

Seminario

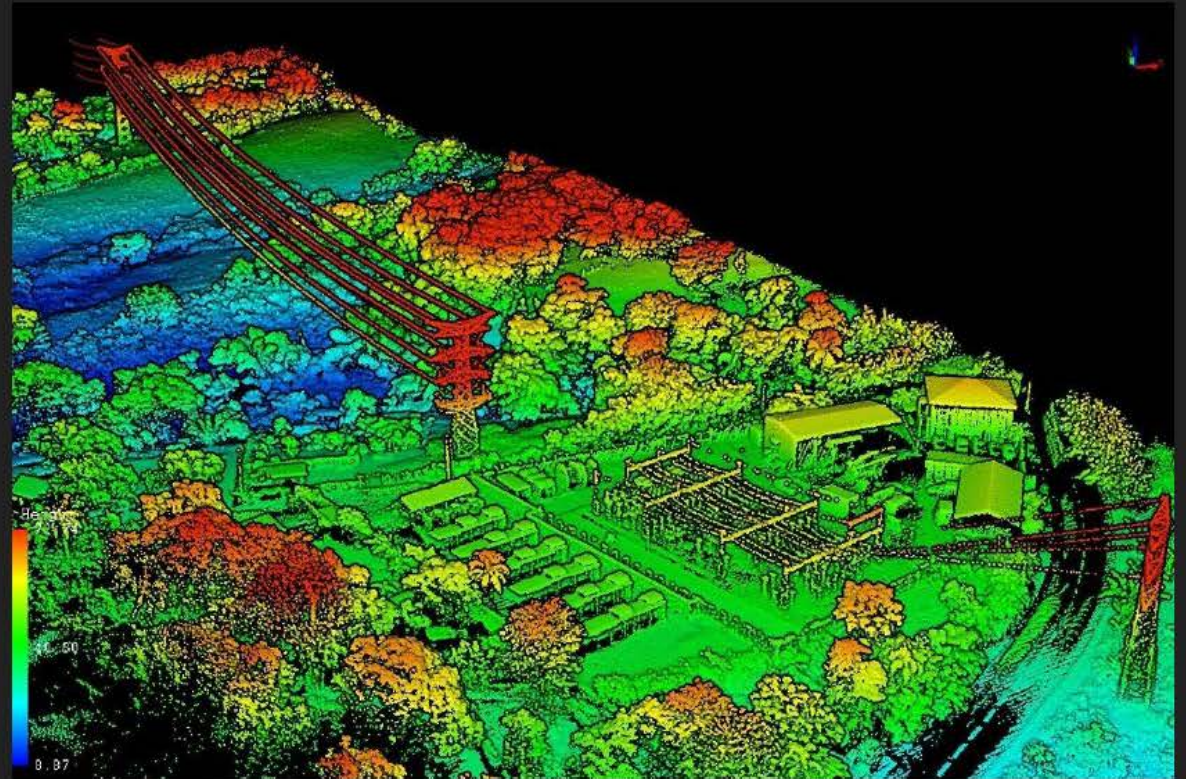
La tecnología LiDAR aplicada al estudio de la estructura de la vegetación en sistemas silvopastorales

LIFE SILFORE

Towards the conservation and management of resilient agroforestry systems through silvopastoralism



Formación en LiDAR y DJI Terra



Equipos LiDAR y drones

¿Qué solución se adoptó?

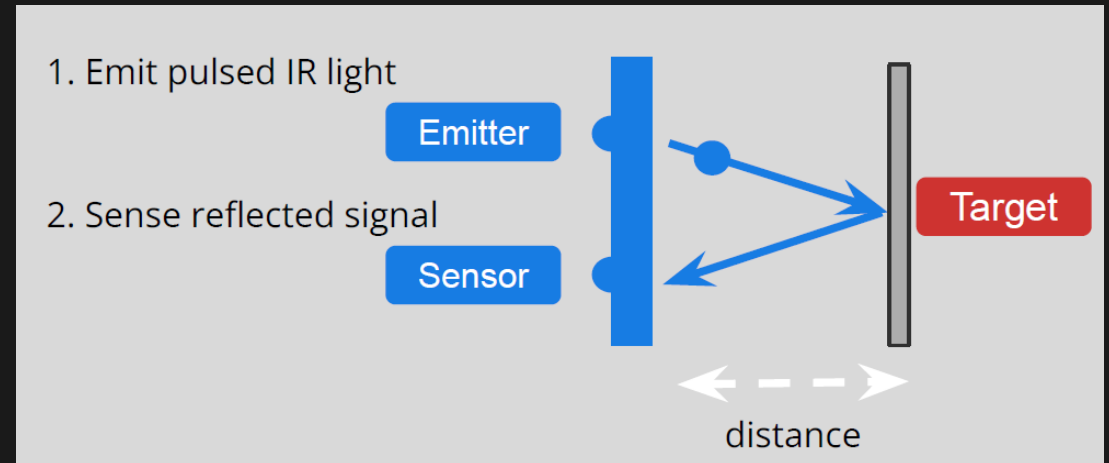
- Drone
 - DJI Matrice 300 RTK
- Sensor
 - DJI Zenmuse L1
- Software
 - DJI Terra
 - PIX4D
 - Agisoft Metashape



Conceptos y posibilidades del LiDAR

¿Qué es?

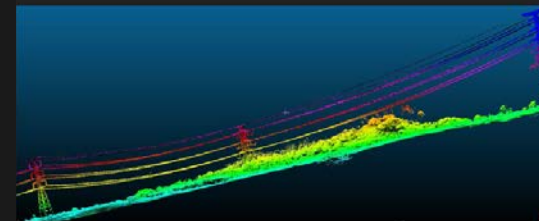
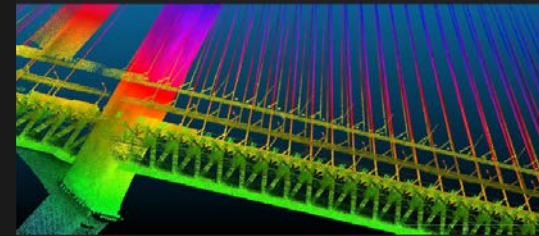
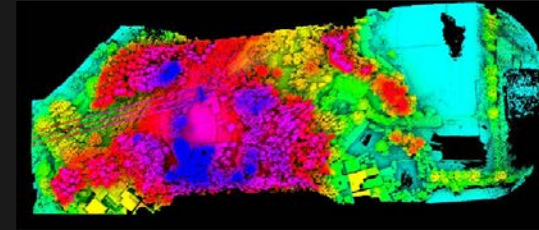
- **LiDAR** = Light Detection And Ranging;
- Es una técnica de teledetección activa: emite impulsos luminosos y detecta la luz reflejada;
- Calcula la posición y la dirección del objeto a partir del tiempo de retorno variable del rayo láser medido;
- Permite representaciones tridimensionales precisas y realistas;
- Permite una precisión muy alta y densidades de puntos elevadas.



Conceptos y posibilidades del LiDAR

Aplicaciones

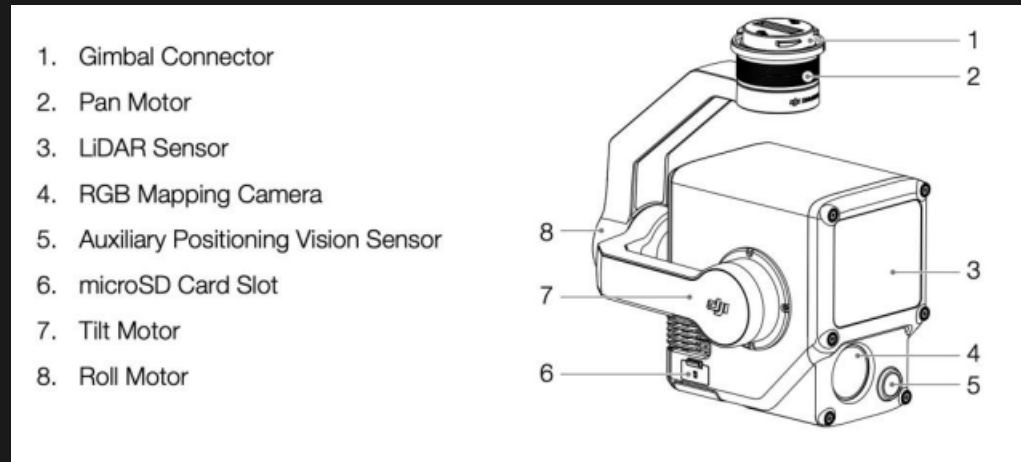
- Levantamientos topográficos
 - Nubes de puntos
 - Modelización digital de elevaciones
 - Clasificación de nubes de puntos
- Reconstrucción de infraestructuras
 - Modelado 3D detallado
- Silvicultura
 - Clasificación del uso del suelo
 - Clasificación y recuento de árboles
- Cartografía de emergencias
- Red eléctrica
- Entre otras aplicaciones



Conceptos y posibilidades del LiDAR

Especificaciones Zenmuse L1

- Integra un sensor LiDAR Livox, una IMU de alta precisión y una cámara visual CMOS de 1 pulgada y 20 MP;
 - <https://www.livoxtech.com/avia>
- Admite 3 retornos;
 - 240.000 puntos en el primer retorno y hasta 48.000 puntos con dos o tres retornos;
- Hasta 2 km de alta eficiencia;
- Tipo de protección: IP54;
- Nube de puntos en tiempo real;



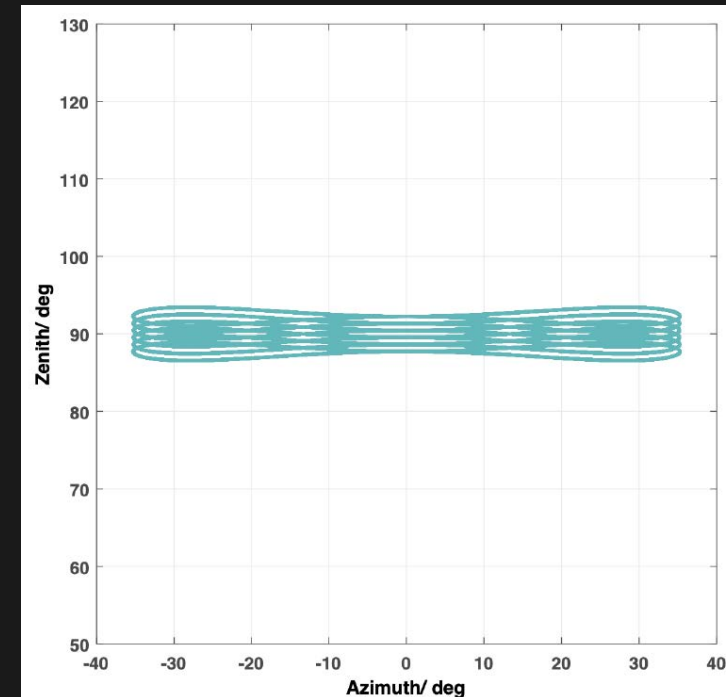
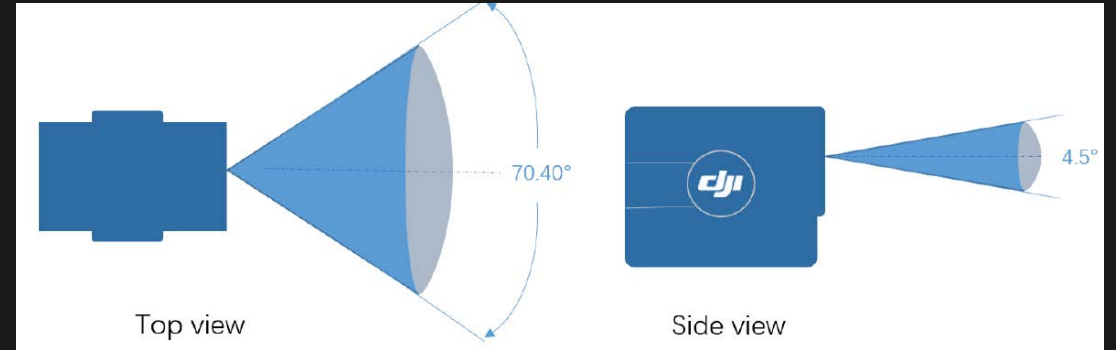


Conceptos y posibilidades del LiDAR

Especificaciones Zenmuse L1

- El L1 dispone de dos métodos de barrido de nubes de puntos:
 - Repetitivo vs No repetitivo;
- Barrido repetitivo :
 - Proporciona un **FOV** plano ($70.4^\circ \times 4.5^\circ$)
 - Campo vertical más estrecho pero mayor precisión;
 - Recomendado para topografía y cartografía de alta precisión.

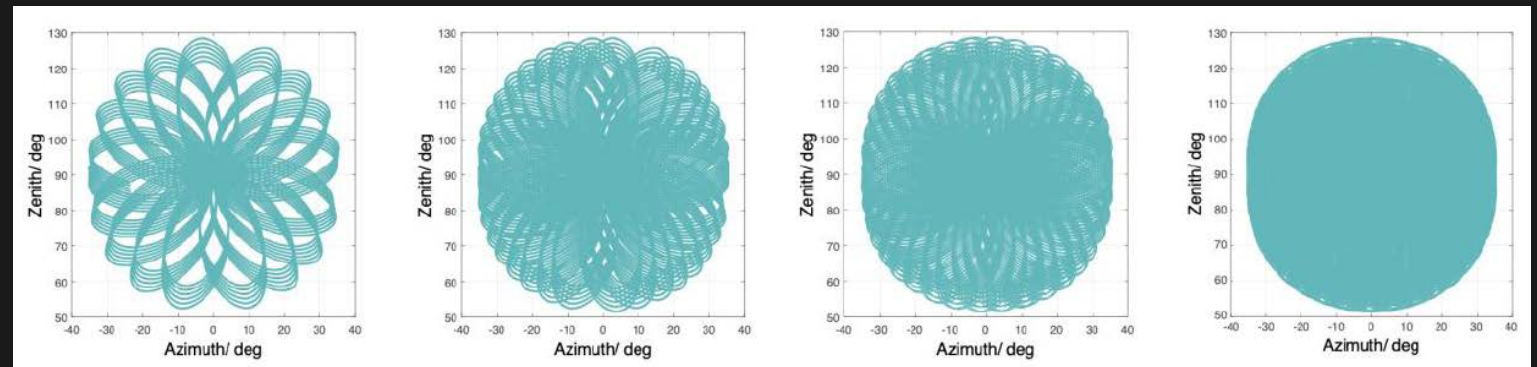
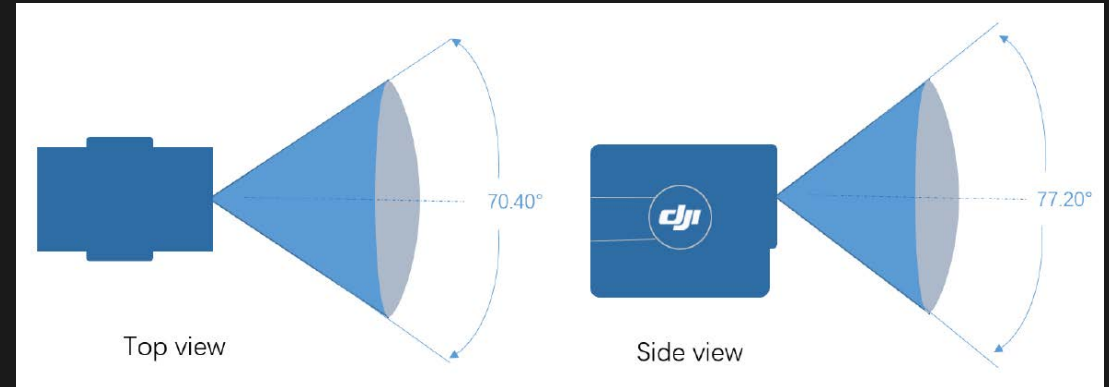
Field of View (FOV), campo de visión (FOV), también conocido como ángulo de barrido,



Conceptos y posibilidades del LiDAR

Especificaciones Zenmuse L1

- Barrido No Repetitivo:
 - Proporciona um **FOV** casi circular ($70.4^\circ \times 77.2^\circ$)
 - Campo vertical más amplio pero menos precisión;
 - Recomendado para captar datos de estructuras complejas, como fachadas de edificios.



Best DJI L1 Drone LiDAR Flight Parameters

- <https://www.heliguy.com/blogs/posts/l1-drone-lidar-parameters>

Conceptos y posibilidades del LiDAR

Calibración de la Inertial Measurement Unit (IMU)

- Para el LiDAR DJI Zenmuse L1, es necesario calibrar la IMU **antes**, **durante** (cada 100 segundos de la misión de vuelo) y **después** de la recogida de datos para garantizar la precisión del sistema de navegación inercial.
- La IMU es un sensor que mide la **aceleración**, la **rotación** y la **orientación** del dron..
- La calibración de la IMU ayuda al dron a capturar y procesar con precisión esta información, esencial para un vuelo estable y seguro..
- La calibración de la IMU es un pre-requisito para la precisión del LiDAR.
- Es un factor clave que afecta a la precisión final de la nube de puntos.

Así que no se sorprenda si el dron hace movimientos extraños durante el vuelo:
SE ESTÁ CALIBRANDO

Conceptos y posibilidades del LiDAR

Calibración de la Inertial Measurement Unit (IMU)

- Una IMU de alta precisión **es esencial** para recopilar datos LiDAR de calidad porque, sin ella, la nube de puntos no sería más que una colección arbitraria de puntos..
- Zenmuse L1 ha sido diseñado con una IMU de **calidad industrial**.
- Integra un sensor de visión para la precisión de posicionamiento y un **receptor GNSS de doble frecuencia**, lo que proporciona una precisión relativa del grado de inspección de **5 cm** y una precisión absoluta de **10 cm** a una altura de vuelo de **50 m**.

Ayudas para la calibración de la Inertial Measurement Unit (IMU)

- What you need to know about DJI's first-ever drone LiDAR payload:
 - <https://enterprise-insights.dji.com/blog/zenmuse-l1-top-7-features>
- How to use the DJI Zenmuse L1 LiDAR and Matrice 300:
 - <https://www.youtube.com/watch?v=Z6FEymAbREA>
- ¿Cómo calibro la IMU de mis drones en DJI Fly?
 - <https://help.dronedeploy.com/hc/en-us/articles/13805047676823-How-do-I-calibrate-my-drones-IMU-in-DJI-Fly>

Conceptos y posibilidades del LiDAR

LiDAR vs Fotogrametría

- **Fotogrametría:** proceso de utilizar numerosas fotografías para determinar la distancia.
- **LiDAR:** proceso de medición de distancias utilizando rayos láser emitidos por el sensor y reflejados por los objetos;
- En comparación con LiDAR, los sistemas de fotogrametría pueden tener dificultades para seleccionar objetos muy pequeños y con detalles muy finos, por ejemplo:
 - Los pulsos LiDAR pueden captar las líneas eléctricas;
 - Las fotos tomadas por los módulos de fotogrametría pueden no detectar los cables;
 - El LiDAR también es capaz de penetrar a través de la vegetación para captar el sotobosque.
- La combinación de estas técnicas permite crear modelos 3D de gran detalle y colorido.

DJI Smart Controller Enterprise

Ultra-bright 5.5-inch 1080p display



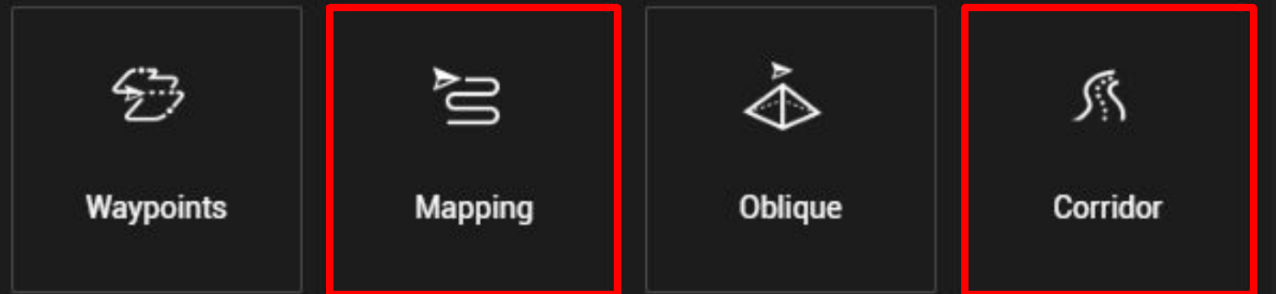
Planificación de vuelos en DJI Pilot 2

Tipos de misiones

Hay 4 tipos de misiones automáticas :

- Waypoint;
- **Mapping**
- Oblique
- Corridor

Flight Route Mission



Planificación de vuelos en DJI Pilot 2

Mapping

Calibración IMU:

- activado por defecto para que LiDAR calibre el sensor cada 100 segundos;

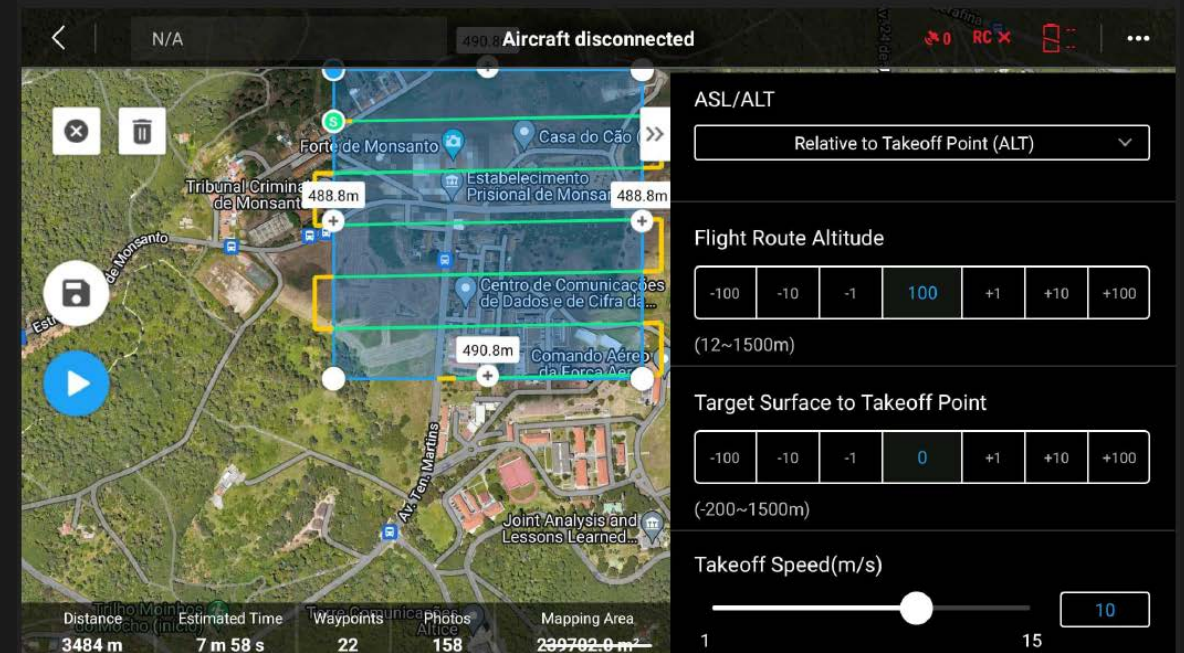
Terrain Follow (Seguimiento del terreno):

- Se activa en situaciones en las que no es posible volar a la misma altitud durante todo el reconocimiento..
- Cuando se activa, DSM debe añadirse al comando;

Target surface to takeoff point :

- Si quieres elevar el dron desde un lugar más alto.

...



Planificación de vuelos en DJI Pilot 2

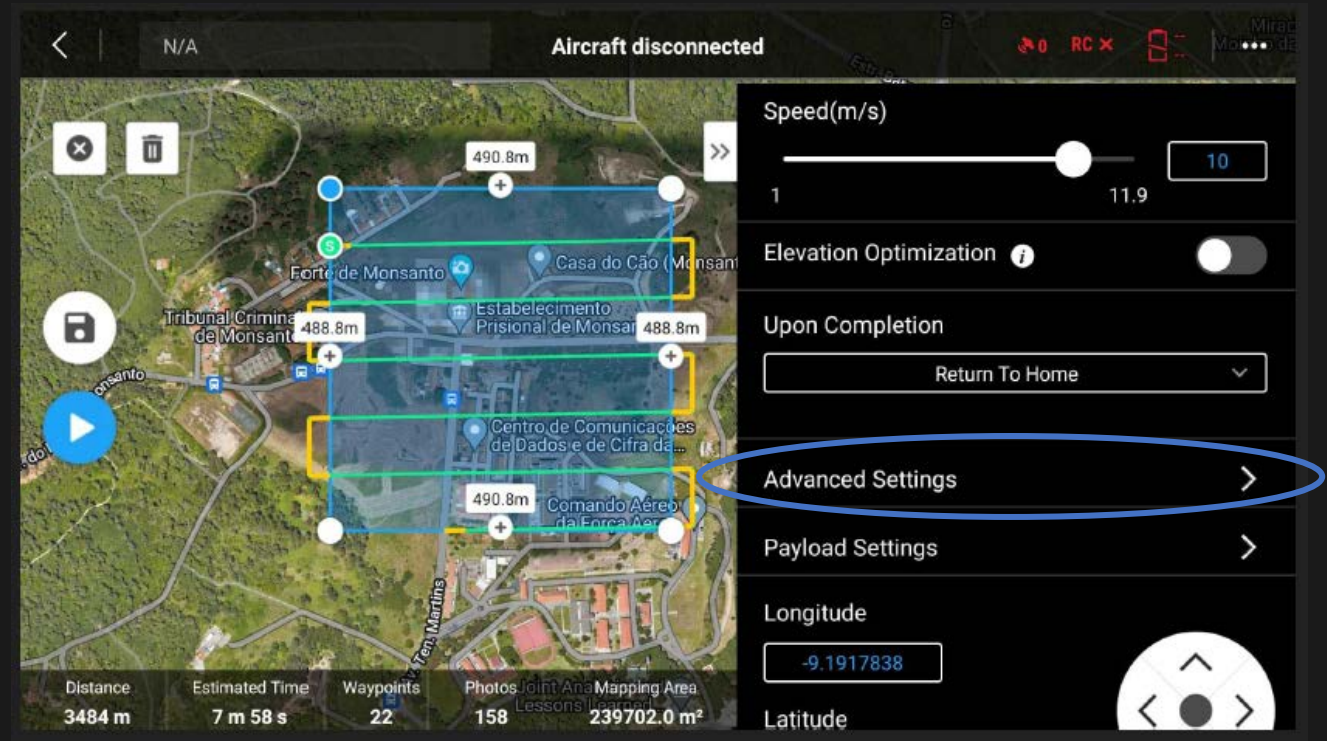
Mapping

Optimización del elevación :

- Una vez finalizada la misión, el dron se desplaza al centro de la zona de vuelo y toma fotografías en varios ángulos para mejorar la precisión de la elevación;
- **Alarga demasiado la misión y no he aceptado esa opción**

Al finalizar (elija una de las opciones):

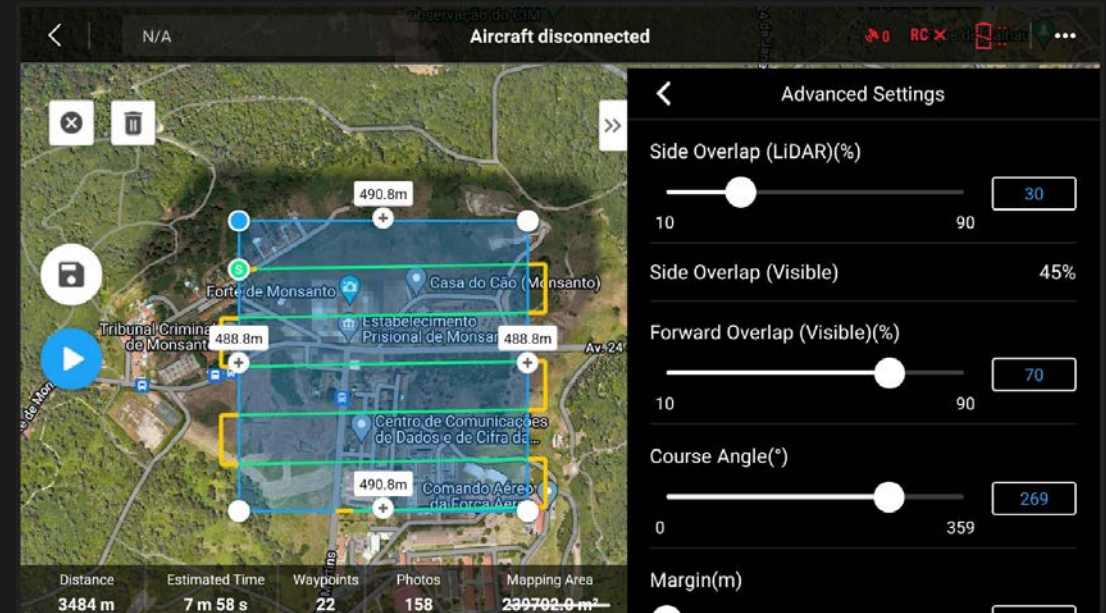
- Exit Task;
- **Return to Home** (por defecto);
- Land;
- Volver al punto de partida y flotar



Conceptos y posibilidades del LiDAR

Especificaciones Zenmuse L1 - Advanced settings

- Side Overlap (LiDAR)(%):
 - Los valores que se suelen utilizar están entre el 20% y el 30%; tengo algunas dudas; yo he utilizado valores más altos: 80%.
- Side Overlap (Visible)(%): 45%;
- Forward Overlap (Visible)(%): 70% a 80%;
- Course Angle(°):
 - ajusta las líneas de vuelo
- Margin(m):
 - ajusta una tolerancia
- Photo mode - presenta dos opciones:
 - Time Interval Shot
 - Distance Interval Shot



Planificação de voo no DJI Pilot 2

Mapping - Payload Settings

Return Mode

Menos retornos, menos penetración de la vegetación:

- Triple = 3 retornos ,
- Dual = dos retornos ,
- Single = un retorno.

Sampling Rate

Número de pulsos láser por segundo

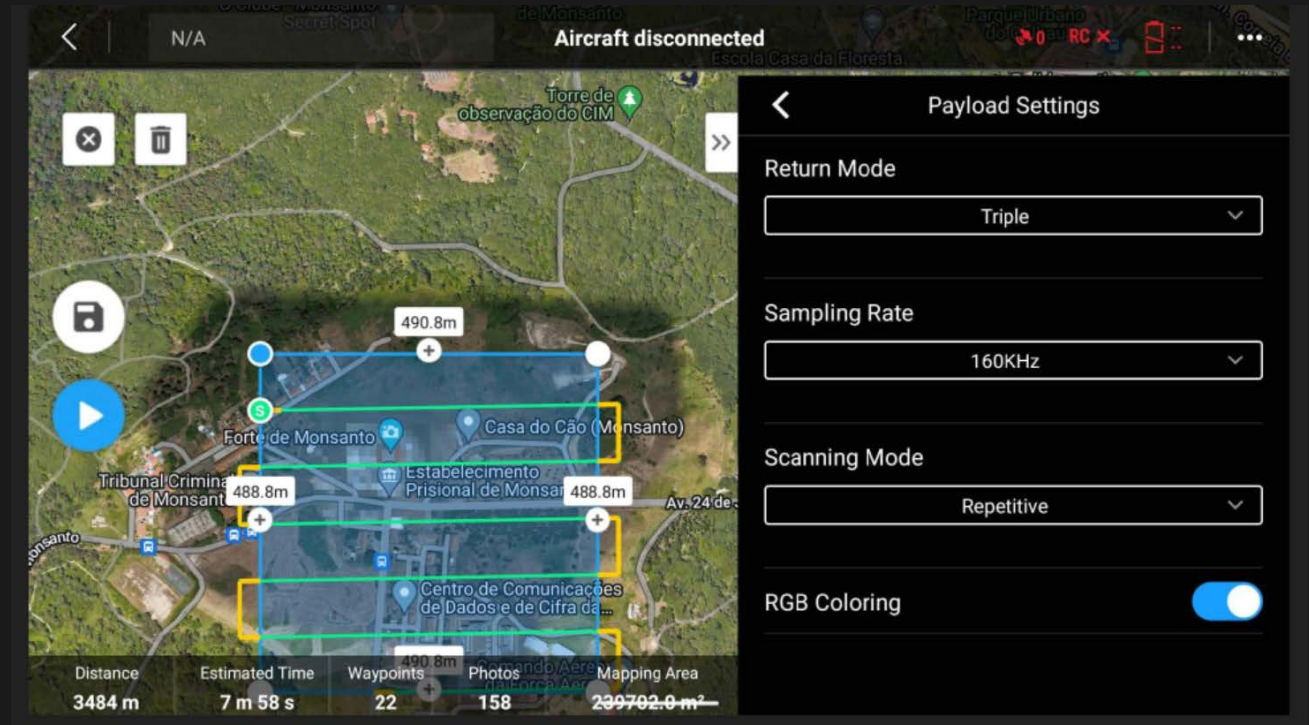
Cuanto mayor sea el número de retornos, menor a Sampling Rate

Triple = 160 kHz (160000 pulsos por segundo),

Dual ou Single = 240 kHz

Scanning Mode: Repetitive o Non-Repetitive;

RGB Coloring: coloración de la nube de puntos.



Planificação de voo no DJI Pilot 2

Mapping - Payload Settings

Return Mode

Menos retornos, menos penetración de la vegetación:

- Triple = 3 retornos ,
- Dual = dos retornos ,
- Single = un retorno.

Sampling Rate

Número de pulsos láser por segundo

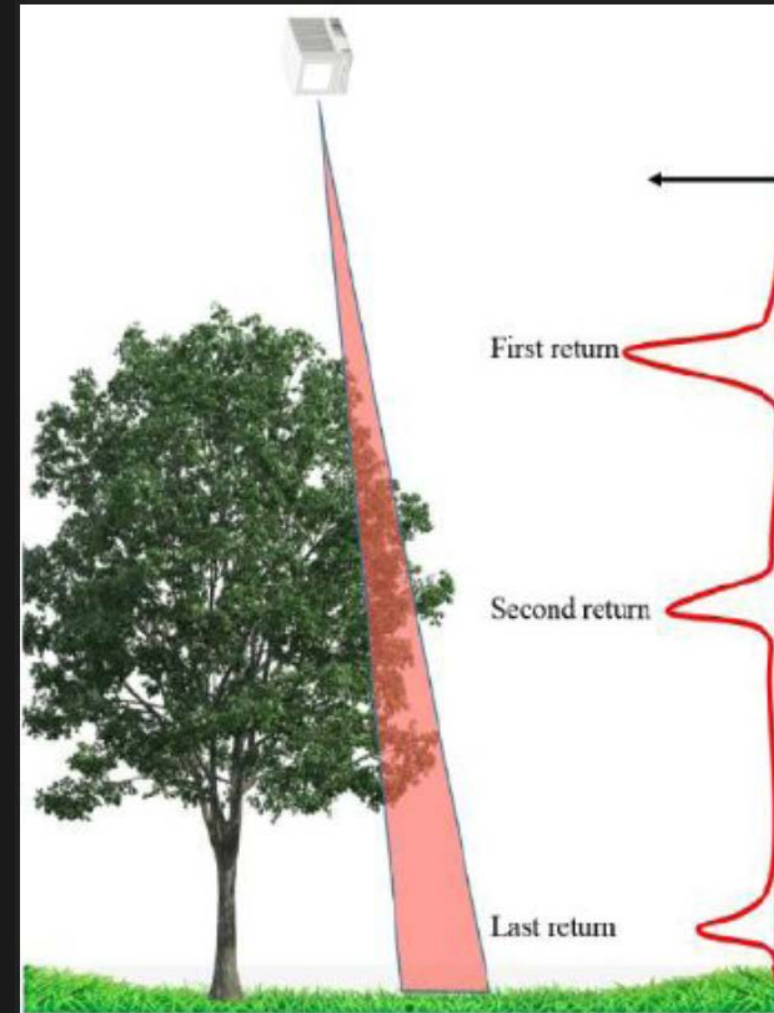
Cuanto mayor sea el número de retornos, menor a Sampling Rate

Triple = 160 kHz (160000 pulsos por segundo),

Dual ou Single = 240 kHz

Scanning Mode: Repetitive o Non-Repetitive;

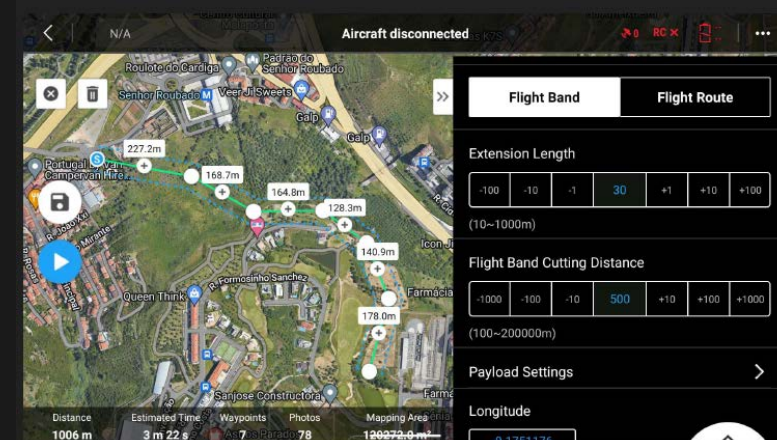
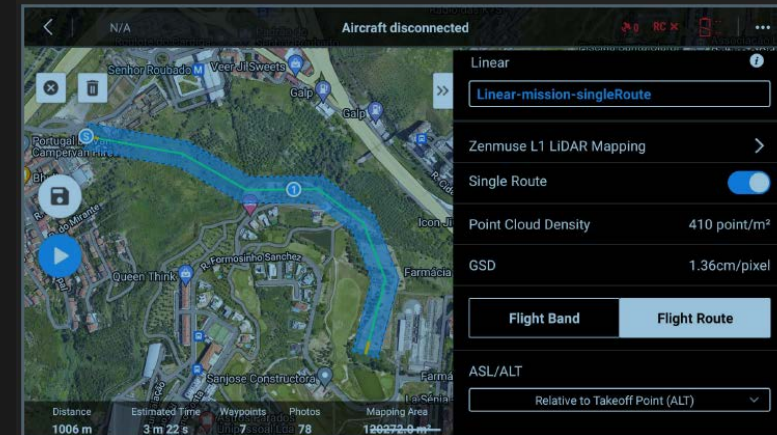
RGB Coloring: coloración de la nube de puntos.



Planificación de vuelos en DJI Pilot 2

Corridor - Single Route

- Nunca lo he hecho con esta opción pero puede ser interesante para algunos estudios
 - En las misiones lineales, sólo cambian algunos parámetros;
 - La misión se completa en una sola pasada;
- Cuando sea necesario, se comprobarán los parámetros



Real Time Kinematic (RTK) and Post Processing Kinematic (PPK)

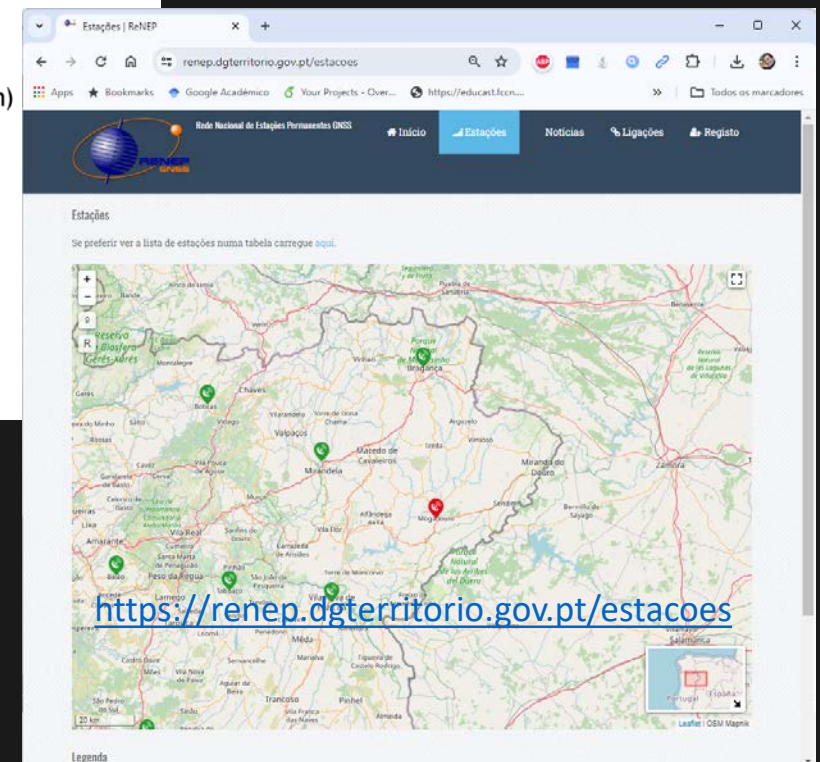
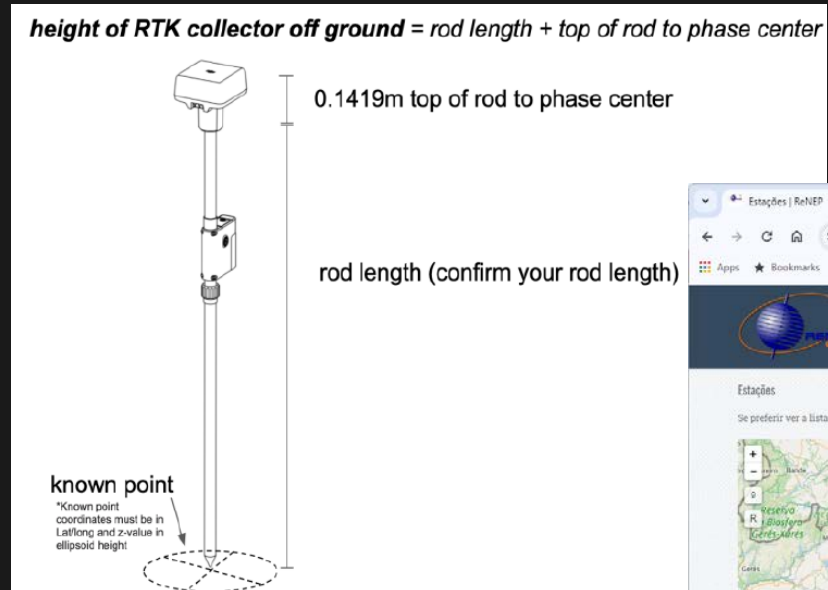
Requisitos:

L1 requiere un posicionamiento de precisión centimétrica.

El estado "RTK FIX" debe mantenerse durante toda la misión de vuelo L1

El archivo fuente debe contener datos de la estación base RTK.

Si no puede garantizarse la conexión RTK, puede utilizarse PPK.



DJI L1 Operações no terreno

Real Time Kinematic (RTK)
and Post Processing
Kinematic (PPK)

Soluciones:

NTRIP (Custom Network RTK) (Red personalizada RTK)

Servicio RENEP da DGT

Conexión a Internet y datos móviles

DJI D-RTK 2 High Precision GNSS Mobile Station (Estación base)

Colocación en un punto conocido

Estación base RTK de terceros

Para PPK

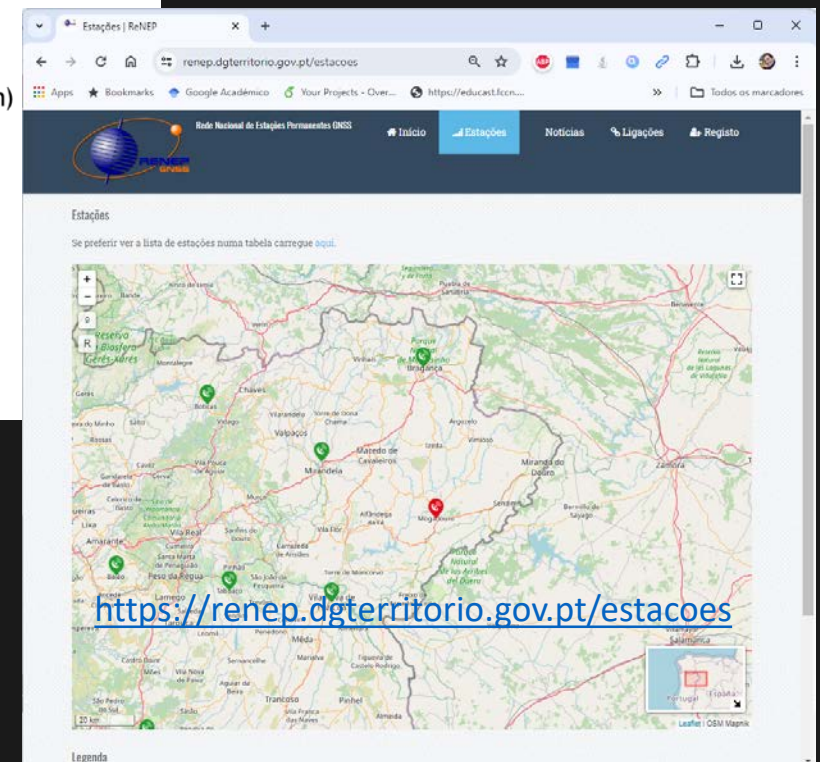
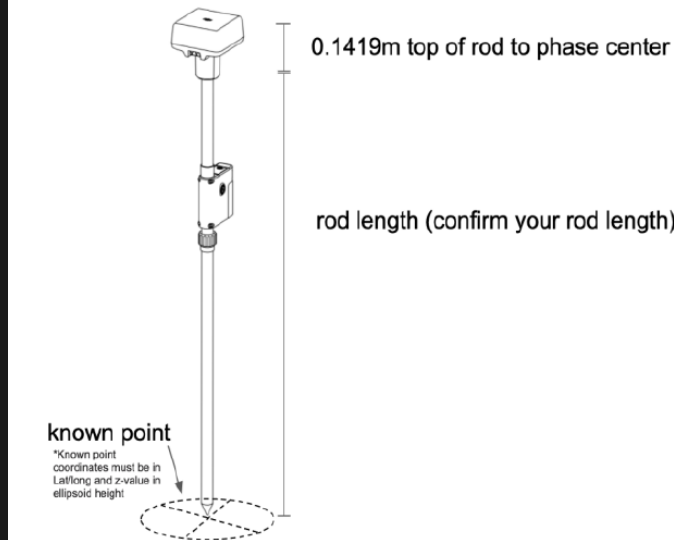
Nunca la he utilizado

Distancia máxima de 10 kilómetros

No se requiere conexión entre el dron y la estación base RTK

Archivos descargados y renombrados
(ver instrucciones detalladas)

height of RTK collector off ground = rod length + top of rod to phase center



DJI L1 Operações no terreno

Real Time Kinematic (RTK) and Post Processing Kinematic (PPK)

El archivo fuente debe contener datos de la estación base RTK.

Estos datos RTK pueden obtenerse con el dron conectado al RTK de una estación base propietaria, o a la estación base NTRIP, o a una estación base de terceros;;

- CLC - LiDAR Camera Calibration data;
- CLI - LiDAR IMU Calibration data;
- CMI - Visual Calibration data;
- IMU - IMU data;
- LDR - RAW LiDAR data;
- MNF - Visual data;
- RTB - RTK Base data;
- RTK - RTK Antenna data - Master;
- RTL - Arm data;
- RTS - RTK Antenna data - Slave
- JPG - Images

Nome	Data	Tipo	Tamanho	Etiquetas
DJI_20220705154503...	05/07/2022 15:45	Ficheiro CLC	1 KB	
DJI_20220705154503...	05/07/2022 15:45	Ficheiro CLI	1 KB	
DJI_20220705154503...	05/07/2022 15:45	Ficheiro CMI	1 KB	
DJI_20220705154503...	05/07/2022 15:56	Ficheiro IMU	6 647 KB	
DJI_20220705154503...	05/07/2022 15:54	Ficheiro LDR	2 088 960 KB	
DJI_20220705154503...	05/07/2022 15:56	Ficheiro RTB	810 KB	
DJI_20220705154503...	05/07/2022 15:56	Ficheiro RTK	3 490 KB	
DJI_20220705154503...	05/07/2022 15:56	Ficheiro RTL	930 KB	
DJI_20220705154503...	05/07/2022 15:56	Ficheiro RTS	640 KB	
DJI_20220705154504...	05/07/2022 15:58	Ficheiro BIN	11 KB	
DJI_20220705154504...	05/07/2022 15:59	Ficheiro BIN	3 504 KB	
DJI_20220705154504...	05/07/2022 15:58	Ficheiro MRK	22 KB	
DJI_20220705154505...	05/07/2022 15:45	Ficheiro JPG	7 986 KB	v00.01.1845;...
DJI_20220705154508...	05/07/2022 15:45	Ficheiro JPG	7 182 KB	v00.01.1845;...

Procesamiento de datos L1 con DJI Terra

Prepara tu ordenador

Se necesita un ordenador potente

Carta gráfica NVIDIA

4 GB de VRAM (mínimo)

CPU superior a i5

4 GB de memoria por 1 GB de nubes de
puntos brutos (RAW)

Correspondência entre a memória do computador e o tamanho
máximo do ficheiro de nuvem de pontos em bruto

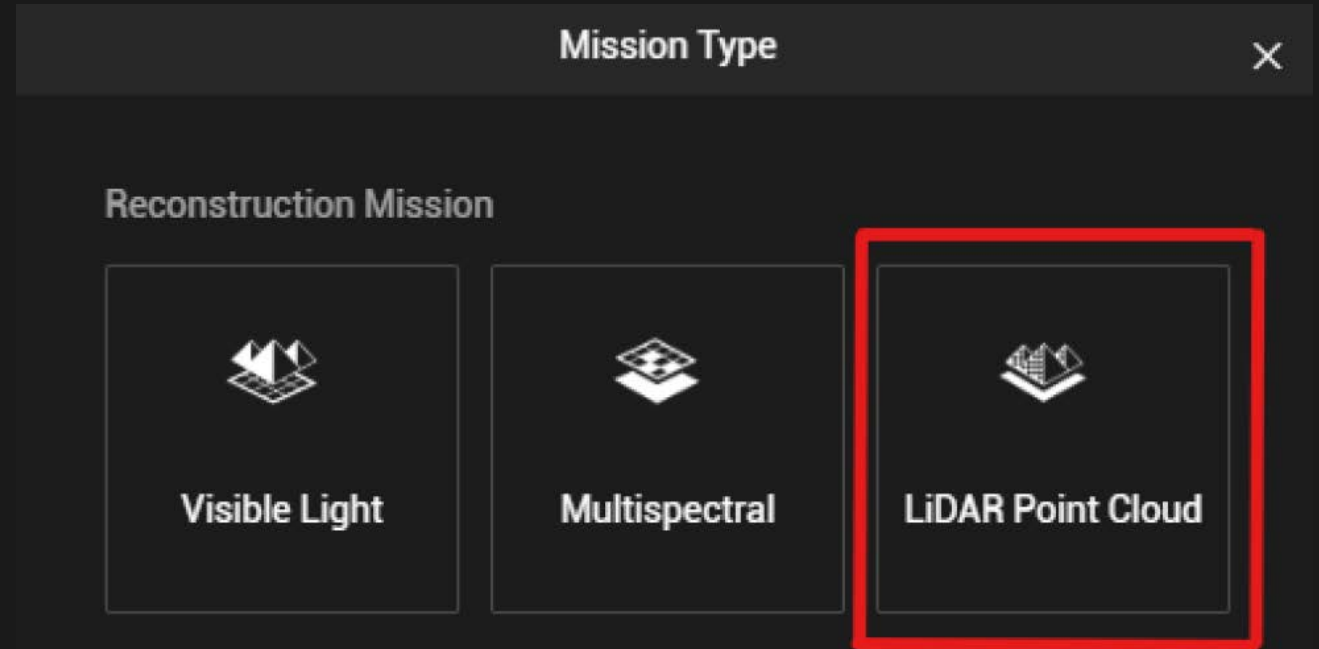
Graphic Card	RAM	Max Size of Raw Point Cloud
GeForce GTX 1050Ti with 4GB of VRAM	16GB	4GB
	32GB	8GB
	64GB	16GB
	128GB	32GB

Procesamiento de datos L1 con DJI Terra

Reconstruction steps

Seleccione el tipo de misión

- Visible Light
- Multispectral
- **LiDAR Point Cloud**



Procesamiento de datos L1 con DJI Terra

Reconstruction steps

Sistema de coordenadas de INPUT

- Puede ser un sistema de coordenadas geográficas (lat,lon)
 - Suele utilizarse EPSG:4326
 - Hay muchos códigos EPSG disponibles

Sistema de coordenadas de OUTPUT

- Tiene que ser un sistema de coordenadas cartográficas (metros)
 - Si en la lista de Sistemas de Coordenadas aparece WGS84 es aconsejable cambiar a la proyección WGS84 UTM
 - De lo contrario, la nube de puntos puede aparecer como una simple línea al exportarla a determinados programas informáticos.
- He elegido Portugal :
 - EPSG:32629
 - WGS 84 / UTM zone 29N
- Pero se puede elegir otro sistema de coordenadas cartográficas

Misiones de campo

LiDAR Point Cloud (Zenmuse L1) + Multispectral (Micasense Rededge-MX) +
Inventario de Campo

- Se han realizado varias misiones
 - Presentamos la misión del 19/03/2024 en Vilarinho
- Las próximas misiones están próximas
 - Dentro de 15 días (LiDAR y Multispectral)
 - Antes del pastoreo
 - Después del pastoreo
- Se realizó un inventario de campo
 - En Vilarinho
 - Carvalhal + Encina
 - En Zeive
 - Carvalhal
- Inventario forestal clásico según el método Draudt
 - Suta (diámetros)
 - Vertex (alturas)
 - Parcelas de 500 m²

Vilarinho

23 de enero de 2024

Caroline señalando las mediciones de diámetro de João Castro en un encinar

Las encinas conservan su follaje, lo que complica la captura de datos por teledetección

Se espera que la captura de datos de vegetación bajo cubierta sea más eficaz con LiDAR que con el sensor multiespectral.

Se han numerado todos los árboles y las mediciones sobre el terreno se compararán con las de teledetección



Vilarinho

23 de enero de 2024

Caroline señalando las mediciones de diámetro de João Castro en un encinar

La vegetación arbustiva había sido cortada previamente y, lamentablemente, seguía en el suelo, por lo que debía retirarse antes del pastoreo.



Zeive

30 de enero de 2024

Caroline midiendo diámetros en un robledal

El sotobosque sólo tiene vegetación
herbácea y mucha hojarasca

Se espera que la captura de datos de
vegetación bajo cubierta sea más eficaz con
LiDAR que con el sensor multiespectral.

Para la creación del MDT, es mejor realizar la
cobertura LiDAR en un periodo sin hojas,
aunque la penetración fue buena incluso en
los encinares.

Se espera que la evaluación del pastoreo
mediante teledetección funcione bien.

Zeive

30 de enero de 2024

Caroline señalando las mediciones de diámetro de João Castro en un robledal

Se están procesando los datos del inventario de campo

Se están utilizando tablas de volumen de entrada simple y doble.

Para la encina, sólo encontramos tablas de una entrada

Para el roble, tablas de doble entrada

Vilarinho

Misión de 19/03/2024 en Vilarinho

LiDAR Zenmuse L1

90 m de altura de vuelo constante (con DSM)

80% Superposición longitudinal y lateral

Énfasis en áreas con o sin pastoreo

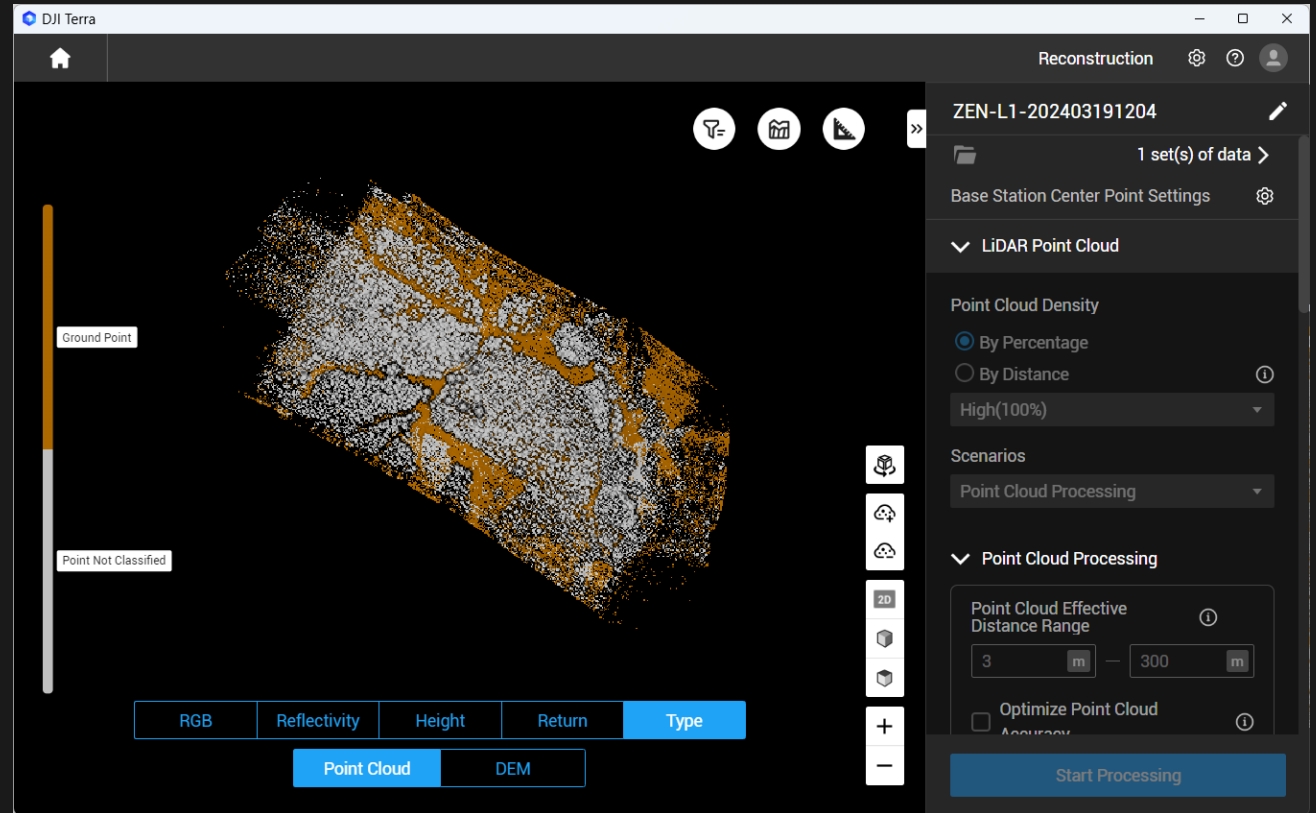


Vilarinho

Misión de 19/03/2024 en Vilarinho

LiDAR Zenmuse L1

En esta imagen podemos ver la penetración en el suelo



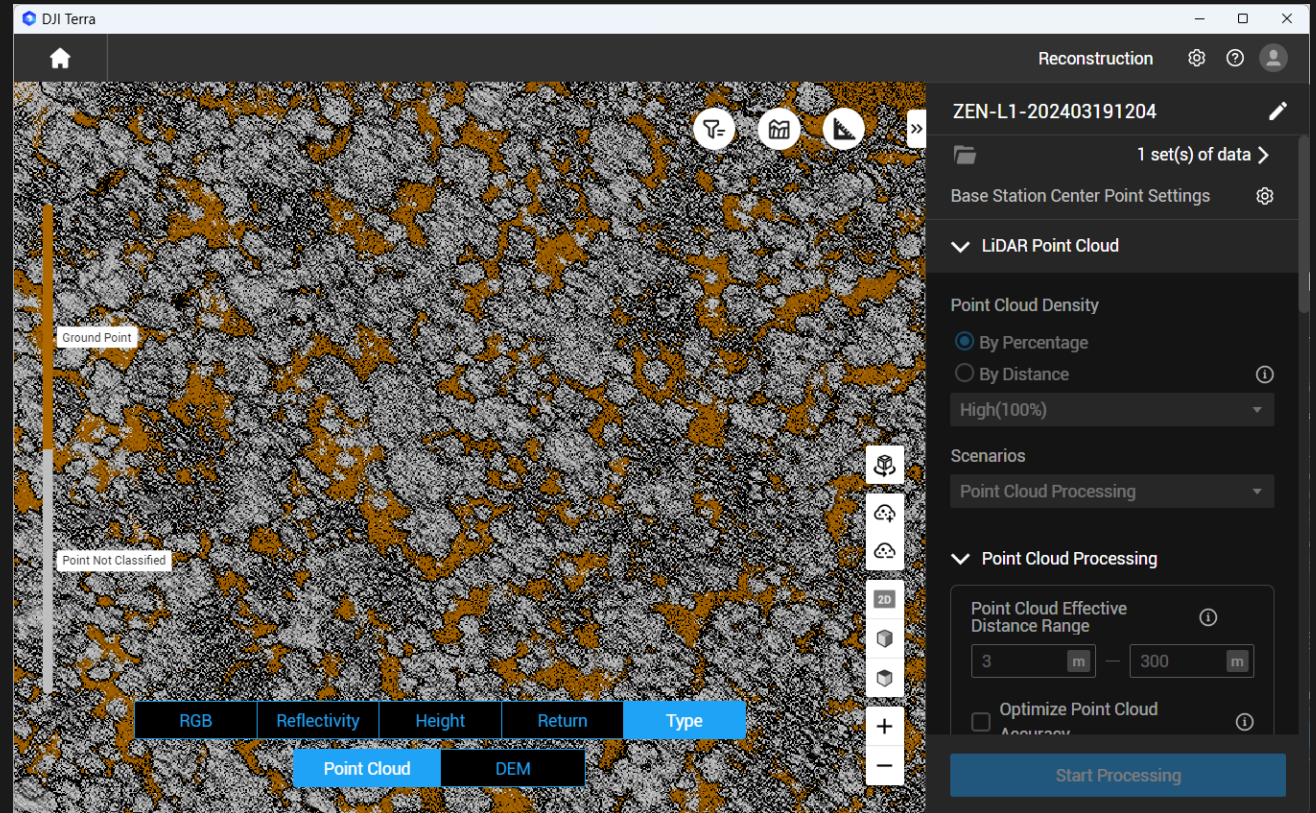
Vilarinho

Misión de 19/03/2024 en Vilarinho

LiDAR Zenmuse L1

En esta imagen podemos ver la penetración en el suelo (grande ampliação)

El siguiente objetivo es crear modelos digitales de elevación (DEM o DTM) y modelos de vegetación (DSM) y obtener modelos de altura del dosel (CHM)



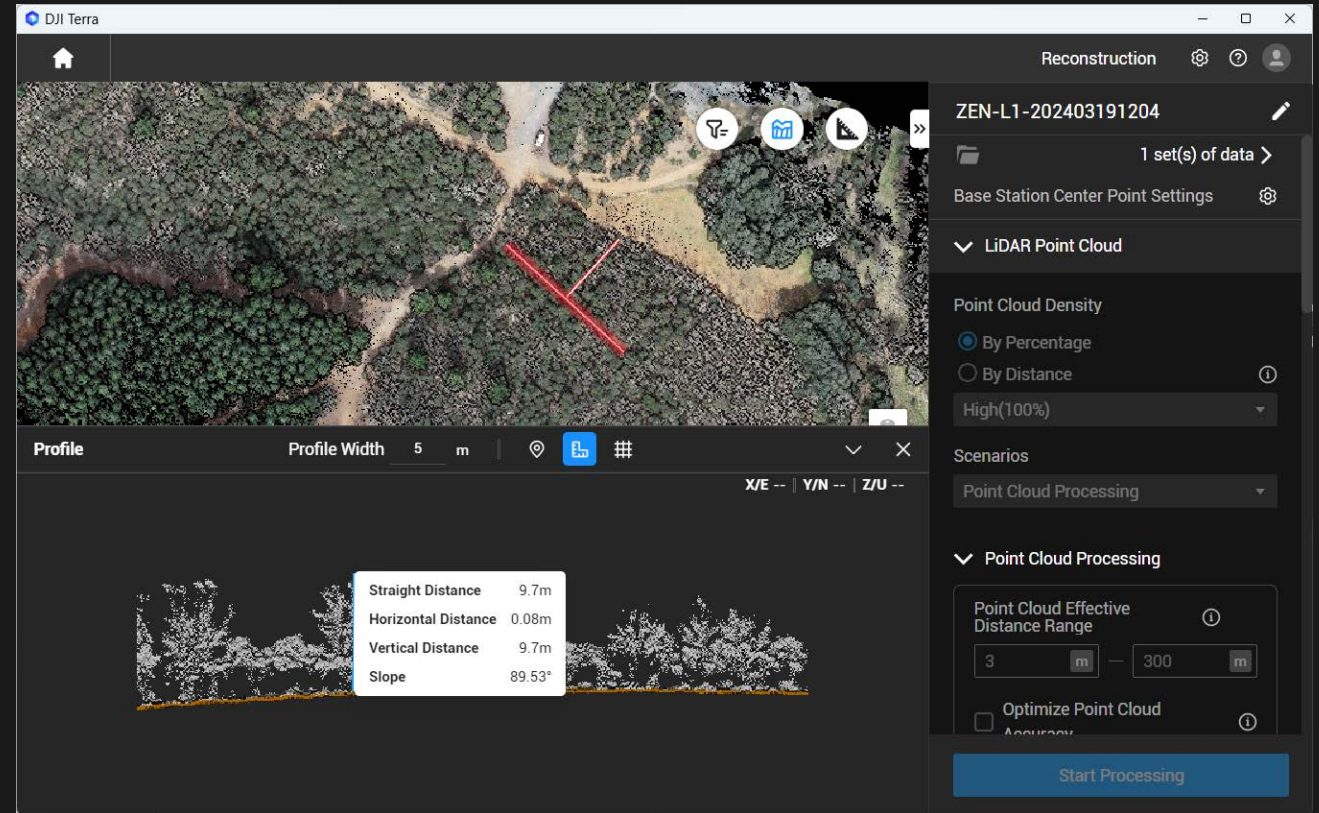
Vilarinho

Misión de 19/03/2024 en Vilarinho

LiDAR Zenmuse L1

Una vez identificada una parcela de campo, se puede crear un perfil topográfico

El siguiente objetivo es contrastar las mediciones sobre el terreno con las mediciones LiDAR.

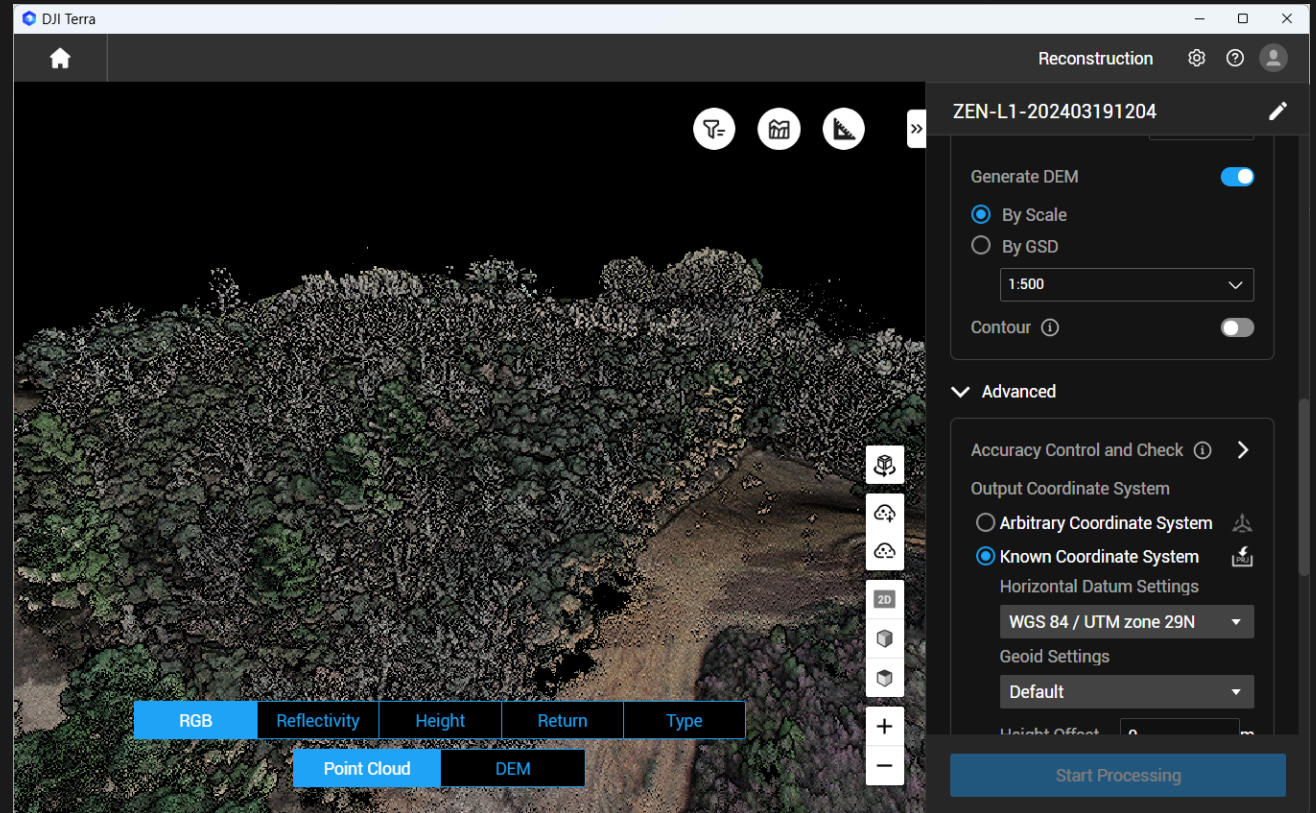


Vilarinho

Misión de 19/03/2024 en Vilarinho

LiDAR Zenmuse L1

La vista en perspectiva es interesante,
aunque no está claro si será útil en el análisis



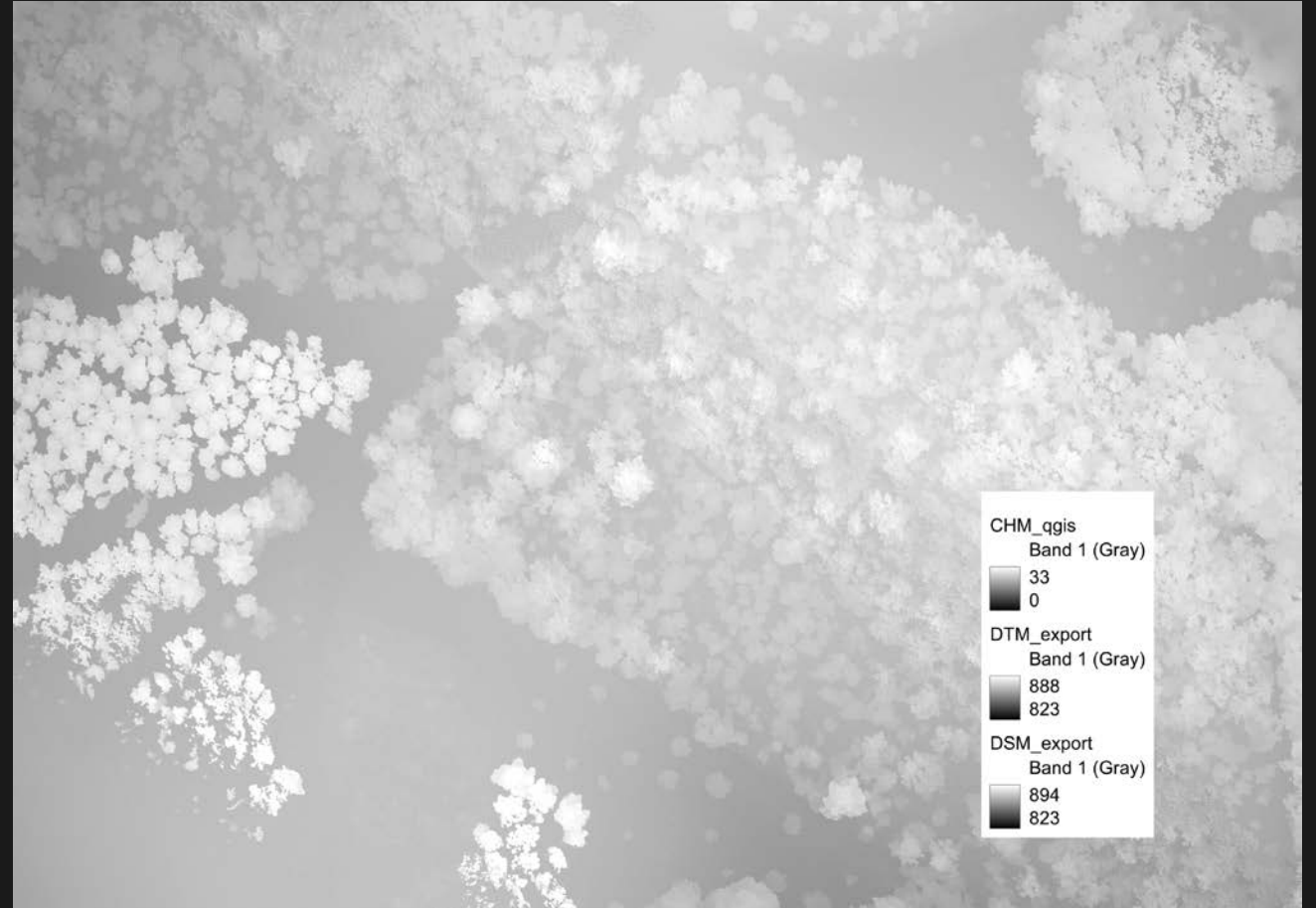
Vilarinho

Misión de 19/03/2024 en Vilarinho

LiDAR Zenmuse L1

La nube de puntos se exportó en formato LAS y se importó al software PIX4D y/o Agisoft Metashape.

Se crearon los modelos **DTM**, DSM, CHM



Vilarinho

Misión de 19/03/2024 en Vilarinho

LiDAR Zenmuse L1

La nube de puntos se exportó en formato LAS y se importó al software PIX4D y/o Agisoft Metashape.

Se crearon los modelos DTM, **DSM**, CHM



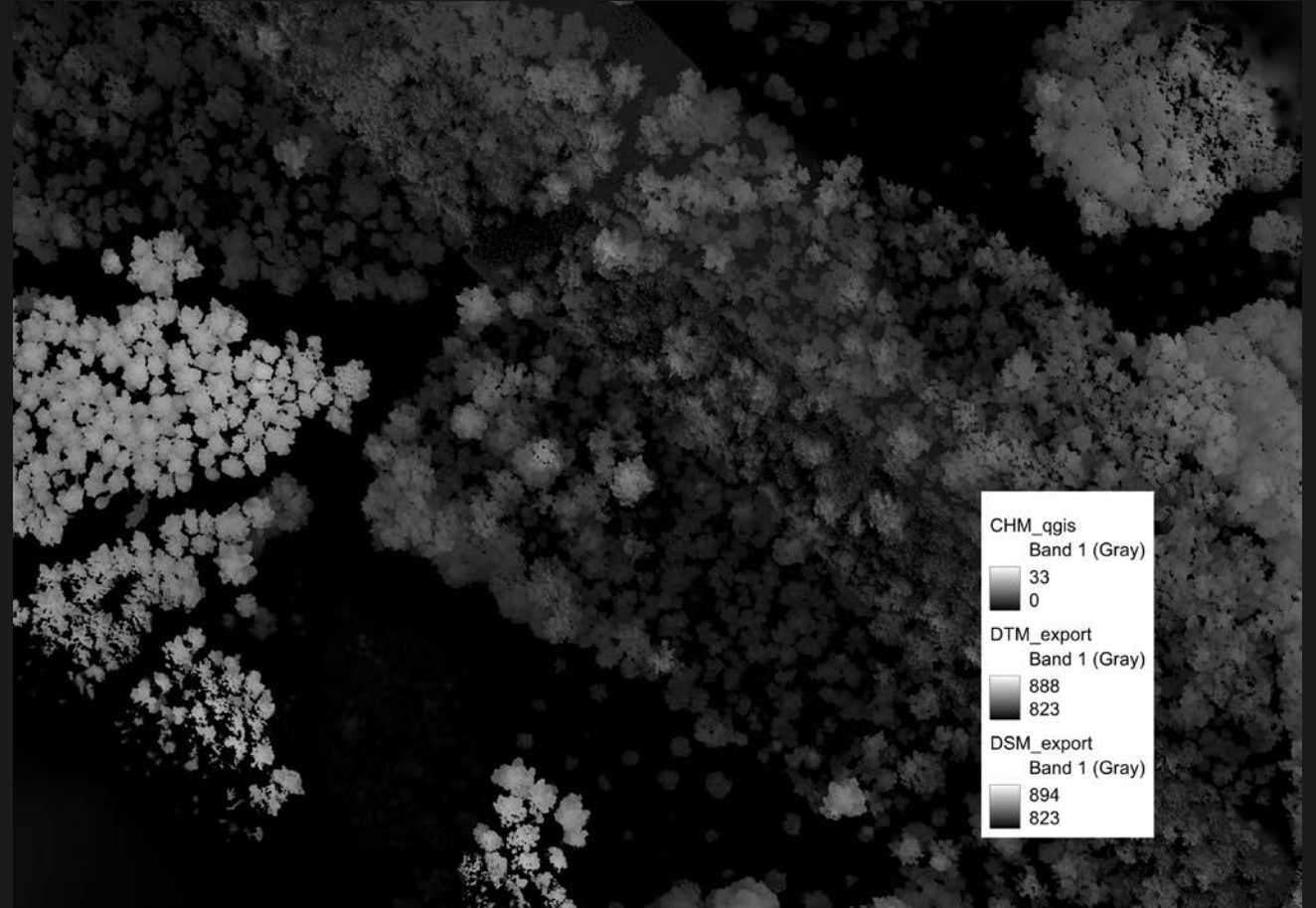
Vilarinho

Misión de 19/03/2024 en Vilarinho

LiDAR Zenmuse L1

La nube de puntos se exportó en formato LAS y se importó al software PIX4D y/o Agisoft Metashape.

Se crearon los modelos DTM, DSM, **CHM**



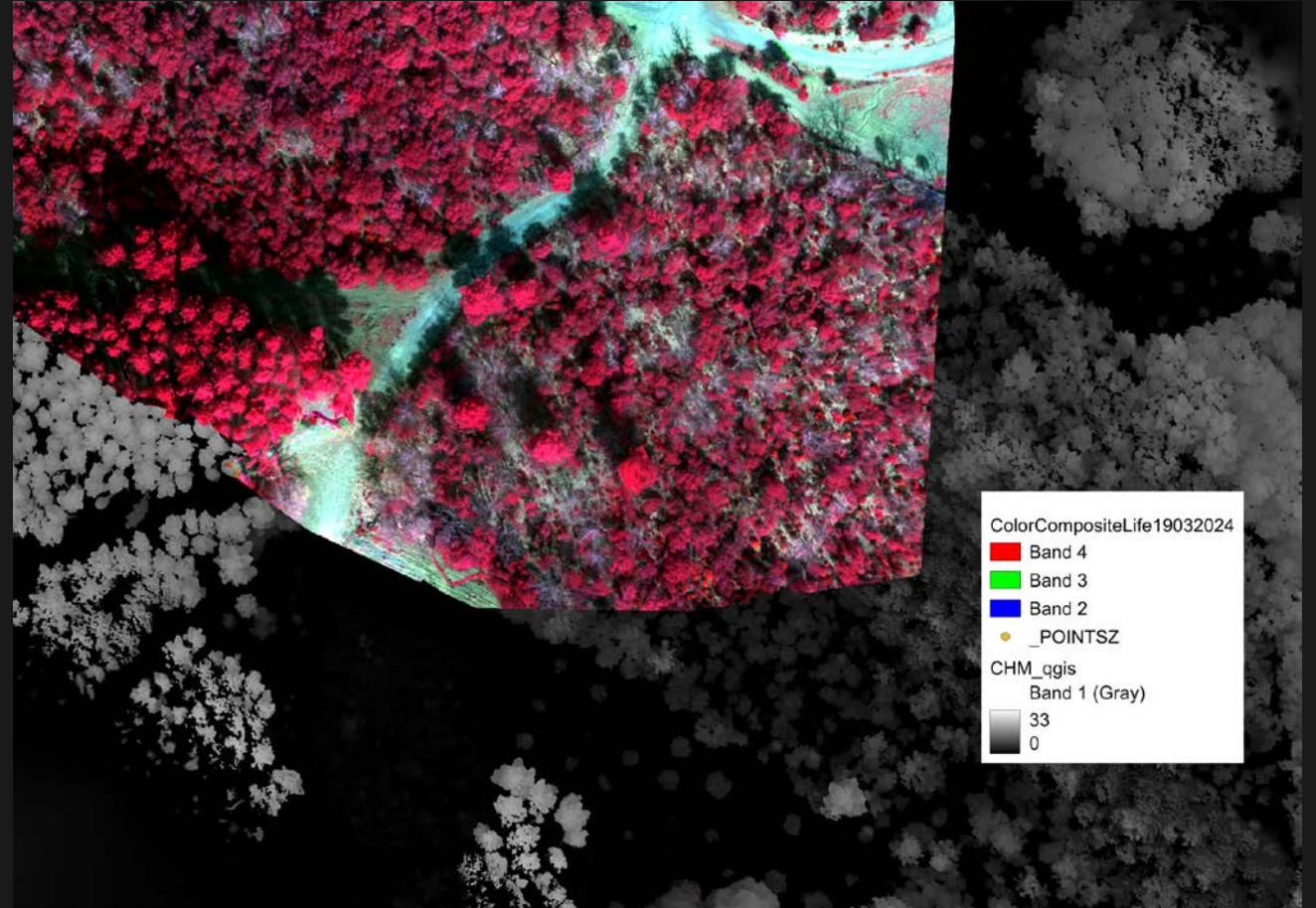
Vilarinho

Misión de 19/03/2024 en Vilarinho

Multispectral Micasense Rededge-MX

La superposición de información multispectral puede ser muy útil para analizar el efecto del pastoreo, y pueden aprovecharse los índices de vegetación

En este caso hemos construido una composición de falso color 432 (IR, R, G) y detrás de ella el CHM



Gracias

Caroline Barradas Podsclan, ESA/IPB, carol_barradasp@hotmail.com

Marina Meca Ferreira de Castro, CIMO/ SusTEC/ IPB. marina.castro@ipb.pt

João Paulo Miranda de Castro, CIMO/ SusTEC/ IPB. jpmc@ipb.pt