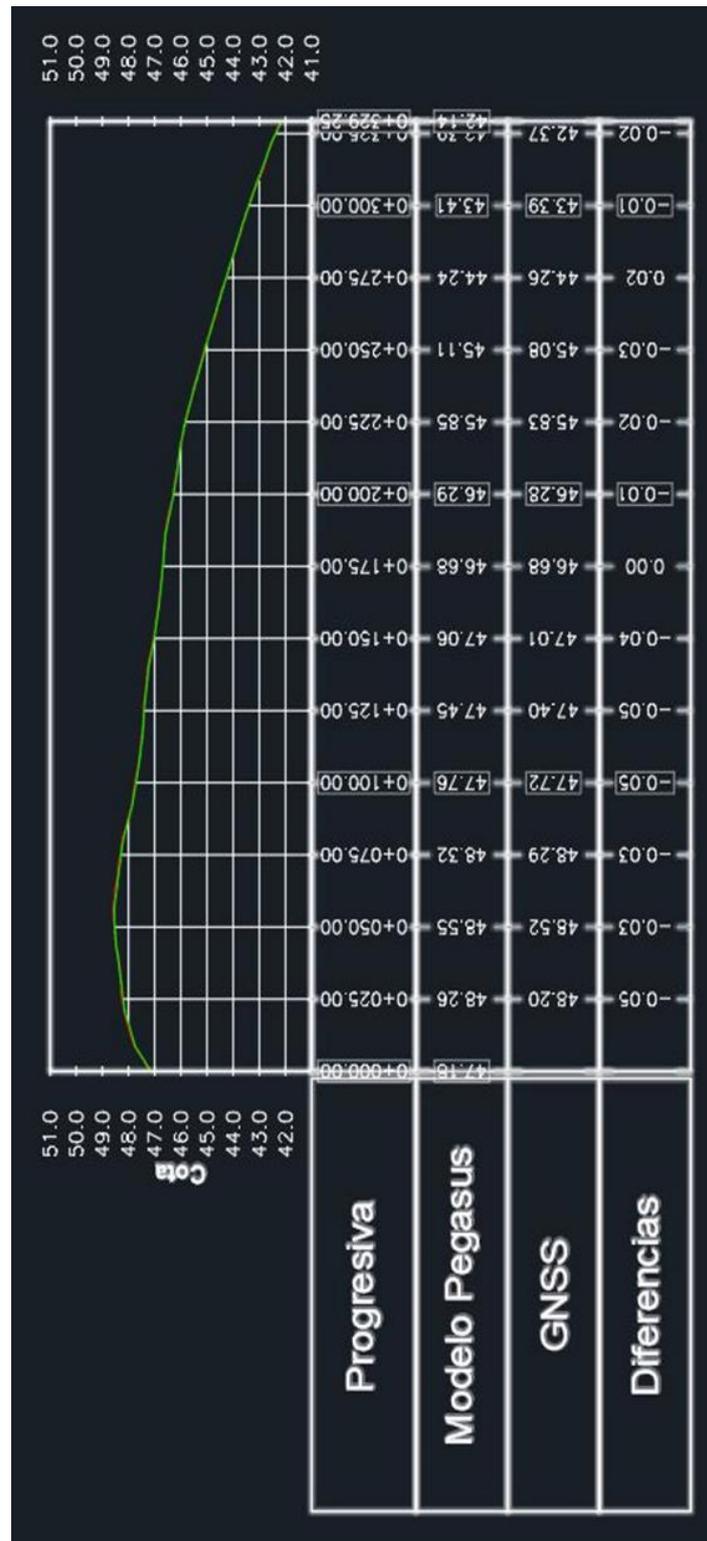


Imagen 45: comparación altimétrica Pegasus - GNSS en balasto. Fuente: elaboración propia.

8.2. Comparación Volumétrica

Relevamiento LIDAR UAV



Imagen 46: comparación volumétrica Pegasus - LiDAR UAV en balasto. Fuente: elaboración propia.

Tabla de elevaciones 4			
Número	Elevación mínima	Elevación Máxima	Color
1	-0.21	-0.14	Red
2	-0.14	-0.07	Orange
3	-0.07	-0.05	Yellow
4	-0.05	0.05	
5	0.05	0.12	Light Green
6	0.12	0.19	Dark Green

Tabla de volúmenes 4	
Volumen de desmonte	14.22 m ³
Volumen de terraplén	11.41 m ³
Volumen neto	2.81 m ³

Relevamiento UAV RGB



Imagen 47: comparación volumétrica Pegasus - RGB UAV en balasto. Fuente: elaboración propia.

Tabla de elevaciones 5			
Número	Elevación mínima	Elevación Máxima	Color
1	-0.83	-0.52	Red
2	-0.52	-0.22	Orange
3	-0.22	-0.05	Yellow
4	-0.05	0.05	White
5	0.05	0.70	Light Green
6	0.70	1.01	Green

Tabla de volúmenes 5	
Volumen de desmonte	301.86 m ³
Volumen de terraplén	64.85 m ³
Volumen neto	237.01 m ³

Relevamiento GNSS



Imagen 48: comparación volumétrica Pegasus - GNSS en balasto. Fuente: elaboración propia

Tabla de elevaciones 6			
Número	Elevación mínima	Elevación Máxima	Color
1	-0.15	-0.08	Red
2	-0.08	-0.05	Yellow
3	-0.05	0.05	
4	0.05	0.13	Light Green
5	0.13	0.21	Dark Green

Tabla de volúmenes 6	
Volumen de desmonte	7.02 m ³
Volumen de terraplén	25.14 m ³
Volumen neto	18.13 m ³

9. COMPARACIÓN DE COSTOS

Como forma de poder comparar los costos relativos a los relevamientos con cada uno de los instrumentales utilizados en este proyecto, se consulta a una empresa de venta y alquiler de instrumental de topografía en Montevideo, además de distintas páginas de alquiler y venta de dichos productos. Al momento de la consulta (agosto de 2024) los costos aproximados de alquiler del instrumental, por día, son los siguientes:

- Alquiler GNSS (Base y móvil): USD 200 por día
- Alquiler DJI MAVIC 3 Enterprise RTK: USD 300 por día
- Alquiler DJI Matrice 300: USD 450 Por vuelo
- Alquiler Leica Pegasus Two: U\$S 5000 por día¹

Cabe resaltar, que el Escáner móvil Pegasus Two, al constituir una tecnología de vanguardia, en el Uruguay su disponibilidad es extremadamente limitada. Actualmente, sólo una empresa en el país cuenta con este equipamiento, lo que destaca su carácter exclusivo. Debido a esto, no es posible establecer un precio estándar para este equipamiento, lo cual hace que respecto a esta variable, sea incomparable al resto del equipamiento utilizado.

Con respecto a los costos de alquiler de los restantes instrumentos, podemos ver que el alquiler del GNSS es el más factible desde el punto de vista del trabajo típico de un agrimensor. Comparando ambos UAV, no notamos diferencias significativas en los productos obtenidos, por lo que no se justificaría en este caso el uso de LiDAR, lo que implica un costo mayor. Claramente esto se da por la zona en donde se está haciendo el relevamiento, ya que, si fuera en una zona con una vegetación más densa, sería de gran ayuda.

¹ Precio de alquiler para Perú <https://grupoacre.pe/equipos-en-alquiler>

10. COMPARACIÓN DE TIEMPOS

En cuanto a la comparación entre tiempo de relevamientos, se tienen en consideración los realizados por cuenta propia, ya que los proporcionados por la empresa Ingeniería 4D, fueron realizados en la totalidad del barrio.

En la siguiente tabla se comparan los tiempos estimados de relevamiento entre el UAV y el GNSS para ambos pavimentos.

Comparación de tiempos de relevamiento		
	HORMIGÓN	BALASTO
Relevamiento UAV	7 minutos	14 minutos
Relevamiento GNSS	25 minutos	20 minutos

Como podemos apreciar, los tiempos de relevamiento con el dron fueron significativamente menores, aunque esto no implica que siempre ocurra así. En nuestro caso, el hecho de realizar los relevamientos en áreas reducidas (4820 m² en hormigón y 1200 m² en balasto), hizo que los vuelos fueran rápidos. Además, el hecho de ser un relevamiento en una zona urbana, implica no tener necesidad de relevar previamente posibles puntos de control, hace que el tiempo implicado en el relevamiento sea netamente el que se utiliza para realizar el vuelo propiamente dicho. Claramente, al realizar el relevamiento con GNSS, al necesitar si o si recorrer toda la zona a estudiar, los tiempos terminan siendo mayores.

También el hecho de haber cambiado la metodología en el medio del relevamiento en la pista de hormigón hizo que el trabajo se retrasara, imprevistos que pueden suceder a la hora de realizar cualquier relevamiento.

Con respecto al procesamiento, el cual incluye el postproceso de los datos como también la generación de los modelos, se trabaja en ellos aproximadamente el siguiente tiempo, teniendo en cuenta que los datos procesados de la base se utilizan luego para ambos procesamientos.

Comparación de tiempos de procesamiento	
Procesamiento de la base	20 minutos
Procesamiento GNSS	30 minutos
Procesamiento UAV	60 minutos

Claramente, el tiempo que implica generar el modelo con GNSS, es mucho menor al del drone, ya que más allá del post proceso de los datos, solo se necesita realizar las breaklines, proceso que, al realizar el relevamiento utilizando códigos, se torna más sencillo.

En cambio, para la generación del modelo con el drone RGB, se trabaja con archivos de mayor tamaño y distintos tipos de softwares que implican un mayor tiempo.

11. CONCLUSIONES

Para obtener conclusiones con respecto a las comparaciones realizadas, primeramente, se analiza el perfil longitudinal, comparado como podemos observar en el rango de ± 5 cm de la superficie obtenida con el Pegasus.

Consideramos que teniendo en cuenta que, entre los relevamientos realizados por la empresa y los propios, pasaron un total de 2 años, es bastante satisfactoria esta diferencia, incluso pudiendo reducir aún más este rango, a riesgo de dejar un porcentaje mayor de puntos por fuera. Sobre todo, con respecto a la superficie del pavimento de hormigón creada con el relevamiento LiDAR, la cual es la que presenta mayores diferencias. Esto puede deberse a la capacidad del software Global Mapper para depurar la nube de puntos y mantener solamente los que fueron sobre el pavimento, ya que, en una primera instancia, realizando una inspección visual de la nube de puntos, el pavimento queda bien relevado, no así el modelo que realizamos.

Con respecto a la comparación volumétrica, para poder visualizar las diferencias, nos aseguramos que uno de los rangos de elevaciones sea el mismo tomado en la comparación altimétrica (± 5 cm), así se puede apreciar que la mayoría de los puntos de la superficie están comprendidos en dicho rango.

Se puede apreciar en la siguiente imagen, en el relevamiento propio, una de las zonas donde se concentra la mayoría de los puntos con mayor diferencia en elevación, es un lugar donde se encuentra vegetación, por lo que es comprensible que el software utilizado no haya clasificado correctamente los puntos en esa zona. Por esto es que podemos ver que las diferencias a simple vista son bastante esclarecedoras visualmente, no habiendo grandes diferencias entre los modelos.

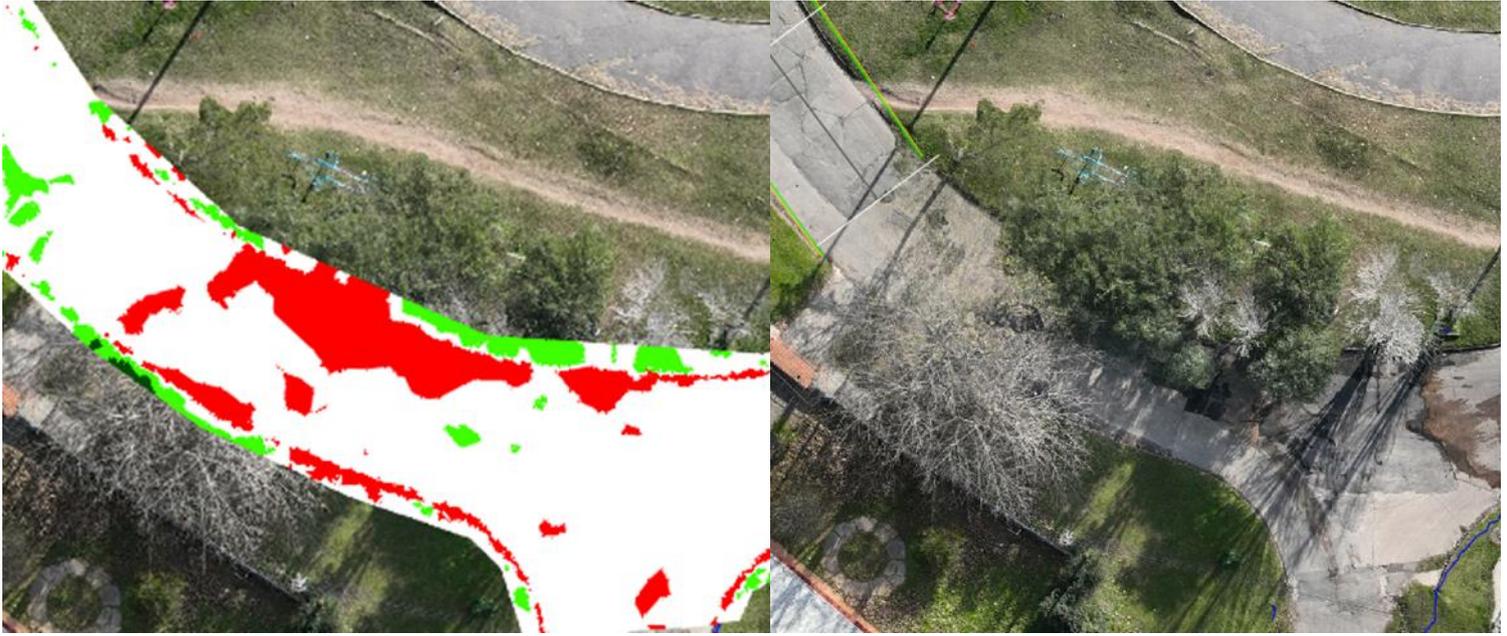


Imagen 49 - Zona de vegetación sobre el pavimento. Fuente: elaboración propia.

Además, existe otra zona de interés particular donde se ven valores de diferencias importantes entre el relevamiento realizado con el Pegasus 2 y el Drone RGB. Para este caso, el modelo generado a partir del Pegasus tomaba valores bajos de elevación.

Al analizar la ortoimagen que generamos, vemos que se trata de una zona baja dentro del pavimento, por lo que esta diferencia podría deberse a la presencia de agua al momento de realizar el escaneo móvil, obteniendo así valores erróneos de los pulsos capturado.



Imagen 50: Zona de máximas diferencias altimétricas entre el relevamiento realizado con el Pegasus y UAV RGB. Fuente: elaboración propia.

Estos datos deberían haber sido depurados al momento de utilizar el software Global Mapper, por lo que comprobamos una vez más que la capacidad del mismo para realizar esta tarea requiere aún mucho trabajo de depuración manual.

Para ver estas diferencias cuantitativamente, se obtienen los volúmenes de desmonte y terraplén, tomando como superficie base la obtenida con el escáner Pegasus.

Para visualizar las diferencias que se obtuvieron entre las superficies, utilizando estos volúmenes obtenidos y sabiendo que el área relevada en el pavimento de hormigón tiene una superficie de 4820 m², podemos calcular cuantos centímetros por encima o por debajo se encuentra cada superficie con respecto a la del Pegasus.

Para esto calculamos “una altura promedio” que representa cada volumen sobre el área, sabiendo que volumen = área x altura.

Superficie	Volumen de desmonte (m ³)	Altura promedio (m)	Volumen de terraplén (m ³)	Altura promedio (m)
LIDAR	44.79	0.009	97.44	0.02
RGB	65.44	0.01	54.57	0.01
GNSS	16.17	0.003	105.25	0.02

Tabla 2 – diferencias para pavimento hormigón.

Como se puede apreciar, no existen diferencias significativas entre las 3 metodologías utilizadas.

De la misma manera, se realiza la comparación para el pavimento balasto, donde el área relevada fue de 1200 m².

Superficie	Volumen de desmonte (m ³)	Altura promedio (m)	Volumen de terraplén (m ³)	Altura promedio (m)
LiDAR	14.22	0.01	11.41	0.009
RGB	301.86	0.25	64.85	0.05
GNSS	7.02	0.005	25.14	0.02

Tabla 3 – diferencias para pavimento balasto.

Podemos apreciar que la mayor diferencia se da con la superficie generada a partir del relevamiento con el UAV RGB. Esta diferencia se condice con lo visto anteriormente, donde en este relevamiento se encuentran las zonas de mayor diferencia altimétrica. A priori, esto tiene sentido al tratarse de un método de relevamiento a partir de imágenes, es decir un método pasivo de relevamiento, no como el LiDAR que emite pulsos activamente para recabar la información. Además, los vuelos realizados, trataron de ser lo más largos posibles en duración para obtener un postprocesamiento más sólido, pero igualmente se trata de sesiones muy cortas por lo que los resultados posicionales de los centros de foto podrían haber afectado a esta diferencia.

Habiendo analizado cada una de las comparaciones anteriores, podemos estar en condiciones de discutir la conveniencia de utilizar cada uno de estos instrumentos.

El uso del escáner Pegasus Two se justificaría en el caso de un relevamiento más extenso, como fue el caso del realizado por la empresa Ingeniería 4D, ya que este tipo de instrumental permite recolectar más datos en una sola pasada, lo que implica una rentabilidad mayor. También disminuye el tiempo en campo y tiene múltiples aplicaciones sin que el tipo de pavimento limite el uso de este. De acuerdo con las especificaciones técnicas obtenidas del fabricante, este escáner tiene una autonomía

de aproximadamente 13 horas operando a velocidades de hasta 40 km/h, lo que implica un estimado de 520 kilómetros de recolección de datos con una carga, algo impensado para un relevamiento con un UAV, donde la autonomía de los mismos ronda los 45 minutos.

Con respecto a la elección entre los distintos UAV analizados, cada uno tiene sus ventajas, que lo hacen adecuados para distintos tipos de relevamientos. Por ejemplo, para proyectos que requieran una mayor precisión y cobertura, el Matrice 300 con el sensor LiDAR es ideal, ya que tiene una mayor capacidad de carga (además de este sensor este UAV está diseñado para llevar distintos sensores, como cámaras multiespectrales, cámaras térmicas, etc.), y una mayor duración de vuelo. Por otro lado, el Mavic 3 Enterprise, debido a su peso ligero, tiene una mejor portabilidad, así como también es más accesible en cuanto a costo, y ofreciendo precisión RTK al igual que el Matrice 300.

Como sabemos, estos UAV son diferentes en el método de captura de datos, ya que el LiDAR es un método directo, mientras que el Mavic 3 utiliza fotogrametría, siendo un método indirecto de captura de datos. Esto tiene sus diferencias a la hora del procesamiento de datos, ya que el LiDAR genera una nube de puntos que proporciona datos en 3D de manera inmediata, mientras que el segundo depende de la captura de imágenes que luego deben ser procesadas para construir un modelo 3D. Esto influye en los tiempos de procesamiento, debido a que el procesamiento de los datos LiDAR consiste principalmente en la limpieza y clasificación de los puntos de la nube, lo que en general es más rápido, dependiendo del tamaño del relevamiento, aunque también requiere más condiciones de hardware y software debido a la gran cantidad de datos que se generan.

Por otro lado, el proceso fotogramétrico puede llevar un tiempo mayor, variando este dependiendo de la cantidad de imágenes y su resolución, y la capacidad del software utilizado para realizar dicho procesamiento.

Además, teniendo en cuenta todo lo mencionado con anterioridad, creemos que para este tipo de trabajos de pequeña y mediana escala, que estamos analizando, el GNSS es el instrumental ideal, debido principalmente a su relación costo – calidad, ya que las precisiones obtenidas en campo fueron milimétricas, y también se pudo comprobar

que las diferencias entre los modelos realizados fueron mínimas, siendo que el modelo generado por el GNSS es infinitamente más sencillo y requiere de mucho menos capacidad de hardware y software.

Este proceso nos permitió aprender sobre todo el flujo de trabajo de cada una de las metodologías utilizadas, evaluando así los puntos fuertes y débiles de cada una, por lo que concluimos que no es correcto descartar ninguna de ellas para el modelado 3D de pavimentos. Aun así, entendemos que existen relevamientos con requerimientos específicos, que serían imposibles de realizar con ciertas tecnologías, por lo que entendemos importante el hecho de saber elegir para cada caso, cuál se adecua más al objetivo de cada tipo de relevamiento. Algún ejemplo de esto, sería por ejemplo resolver el modelado del interior de una manzana que presenta vegetación, esto sería imposible realizarlo utilizando receptores GNSS, drones RGB e incluso un escáner móvil, pero sí muy fácil, en caso de contar con un Drone y un sensor LiDAR aerotransportado.

Además, por ejemplo, para trabajos de recapado no homogéneos de pavimentos, donde el modelo de relevamiento inicial debe ser muy preciso, es imposible realizarlos utilizando drones con LiDAR, receptores GNSS o Drones con sensores RGB, pero si resulta extremadamente sencillo y eficaz utilizando una solución de Mobile Mapping.

Destacamos, además, luego de conversar con varios agrimensores en ejercicio, la importancia de haber realizado el post proceso de todas las trayectorias, bases, y puntos relevados. Notamos que esta práctica no es muy común en el flujo de trabajo habitual de los Ingenieros Agrimensores, y permite verificar duraciones, precisiones y distancias de los vectores diferenciales, pudiendo así tomar decisiones sobre los puntos o resultados obtenidos. Sabemos que, de no haberlo realizado, los resultados no habrían sido comparables directamente y todo este análisis no hubiera sido posible.

12. ANEXOS

12.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL INSTRUMENTAL UTILIZADO

Mavic 3 Enterprise RTK².

Cámara y Sensor:

Está equipado con una cámara Hasselblad de 20 megapíxeles con un sensor CMOS de 1 pulgada.

La cámara puede grabar vídeo en resolución 5.1K a 50 fps, 4K a 120 fps o en 1080p a 120 fps.

Sistema de Posicionamiento RTK:

Utiliza un sistema RTK de alta precisión para mejorar la precisión del posicionamiento en tiempo real.

Es compatible con las constelaciones Galileo, Beidou, Glonass, GPS.

Esta tecnología permite una precisión de posicionamiento horizontal de hasta ± 1 cm + 1 ppm y una precisión vertical de hasta ± 1.5 cm + 1 ppm.

Tiempo de Vuelo y Alcance:

El tiempo máximo de vuelo del Mavic 3 Enterprise RTK es de hasta 45 minutos, dependiendo de las condiciones de vuelo.

Puede abarcar un área máxima de 200 hectáreas en un solo vuelo.

Tiene un alcance máximo de transmisión de video de hasta 15 km (sin obstáculos).

Precisión del Controlador:

El controlador del Mavic 3 Enterprise RTK también cuenta con un receptor GNSS RTK para una precisión de posicionamiento mejorada.

² Fuente: <https://enterprise.dji.com/mavic-3-enterprise/specs>

GNSS:

GPS+ Galileo + BeiDou + GLONASS.

Matrice 300 RTK³

Cámara y Sensores:

El Matrice 300 RTK es compatible con una variedad de cámaras y sensores, incluyendo el Zenmuse H20, H20T, y L1.

Sistema de Posicionamiento RTK:

Proporciona una precisión de posicionamiento horizontal de hasta $\pm 1 \text{ cm} + 1 \text{ ppm}$ y una precisión vertical de hasta $\pm 1.5 \text{ cm} + 1 \text{ ppm}$.

Tiempo de Vuelo y Alcance:

El tiempo máximo de vuelo del Matrice 300 RTK es de hasta 55 minutos, dependiendo de las condiciones de vuelo.

Tiene un alcance máximo de transmisión de video de hasta 15 km (sin obstáculos).

GNSS

-GPS + GLONASS + BeiDou + Galileo.

Trimble R8s⁴

Este receptor GNSS ofrece distintas precisiones en base a las técnicas utilizadas:

- posicionamiento GNSS diferencial de código: precisión horizontal: $0.25 + 1 \text{ ppm}$. precisión vertical: $0.50 \text{ m} + 1 \text{ ppm}$.
- Medición GNSS estática:
de alta precisión: horizontal 3 mm y vertical 3.5 mm.

³ Fuente: <https://rmsgeoespacial.com/producto/dron-matrice-300-rtk-marca-dji-paquete-1/>

⁴ Fuente: <https://www.allterra-iberica.es/wp-content/uploads/2019/05/ficha-tecnica-gnss-r8s-allterra-iberica.pdf>

rápida: horizontal 3 mm y vertical 5 mm.

- Medición GNSS cinemática con posprocesamiento: (PPK): Horizontal 8 mm y vertical 15 mm.
- Medición cinemática en tiempo real (RTK): horizontal 8 mm y vertical 15 m.

Leica Pegasus Two⁵

Precisiones:

Proporciona una precisión horizontal de 2 cm y una precisión vertical de 1.5 cm (sin puntos de control).

Sensor cámara:

Cuenta con un total de 8 cámaras, con una resolución de 265 M píxeles/segundo y una cobertura de 360° x 270°.

Tiempo de funcionamiento:

El tiempo de funcionamiento típico de este sistema con escáner incluido es de 13 horas a velocidades de hasta 40 km/h, con un tiempo de carga de 11 horas como máximo.

GNSS: GPS + GLONASS + Galileo + BeiDou.

⁵ Fuente: https://leica-geosystems.com/-/media/files/leicageosystems/products/datasheets/leica_pegasustwo_ds.ashx?la=en

12.2. PROCESAMIENTO DE DATOS

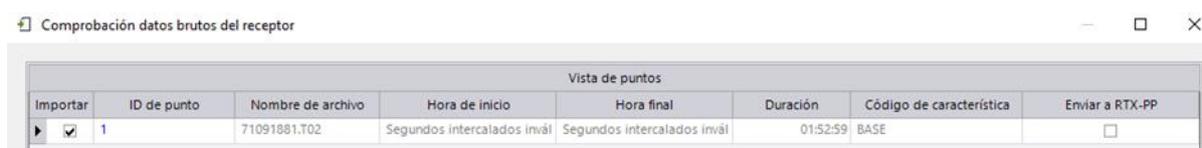
Procesamiento GNSS

Para comenzar, se procede a proporcionarle coordenadas absolutas, a modo de comparación, a la base fija propia, posicionada sobre el mismo mojón utilizado por Ingeniería 4D.

Para esto, conociendo que el sistema altimétrico del relevamiento es el cero Wharton, se realiza el post proceso de manera que la base de Montevideo asigne coordenadas absolutas a nuestros puntos.

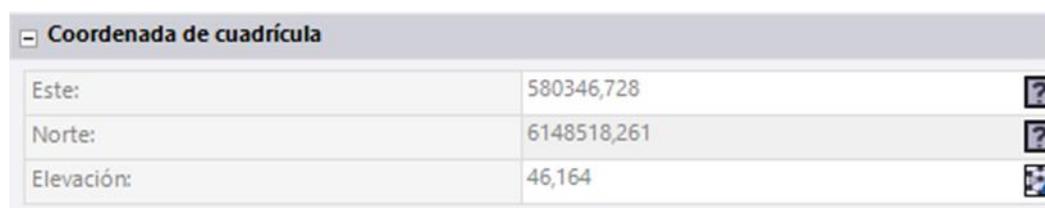
A priori, no se tiene conocimiento de sí esta metodología de asignación de cero al relevamiento fue la misma que fue utilizada por la empresa en su momento, por lo que los resultados obtenidos serán para tener una estimación inicial y no para sacar conclusiones determinantes.

Para esta comparación se procede a insertar en el software Trimble Business Center el rinex obtenido del receptor en formato T02.



Importar	ID de punto	Nombre de archivo	Hora de inicio	Hora final	Duración	Código de característica	Enviar a RTX-PP
<input checked="" type="checkbox"/>	1	71091881.T02	Segundos intercalados invál	Segundos intercalados invál	01:52:59	BASE	<input type="checkbox"/>

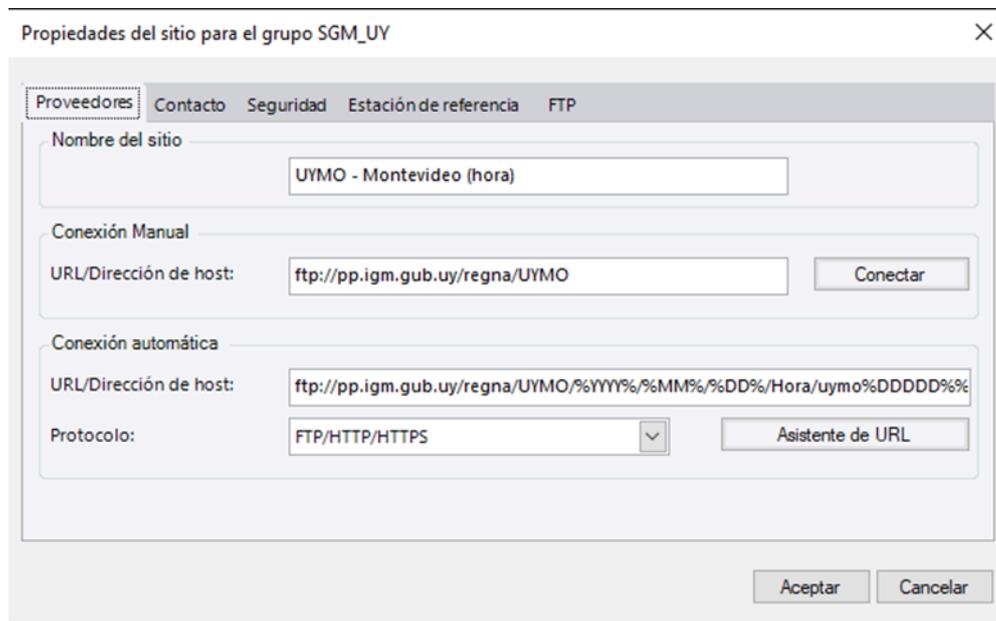
Al importar el archivo RINEX se puede verificar las coordenadas que se utilizaron para la corrección en tiempo real de los puntos relevados, para este caso, se estaba posicionado sobre un punto conocido, por lo que este paso es relevante, para poder verificar que hayan sido bien importadas.



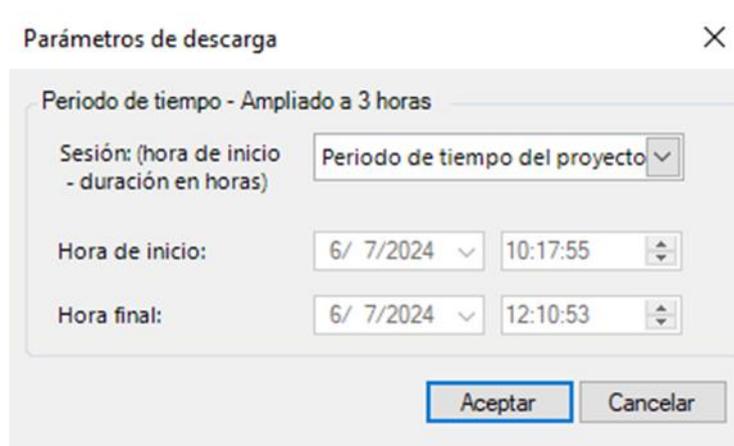
Coordenada de cuadrícula	
Este:	580346,728
Norte:	6148518,261
Elevación:	46,164

Luego, se debe acceder a los archivos RINEX de la base más próxima del IGM (UYMO para este caso) y proceder a realizar el postproceso, a modo de verificación primaria de las coordenadas que fueron proporcionadas. Existe la posibilidad de generar un archivo .xml para cargar en Trimble Business Center para que el software

permita acceder directamente al FTP del IGM y reconocer y descargar automáticamente los rinex (separados por hora) del intervalo de tiempo en el que fueron realizados los relevamientos, facilitando así el proceso.



Se verifican que los parámetros para acceder al FTP del IGM sean correctos y que los directorios estén bien asignados, y se procede a que el software identifique el período de tiempo, acceda a estos archivos y los importe en nuestro proyecto.



A continuación, se verifica que sea coherente la cantidad de archivos descargados (3) y los tiempos de inicio y fin, para tener la certeza de que la información sea correcta.

UYMO - Montevideo (hora)	
Nombre de archivo	Acción
▶ uymo188n.24o (uymo188n.rnx.zip)	Importar
uymo188n.24n (uymo188n.rnx.zip)	Importar
uymo188n.24g (uymo188n.rnx.zip)	Importar
uymo188o.24o (uymo188o.rnx.zip)	Importar
uymo188o.24n (uymo188o.rnx.zip)	Importar
uymo188o.24g (uymo188o.rnx.zip)	Importar
uymo188p.24o (uymo188p.rnx.zip)	Importar
uymo188p.24n (uymo188p.rnx.zip)	Importar
uymo188p.24g (uymo188p.rnx.zip)	Importar

Como próximo paso, al contar con los archivos de observaciones para las mismas horas de ambas bases, se procede a asignarle a la base UYMO ubicada en el cerro de Montevideo, las coordenadas en el sistema planialtimétrico deseado, UTM21S/WGS84 - Cerro Wharton para este caso.

Para obtener esta información, se realiza una consulta formal al Capitán Julio Texeira, jefe de la división de Geodesia Topografía, la cual está encargado de la C.O.R.S (Continuous Operating Reference Stations) del IGM.

El mismo nos proporciona un documento oficial donde figuran todas las coordenadas actualizadas de todas las bases fijas, entre ellas, la de Montevideo.

ESTACION	DEPARTAMENTO	DOME NUMBER	RECEPTOR	ANTENA	LATITUD	LONGITUD	ALTURA ELIPSOIDAL	ALTURA NMIM	UTM_X	UTM_Y
UYAR	Artigas	42312M001	LEICA GR10	LEIAR20 LEIM	30°24'42.2973" S	56°29'26.4521" W	146,487	132,208	548918,888	6636477,997
UYBA	Antarida	66017M001	LEICA GR10	LEIAR20 LEIM	62°11'04.2600" S	58°54'09.0770" W	33,176	12,996	400964,509	3103810,831
UYBU	Artigas	42325M001	TPS NET-G5	TPSCR G5 TPSH	30°15'13.1147" S	57°36'09.0706" W	74,311	59,303	442036,172	6652964,889
UYCL	Cerro Largo	42309M001	LEICA GR10	LEIAR20 LEIM	32°21'56.6690" S	54°12'50.4974" W	134,706	120,960	762144,518	6415610,040
UYCO	Colonia	42310M001	LEICA GR10	LEIAR20 LEIM	34°27'46.7599" S	57°50'07.3740" W	49,373	33,337	423274,389	6186190,269
UYDU	Durazno	42305M001	LEICA GRX 1200 PRO	LEIAX1203+GNSS NONE	33°18'57.1923" S	55°36'08.7636" W	164,944	149,093	630092,709	6312821,370
UYFD	Florida	42313M001	TRIMBLE NET R9	TRM59900.00 SCIS	34°05'48.0979" S	56°11'21.7245" W	87,964	71,946	574776,122	6226826,165
UYFS	Flores	42311M001	LEICA GR10	LEIAR20 LEIM	33°30'57.5353" S	56°53'12.8280" W	165,577	148,797	510503,717	6291503,141
UYIF	Isla de Flores	42322M001	LEICA GR10	LEIAR10 NONE	34°56'45.5693" S	56°55'57.8975" W	55,983	41,816	597454,293	6132426,312
UYLA	Lavalleja	42314M001	LEICA GR10	LEIAR20 LEIM	34°21'45.9949" S	55°14'55.6442" W	148,386	133,383	661038,891	6196229,571
UYLM	Canelones	42328M001	CHC PSE	CHCC220GR2 CHCD	34°43'29.4090" S	55°52'44.8016" W	59,845	39,200	602626,474	6156898,965
UYLP	Rocha	42306M001	LEICA GRX 1200 + GNSS	LEIAX1203+GNSS NONE	34°39'20.5330" S	54°08'31.5485" W	20,159	8,517	761914,707	6161420,728
UYMA	Maldonado	42324M001	LEICA GR30	LEIAR20 LEIM	34°51'46.8073" S	55°05'09.6793" W	39,082	25,694	674955,613	6140478,571
UYMO	Montevideo	42301M001	LEICA GR10	LEIAT504GG LEIS	34°53'17.9507" S	56°15'35.5758" W	158,083	143,175	567629,266	6139091,900
UYPA	Paysandú	42304M001	TOPCON NET-G3	TPSCR G3 SCIS	32°17'28.5049" S	58°04'01.8792" W	71,859	54,165	399515,757	6426780,582
UYPT	Tacuarembó	42321M001	LEICA GR10	LEIAR20 LEIM	32°48'02.0259" S	56°30'35.3391" W	91,152	74,386	545893,884	6370715,985
UYRB	Cerro Largo	42326M001	LEICA GR30	LEIAR20 LEIM	32°36'26.2956" S	53°24'16.9154" W	32,335	20,427	274345,245	6389693,272
UYRI	Rivera	42308M001	LEICA GR10	LEIAR20 LEIM	30°53'44.7504" S	55°33'32.8120" W	251,611	237,109	637711,978	6581060,682
UYRO	Rocha	42303M001	LEICA GR10	LEIAX120299	34°00'03.6246" S	53°33'17.3723" W	59,008	47,672	264040,652	6234789,380
UYRV	Rivera	42319M001	LEICA GR10	LEIAR20 LEIM	31°46'20.6104" S	54°41'17.2135" W	274,401	259,728	718934,295	6482465,974
UYSA	Salto	42315M001	LEICA GR10	LEIAR20 LEIM	31°22'30.6252" S	57°57'35.2087" W	79,071	62,261	408732,282	6528420,175
UYSC	Treinta y Tres	42327M001	CHCNAV PSE	CHCC220GR2 CHCD	32°55'08.6273" S	54°57'42.8080" W	331,336	-	690581,866	6355843,069
UYSG	Tacuarembó	42316M001	LEICA GR10	LEIAR20 LEIM	32°37'02.7496" S	55°50'36.9757" W	107,444	91,849	608492,565	6390533,253
UYSJ	San José	42320M001	LEICA GR10	LEIAR20 LEIM	34°19'25.4494" S	56°42'32.7424" W	55,419	39,230	526762,137	6201909,566
UYSO	Soriano	42307M001	TRIMBLE NET R8	TRM55971.00 NONE	33°15'40.5482" S	58°00'49.0244" W	80,791	63,259	405590,117	6319290,718
UYTA	Tacuarembó	42302M001	LEICA GR30	LEIAR20 LEIM	31°40'59.0434" S	55°58'15.1200" W	187,050	171,564	600701,928	6494202,569
UYTD	Salto	42317M001	LEICA GR10	LEIAR20 LEIM	30°56'46.5800" S	57°31'28.2052" W	75,700	60,068	449899,529	6576234,504
UYTT	Treinta y Tres	42318M001	LEICA GR10	LEIAR20 LEIM	33°14'28.6828" S	54°22'49.3032" W	68,973	54,826	744081,560	6318901,926

Contando con esta información actualizada, se le asignan coordenadas oficiales absolutas a nuestra base en el sistema de referencia que se precisa.

Al contar con recaudos en el sistema altimétrico Cero Wharton, se suma a la altura sobre el nivel medio del mar para esta base, la constante de 0.91m que existe entre el Cero Oficial y Wharton, obteniendo los siguientes resultados.

Coordenada de cuadrícula	
Este:	567629,266
Norte:	6139091,900
Elevación:	144,085
Coordenada local	
Latitud:	S34°53'17,95070"
Longitud:	W56°15'35,57580"

Luego se realiza el postproceso de la base, utilizando como punto de referencia la base del Instituto Geográfico Militar, y se obtiene la siguiente calidad en el procesamiento:

Procesar líneas base

Resultados del procesamiento						
Guar	Observación	Tipo de s	Precisión horiz. (Precisión vert. (D	RCM	Longitud
▶ <input checked="" type="checkbox"/>	UYMO --- 1	Fija	0,005	0,016	0,026	15835,887

Se observa que la longitud del vector base entre UYMO y nuestro receptor es de 15.8km y las precisiones obtenidas fueron realmente buenas.

Al observar las coordenadas obtenidas como resultado de nuestro procesamiento, se nota que existe una diferencia de unos pocos centímetros. A priori, se entiende que esta diferencia NO está representada por una alteración en el mojón base ya que este se encuentra en perfecto estado de conservación y no aparenta haber sido modificado anteriormente.

Coordenada de cuadrícula		
Este:	580346,761	
Norte:	6148518,254	
Elevación:	46,171	

Lo que se piensa que pudo haber sucedido en este caso, es que el ajuste realizado por ingeniería 4D haya sido de otra manera. Por ejemplo, que a esta base en particular se le haya dado coordenadas con otra base primaria ubicada en el sitio, incluyendo otro vector de error, o que se hubieran incluido efemérides de otro tipo a la hora de post procesar. Al desconocer el procesamiento previo que tuvo ese punto, no se pueden sacar conclusiones en cuanto a las diferencias que se presentan, sobre todo en planimetría con respecto a ambas coordenadas.

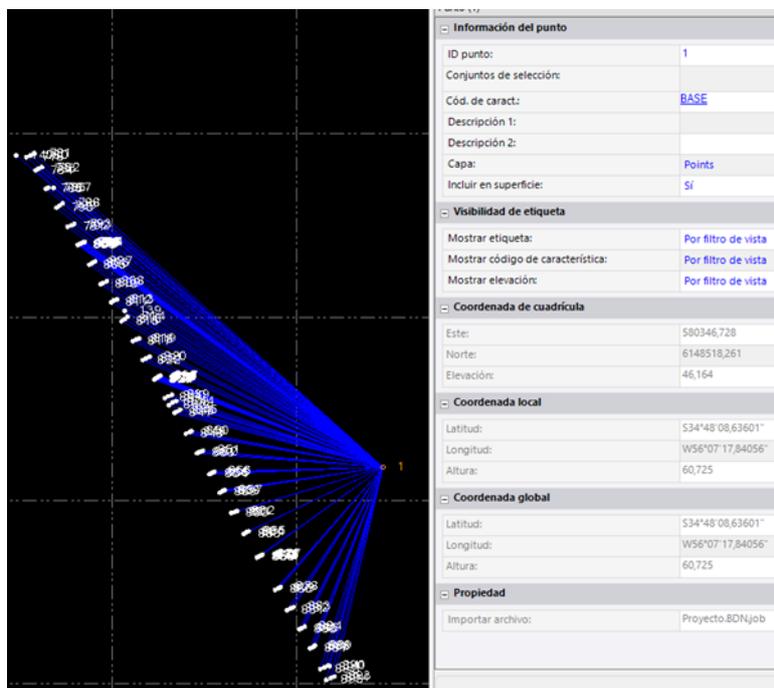
COORDENADAS PROPORCIONADAS			COORDENADAS POST PROCESADAS			DIFERENCIAS		
X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
580346,728	6148518,26	46,164	580346,761	6148518,254	46,171	-0,033	0,007	-0,007

Para este estudio en particular, de haber utilizado el resultado del procesamiento y no las coordenadas proporcionadas por Ingeniería 4D, la compatibilización de los relevamientos hubiera sido exitosa de todas formas, al existir una diferencia de tan solo 7mm en la componente vertical, entre las coordenadas obtenidas por medios propios y las que fueron brindadas.

De no contar con información altimétrica previa, se sugiere introducir en el ajuste, un punto nivelado por el IGM, primero ya que se trata de un punto que siempre se encuentra más cerca de la zona donde nos encontramos trabajando que la propia base del IGM y luego, el hecho de tener una vinculación directa con esa red, hace que nuestro trabajo cuente con el respaldo de la institución nacional más grande en cuanto a servicios geográficos.

Luego de realizada esta comparación, se deben “ignorar” los resultados obtenidos en nuestro post proceso más allá de las conclusiones que se puedan obtener, ya que, si se pretende compatibilizar ambos relevamientos, deben respetarse las coordenadas proporcionadas por la empresa, siempre y cuando se entienda que el marco de referencia utilizado se encuentra bien materializado.

Como siguiente paso, se verifica que las coordenadas de la base sean las correctas, idénticas a las recibidas.



Luego se verifica que las coordenadas de la base del IGM estén acordes a las que proporciona este instituto oficialmente, ya que algunos receptores, por temas de constantes de antenas y el no reconocimiento de estas, asume coordenadas equivocadas de estos equipos.

Por último, se le asignan a la base del IGM las coordenadas planialtimétricas que correspondan, para ajustar los puntos relevados. Este paso debe realizarse, ya que a la hora de realizar el post proceso de la base fija propia, las coordenadas obtenidas ya fueron ajustadas al sistema altimétrico del proyecto recibido, pero las que se relevaron utilizando NTRIP no. De esta manera se aumenta la compatibilidad de los relevamientos.

Evidentemente, al tratarse de métodos distintos de relevamiento, los resultados no serán homogéneos. Esto se debe a varios factores, pero uno de ellos, es que los vectores diferenciales entre los puntos relevados con la base en el sitio, serán más cortos y tendrán mayor precisión que los que se relevaron utilizando la base de IGM, además, la combinación base-móvil utilizada tiene la capacidad de trabajar con todas

las constelaciones habilitadas, lo que aumenta aún más la precisión relativa entre los puntos. Por el contrario, la mayoría de las bases del IGM solamente trabajan con las constelaciones GPS Y GLONASS, disminuyendo la cantidad de satélites que se utilizan para resolver las posiciones.

El siguiente paso para el procesamiento, luego de compatibilizados los relevamientos NTRIP y RTK, es verificar las precisiones individuales de cada uno de los puntos, la proyección utilizada, verificar las coordenadas de la base a la hora del relevamiento, verificar las constantes de las antenas y demás.

ID vector	ID del punt	Al ID de	Tipo de	Es	Despla	P	Precisi	Preci	Sat	Époc	Larg	Des	A altur	Hora de ini	Distanci	Compensa	Direcció
V444	1	141	Fija	Habi	0,000	1,	0,006	0,010	14	32	112,37	1,742	2,000	Segundos int	?	<input type="checkbox"/>	?
V447	1	895	Fija	Habi	0,000	1,	0,006	0,010	13	1	120,19	1,742	2,000	Segundos int	?	<input type="checkbox"/>	?
V439	1	888	Fija	Habi	0,000	1,	0,006	0,010	14	1	105,17	1,742	2,000	Segundos int	?	<input type="checkbox"/>	?
V403	1	852	Fija	Habi	0,000	1,	0,006	0,010	14	1	99,749	1,742	2,000	Segundos int	?	<input type="checkbox"/>	?
V433	1	882	Fija	Habi	0,000	1,	0,006	0,010	14	1	91,909	1,742	2,000	Segundos int	?	<input type="checkbox"/>	?
V409	1	858	Fija	Habi	0,000	1,	0,006	0,010	14	1	88,125	1,742	2,000	Segundos int	?	<input type="checkbox"/>	?
V405	1	854	Fija	Habi	0,000	1,	0,006	0,010	14	1	94,094	1,742	2,000	Segundos int	?	<input type="checkbox"/>	?
V432	1	881	Fija	Habi	0,000	1,	0,006	0,010	14	1	93,885	1,742	2,000	Segundos int	?	<input type="checkbox"/>	?
V414	1	863	Fija	Habi	0,000	1,	0,006	0,010	13	1	83,833	1,742	2,000	Segundos int	?	<input type="checkbox"/>	?
V410	1	859	Fija	Habi	0,000	1,	0,006	0,010	13	1	89,561	1,742	2,000	Segundos int	?	<input type="checkbox"/>	?
V395	1	844	Fija	Habi	0,000	1,	0,006	0,010	14	1	117,72	1,742	2,000	Segundos int	?	<input type="checkbox"/>	?
V401	1	850	Fija	Habi	0,000	1,	0,006	0,010	13	1	105,61	1,742	2,000	Segundos int	?	<input type="checkbox"/>	?
V412	1	861	Fija	Habi	0,000	1,	0,006	0,011	13	1	84,342	1,742	2,000	Segundos int	?	<input type="checkbox"/>	?
V392	1	841	Fija	Habi	0,000	1,	0,006	0,011	14	1	124,20	1,742	2,000	Segundos int	?	<input type="checkbox"/>	?

Procesamiento vuelo fotogramétrico

Como tercer paso, teniendo ahora las coordenadas de todos los puntos relevados con los receptores GNSS ajustados, se comienza a realizar el procesamiento de los vuelos fotogramétricos realizados.

Fueron realizados dos vuelos fotogramétricos de aproximadamente 5 minutos cada uno.

Se recuerda, que previo a realizar los vuelos propiamente dichos, se verifica que la base GNSS Trimble R8s FULL, instalada sobre el mismo punto que se utiliza para realizar los relevamientos GNSS, se encuentra almacenando datos RINEX para posteriormente post procesar la trayectoria de estos.

Es importante y positivo el hecho de poder utilizar como base el mismo punto que se utiliza para realizar el relevamiento GNSS ya que así, se asegura de las mismas coordenadas para todos los post procesos que se realizan y no de esta manera no

involucrar más errores en el proceso. De haber utilizado otro punto, se tendría en primera instancia, un vector, con un error asociado entre la base (propia o de IGM) y ese punto base adicional, además, el error de estacionamiento y de medición de la altura del mismo.

Los vuelos fotogramétricos utilizando el drone Mavic 3 Enterprise RTK fueron realizados sin ninguna corrección diferencial con respecto a alguna base, ni propia ni por internet utilizando NTRIP, por lo que el geotag de las mismas tiene la calidad de “navegado” (16Q Flag). Por esto mismo, se corrige ese geotag en post proceso, utilizando tanto el rinex del dispositivo UAV (Unmanned Aerial Vehicle) como el de la base Trimble R8s y obviamente, sus coordenadas recibidas.

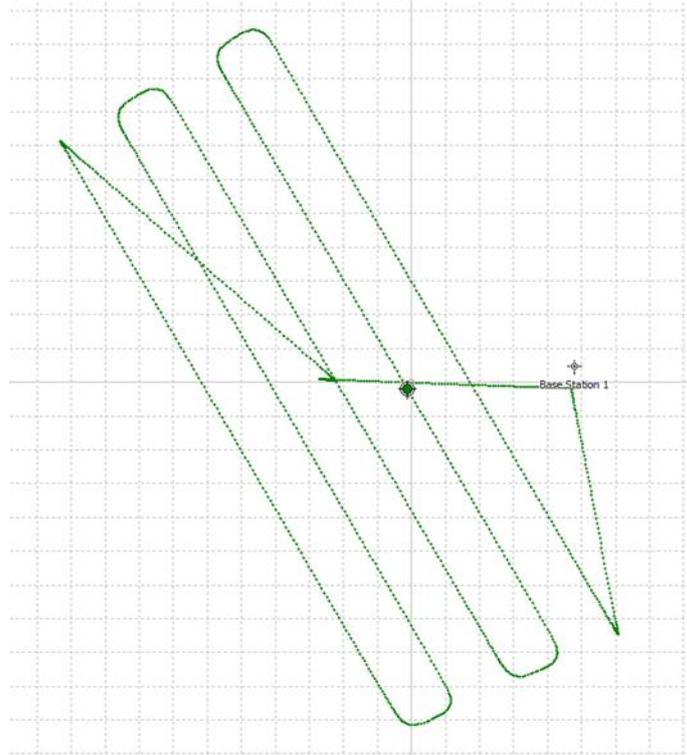
1	566679.034745	[2321]	30,N	-27,E	84,V	-34.80384429,Lat	-56.12134320,Lon	138.616,E11h	1.267121, 1.160443, 2.827407	16,Q
2	566680.130682	[2321]	19,N	-10,E	94,V	-34.80383611,Lat	-56.12134921,Lon	138.559,E11h	1.270222, 1.177668, 2.886961	16,Q
3	566681.237999	[2321]	18,N	-9,E	94,V	-34.80380171,Lat	-56.12137335,Lon	138.506,E11h	1.271717, 1.182208, 2.904434	16,Q
4	566682.393145	[2321]	19,N	-10,E	94,V	-34.80379928,Lat	-56.12141692,Lon	138.501,E11h	1.278870, 1.227149, 3.007211	16,Q
5	566683.516014	[2321]	19,N	-9,E	94,V	-34.80365858,Lat	-56.12147366,Lon	138.520,E11h	1.277771, 1.218036, 2.989403	16,Q
6	566684.666099	[2321]	19,N	-9,E	94,V	-34.80356076,Lat	-56.12154297,Lon	138.546,E11h	1.276698, 1.215661, 2.974118	16,Q

Los inputs para este procesamiento son los siguientes:

- Imágenes crudas del vuelo
- Rinex Drone
- Archivo .MRK Drone
- Archivo RINEX Base fija
- Coordenadas Base Fija

Para comenzar, se asigna el directorio de las imágenes y del resto de los archivos para que el software pueda utilizarlos para el procesamiento.

Una vez finalizado el mismo, se obtiene un reporte de procesamiento donde se clasifica la calidad posicional de cada uno de los puntos utilizando números del 1 al 5 (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5).



	ID	Latitude	Longitude	Ellipsoid Height(m)	Trigger Interval	Accuracy(m)	Local Trigger Time	Standard Deviation
▶	1	-34.80383382	-56.12134649	123.45	0	0.03	2024.07.06 10:24:39.03	0.0031
	2	-34.80382671	-56.12135184	123.423	1.096	0.03	2024.07.06 10:24:40.13	0.0031
	3	-34.80379374	-56.12137524	123.408	1.107	0.03	2024.07.06 10:24:41.24	0.0031
	4	-34.80373185	-56.12141877	123.423	1.155	0.03	2024.07.06 10:24:42.39	0.0031
	5	-34.80365098	-56.12147554	123.443	1.123	0.03	2024.07.06 10:24:43.52	0.0031

La calidad de este proceso va a depender en mayor proporción de los siguientes elementos:

- Distancia entre la base y el dispositivo UAV durante el vuelo.
- Frecuencia de almacenamiento del receptor base.
- Cantidad de constelaciones aceptadas por el receptor base.
- Duración del vuelo.

Para este caso, se respetan todos los puntos anteriores para que la precisión del postproceso sea la mayor posible a menos de la duración del vuelo. Por experiencia, si el vuelo tiene una mayor duración, los resultados que se obtienen son mejores siempre y cuando sean mantenidos el resto de los puntos. Esto se debe a que los softwares utilizan muchos datos para interpolar las posiciones, no solamente la

anterior y siguiente a la posición calculada, y al contar con más información, este proceso resulta más sólido.

Una buena práctica para cumplir con este “requisito” en vuelos cortos, es la de fijar la velocidad de vuelo en 3-4 m/s, independientemente de que la capacidad del sensor de almacenar imágenes permita volar al máximo de 15 m/s para los parámetros fijados.

Una vez culminado el post proceso de los vuelos fotogramétricos se tiene la opción de elegir dos opciones para terminar de corregir el geotag de las imágenes (WGS84).

El primero, es modificar directamente el EXIF de la imagen para que solamente reste importarla en el software fotogramétrico de preferencia para obtener los ortomosaicos y nubes de puntos.

El segundo, es mantener el geotag “navegado” de las imágenes y exportar del software un archivo .csv (Comma Separated Values) que luego se importa junto con las imágenes previo a realizar el post procesamiento.

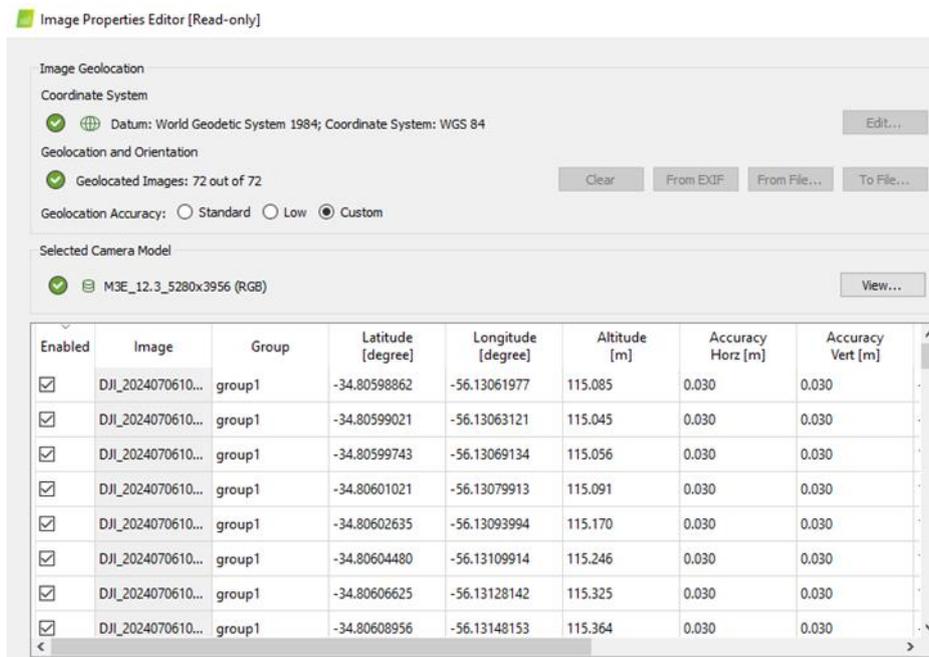
Ambas opciones son válidas y terminan determinando los mismos resultados. En este caso, se opta por la primera opción.

Luego de este paso, se procede a utilizar un software para el procesamiento fotogramétrico en sí mismo, para este caso, se utiliza Pix4D Mapper.

Como input para esto son necesarios los siguientes archivos:

- Imágenes del vuelo con el geotag corregido.
- Coordenadas de los puntos de control relevados en campo para ajustar el vuelo.

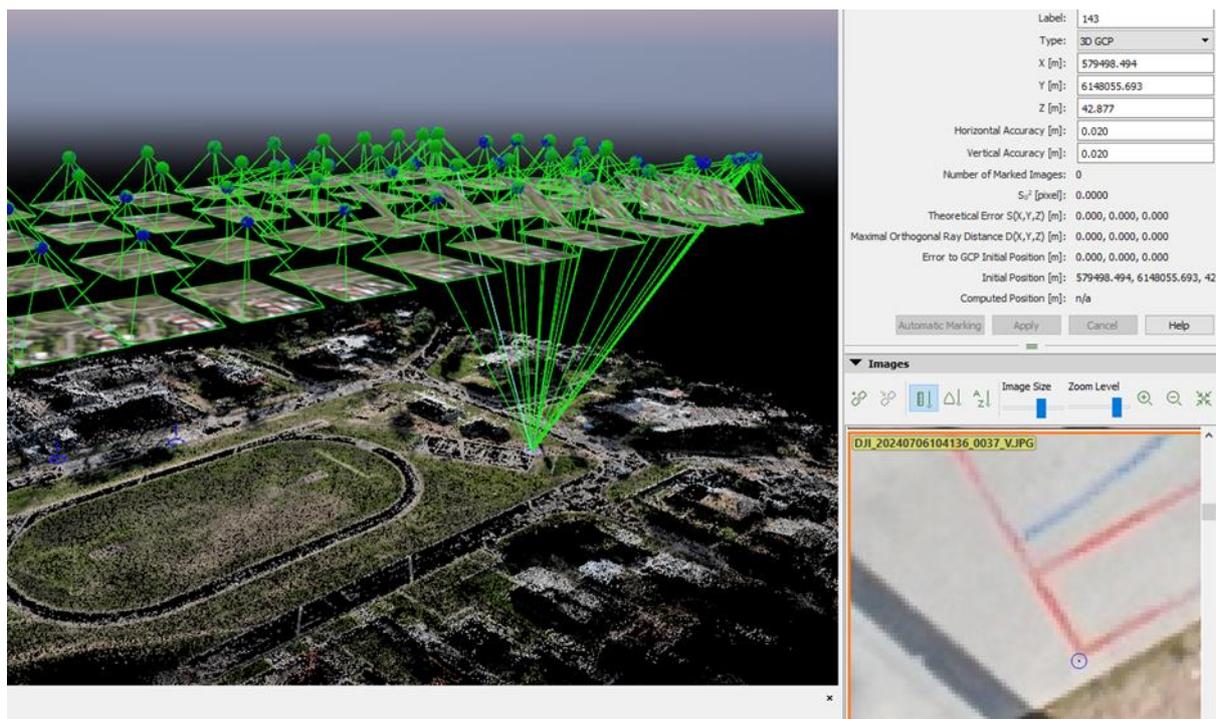
Al haber modificado el Exif de las imágenes, el software automáticamente reconoce los valores asignados por el programa en cuanto a la precisión en su geolocalización, en este caso de 3 cm en vertical y horizontal. De haber utilizado imágenes con un geotag de 16Q, estos valores deberían rondar el metro en planimetría y más de 3 metros para la componente vertical.



Luego de importar las imágenes asignando correctamente el sistema de referencia de entrada y salida, se debe realizar el primer paso de calibración entre imágenes, y el reconocimiento por parte del software de puntos homólogos, para luego, incluir los puntos de control relevados en campo.

Al haber realizado previamente el post proceso de la trayectoria para interpolar correctamente la posición de todos los centros de las imágenes con una precisión inferior a los 3 centímetros, la calidad posicional a priori, sin ningún tipo de ajuste de puntos de control, es muy buena.

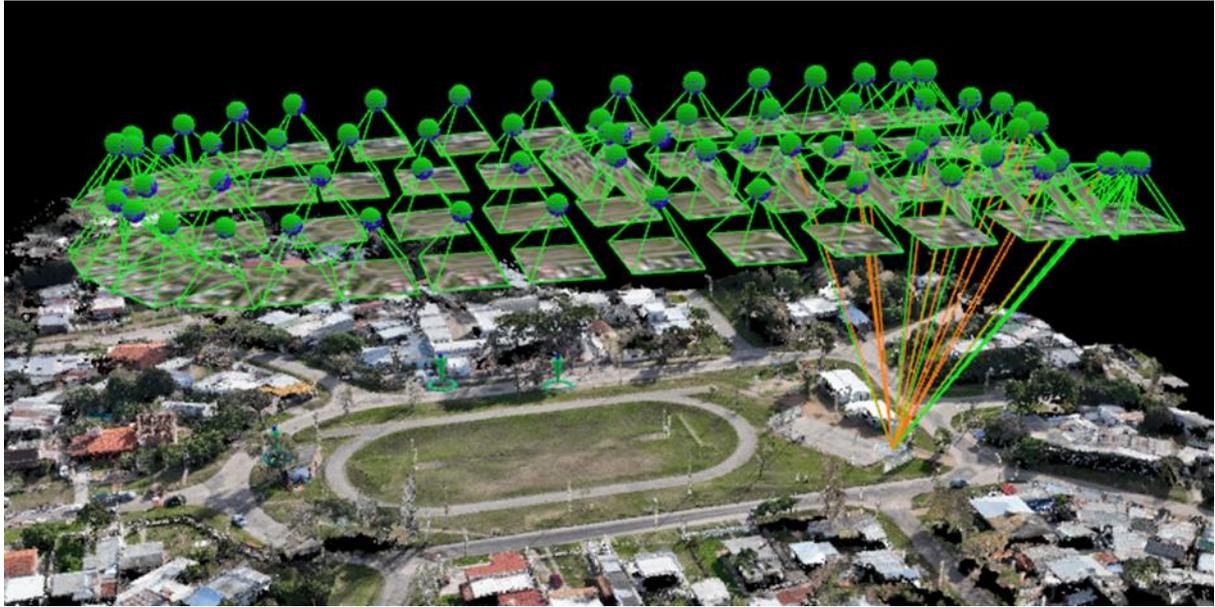
Se puede ver que el software reconoce perfectamente la ubicación del punto de control sin que estos hayan intervenido en el procesamiento.



Como se ve en la imagen superior, para el GCP (Ground Control Point) 143, se decide relevar el vértice de una cancha de basquetball.

Para esta parte del procesamiento aún no participan ninguno de los puntos de control, solamente son importados, y como se puede observar en azul, la posición en planimetría es exactamente la misma. Esto es una clara evidencia de que el post proceso de la trayectoria y la modificación de las coordenadas de los centros de foto fue muy satisfactoria.

Luego de indicar la posición de todos los puntos de control en la mayor cantidad de imágenes en los que se pueden visualizar los mismos, se finaliza el procesamiento para generar la nube de puntos y el ortomosaico correspondiente.



Una vez culminados los procedimientos fotogramétricos y asignados los puntos de control a las respectivas imágenes del vuelo, se obtiene un archivo .LAS de nube de puntos que es utilizado posteriormente para modelar el pavimento.

12.3. REPORTE PIX 4D

BALASTO

Quality Report



Generated with Pix4Dmapper version 4.5.6



Important: Click on the different icons for:



Help to analyze the results in the Quality Report



Additional information about the sections



Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary



Project	Proyecto_v2_1
Processed	2024-08-31 17:01:57
Camera Model Name(s)	M3E_12.3_5280x3956 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	2.24 cm / 0.88 in
Area Covered	0.168 km ² / 16.7679 ha / 0.06 sq. mi. / 41.4558 acres

Quality Check



Images	median of 73918 keypoints per image	
Dataset	173 out of 173 images calibrated (100%), all images enabled	
Camera Optimization	0.07% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	
Matching	median of 35403.1 matches per calibrated image	
Georeferencing	yes, 3 GCPs (3 3D), mean RMS error = 0.008 m	

Preview



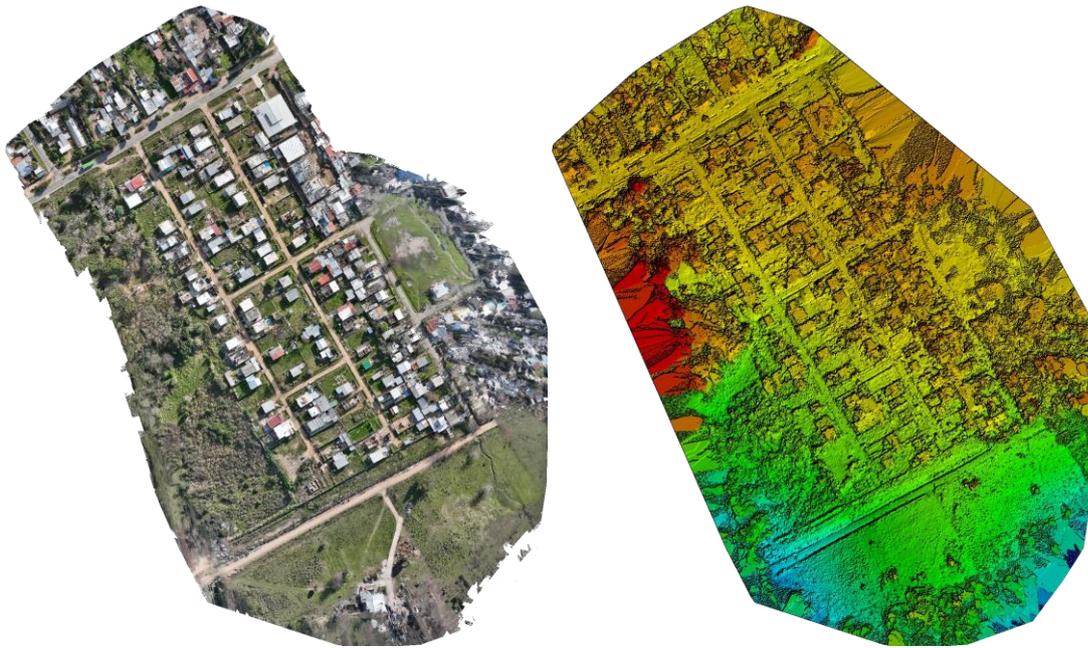


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

Number of Calibrated Images	out of 173
Number of Geolocated Images	out of 173



Calibration Details

 Initial Image Positions
 

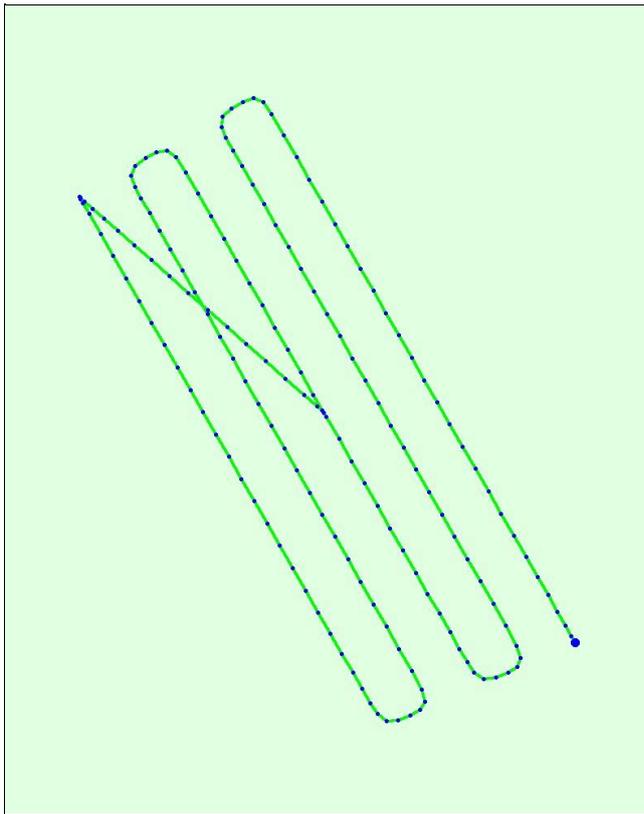
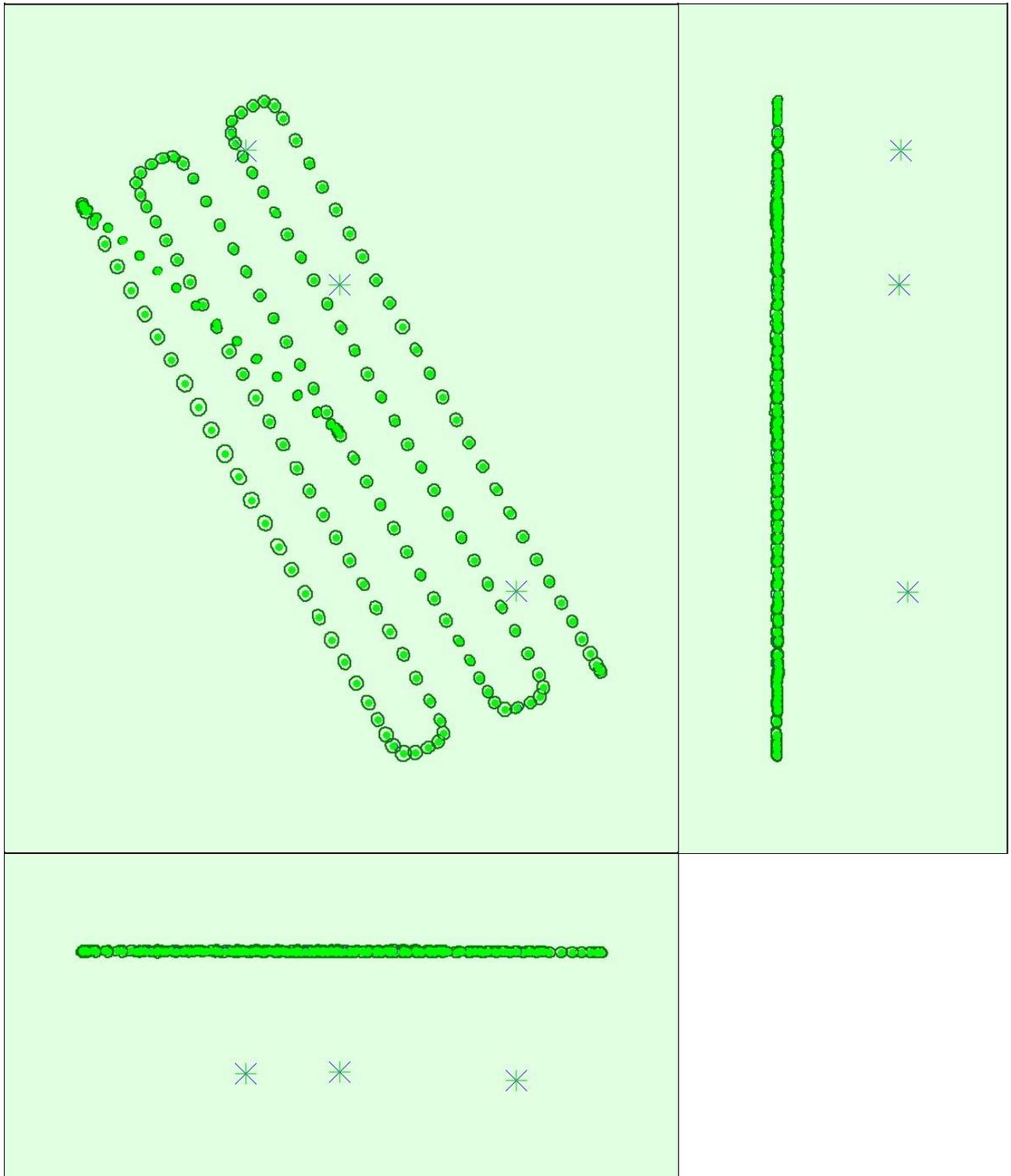


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

🔍 Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions





Uncertainty ellipses 1000x magnified

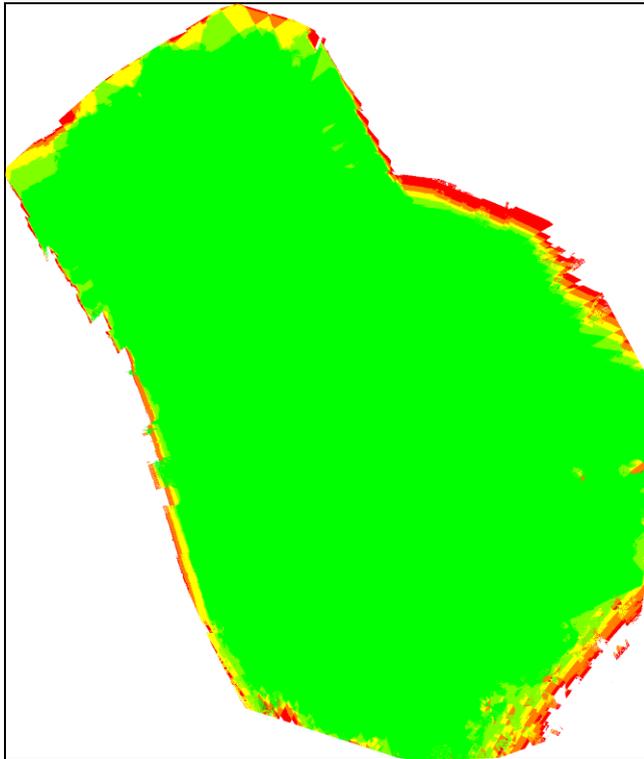
Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Dark green ellipses indicate the absolute position uncertainty of the bundle block adjustment result.

🔍 Absolute camera position and orientation uncertainties ⓘ

	X [m]	Y [m]	Z [m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.004	0.004	0.003	0.003	0.002	0.001

Sigma		0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
-------	--	-------	-------	-------	-------	-------	-------

? Overlap i



Number of overlapping images: 2 3 4 5+

Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic. Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint matches is also sufficient for these areas (see Figure 5 for keypoint matches).

Bundle Block Adjustment Details i

?

☰

Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	6277401
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	1908105
Mean Reprojection Error [pixels]	0.174

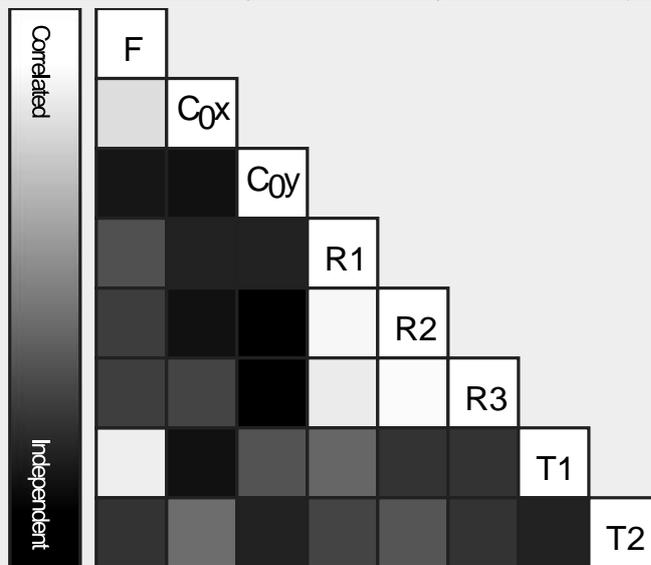
Internal Camera Parameters M3E_12.3_5280x3956 (RGB). Sensor Dimensions: 17.424

[mm] x 13.055 [mm] i

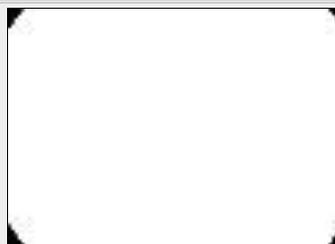
EXIF ID: M3E_12.3_5280x3956

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	3720.980 [pixel] 12.279 [mm]	2644.890 [pixel] 8.728 [mm]	1967.940 [pixel] 6.494 [mm]	- 0.111	0.012	- 0.027	- 0.000	- 0.000

Optimized Values	3718.223 [pixel] 12.270 [mm]	2684.564 [pixel] 8.859 [mm]	1965.813 [pixel] 6.487 [mm]	- 0.108	0.002	- 0.020	- 0.000	0.000
Uncertainties (Sigma)	0.088 [pixel] 0.000 [mm]	0.050 [pixel] 0.000 [mm]	0.046 [pixel] 0.000 [mm]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



The correlation between camera internal parameters determined by the bundle adjustment. White indicates a full correlation between the parameters, ie. any change in one can be fully compensated by the other. Black indicates that the parameter is completely independent, and is not affected by other parameters.



The number of Automatic Tie Points (ATPs) per pixel, averaged over all is color coded between black and white. White indicates that, on average, more been extracted at the pixel location. Black indicates that, on average, 0 ATPs the pixel location. Click on the image to the see the average direction and projection error for each pixel. Note that the vectors are scaled for better visualization. The scale bar indicates the magnitude of 1 pixel error.

2D Keypoints Table

	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	73918	35403
Min	57596	14666
Max	79997	58602
Mean	73148	36286

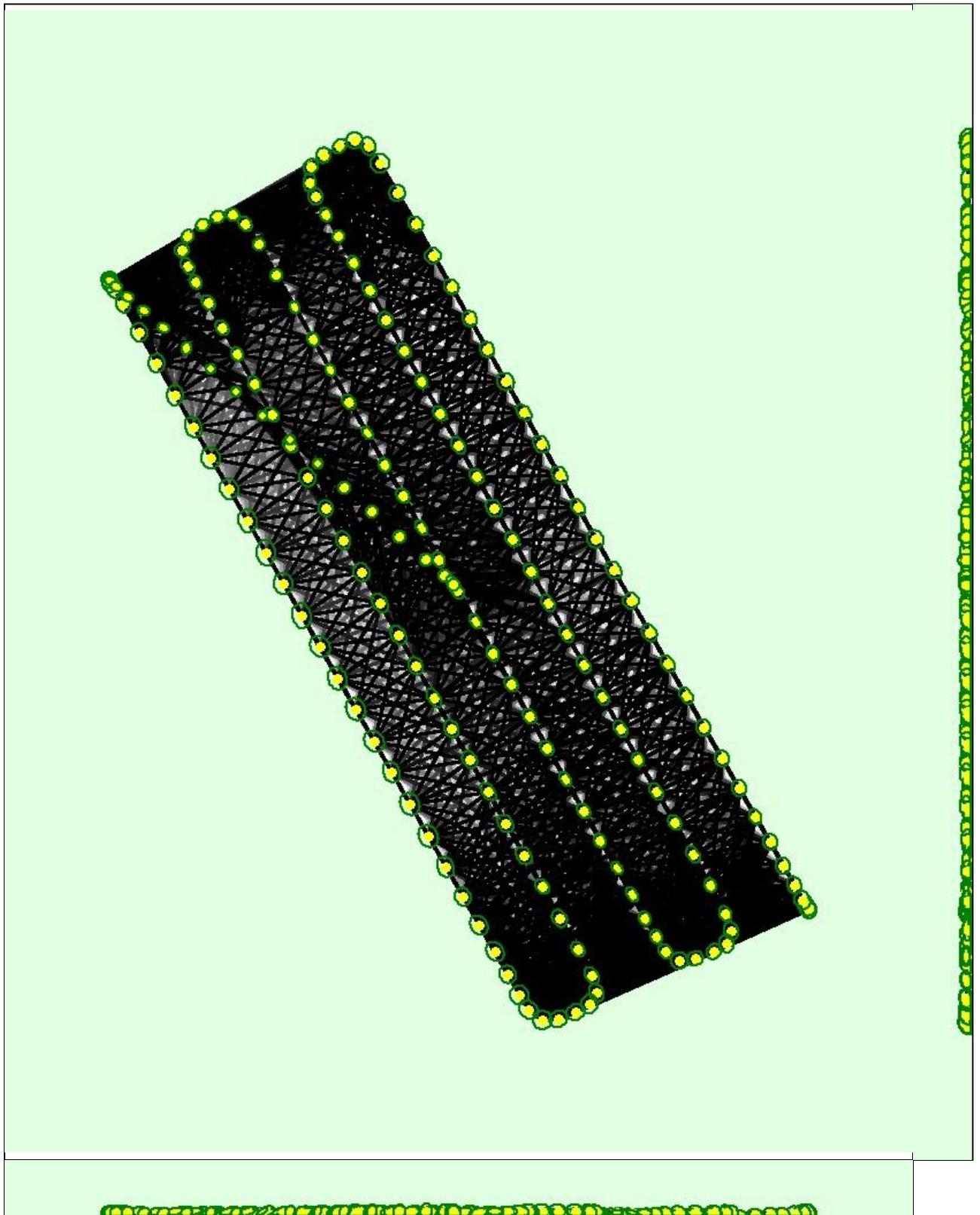
3D Points from 2D Keypoint Matches

	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	1085019
In 3 Images	342965
In 4 Images	169425
In 5 Images	97610
In 6 Images	58250
In 7 Images	39009
In 8 Images	27997
In 9 Images	21228

In 10 Images	15938
In 11 Images	11595
In 12 Images	9004
In 13 Images	7071
In 14 Images	5412
In 15 Images	4433
In 16 Images	3340
In 17 Images	2484
In 18 Images	1875
In 19 Images	1464
In 20 Images	1096
In 21 Images	819
In 22 Images	624
In 23 Images	457
In 24 Images	376
In 25 Images	231
In 26 Images	127
In 27 Images	88
In 28 Images	73
In 29 Images	44
In 30 Images	28
In 31 Images	9
In 32 Images	5
In 33 Images	7
In 34 Images	1
In 35 Images	1

 2D Keypoint Matches





Uncertainty ellipses 1000x magnified
 Number of matches
 25 222 444 666 888 1111 1333 1555 1777 2000

Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images. Dark green ellipses indicate the relative camera position uncertainty of the bundle block adjustment result.

Relative camera position and orientation uncertainties

	X [m]	Y [m]	Z [m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.003	0.004	0.003	0.003	0.003	0.001
Sigma	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000

Geolocation Details

Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XY/Z [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
139 (3D)	0.020/ 0.020	-0.007	0.014	-0.007	0.643	11 / 11
140 (3D)	0.020/ 0.020	0.005	-0.010	0.018	0.757	7 / 7
141 (3D)	0.020/ 0.020	0.002	-0.005	0.001	0.831	8 / 8
Mean [m]		0.000096	-0.000428	0.004194		
Sigma [m]		0.004854	0.010463	0.010521		
RMS Error [m]		0.004855	0.010471	0.011326		

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.

Absolute Geolocation Variance

Min Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X [%]	Geolocation Error Y [%]	Geolocation Error Z [%]
-	-0.04	0.00	0.00	0.00
-0.04	-0.04	0.00	1.16	0.00
-0.04	-0.03	1.73	1.16	0.00
-0.03	-0.02	1.73	1.16	1.73
-0.02	-0.01	10.40	10.98	8.67
-0.01	0.00	36.99	37.57	39.31
0.00	0.01	31.79	32.95	36.99
0.01	0.02	14.45	9.25	13.29
0.02	0.03	2.31	4.05	0.00
0.03	0.04	0.58	1.16	0.00
0.04	0.04	0.00	0.58	0.00
0.04	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		0.002269	0.003898	0.022472
Sigma [m]		0.010306	0.011047	0.007719
RMS Error [m]		0.010553	0.011715	0.023761

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

Geolocation Bias	X	Y	Z
Translation [m]	0.002269	0.003898	0.022472

Bias between image initial and computed geolocation given in output coordinate system.

Relative Geolocation Variance ?

Relative Geolocation Error	Images X [%]	Images Y [%]	Images Z [%]
[-1.00, 1.00]	97.69	96.53	100.00
[-2.00, 2.00]	100.00	100.00	100.00
[-3.00, 3.00]	100.00	100.00	100.00
Mean of Geolocation Accuracy [m]	0.030000	0.030000	0.030000
Sigma of Geolocation Accuracy [m]	0.000000	0.000000	0.000000

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Geolocation Orientational Variance	RMS [degree]
Omega	115.372
Phi	0.494
Kappa	45.472

Geolocation RMS error of the orientation angles given by the difference between the initial and computed image orientation angles.

Initial Processing Details

System Information

Hardware	CPU: AMD Ryzen 7 3700X 8-Core Processor RAM: 32GB GPU: NVIDIA GeForce GTX 1660 Ti (Driver: 31.0.15.4584)
Operating System	Windows 10 Home, 64-bit

Coordinate Systems

Image Coordinate System	WGS 84
Ground Control Point (GCP) Coordinate System	WGS 84 / UTM zone 21S (2D)
Output Coordinate System	WGS 84 / UTM zone 21S (2D)

Processing Options

Detected Template	3D Maps
Keypoints Image Scale	Full, Image Scale: 1
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: no
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Standard Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Auto, yes

Point Cloud Densification details

Processing Options

Image Scale	multiscale, 1/2 (Half image size, Default)
Point Density	Optimal
Minimum Number of Matches	3
3D Textured Mesh Generation	yes

3D Textured Mesh Settings:	Resolution: Medium Resolution (default) Color Balancing: no
LOD	Generated: no
Advanced: 3D Textured Mesh Settings	Sample Density Divider: 1
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes
Time for Point Cloud Densification	21m:44s
Time for Point Cloud Classification	NA
Time for 3D Textured Mesh Generation	13m:04s

Results



Number of Generated Tiles	1
Number of 3D Densified Points	22384564
Average Density (per m ³)	226.24

DSM, Orthomosaic and Index Details



Processing Options



DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (2.24 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: Inverse Distance Weighting Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: yes GeoTIFF Without Transparency: no Google Maps Tiles and KML: no
Time for DSM Generation	09m:42s
Time for Orthomosaic Generation	30m:31s
Time for DTM Generation	00s
Time for Contour Lines Generation	00s
Time for Reflectance Map Generation	00s
Time for Index Map Generation	00s

Quality Report



Generated with Pix4Dmapper version 4.5.6

! **Important:** Click on the different icons for:

- ?** Help to analyze the results in the Quality Report
- i** Additional information about the sections

💡 Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary **i**

Project	Proyecto_v2_2
Processed	2024-08-31 16:31:41
Camera Model Name(s)	M3E_12.3_5280x3956 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	2.03 cm / 0.80 in
Area Covered	0.077 km ² / 7.6658 ha / 0.03 sq. mi. / 18.9525 acres

Quality Check **i**

? Images	median of 63436 keypoints per image	?
? Dataset	72 out of 72 images calibrated (100%), all images enabled	?
? Camera Optimization	0.01% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	?
? Matching	median of 32887.4 matches per calibrated image	?
? Georeferencing	yes, 5 GCPs (5 3D), mean RMS error = 0.008 m	?

? Preview **i**

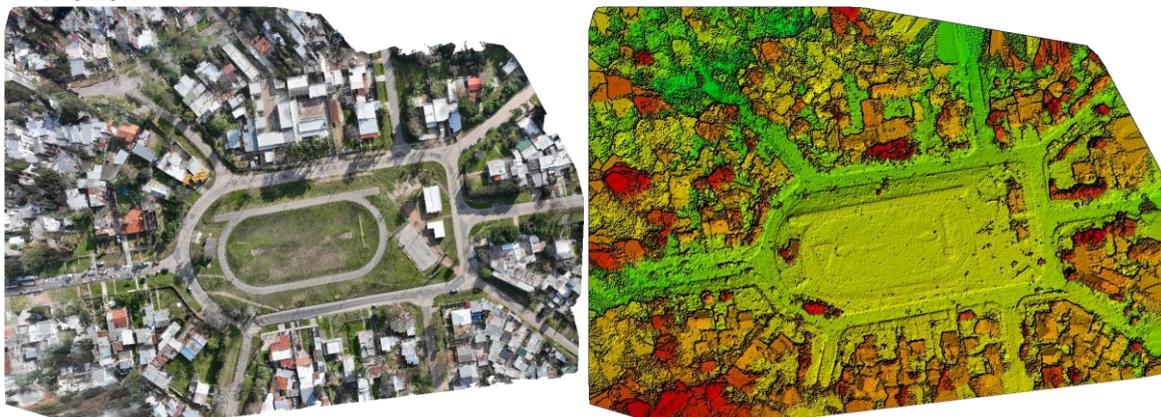


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

Calibration Details **i**

Number of Calibrated Images	72 out of 72
Number of Geolocated Images	72 out of 72

? Initial Image Positions **i**

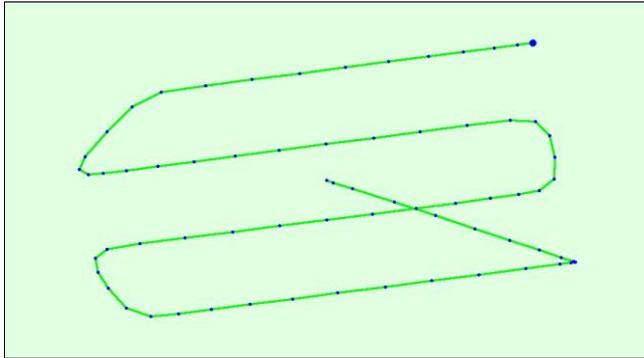
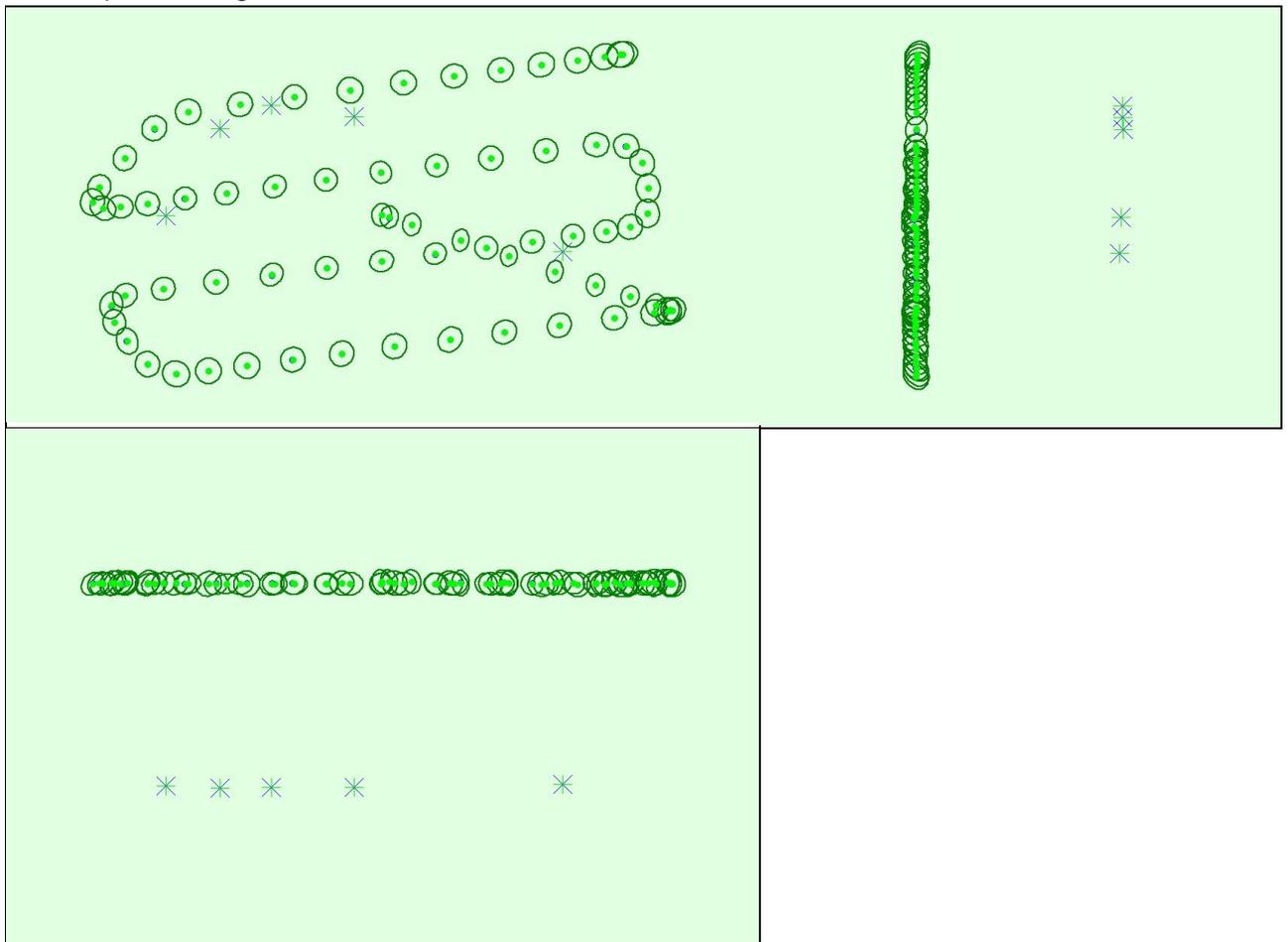


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions



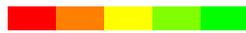
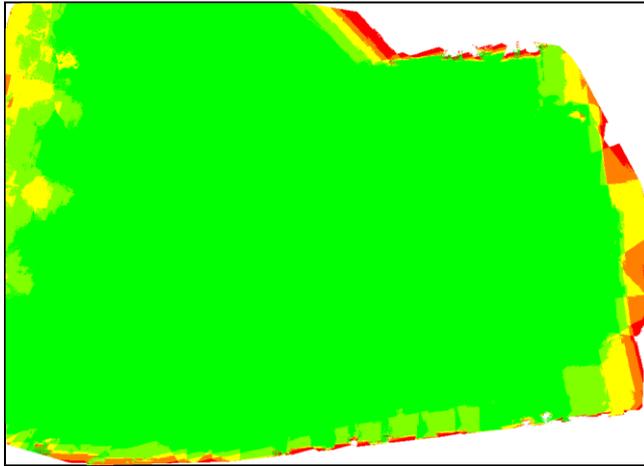
Uncertainty ellipses 1000x magnified

Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Dark green ellipses indicate the absolute position uncertainty of the bundle block adjustment result.

Absolute camera position and orientation uncertainties

	X [m]	Y [m]	Z [m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.002
Sigma	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001

Overlap



Number of overlapping images: 2 3 4 5+

Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic.

Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint matches is also sufficient for these areas (see Figure 5 for keypoint matches).

Bundle Block Adjustment Details i



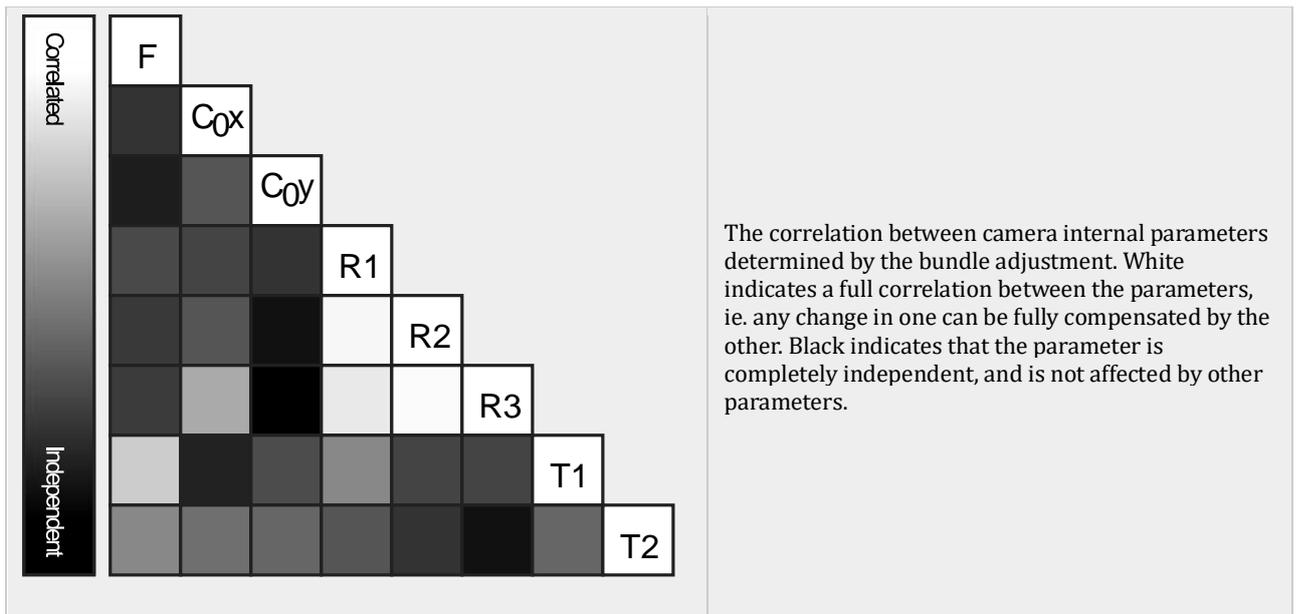
Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	2374957
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	721003
Mean Reprojection Error [pixels]	0.174

Internal Camera Parameters M3E_12.3_5280x3956 (RGB). Sensor Dimensions: 17.424

[mm] x 13.055 [mm] i

EXIF ID: M3E_12.3_5280x3956

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	3720.980 [pixel] 12.279 [mm]	2644.890 [pixel] 8.728 [mm]	1967.940 [pixel] 6.494 [mm]	- 0.111	0.012	- 0.027	- 0.000	- 0.000
Optimized Values	3720.307 [pixel] 12.277 [mm]	2684.383 [pixel] 8.858 [mm]	1965.485 [pixel] 6.486 [mm]	- 0.107	0.001	- 0.019	- 0.000	0.000
Uncertainties (Sigma)	0.148 [pixel] 0.000 [mm]	0.090 [pixel] 0.000 [mm]	0.084 [pixel] 0.000 [mm]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



The number of Automatic Tie Points (ATPs) per pixel, averaged over all images of the camera model, is color coded between black and white. White indicates that, on average, more than 16 ATPs have been extracted at the pixel location. Black indicates that, on average, 0 ATPs have been extracted at the pixel location. Click on the image to see the average direction and magnitude of the re-projection error for each pixel. Note that the vectors are scaled for better visualization. The scale bar indicates the magnitude of 1 pixel error.

2D Keypoints Table

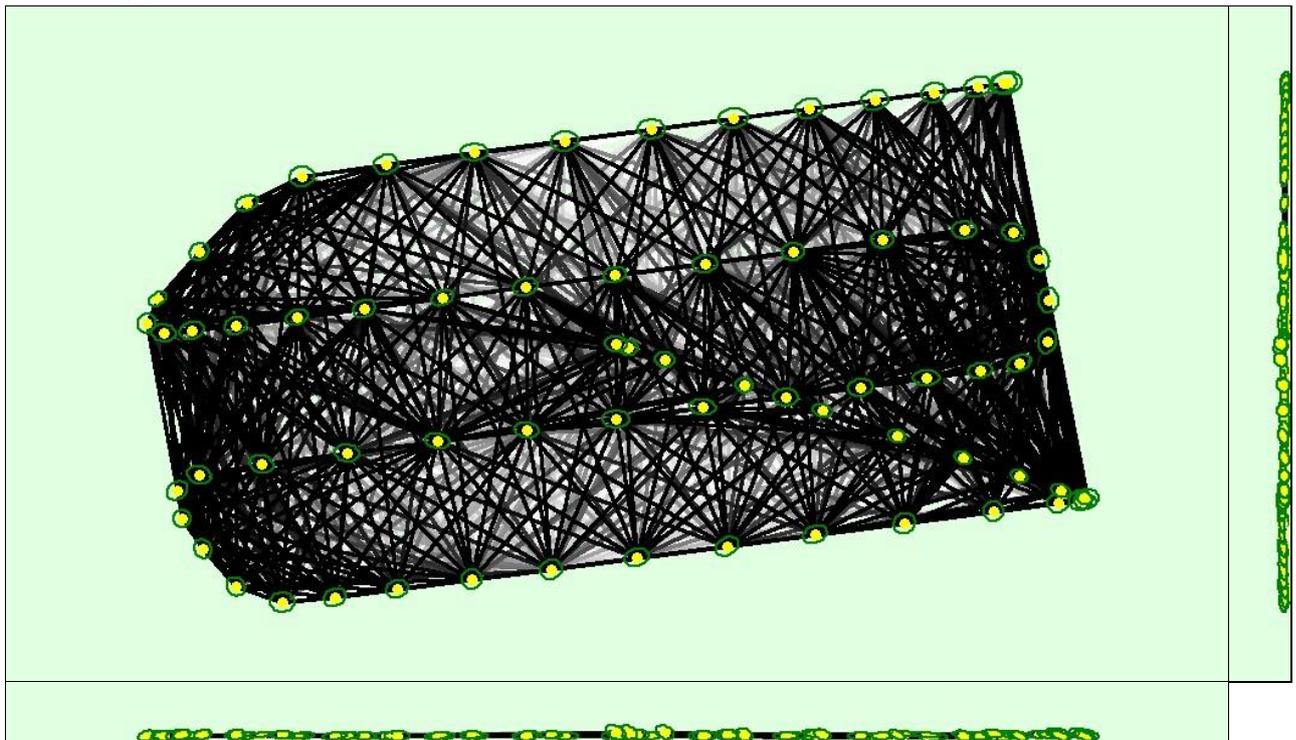
	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	63436	32887
Min	56176	25332
Max	70797	44475
Mean	63451	32986

3D Points from 2D Keypoint Matches

	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	400223
In 3 Images	137437
In 4 Images	64517
In 5 Images	36198
In 6 Images	23076
In 7 Images	16117
In 8 Images	11302
In 9 Images	8276
In 10 Images	6106
In 11 Images	4455
In 12 Images	3256

In 13 Images	2545
In 14 Images	1914
In 15 Images	1380
In 16 Images	1132
In 17 Images	840
In 18 Images	639
In 19 Images	522
In 20 Images	332
In 21 Images	232
In 22 Images	179
In 23 Images	129
In 24 Images	69
In 25 Images	49
In 26 Images	26
In 27 Images	21
In 28 Images	12
In 29 Images	12
In 30 Images	5
In 31 Images	2

2D Keypoint Matches i



Uncertainty ellipses 1000x magnified

Number of matches

25 222 444 666 888 1111 1333 1555 1777 2000

Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images. Dark green ellipses indicate the relative camera position uncertainty of the bundle block adjustment result.

Relative camera position and orientation uncertainties

	X [m]	Y [m]	Z [m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.003	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001
Sigma	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Geolocation Details

Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XY/Z [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
142 (3D)	0.020/ 0.020	-0.005	0.005	0.011	0.497	11 / 11
143 (3D)	0.020/ 0.020	0.004	-0.005	0.020	0.847	9 / 9
144 (3D)	0.020/ 0.020	0.009	0.007	-0.007	0.608	9 / 9
145 (3D)	0.020/ 0.020	0.003	-0.003	-0.002	0.344	8 / 8
146 (3D)	0.020/ 0.020	-0.011	-0.002	-0.017	0.687	7 / 7
Mean [m]		0.000003	0.000395	0.000954		
Sigma [m]		0.007076	0.004747	0.013102		
RMS Error [m]		0.007076	0.004763	0.013137		

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.

Absolute Geolocation Variance

Min Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X [%]	Geolocation Error Y [%]	Geolocation Error Z [%]
-	-0.04	1.39	0.00	0.00
-0.04	-0.04	0.00	0.00	0.00
-0.04	-0.03	1.39	0.00	0.00
-0.03	-0.02	5.56	5.56	2.78
-0.02	-0.01	15.28	18.06	12.50
-0.01	0.00	34.72	27.78	38.89
0.00	0.01	18.06	30.56	25.00
0.01	0.02	13.89	9.72	20.83
0.02	0.03	4.17	5.56	0.00
0.03	0.04	2.78	1.39	0.00
0.04	0.04	2.78	1.39	0.00
0.04	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		-0.019939	-0.000559	0.022515
Sigma [m]		0.014860	0.011737	0.009027
RMS Error [m]		0.024867	0.011750	0.024257

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

Geolocation Bias	X	Y	Z
Translation [m]	-0.019939	-0.000559	0.022515

Bias between image initial and computed geolocation given in output coordinate system.

Relative Geolocation Variance ?

Relative Geolocation Error	Images X [%]	Images Y [%]	Images Z [%]
[-1.00, 1.00]	94.44	98.61	100.00
[-2.00, 2.00]	100.00	100.00	100.00
[-3.00, 3.00]	100.00	100.00	100.00
Mean of Geolocation Accuracy [m]	0.030000	0.030000	0.030000
Sigma of Geolocation Accuracy [m]	0.000000	0.000000	0.000000

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Geolocation Orientational Variance	RMS [degree]
Omega	117.873
Phi	0.941
Kappa	100.916

Geolocation RMS error of the orientation angles given by the difference between the initial and computed image orientation angles.

Initial Processing Details

System Information

Hardware	CPU: AMD Ryzen 7 3700X 8-Core Processor RAM: 32GB GPU: NVIDIA GeForce GTX 1660 Ti (Driver: 31.0.15.4584)
Operating System	Windows 10 Home, 64-bit

Coordinate Systems

Image Coordinate System	WGS 84
Ground Control Point (GCP) Coordinate System	WGS 84 / UTM zone 21S
Output Coordinate System	WGS 84 / UTM zone 21S

Processing Options

Detected Template	3D Maps
Keypoints Image Scale	Full, Image Scale: 1
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: no
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Standard Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Auto, yes

Point Cloud Densification details

Processing Options

Image Scale	multiscale, 1/2 (Half image size, Default)
Point Density	Optimal

Minimum Number of Matches	3
3D Textured Mesh Generation	yes
3D Textured Mesh Settings:	Resolution: Medium Resolution (default) Color Balancing: no
LOD	Generated: no
Advanced: 3D Textured Mesh Settings	Sample Density Divider: 1
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes
Time for Point Cloud Densification	06m:16s
Time for Point Cloud Classification	NA
Time for 3D Textured Mesh Generation	05m:27s

Results

Number of Generated Tiles	1
Number of 3D Densified Points	9819321
Average Density (per m ³)	263.13

DSM, Orthomosaic and Index Details

Processing Options

DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (2.03 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: Inverse Distance Weighting Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: yes GeoTIFF Without Transparency: no Google Maps Tiles and KML: no
Time for DSM Generation	09m:53s
Time for Orthomosaic Generation	11m:59s

Time for DTM Generation	00s
Time for Contour Lines Generation	00s
Time for Reflectance Map Generation	00s
Time for Index Map Generation	00s

12.4. RESOLUCIÓN 291/2014

DIRECCIÓN NACIONAL DE AVIACIÓN CIVIL E INFRAESTRUCTURA AERONÁUTICA

RESOLUCIÓN 291, 2014

Aeropuerto Internacional de Carrasco "Gral. Cesáreo L. Berisso", **29 AGO 2014**

VISTO: Que el avance de la tecnología ha dado lugar a la proliferación en el uso por parte de la población general de un conjunto heterogéneo de dispositivos aéreos operados a distancia para la realización actividades recreativas y/o comerciales bajo las más diversas denominaciones tales como "drones", UAV, etc.

RESULTANDO: I) Que el uso indiscriminado de dichos dispositivos puede llegar a comprometer la seguridad de la actividad aeronáutica en nuestro país.

II) Que compete a la Dirección Nacional de Aviación Civil e Infraestructura Aeronáutica garantizar los niveles adecuados de Seguridad Operacional en la República Oriental del Uruguay.

III) Que las actividades aéreas de carácter comercial o las que implican el uso de dispositivos de filmación, fotográfico u otro tipo de sensores se encuentran especialmente reguladas en nuestro país.

CONSIDERANDO: I) Que la Organización de Aviación Civil Internacional tiene previsto emitir normas y métodos recomendados (SARPS) para este tipo de actividad a partir del año 2018.

II) Que a nivel regional el LAR 91 Operación de Aeronaves, refiere única y concretamente a "Aeronave pilotada a distancia (RPA)", realizando referencias a los mismos en los Apéndices K y M respecto de los requisitos para utilizar estas aeronaves, no estando contemplados otros tipos de dispositivos.

III) Que al tratarse de una tecnología nueva, en nuestro país no existe la experiencia ni antecedentes suficientes que permitan una regulación detallada de dicha actividad.

IV) Que por tanto es necesario establecer un ordenamiento básico para esta actividad que garantice niveles aceptables de Seguridad Operacional en el territorio nacional, así también como un adecuado cumplimiento de la normativa vigente sobre aspectos administrativos, técnicos y comerciales que la misma involucra.

ATENCIÓN: A lo expuesto y a lo dispuesto en el Art. 122 de la ley 14305, Art. 4 de la ley 18619 y en los Decretos 39/977 y 314/994 y RAU 91.

**EL DIRECTOR NACIONAL DE AVIACIÓN CIVIL E INFRAESTRUCTURA
AERONÁUTICA**

RESUELVE:

1. Los Dispositivos Aéreos Operados a Distancia, cualquiera sea su denominación comercial o común se clasifican en :
 - a. **Dispositivos Aéreos Operados a Distancia - Menores**, de hasta 25 kg de peso de lanzamiento.
 - b. **Dispositivos Aéreos Operados a Distancia - Medianos**, de más de 25 kg de peso de lanzamiento y hasta 260 kg de peso vacío inclusive.
 - c. **Dispositivos Aéreos Operados a Distancia - Mayores, o Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia (RPAS)**, de más de 260 kg de peso vacío.
2. Para todos los dispositivos se prohíbe salvo autorización expresa de la Autoridad Aeronáutica:
 - a. el transporte de pasajeros.
 - b. las operaciones internacionales.
 - c. el vuelo en áreas prohibidas o restringidas.
 - d. el vuelo sobre áreas pobladas o concentraciones de personas.
 - e. el vuelo en zonas de tráfico de aeropuertos y aeródromos.
3. **Dispositivos Aéreos Operados a Distancia - Menores**, dedicados exclusivamente al deporte o la recreación
 - a. No requieren:
 - i. Registro.
 - ii. Certificado de Aeronavegabilidad.
 - iii. Licencia, autorización o permiso para el operador.
 - b. No podrán operar:
 - i. En espacios aéreos controlados o en la zona de tráfico de aeródromos, salvo autorización otorgada por la autoridad ATM (Control de Tránsito Aéreo).
 - ii. Por encima de 120 m AGL.
 - c. La operación se realizará en todos los casos en condiciones VMC y en línea directa de vista.
4. **Dispositivos Aéreos Operados a Distancia - Medianos** dedicados exclusivamente al deporte o la recreación:

- a. Deberán inscribirse en un registro técnico a ser llevado por la Dirección de Seguridad Operacional.
- b. No se les asignará matrícula, sino un número correlativo iniciando por el 1 (uno) el que deberá lucir visible en los laterales y en la superficie superior e inferior del dispositivo.
- c. No se extenderá Certificado de Aeronavegabilidad.
- d. Para su operación no se requerirá Licencia Aeronáutica.

En su lugar el Departamento de Personal Aeronáutico otorgará un “Permiso de Operador de Dispositivo Aéreo Operado a Distancia” una vez que el interesado, mediante un examen teórico-práctico demuestre ante la DINACIA:

- i. Conocimientos básicos de Normativa Aeronáutica, incluyendo, por lo menos la A.I.P. Uruguay y la presente Resolución,
 - ii. Pericia de vuelo; y
 - iii. Resolución de situaciones de emergencia.
- e. Podrán operar únicamente en condiciones VMC, no pudiendo hacerlo en espacios aéreos controlados o en zona de tráfico de aeródromos, ni por encima de 120 m. AGL, salvo autorización otorgada por la autoridad ATM (Control de Tránsito Aéreo) y de acuerdo a las coordinaciones y procedimientos que se establezcan para el caso concreto

5. Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia (RPAS) de más de 260 kg de peso vacío, dedicados exclusivamente al deporte o la recreación.

- a. Son aeronaves y deberán dar cumplimiento a la normativa nacional aplicable, además de lo expresamente previsto en la presente Resolución.
- b. Para su operación se deberá poseer licencia aeronáutica, además del “Permiso de Operador de Dispositivo Aéreo Operado a Distancia” el que será extendido una vez que el titular de una licencia aeronáutica y mediante un examen práctico, demuestre ante la DINACIA:
 - i. Pericia de vuelo; y
 - ii. Resolución de situaciones de emergencia.
- c. Podrá operar en aquellos espacios aéreos que le permita su equipamiento de a bordo, únicamente en condiciones VMC y siempre que el operador tenga enlace radial efectivo con la autoridad ATM (Control de Tránsito Aéreo).

6. Dispositivos Aéreos Operados a Distancia Menores, Medianos y Sistema de Aeronaves Pilotada a Distancia (RPAS) utilizados en actividades remuneradas.

- a. La utilización de Dispositivos Aéreos Operados a Distancia Menores, Medianos o de Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia (RPAS), en actividades remuneradas de cualquier tipo se consideran incluidas en lo dispuesto en el Art. 122 “Trabajos Aéreos”

del Código Aeronáutico Uruguayo, debiéndose dar cumplimiento a los Decretos Nros 39/977 de 31 de enero de 1977 y 314/994 de 5 de julio de 1994.

- b. El interesado deberá contar con seguro de responsabilidad civil o seguro aeronáutico en el caso que se trate de aeronaves.
 - c. En este tipo de operación, incluso cuando la misma se realice únicamente con Dispositivos Aéreos Operados a Distancia - Menores, los operadores deberán contar con el "Permiso de Operador de Dispositivo Aéreo Operado a Distancia"; sin perjuicio de la correspondiente licencia aeronáutica para el caso de Sistema de Aeronave Pilotada a Distancia (RPAS).
 - d. Hasta tanto se establezca la reglamentación definitiva y los procesos de certificación correspondientes, la Dirección de Seguridad Operacional determinará para cada caso concreto, las condiciones específicas de operación que garanticen niveles aceptables de Seguridad Operacional, las que serán debidamente notificadas al interesado previo al efectivo inicio de las actividades.
7. El incumplimiento de lo dispuesto en la presente Resolución dará lugar a la intervención de la Junta de Infracciones y a la eventual aplicación de las sanciones administrativas aeronáuticas correspondientes.
 8. Remítase copia de la presente al Director General de Aviación Civil, Dirección de Seguridad Operacional, Dirección de Transporte Aéreo Comercial para su conocimiento, cumplimiento y notificación en las áreas pertinentes.
 9. Remítase copia de la presente al Director General de Infraestructura Aeronáutica para su conocimiento y notificación a las áreas involucradas.
 10. Remítase copia de la presente a la Junta de Infracciones y a la Asesoría de Normas Técnico-Aeronáuticas.
 - 11. Cúrsese comunicación de la presente a la Junta Nacional de Aviación Civil.
 - 12. Por Secretaría Reguladora de Trámites efectúese la publicación de la presente en el Diario Oficial.
 - 13. Publíquese en el sitio web oficial www.dinacia.gub.uy.
 14. Cumplido archívese.

**EL DIRECTOR NACIONAL DE AVIACION CIVIL E INFRAESTRUCTURA
AERONAUTICA**

BRIGADIER GENERAL (AV.)

ANTONIO ALARCON

12.5. REPORTE TRIMBLE BUSINESS CENTER

10/12/24, 5:19 p.m.

Lista de vectores

Datos del archivo del proyecto		Sistema de coordenadas	
Nombre:	C:\Mauro\Fing\PROYECTOR\Relevamiento Propio\V2PUNTOS\Relevamiento_V2.vce	Nombre:	World wide/UTM
Tamaño:	130 KB	Datum:	WGS 1984
Modificado/a:	31/8/2024 15:35:08 (UTC:-3)	Zona:	21 South
Zona horaria:	Hora estándar de Montevideo	Geoide:	EGM08-UY
Número de referencia:		Datum vertical:	
Descripción:		Obra calibrada:	
Comentario 1:			
Comentario 2:			
Comentario 3:			

Lista de vectores

Nivel de confianza de la precisión: DRMS								
ID vector	ID del punto de origen	Al ID punto	Tipo de solución	Hora de inicio	Duración	Precisión h (Metro)	Precisión v (Metro)	Dist. elip. (Metro)
V327	1	139	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:24	0,007	0,012	163,865
V328	1	140	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:22	0,008	0,012	261,565
V329	1	778	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,009	0,015	256,803
V330	1	779	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,013	256,793
V331	1	780	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,008	0,014	255,666
V332	1	781	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,008	0,014	254,789
V333	1	782	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,014	246,911
V334	1	783	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,008	0,013	247,700
V335	1	784	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,014	248,399
V336	1	785	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,011	237,649
V337	1	786	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,011	236,836
V338	1	787	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,014	234,726
V339	1	788	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	225,451
V340	1	789	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,014	226,023
V341	1	790	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,012	226,649
V342	1	791	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,011	215,350
V343	1	792	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	214,381
V344	1	793	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,011	213,576
V345	1	794	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,014	203,090
V346	1	795	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,014	203,242
V347	1	796	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	203,424
V348	1	797	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	203,622
V349	1	798	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,014	203,887
V350	1	799	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,012	204,200
V351	1	800	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,007	0,011	204,344
V352	1	801	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,012	204,492
V353	1	802	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,014	204,620
V354	1	803	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,012	204,775
V355	1	804	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,014	204,981
V356	1	805	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,007	0,011	193,764
V357	1	806	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,011	192,933
V358	1	807	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,012	192,197
V359	1	808	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,013	180,819
V360	1	809	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,011	181,843
V361	1	810	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,012	182,644
V362	1	811	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,012	172,670
V363	1	812	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,012	171,734
V364	1	813	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	170,827
V365	1	814	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,006	0,011	160,943
V366	1	815	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,012	161,659
V367	1	816	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,012	162,513
V368	1	817	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,006	0,011	152,058
V369	1	818	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	150,930
V370	1	819	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	149,788
V371	1	820	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	140,018
V372	1	821	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	141,479

/12/24, 5:19 p.m.

Lista de vectores

ID vector	ID del punto de origen	Al ID punto	Tipo de solución	Hora de inicio	Duración	Precisión h (Metro)	Precisión v (Metro)	Dist. elip. (Metro)
V373	1	822	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,011	142,685
V374	1	823	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	132,879
V375	1	824	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,006	0,011	132,693
V376	1	825	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	132,503
V377	1	826	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,012	132,310
V378	1	827	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,008	0,014	132,051
V379	1	828	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	131,802
V380	1	829	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,012	131,651
V381	1	830	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,006	0,011	131,515
V382	1	831	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,012	131,434
V383	1	832	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,006	0,011	131,304
V384	1	833	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,012	131,216
V385	1	834	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,012	131,110
V386	1	835	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	131,007
V387	1	836	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,012	130,914
V388	1	837	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,012	130,825
V389	1	838	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,006	0,011	130,691
V390	1	839	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	120,929
V391	1	840	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	122,638
V392	1	841	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,006	0,011	124,199
V393	1	842	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	120,878
V394	1	843	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	119,301
V395	1	844	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,006	0,010	117,718
V396	1	845	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,012	114,336
V397	1	846	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	115,782
V398	1	847	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,012	116,855
V399	1	848	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,008	0,013	108,333
V400	1	849	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,006	0,011	106,816
V401	1	850	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,006	0,010	105,612
V402	1	851	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	98,032
V403	1	852	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,006	0,010	99,747
V404	1	853	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,008	0,013	101,065
V405	1	854	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,006	0,010	94,093
V406	1	855	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,012	92,735
V407	1	856	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,007	0,012	91,496
V408	1	857	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	86,643
V409	1	858	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,006	0,010	88,124
V410	1	859	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,006	0,010	89,560
V411	1	860	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	85,967
V412	1	861	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,006	0,011	84,340
V413	1	862	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	82,722
V414	1	863	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,006	0,010	83,829
V415	1	864	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,012	82,209
V416	1	865	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	80,890
V417	1	866	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,012	84,189
V418	1	867	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	83,931
V419	1	868	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	83,700
V420	1	869	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,012	83,453
V421	1	870	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,008	0,013	83,111
V422	1	871	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	82,731
V423	1	872	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,012	82,426
V424	1	873	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	82,073
V425	1	874	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,012	81,722
V426	1	875	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	81,410
V427	1	876	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,012	81,088
V428	1	877	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,012	80,905
V429	1	878	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,012	85,707
V430	1	879	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,012	87,333
V431	1	880	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	88,861
V432	1	881	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,006	0,010	93,856
V433	1	882	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,006	0,010	91,882
V434	1	883	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	90,444

11/2/24, 5:19 p.m.

Lista de vectores

ID vector	ID del punto de origen	Al ID punto	Tipo de solución	Hora de inicio	Duración	Precisión h (Metro)	Precisión v (Metro)	Dist. elip. (Metro)
V435	1	884	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,007	0,012	96,884
V436	1	885	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,012	98,272
V437	1	886	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,011	99,373
V438	1	887	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,013	106,591
V439	1	888	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,006	0,010	105,132
V440	1	889	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,011	104,029
V441	1	890	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,007	0,012	112,239
V442	1	891	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,012	113,745
V443	1	892	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,008	0,013	115,382
V444	1	141	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:31	0,006	0,010	112,314
V445	1	893	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,007	0,011	117,202
V446	1	894	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,008	0,012	118,489
V447	1	895	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,006	0,010	120,125
V473	RTCM0008	921	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,018	14796,145
V474	RTCM0008	922	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,015	14796,139
V475	RTCM0008	923	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,015	14795,698
V476	RTCM0008	924	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,016	14794,766
V477	RTCM0008	925	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,012	0,018	14794,726
V478	RTCM0008	926	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,019	14783,510
V479	RTCM0008	927	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,019	14783,395
V480	RTCM0008	928	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,013	0,020	14782,181
V481	RTCM0008	929	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,013	0,020	14782,134
V482	RTCM0008	930	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,015	0,022	14782,143
V483	RTCM0008	931	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,013	0,019	14766,782
V484	RTCM0008	932	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,013	0,019	14766,706
V485	RTCM0008	933	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,015	0,021	14768,183
V486	RTCM0008	934	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,017	14770,022
V487	RTCM0008	935	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,018	14770,119
V488	RTCM0008	936	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,014	0,017	14763,216
V489	RTCM0008	937	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,013	0,019	14763,338
V490	RTCM0008	938	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,013	0,018	14760,176
V491	RTCM0008	939	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,018	14757,405
V492	RTCM0008	940	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,017	14756,965
V493	RTCM0008	941	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,013	0,020	14756,870
V494	RTCM0008	142	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:20	0,010	0,015	14773,038
V495	RTCM0008	942	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,018	14752,210
V496	RTCM0008	943	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,018	14750,115
V497	RTCM0008	944	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,012	0,018	14750,152
V498	RTCM0008	945	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,016	14755,868
V499	RTCM0008	946	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,013	0,018	14760,736
V500	RTCM0008	947	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,016	14760,817
V501	RTCM0008	948	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,015	14756,977
V502	RTCM0008	949	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,015	14756,855
V503	RTCM0008	950	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,016	14753,162
V504	RTCM0008	951	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,010	0,016	14749,254
V505	RTCM0008	952	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,012	0,018	14749,035
V506	RTCM0008	953	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,016	14748,800
V507	RTCM0008	954	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,017	14748,901
V508	RTCM0008	955	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,014	0,019	14752,989
V509	RTCM0008	956	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,014	0,020	14756,187
V510	RTCM0008	957	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,018	14756,279
V511	RTCM0008	958	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,013	0,020	14775,931
V512	RTCM0008	959	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,018	14775,931
V513	RTCM0008	960	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,019	14774,423
V514	RTCM0008	961	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,020	14772,965
V515	RTCM0008	962	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,020	14772,971
V516	RTCM0008	963	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,013	0,019	14794,347
V517	RTCM0008	964	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,018	14794,462
V518	RTCM0008	965	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,019	14796,882
V519	RTCM0008	966	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,019	14798,427
V520	RTCM0008	967	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,019	14798,463
V521	RTCM0008	968	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,017	14816,158

3/12/24, 5:19 p.m.

Lista de vectores

ID vector	ID del punto de origen	Al ID punto	Tipo de solución	Hora de inicio	Duración	Precisión h (Metro)	Precisión v (Metro)	Dist. elip. (Metro)
V522	RTCM0008	969	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,016	14816,117
V523	RTCM0008	970	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,017	14814,311
V524	RTCM0008	971	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,017	14812,613
V525	RTCM0008	972	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,016	14812,547
V526	RTCM0008	973	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,013	0,019	14829,925
V527	RTCM0008	974	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,018	14830,001
V528	RTCM0008	975	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,010	0,016	14832,011
V529	RTCM0008	976	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,018	14833,726
V530	RTCM0008	977	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,011	0,017	14833,781
V531	RTCM0008	978	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,017	14851,621
V532	RTCM0008	979	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,017	14851,610
V533	RTCM0008	980	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,017	14849,598
V534	RTCM0008	981	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,016	14847,614
V535	RTCM0008	982	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,016	14847,599
V536	RTCM0008	983	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,013	0,018	14851,372
V537	RTCM0008	984	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,018	14856,654
V538	RTCM0008	985	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,016	14863,249
V539	RTCM0008	986	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,017	14867,306
V540	RTCM0008	987	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,010	0,016	14867,455
V541	RTCM0008	988	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,016	14870,102
V542	RTCM0008	989	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,018	14871,633
V543	RTCM0008	990	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,010	0,016	14871,680
V544	RTCM0008	991	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,016	14878,191
V545	RTCM0008	992	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,019	14878,322
V546	RTCM0008	993	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,018	14878,939
V547	RTCM0008	994	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,016	14878,021
V548	RTCM0008	995	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,018	14877,927
V549	RTCM0008	996	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,017	14883,591
V550	RTCM0008	997	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,017	14883,488
V551	RTCM0008	998	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,016	14884,943
V552	RTCM0008	999	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,018	14888,393
V553	RTCM0008	1000	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,017	14884,441
V554	RTCM0008	1001	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,017	14887,420
V555	RTCM0008	1002	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,018	14885,143
V556	RTCM0008	1003	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,011	0,017	14884,970
V557	RTCM0008	1004	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,018	14882,507
V558	RTCM0008	1005	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,018	14882,397
V559	RTCM0008	1006	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,016	14890,470
V560	RTCM0008	1007	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,018	14891,546
V561	RTCM0008	1008	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,018	14891,707
V562	RTCM0008	1009	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,018	14896,250
V563	RTCM0008	1010	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,017	14896,320
V564	RTCM0008	1011	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,015	14893,753
V565	RTCM0008	1012	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,018	14890,184
V566	RTCM0008	1013	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,017	14890,123
V567	RTCM0008	143	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:20	0,009	0,015	14878,697
V568	RTCM0008	1014	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,011	0,017	14895,000
V569	RTCM0008	1015	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,016	14895,062
V570	RTCM0008	1016	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,015	14898,248
V571	RTCM0008	1017	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,018	14901,411
V572	RTCM0008	1018	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,017	14901,515
V573	RTCM0008	1019	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,016	14904,603
V574	RTCM0008	1020	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,015	14907,546
V575	RTCM0008	1021	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,016	14903,587
V576	RTCM0008	1022	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,015	14900,265
V577	RTCM0008	1023	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,016	14900,163
V578	RTCM0008	1024	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,018	14910,468
V579	RTCM0008	1025	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:05	0,046	0,069	14912,855
V580	RTCM0008	1026	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,021	0,032	14912,950
V581	RTCM0008	1027	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,020	0,033	14909,581
V582	RTCM0008	1028	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,022	0,036	14906,492
V583	RTCM0008	1029	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,009	0,014	14906,461

07/12/24, 0:19 p.m.

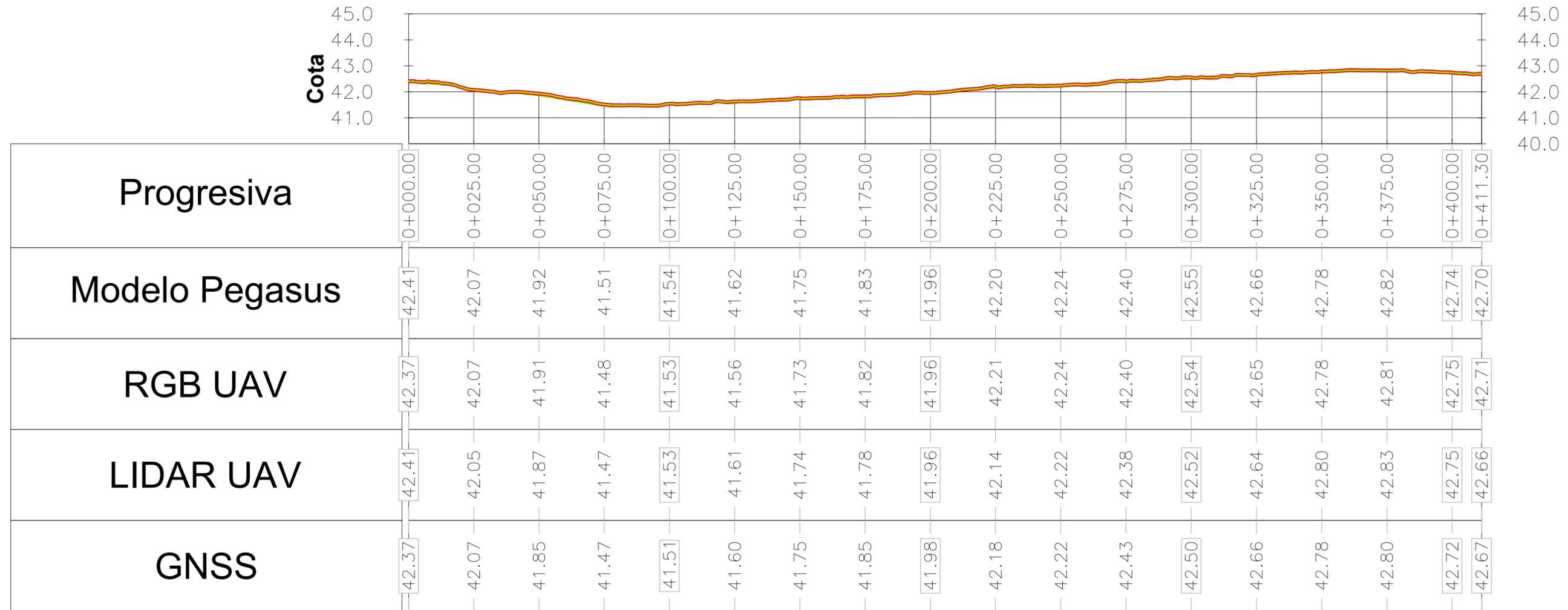
LISTA DE VECTORES

ID vector	ID del punto de origen	Al ID punto	Tipo de solución	Hora de inicio	Duración	Precisión h (Metro)	Precisión v (Metro)	Dist. elip. (Metro)
V584	RTCM0008	1030	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,016	14910,448
V585	RTCM0008	1031	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,018	14919,628
V586	RTCM0008	1032	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,017	14919,550
V587	RTCM0008	1033	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,015	14916,026
V588	RTCM0008	1034	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,009	0,014	14913,064
V589	RTCM0008	1035	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,009	0,014	14913,022
V590	RTCM0008	1036	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,009	0,015	14914,552
V591	RTCM0008	1037	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,009	0,014	14914,482
V592	RTCM0008	1038	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,016	14918,568
V593	RTCM0008	1039	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,018	14923,016
V594	RTCM0008	1040	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,015	14923,042
V595	RTCM0008	1041	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,018	14924,082
V596	RTCM0008	1042	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,014	0,023	14924,962
V597	RTCM0008	1043	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,009	0,015	14925,167
V598	RTCM0008	1044	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,017	14925,153
V599	RTCM0008	1045	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,016	14917,167
V600	RTCM0008	1046	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,009	0,014	14913,720
V601	RTCM0008	1047	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,010	0,015	14913,681
V602	RTCM0008	1048	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,010	0,015	14911,099
V603	RTCM0008	1049	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,009	0,015	14911,093
V604	RTCM0008	1050	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,016	14913,265
V605	RTCM0008	1051	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,009	0,015	14916,316
V606	RTCM0008	1052	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,018	14916,354
V607	RTCM0008	1053	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,019	0,030	14907,167
V608	RTCM0008	1054	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,016	14907,207
V609	RTCM0008	1055	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,013	0,020	14902,542
V610	RTCM0008	1056	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,014	0,020	14899,242
V611	RTCM0008	1057	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,016	14896,474
V612	RTCM0008	1058	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,017	14894,337
V613	RTCM0008	1059	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,009	0,014	14894,259
V614	RTCM0008	1060	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,010	0,015	14877,771
V615	RTCM0008	1061	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,009	0,014	14877,832
V616	RTCM0008	1062	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,018	14880,048
V617	RTCM0008	1063	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,018	14882,317
V618	RTCM0008	1064	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,018	14882,347
V619	RTCM0008	1065	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,021	0,027	14866,327
V620	RTCM0008	1066	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,018	14866,366
V621	RTCM0008	1067	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,010	0,016	14862,470
V622	RTCM0008	1068	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,017	14862,414
V623	RTCM0008	1069	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,016	14864,678
V624	RTCM0008	144	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:21	0,011	0,018	14848,602
V625	RTCM0008	1070	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,030	0,046	14838,457
V626	RTCM0008	1071	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,047	0,073	14838,294
V627	RTCM0008	1072	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,055	0,064	14840,398
V628	RTCM0008	1073	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,011	0,017	14839,811
V629	RTCM0008	1074	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,018	14837,729
V630	RTCM0008	1075	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,012	0,019	14837,777
V631	RTCM0008	1076	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,015	14841,184
V632	RTCM0008	1077	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,013	0,019	14841,215
V633	RTCM0008	1078	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,011	0,017	14822,734
V634	RTCM0008	1079	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,015	14822,757
V635	RTCM0008	1080	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,016	14820,736
V636	RTCM0008	1081	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,016	14819,738
V637	RTCM0008	1082	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,011	0,017	14819,711
V638	RTCM0008	1083	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,009	0,015	14806,342
V639	RTCM0008	1084	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,016	14806,334
V640	RTCM0008	1085	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,009	0,015	14808,589
V641	RTCM0008	145	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:20	0,008	0,013	14807,964
V642	RTCM0008	1086	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,016	14808,837
V643	RTCM0008	1087	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,009	0,014	14803,634
V644	RTCM0008	1088	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,009	0,014	14804,038
V645	RTCM0008	1089	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,010	0,016	14803,740

ID vector	ID del punto de origen	Al ID punto	Tipo de solución	Hora de inicio	Duración	Precisión h (Metro)	Precisión v (Metro)	Dist. elip. (Metro)
V646	RTCM0008	1090	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,009	0,014	14803,695
V647	RTCM0008	1091	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,009	0,015	14797,783
V648	RTCM0008	1092	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,009	0,014	14797,706
V649	RTCM0008	1093	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:01	0,010	0,016	14796,733
V650	RTCM0008	1094	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,010	0,015	14796,011
V651	RTCM0008	1095	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:00	0,009	0,014	14795,955
V652	RTCM0008	146	Fija	Segundos intercalados inválidos	00:00:21	0,008	0,013	14827,529

Fecha:10/12/2024 17:19:21	Proyecto:C:\Mauro\Fing\PROYECTO\Relevamiento Propio\W2\PUNTOS\Relevamiento_V2.vce	Trimble Business Center
---------------------------	---	-------------------------

12.6. LÁMINAS



Comparacion Conjunta Hormigón

Escala Horizontal = 1:2500

Escala Vertical= 1:250

PERFIL LONGITUDINAL DEL EJE
Comparativa de modelos en conjunto

Fecha
Diciembre de 2024

PAVIMENTO: HORMIGÓN
Relevamiento Barrio Bola de Nieve
Departamento de Montevideo



MAURO ARZUAGA - LUCÍA MARGALL
Tutores: Luis Calderón - Valeria Ferrari



Progresiva	0+000.00	0+025.00	0+050.00	0+075.00	0+100.00	0+125.00	0+150.00	0+175.00	0+200.00	0+225.00	0+250.00	0+275.00	0+300.00	0+325.00	0+345.41
Modelo Pegasus	47.02	48.17	48.51	48.40	47.82	47.43	47.15	46.75	46.40	45.89	45.22	44.43	43.54	42.58	41.55
RGB UAV		48.16	48.53	48.40	47.81	47.43	47.13	46.76	46.38	45.94	45.22	44.45	43.55	42.59	41.69
UAV LIDAR		48.14	48.50	48.38	47.83	47.42	47.11	46.73	46.41	45.92	45.22	44.43	43.54	42.55	41.56
GNSS		48.15	48.49	48.34	47.79	47.43	47.10	46.73	46.37	45.93	45.20	44.40	43.55	42.56	

Comparacion Conjunta Balasto
Escala Horizontal = 1:2500
Escala Vertical= 1:250

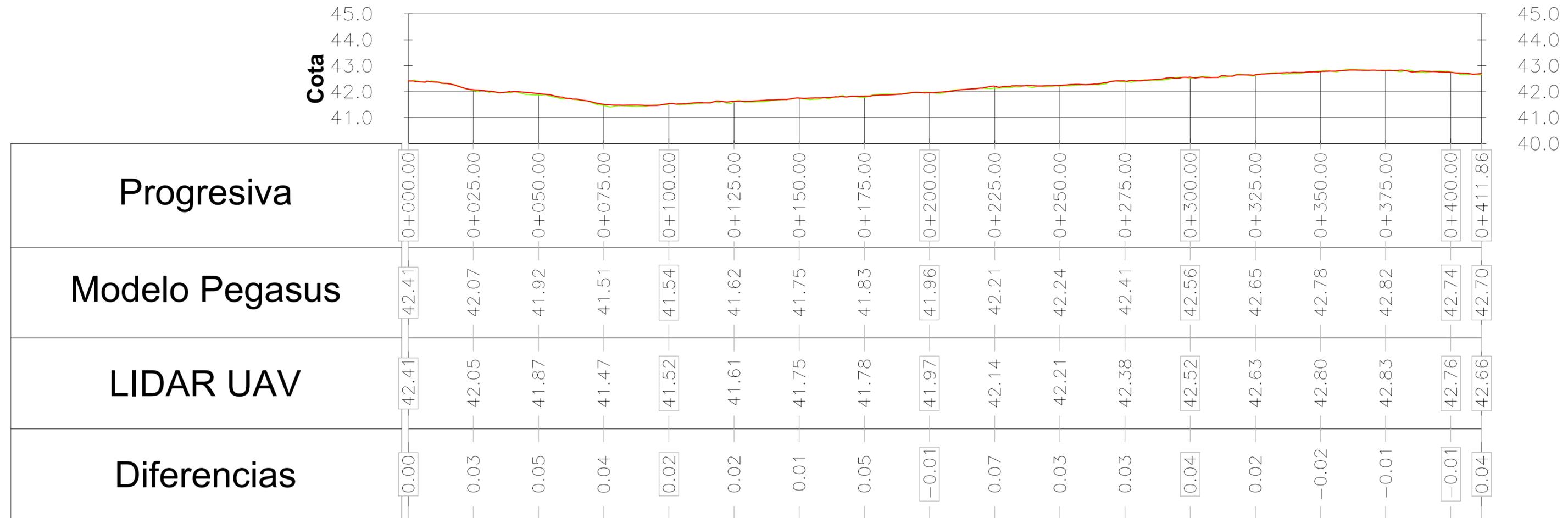
PERFIL LONGITUDINAL DEL EJE
 Comparativa de modelos en conjunto

Fecha
 Diciembre de 2024

PAVIMENTO: BALASTO
 Relevamiento Barrio Bola de Nieve
 Departamento de Montevideo



MAURO ARZUAGA - LUCIA MARGALL
 Tutores: Luis Calderón - Valeria Ferrari



Pegasus - LIDAR UAV

Escala horizontal = 1:2500

Escala vertical = 1:250

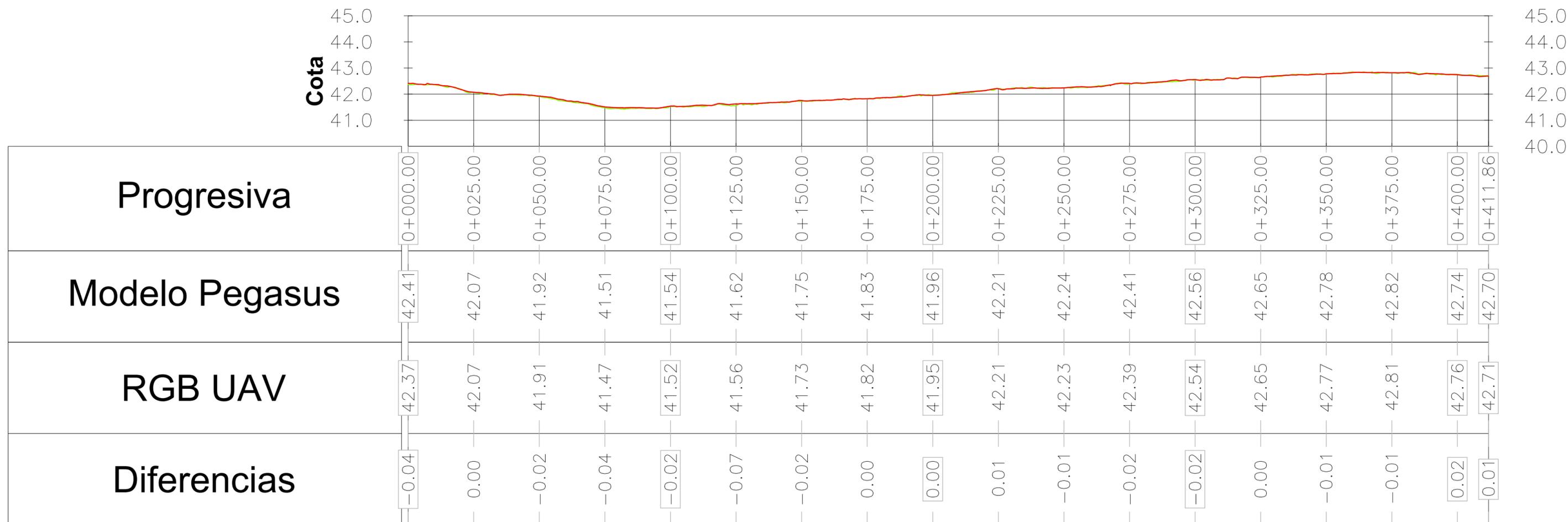
PERFIL LONGITUDINAL DEL EJE
Comparativa PEGASUS – LIDAR UAV

Fecha
Diciembre de 2024

PAVIMENTO: HORMIGÓN
Relevamiento Barrio Bola de Nieve
Departamento de Montevideo



MAURO ARZUAGA – LUCÍA MARGALL
Tutores: Luis Calderón – Valeria Ferrari



UAV RGB - Pegasus

Escala horizontal = 1:2500

Escala vertical = 1:250

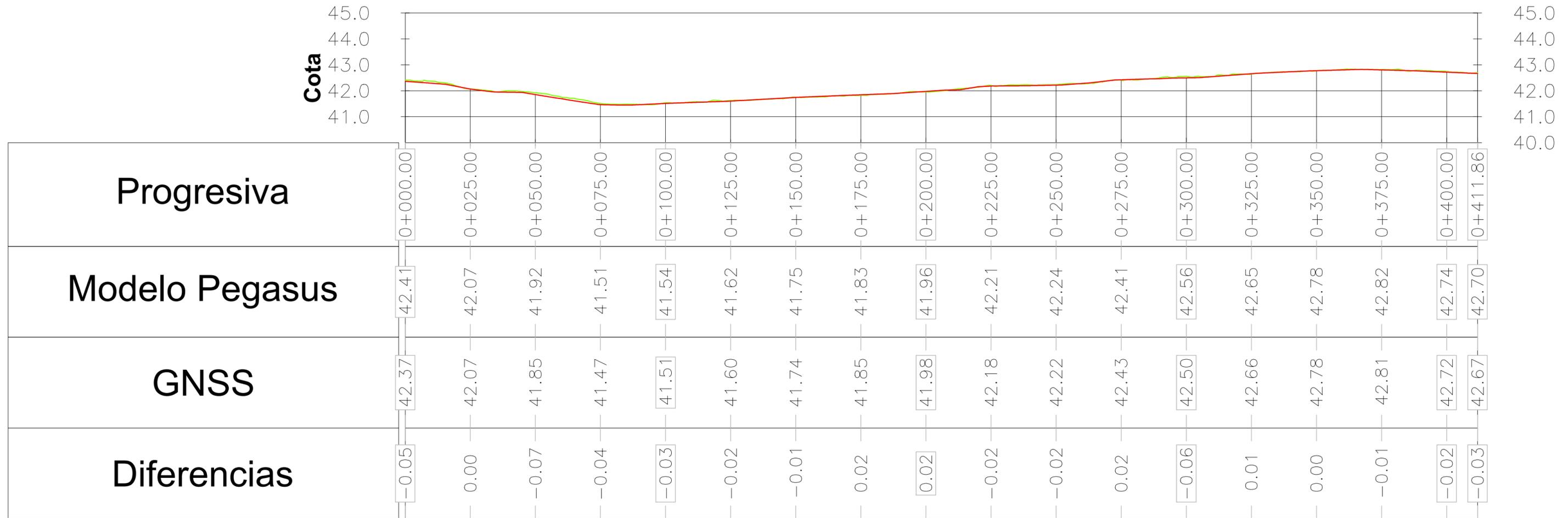
PERFIL LONGITUDINAL DEL EJE
Comparativa PEGASUS – RGB UAV

Fecha
Diciembre de 2024

PAVIMENTO: HORMIGÓN
Relevamiento Barrio Bola de Nieve
Departamento de Montevideo



MAURO ARZUAGA – LUCÍA MARGALL
Tutores: Luis Calderón – Valeria Ferrari



GNSS - PEGASUS

Escala horizontal = 1:2500

Escala vertical = 1:250

PERFIL LONGITUDINAL DEL EJE
Comparativa PEGASUS – GNSS

PAVIMENTO: HORMIGÓN
Relevamiento Barrio Bola de Nieve
Departamento de Montevideo

Fecha
Diciembre de 2024



MAURO ARZUAGA – LUCÍA MARGALL
Tutores: Luis Calderón – Valeria Ferrari



UAV LIDAR - PEGASUS Balasto

Escala horizontal = 1:2500
 Escala vertical = 1:250

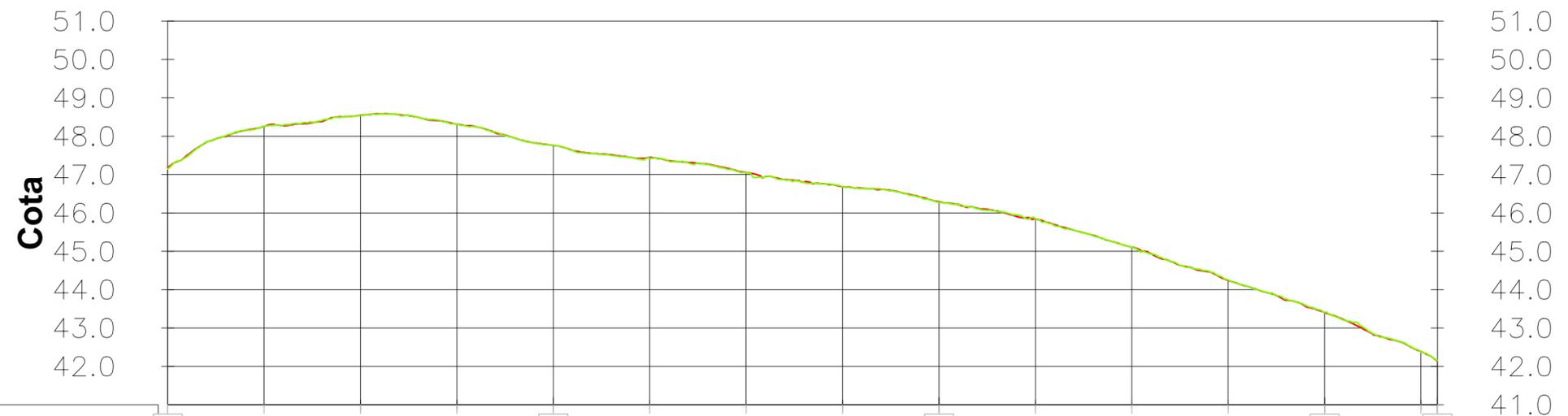
Fecha: Diciembre de 2024
 PERFIL LONGITUDINAL DEL EJE
 Comparativa PEGASUS – LIDAR UAV

PAVIMENTO: BALASTO
 Relevamiento Barrio Bola de Nieve
 Departamento de Montevideo

Fecha
 Diciembre de 2024



MAURO ARZUAGA – LUCÍA MARGALL
 Tutores: Luis Calderón – Valeria Ferrari

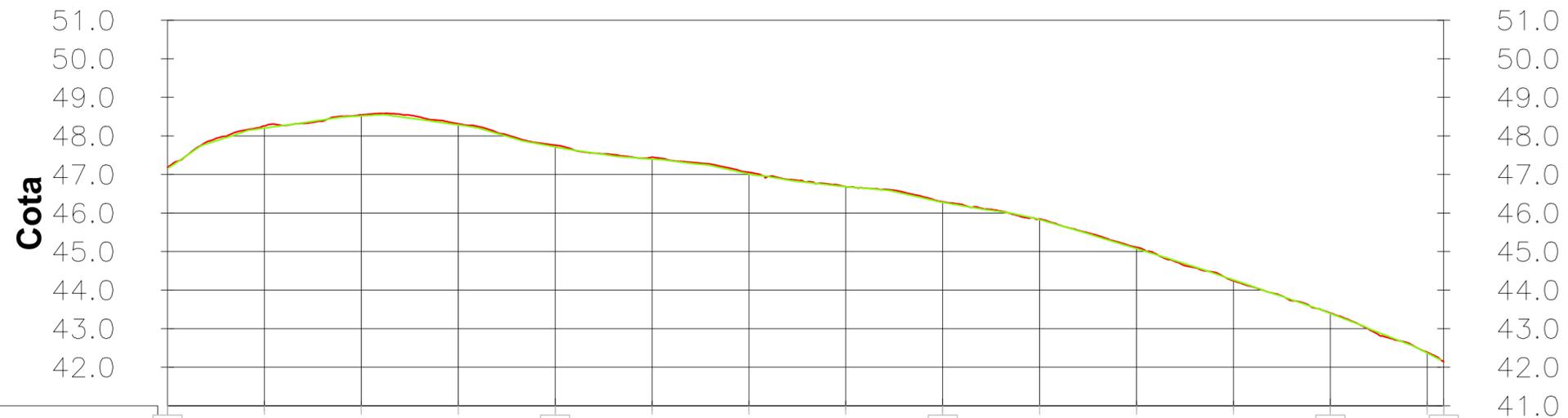


Progresiva	0+000.00	0+025.00	0+050.00	0+075.00	0+100.00	0+125.00	0+150.00	0+175.00	0+200.00	0+225.00	0+250.00	0+275.00	0+300.00	0+325.00	0+329.25
Modelo Pegasus	47.18	48.26	48.55	48.32	47.76	47.45	47.06	46.68	46.29	45.85	45.11	44.24	43.41	42.39	42.14
RGB UAV	47.15	48.26	48.54	48.31	47.77	47.43	47.05	46.69	46.27	45.86	45.11	44.26	43.41	42.38	42.15
Diferencias	-0.04	0.01	-0.01	0.00	0.01	-0.02	-0.01	0.00	-0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	-0.01	0.01

RGB UAV - PEGASUS

Escala horizontal = 1:2500
 Escala vertical = 1:250

PERFIL LONGITUDINAL DEL EJE Comparativa PEGASUS – RGB UAV	Fecha Diciembre de 2024
PAVIMENTO: BALASTO Relevamiento Barrio Bola de Nieve Departamento de Montevideo	 MAURO ARZUAGA – LUCÍA MARGALL Tutores: Luis Calderón – Valeria Ferrari



Progresiva	0+000.00	0+025.00	0+050.00	0+075.00	0+100.00	0+125.00	0+150.00	0+175.00	0+200.00	0+225.00	0+250.00	0+275.00	0+300.00	0+325.00	0+329.25
Modelo Pegasus	47.18	48.26	48.55	48.32	47.76	47.45	47.06	46.68	46.29	45.85	45.11	44.24	43.41	42.39	42.14
GNSS		48.20	48.52	48.29	47.72	47.40	47.01	46.68	46.28	45.83	45.08	44.26	43.39	42.37	
Diferencias		-0.05	-0.03	-0.03	-0.05	-0.05	-0.04	0.00	-0.01	-0.02	-0.03	0.02	-0.01	-0.02	

GNSS - Pegasus Balasto

Escala horizontal = 1:2500
 Escala vertical = 1:250

PERFIL LONGITUDINAL DEL EJE
 Comparativa PEGASUS – GNSS

PAVIMENTO: BALASTO
 Relevamiento Barrio Bola de Nieve
 Departamento de Montevideo

Fecha
 Diciembre de 2024



MAURO ARZUAGA – LUCÍA MARGALL
 Tutores: Luis Calderón – Valeria Ferrari

13. BIBLIOGRAFÍA

Felicísimo, A. M. (1994). Modelos digitales del terreno: Introducción y aplicaciones en ciencias ambientales.

Ferreccio, Nicolás (2006). Análisis de la técnica RTK 1°. Argentina: Editorial de la Universidad Nacional de la Plata.

<https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/view/227/203/676-1>

Berné Valeri, J.L. [et al] (2014) GNSS: GPS: fundamentos y aplicaciones en Geomática. Valencia: Universitat Politècnica de València.

Perez Álvarez, Juan Antonio (2001). Apuntes de Fotogrametría III. Mérida: Universidad de Extremadura.