		INFORME FINAL 2025/02/24
Tipo de documento: CONTROLADO		Versión: Primera (01)
		
RAUL VALENCIA Elaboró	ALEJANDRO WILCHES Revisó	JUAN GONZALO Aprobó

OBJETO CONTRATO:

Realizar la toma y generación de ortoimágenes rectificadas a escala 1:10000, el modelo digital de elevación, los metadatos e informes cartográficos para los municipios priorizados en el marco de la formulación e implementación de los planes de ordenamiento social de la propiedad rural.

REGISTRO DE CAMBIOS DE LA PRESENTE VERSIÓN

Versión	Página	Naturaleza del cambio	Fecha
0		Creación del documento	24-02-2025

TOMO 1 DE 1

BOGOTÁ DISTRITO CAPITAL 20 – 02 – 2025

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETIVOS 4
1.1. OBJETIVO GENERAL 4
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 4
2. ALCANCE 5
3. REFERENCIAS NORMATIVAS 6
4. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 7
5. METODOLOGÍA LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS 9
6. METODOLOGÍA CAPTURA DE INFORMACIÓN VUELOS LIDAR 12
7. COMPONENTES DEL SISTEMA 13
7.1. PLANIFICACIÓN DEL VUELO CON BASE EN LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS EXIGIDAS Y LA ZONA DE TRABAJO. 13
7.2. PARAMETROS DE VUELO COMBINADO LIDAR/CAMARA 15
7.3. INFORMES METEOROLÓGICOS 18
7.4. AVANCE DE LOS VUELOS 20
8. AVACE DE LAS ACTIVIDADES 22
9. RESUMEN DE PRODUCTOS ENTREGADOS 23
10. CONCLUSIONES 24

LISTADO DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Características generales del vuelo LiDAR sobre VQ480I 16
Tabla 2. Características generales del vuelo LiDAR sobre VQ580II 16
Tabla 3. Productos Entregados 23

LISTADO DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Ubicación del municipio de Taraza - Antioquia 7
Figura 2. Ubicación del municipio de Suarez - Cauca 7
Figura 3. Ubicación del municipio de Caloto - Cauca 8
Figura 4. Ubicación del municipio de Valle del Guamuez - Putumayo 8
Figura 5. Puntos de fotocontrol Taraza - Antioquia 9
Figura 6. Puntos de fotocontrol Suarez - Cauca 9
Figura 7. Puntos de fotocontrol Caloto - Cauca 10

Figura 8. Puntos de fotocontrol Valle del Guamuez - Putumayo 10
Figura 9. Diagrama de flujo SIGLA para vuelos combinados LiDAR-Cámara 12
Figura 10. Planificación de las líneas de vuelo Taraza - Antioquia..... 13
Figura 11. Planificación de las líneas de vuelo Suarez - Cauca..... 14
Figura 12. Planificación de las líneas de vuelo Caloto - Cauca..... 14
Figura 13. Planificación de las líneas de vuelo Valle del Guamuez - Putumayo..... 15
Figura 14. Plan de vuelo LiDAR 480I..... 16
Figura 15. Plan de vuelo LiDAR VQ580II..... 17
Figura 16. Reportes meteorológicos WINDY 18
Figura 16. Reportes meteorológicos desde personal en tierra. 19
Figura 17. Condiciones meteorológicas adversas en vuelos..... 19
Figura 18. Ubicación del municipio de Taraza - Antioquia..... 20
Figura 19. Ubicación del municipio de Suarez - Cauca..... 20
Figura 20. Ubicación del municipio de Caloto - Cauca..... 21
Figura 21. Ubicación del municipio de Valle del Guamuez - Putumayo..... 21

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar la toma y generación de ortoimágenes rectificadas a escala 1:10000, el modelo digital de elevación, los metadatos e informes cartográficos para los municipios priorizados en el marco de la formulación e implementación de los planes de ordenamiento social de la propiedad rural.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Presentar los avances obtenidos en el levantamiento de puntos de control con topografía convencional.
- Exponer los progresos alcanzados en los vuelos fotogramétricos con aeronave tripulada para la captura de datos LiDAR.
- Informar sobre los avances en la generación de los productos requeridos a escala 1:10000.

2. ALCANCE

El informe presenta los avances sobre los aspectos técnicos más relevantes llevados a cabo para el levantamiento LiDAR de detalle realizado sobre los municipios de Suarez y Caloto (Cauca), Valle del Guamuez (Putumayo) y Taraza (Antioquia). También se describen los parámetros y planes de vuelo ejecutados para obtener las densidades mínimas.

Para los trabajos de topografía convencional se presentan los levantamientos topográficos realizados para ser utilizados como Puntos de Control Terrestre (PCT) con tecnologías como la GNSS mediante RTK (Real-Time Kinematic) vinculadas al Marco de Referencia Terrestre MAGNA-SIRGAS, bajo las consideraciones de la Resolución 715 de 2018 (ITRF2014 y Época de Referencia 2018.0).

Los avances en la generación de los productos como Modelo Digital del Terreno, Ortoimágen, y Cartografías también son presentadas de forma resumida.

3. REFERENCIAS NORMATIVAS

- Resolución 715 de 2018: Por medio de la cual se actualiza el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia: Magna-Sirgas
- Resolución 471 de 2020: Establece las especificaciones técnicas y normativas para la producción de información geográfica básica y temática en Colombia, incluyendo la cartografía básica, los Modelos Digitales del Terreno (MDT), y las ortoimágenes.
- Resolución 529 de 2020: Establece las especificaciones técnicas mínimas que deben tener los productos de la cartografía básica oficial de Colombia.
- Resolución 1421 de 2021: Establecen las condiciones de validación técnica y oficialización de productos cartográficos básicos y se dictan otras disposiciones.
- Resolución 197 de 2022: Establecen las especificaciones técnicas mínimas que deben tener los productos de la cartografía básica oficial de Colombia.
- ANEXO 1 - Anexo Técnico Definitivo 14.11.2024 Subasta Cartografía ANT-SASIE-008-2024

4. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto tiene una extensión total de 2623km^2, distribuidos en 4 diferentes municipios:

- Taraza – Antioquia: 1149km^2

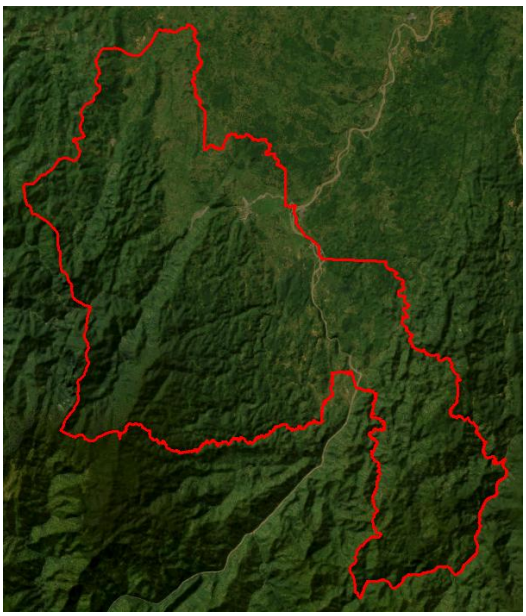


Figura 1. Ubicación del municipio de Taraza - Antioquia

- Suarez – Cauca: 393km^2

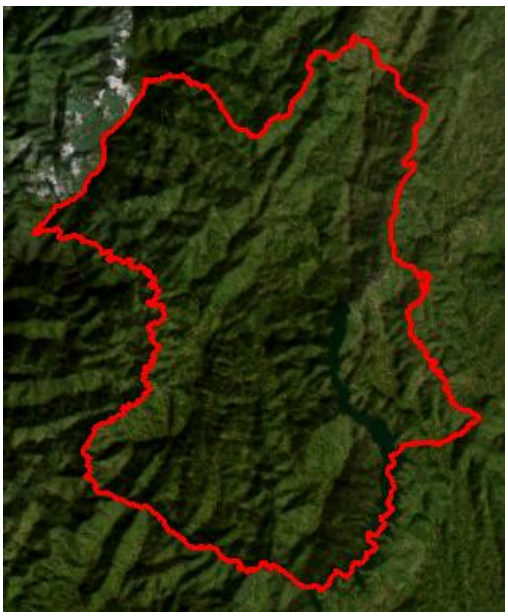


Figura 2. Ubicación del municipio de Suarez - Cauca

- Caloto – Cauca: 266km^2



Figura 3. Ubicación del municipio de Caloto - Cauca

- Valle del Guamuez – Putumayo: 815km^2

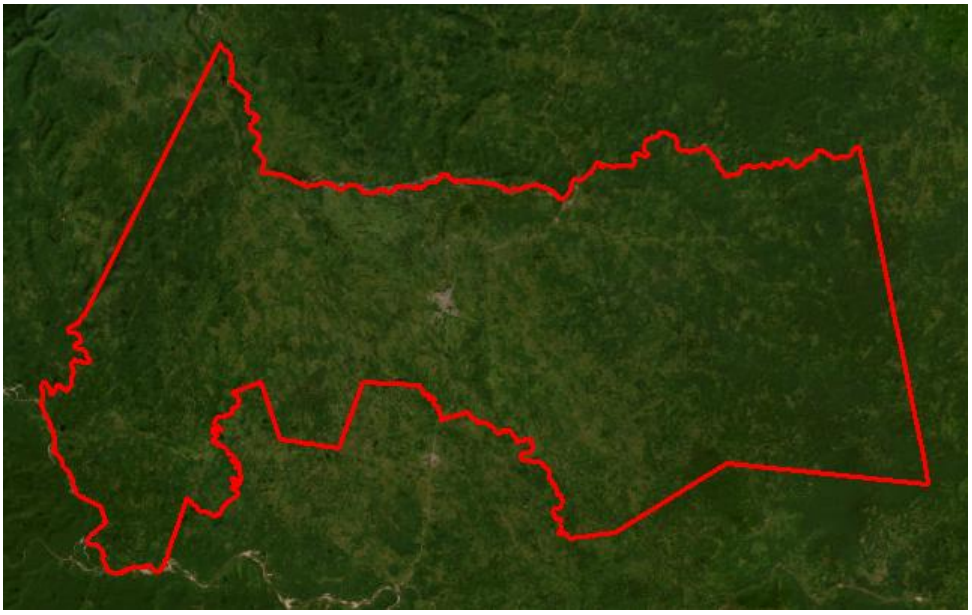


Figura 4. Ubicación del municipio de Valle del Guamuez - Putumayo

5. METODOLOGÍA LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

En total se ha realizado el levantamiento de 89 puntos de fotocontrol distribuidos de la siguiente manera:

- TARAZA: 30 PFC

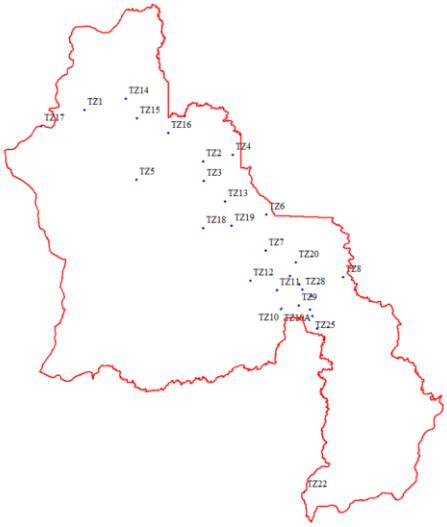


Figura 5. Puntos de fotocontrol Taraza - Antioquia

- SUAREZ: 20 PFC

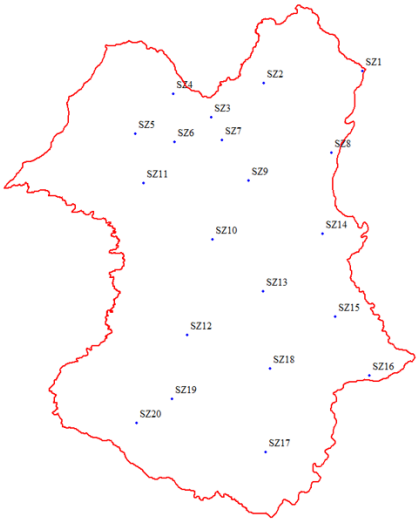


Figura 6. Puntos de fotocontrol Suarez - Cauca

- CALOTO: 12 PFC

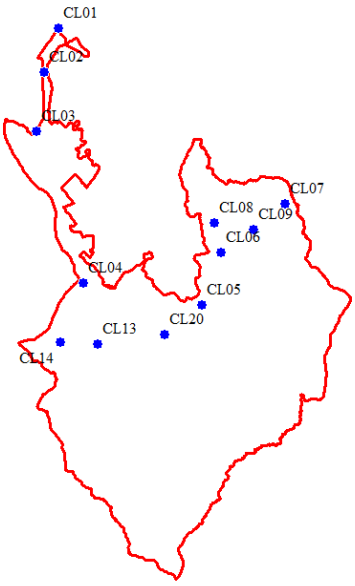


Figura 7. Puntos de fotocontrol Caloto - Cauca

- VALLE DEL GUAMUEZ: 27 PFC

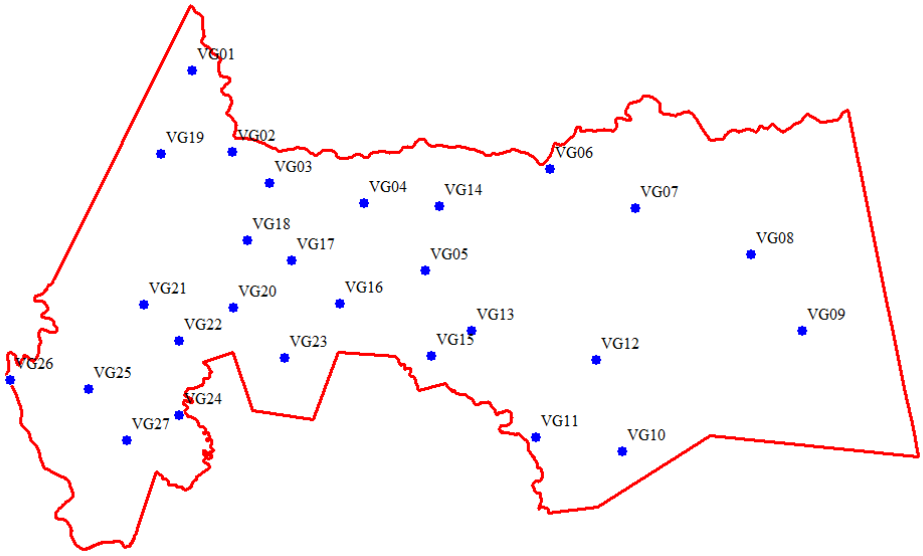


Figura 8. Puntos de fotocontrol Valle del Guamuez - Putumayo

Debido a las condiciones de seguridad en la región de Caloto no se pudieron realizar todos los 20 puntos inicialmente planificados para esta zona, por este motivo el restante de los puntos se tomará del dato LiDAR capturado.

Dadas las condiciones de seguridad y a la inaccesibilidad a una parte del polígono en Tarazá, no se logra tener una mejor distribución de los puntos de fotocontrol.

6. METODOLOGÍA CAPTURA DE INFORMACIÓN VUELOS LIDAR.

En el diseño de una misión de vuelo combinado (Cámara digital-LiDAR) han de tenerse en cuenta de manera conjunta las especificaciones relativas tanto a la captura de imagen como de captura de datos LiDAR, garantizando que el vuelo cumplirá con las exigencias impuestas en las especificaciones técnicas.

La siguiente figura muestra el diagrama de flujo seguido por nuestro personal técnico, e incluye los procesos desde la Planificación hasta la obtención de los datos LiDAR procesados y clasificados.

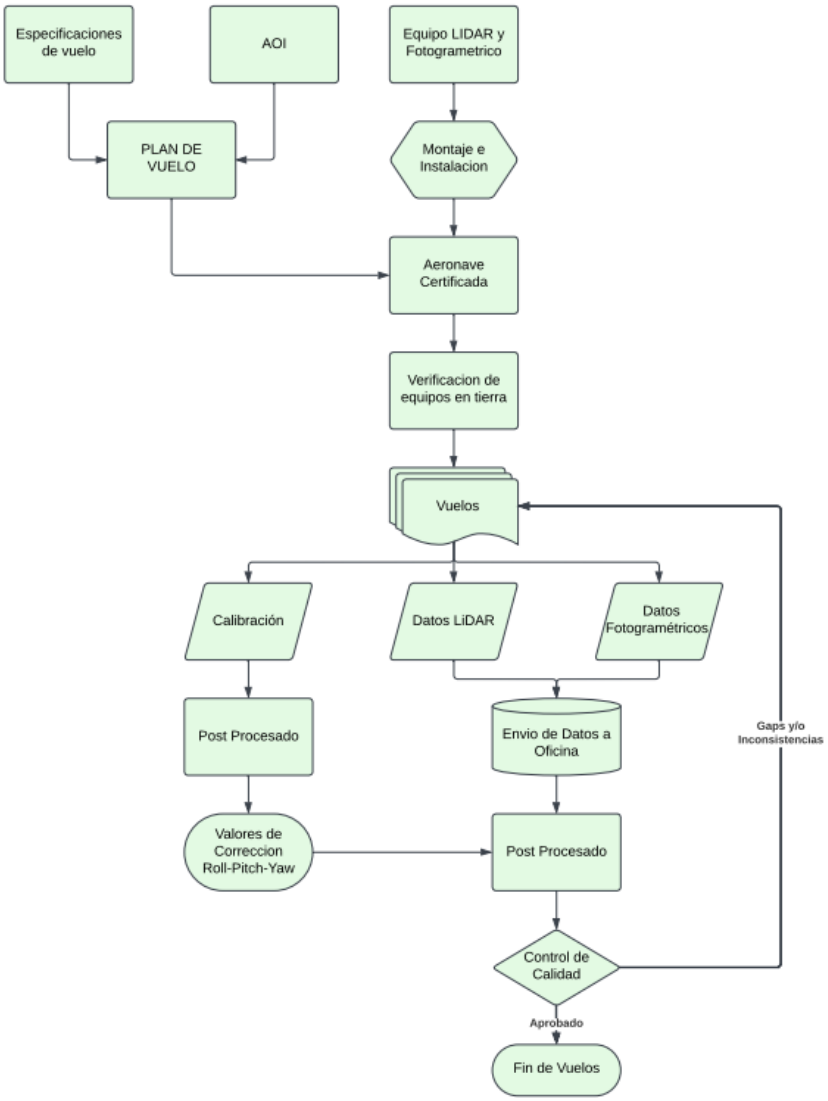


Figura 9. Diagrama de flujo SIGLA para vuelos combinados LiDAR-Cámara

7. COMPONENTES DEL SISTEMA

Los sistemas utilizados es un sistema LiDAR RIEGL VQ-780I, VQ-480I y VQ580I de última generación.

Este sistema, de reciente fabricación está siendo utilizado tanto en proyectos LiDAR que implican estudios de corredores, como en estudios que abarcan áreas extensas y entre sus ventajas respecto a otros equipos podemos citar la posibilidad de instalación en diversas aeronaves como helicópteros, con STC y certificaciones disponibles, Eurocopter AS350 BA, B2, B3 y AS355N biturbina, Bell 206, Robinson R44, Huges 500, aviones Cessna 180, 182, 206 y 402, Piper PA23 y PA31.

Para la realización del proyecto garantizando la calidad y como margen de seguridad sobre las condiciones técnicas establecidas se diseñó un plan de vuelo en el cual se tomaron 1,3 puntos/m2.

Basados en la delimitación dada de la zona a sobrevolar, así como en datos de campo, se realiza la planificación del vuelo LiDAR teniendo presente las condiciones geométricas.

7.1. PLANIFICACIÓN DEL VUELO CON BASE EN LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS EXIGIDAS Y LA ZONA DE TRABAJO.

Dada la delimitación de la zona a sobrevolar y apoyándonos en la cartografía existente, así como en datos de campo, se realiza una planificación inicial del vuelo LiDAR, teniendo presente las condiciones geométricas proporcionadas por el cliente.

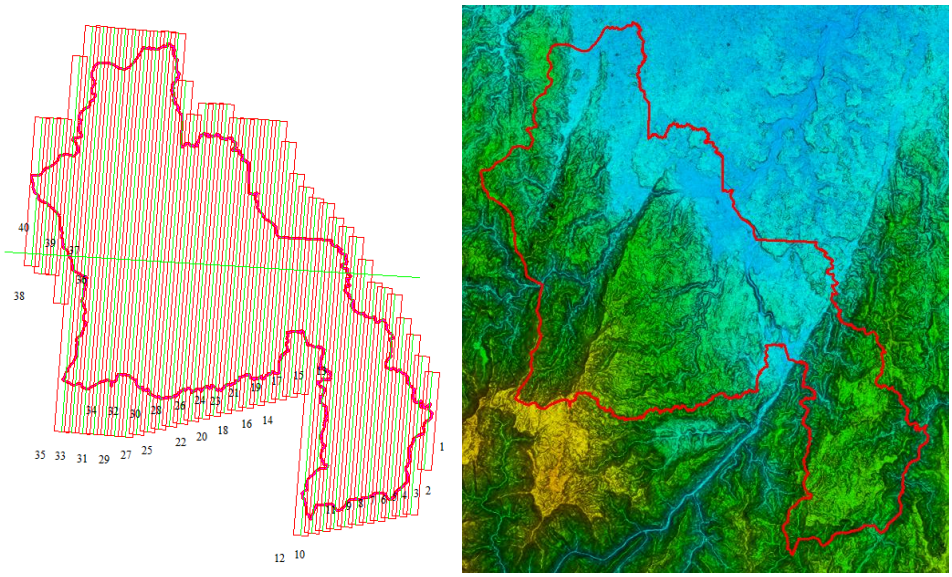


Figura 10. Planificación de las líneas de vuelo Taraza - Antioquia

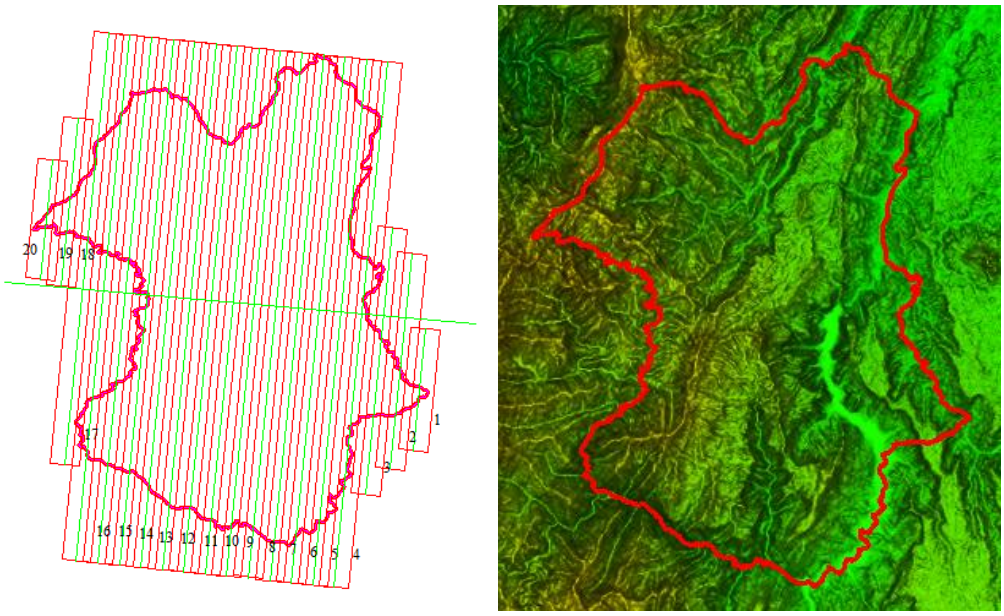


Figura 11. Planificación de las líneas de vuelo Suarez - Cauca

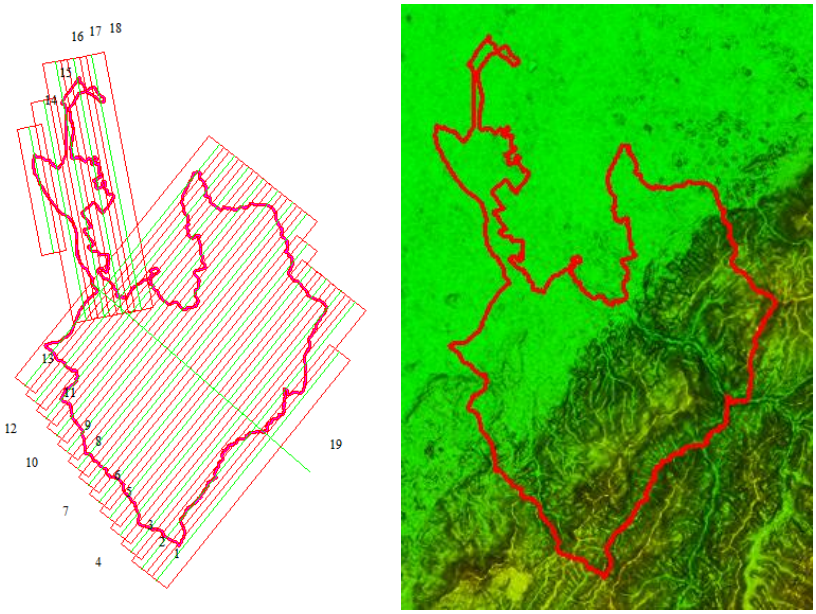


Figura 12. Planificación de las líneas de vuelo Caloto - Cauca

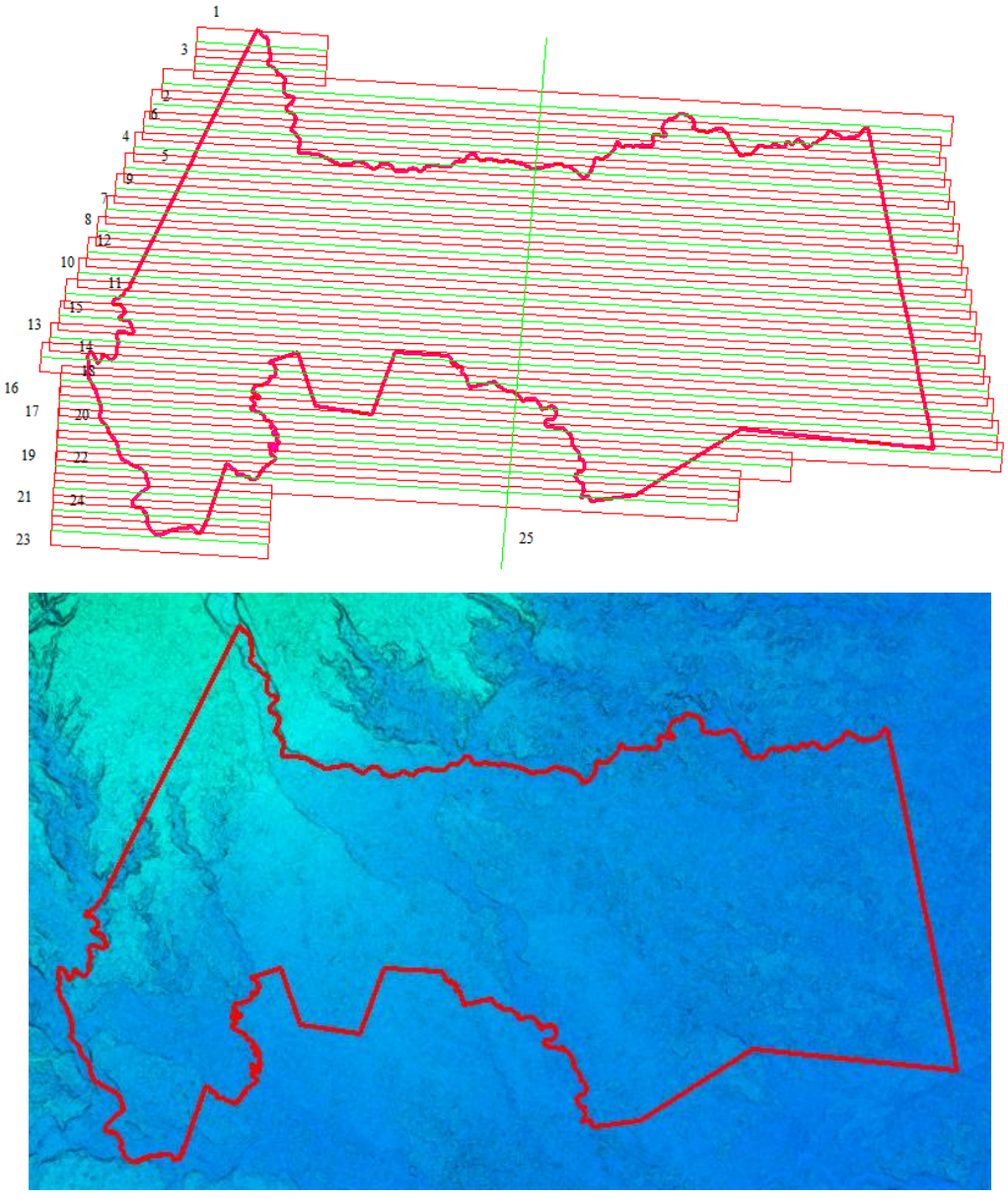


Figura 13. Planificación de las líneas de vuelo Valle del Guamuez - Putumayo

7.2. PARAMETROS DE VUELO COMBINADO LIDAR/CAMARA

La parametrización del sensor LiDAR se realiza con la aplicación del Software AeroPlan de la casa Leica Geosystems. Los parámetros generales del vuelo LiDAR planificado se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 1. Características generales del vuelo LiDAR sobre VQ480I

Altura de vuelo	600 m sobre el terreno
Velocidad del vuelo	89 nudos (166 km/h)
Ángulo de visión	60º
Densidad de la nube LiDAR	>1,3 pts / m2
Recubrimiento Longitudinal	70%
Recubrimiento Transversal	30%

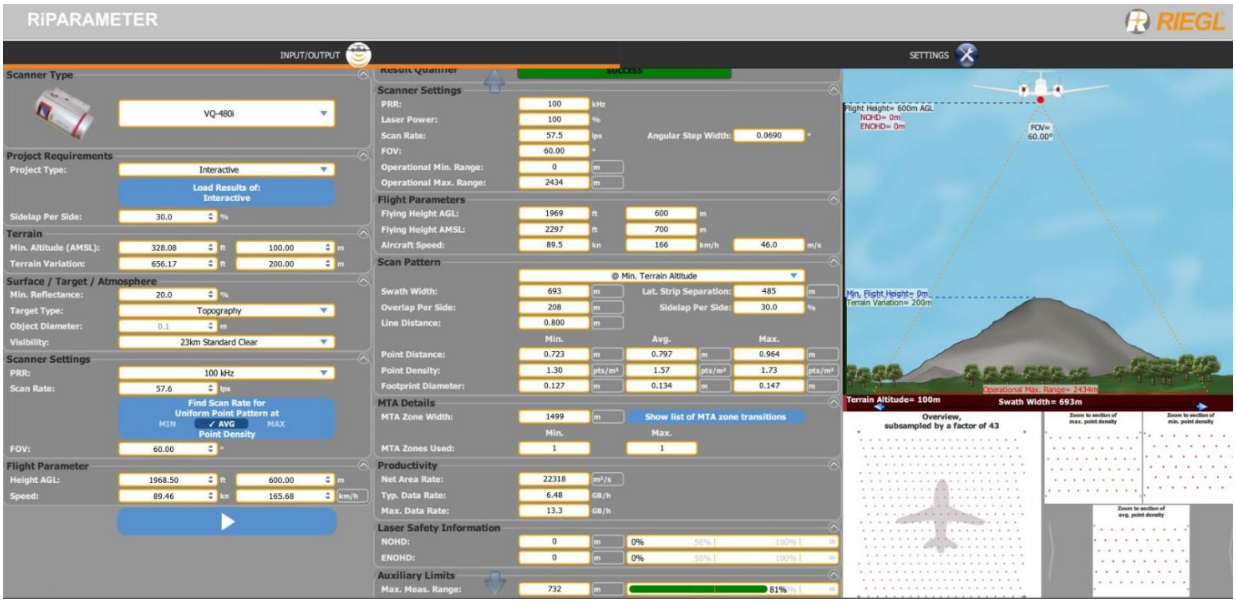


Figura 14. Plan de vuelo LiDAR 480I

Tabla 2. Características generales del vuelo LiDAR sobre VQ580II

Altura de vuelo	957 m sobre el terreno
Velocidad del vuelo	100 nudos (185 km/h)
Ángulo de visión	80º
Densidad de la nube LiDAR	>4,7 pts / m2
Recubrimiento Longitudinal	70%
Recubrimiento Transversal	20%

PLAN DE VUELO: FOTOGRAMETRÍA

Proyecto: 368_ANT_AREA_PEQUEÑA_RIONEGRO
Lugar: Colombia

SGR: WGS84 — EPSG
Proyección: UTM 18N

CÁMARA: Phase One iXM-RS 150F
Tamaño de píxel: 0,00376 mm
Tamaño del sensor: 14 204 píxeles (53,4 mm (ancho)) × 10 652 píxeles (40,1 mm (alto))
Formato de cámara: 67 mm — 151 MP
FOV: 80 °
FOV alto: 53 °
FOV ancho: 67 °

OBJETIVO: Rodenstock 40 mm f/4.0
Distancia focal: 40 mm

CONDICIONES TOMA:
- Velocidad de obturación (inverso): 1600 s
- FMC: 0,5 píxeles — Altura mínima: 684 m — Para evitar el arrastre de píxel (desenfoque)
- Velocidad aeronave: 100 nudos — 185 km/h — 51 m/s
- Recubrimientos: Longitudinal: 70%; Transversal: 20%
- Margen seguridad ancho: 5%
  - Ancho pasada segura: 1214 m — Ancho de pasada a dibujar
  - Altura de vuelo ancho seguro: 910 m — Límite inferior de la AGL

CONDICIONES RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA:
- Para zum 1:2. Diferencial de paralaje: 0,5 píxeles
- Apreciación planimétrica: 0,045 m
- Apreciación altimétrica: 0,075 m (Con pares de fotos alternas)
- Relación B/H: 0,60 (Con pares de fotos alternas)

PARÁMETROS:

GSD	AGL	M	Imagen terreno		Superficie cubierta	Base aérea	Intervalo pasadas	Intervalo disparo
			Avance	Lateral				
0,090	957	23 936	959	1278	123	288	1023	5,591

ZONA A VOLAR:
- Tipo: Corredor (Valores: Polígono, Corredor)
- Eje largo: 3 600 000 m
- Eje corto: 200 m
- Número de pasadas: 1
- Fotos longitud zona: 12519

EQUIVALENCIA VUELO ANALÓGICO:

M	µ
2 500	36
5 000	18
8 000	11
18 000	5

PLAN DE VUELO: LIDAR

Proyecto: 368_ANT_AREA_PEQUEÑA_RIONEGRO
Lugar: Colombia

SGR: WGS84 — EPSG 0
Proyección: UTM 18N

ESCÁNER: RIEGL VQ-580II

PRR kHz	Alcance máximo		Máx. AGL	Máx. AGL	Dist. sin ambigüed.
	ρ ≥ 20%	ρ ≥ 60%	ρ ≥ 20%	ρ ≥ 60%	
150	1 850	2 850	1 350	2100	1 000
300	1 350	2 150	1 000	1600	500
600	1 000	1 600	750	1200	250
1200	750	1 200	550	900	125
2000	550	950	400	700	75

Densidad: 4,7 puntos/m2
Ancho efectivo barrido: 1023 m
Prec. est. roll, pitch: 0,15 '
Prec. est. heading: 0,40 '
Errores LIDAR (1σ):
Borde de pasada Eh: 2,32 m
Borde pas. efectiva Eh: 1,35 m
Centro de pasada Eh: 0,06 m
Ev: 0,03 m

- AGL: 957 m
- Dist. extremo: 1207 m
- Vel. aeronave: 100 nudos 185 km/h
- FOV: 75 ° (+37,5° / -37,5°)
- PRR: 600 kHz
- Increm. ángulo: 0,027 ° — Dif. Res.: -0,015 °
- Ancho barrido: 1469 m
- Solape ejes: 30%

- Puntos por línea: 2 748 puntos
- Intervalo extremo: 0,58 m
- Intervalo nadir: 0,46 m
- Velocidad barrido: 109 líneas/s
- Distancia líneas: 0,47 m
- Divergencia rayo: 0,3 mrad
- Huella nadir: 0,29 m
- Máxima AGL: 550 m

Cambiar la altura de vuelo sólo cambia la resolución de la línea
Cambiar la velocidad sólo cambia la separación entre líneas
Cambiar el incremento de ángulo cambia resolución y separación
El incremento de ángulo debe estar entre los 0,003° y los 0,36°
Tener en cuenta que el número de líneas por segundo admitido por este modelo es entre 10 y 150
Ángulo LIDAR: 75 ° cross FD
Ángulo CÁMARA: 67,5 ° cross FD
Ángulo CÁMARA: 53,2 ° FD

Figura 15. Plan de vuelo LiDAR VQ580II

7.3. INFORMES METEOROLÓGICOS

Dado que la meteorología constituye un factor crítico y condicionante en las operaciones de vuelo, se llevó a cabo un análisis constante y detallado de las condiciones climáticas. Este análisis fue esencial para garantizar que las operaciones se desarrollaran en condiciones meteorológicas óptimas, especialmente en vuelos fotogramétricos, donde la calidad de las imágenes es primordial. En este contexto, los vuelos se planificaron y ejecutaron bajo condiciones específicas que incluyen un cielo despejado, ausencia de vientos fuertes, y una atmósfera libre de elementos perturbadores como nubes, brumas, sombras, humo o cualquier otro factor que pudiera comprometer la calidad radiométrica de las fotografías aéreas.

Antes de llevar a cabo el vuelo, el operador consulta la aplicación WINDY, una herramienta que proporciona un reporte meteorológico detallado para la zona del proyecto. Esta información permite al operador obtener una visión preliminar de las condiciones atmosféricas, facilitando la planificación y toma de decisiones para la ejecución segura del vuelo.

A continuación, se presentan imágenes que ilustran reportes de condiciones adversas en la zona de vuelo. Estos reportes son fundamentales para ajustar la programación de las misiones, minimizar riesgos y garantizar la calidad de los datos recolectados.

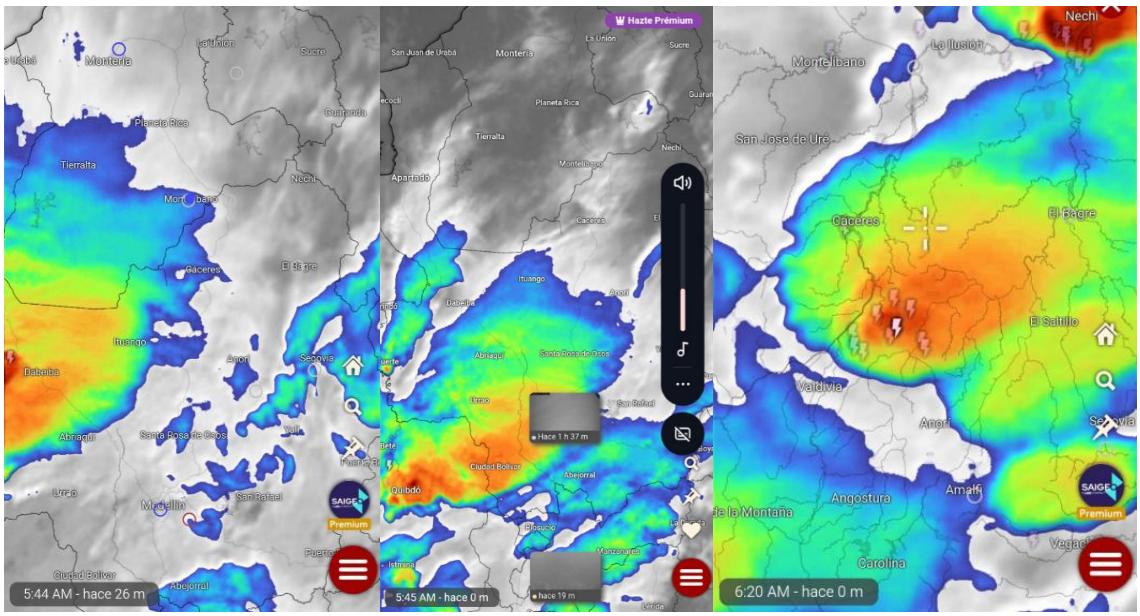


Figura 16. Reportes meteorológicos WINDY

También se contaba con información en campo que suministraban registros fotográficos de las condiciones meteorológicas de la zona, mediante fotografías.



Figura 17. Reportes meteorológicos desde personal en tierra.

Durante las misiones de vuelo, cualquier incidencia meteorológica que se presentara era inmediatamente reportada al jefe de proyectos. Este se encargaba de evaluar la situación y de tomar las medidas correctivas necesarias, lo que podría incluir la reprogramación de los vuelos o la modificación de las rutas previstas. Para asegurar una comunicación fluida y constante, las condiciones climáticas de la zona de estudio se reportaban diariamente al equipo técnico y al coordinador del proyecto. Este reporte se realizaba a través de correos electrónicos y chats dedicados a esta función, permitiendo una rápida y eficaz respuesta a cualquier cambio meteorológico que pudiera afectar las operaciones.

Durante los vuelos realizados en los municipios de Taraza, Suarez, Caloto y Valle Del Guamuez durante algunas sesiones de vuelo se presentaron condiciones meteorológicas adversas que impidieron durante estas sesiones la toma de datos. Condiciones como presencia de nubes densas por debajo de la altura planificada de vuelo, lo cual como se mencionó impedía la captura de datos.



Figura 18. Condiciones meteorológicas adversas en vuelos

7.4. AVANCE DE LOS VUELOS

Para los diferentes polígonos del proyecto, se han completado los vuelos siguiendo los parámetros establecidos para cumplir las especificaciones técnicas y mantener la calidad.

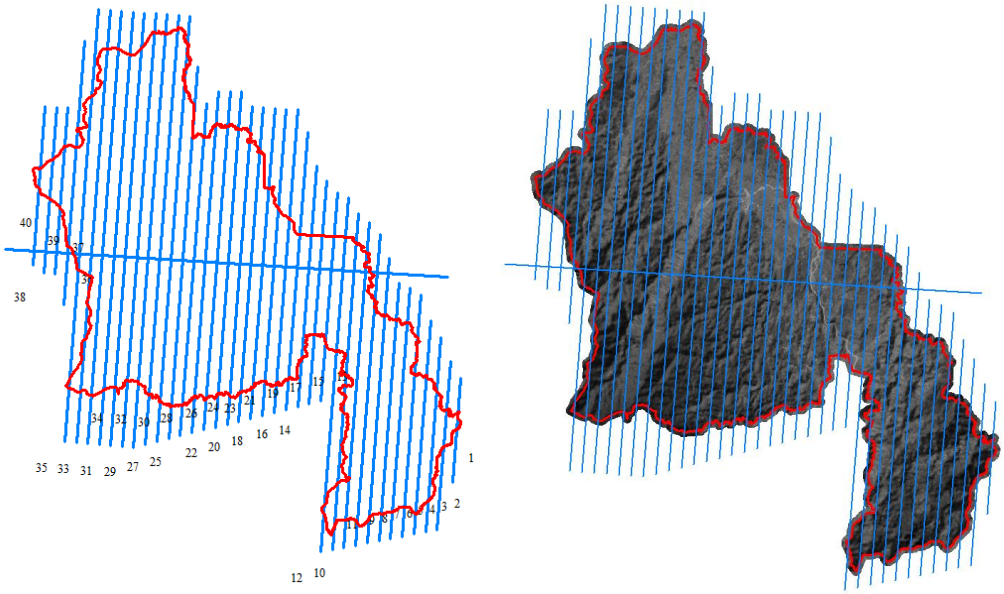


Figura 19. Ubicación del municipio de Taraza - Antioquia

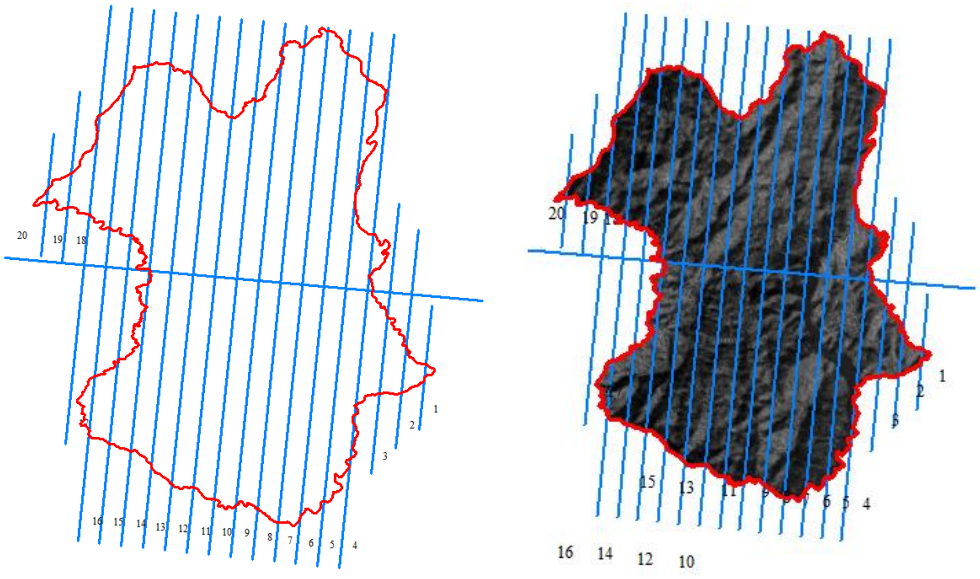


Figura 20. Ubicación del municipio de Suarez - Cauca

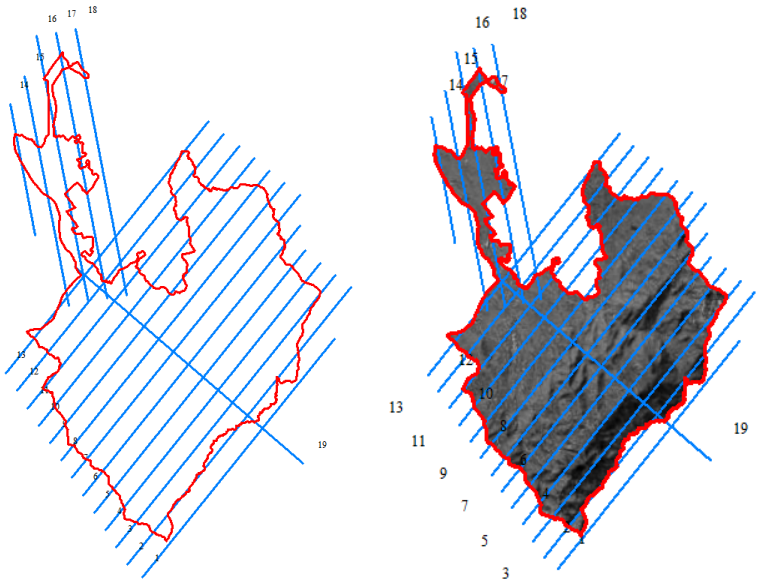


Figura 21. Ubicación del municipio de Caloto - Cauca



Figura 22. Ubicación del municipio de Valle del Guamuez – Putumayo

8. AVACE DE LAS ACTIVIDADES

MUNICIPIO	PUNTOS FTC	MDT	ORTOMOSAICO	CARTOGRAFIA	OBSERVACIONES
TARAZA	30 de 30 (100%)	80%	80%	20%	
SUAREZ	20 de 20 (100%)	100%	100%	10%	
CALOTO	12 de 20 (100%)	80%	80%	50%	Aunque por aspectos sociales solo se pudieron levantar el 60% de los puntos de FTC, los restantes se tomaran de la información LIDAR por tanto la actividad se registra al 100%
VALLE DEL GUAMUEZ	27 de 27 (100%)	100%	100%	90%	

9. RESUMEN DE PRODUCTOS ENTREGADOS

Los productos se entregaron en el sistema de referencia Origen Único Nacional con alturas elipsoidales.

- Los productos entregados son:

Tabla 3. Productos Entregados

PRODUCTO	RESOLUCIÓN	FORMATOS POSIBLES	DESCRIPCION
01-LIMITE-SUMINISTRADO	1:10000	SHP	Archivo vectorial que representan las áreas del proyecto.
02-CERT CALIB EQUIPOS	NA	PDF	Documentos en los cual se presentan las características y certificados de calibración de los equipos utilizados en el proyecto
03-PERMISOS	NA	PDF	Permisos de vuelo otorgados por la autoridad aérea para la realización de los sobrevuelos del proyecto
04-PLANES DE VUELO	1:10000	KMZ Y PDF	Describen las características de los planificados y ejecutados en los vuelos para cada uno de los polígonos.
01-LEV-TERRESTRE PCC	1:1000	RINEX, PDF Y JPG	Se encuentran los datos crudos procedentes de los equipos utilizados para los levantamientos topográficos convencionales, así como el registro fotográfico y las carteras de campo de cada uno de los puntos de fotocontrol.
02_LEV-AEREO	1:10000	RXP, IMU, JPS Y TIFF	Presenta los datos brutos de los levantamientos realizados mediante vuelos fotogramétricos tripulados para cada uno de los polígonos del proyecto

10. CONCLUSIONES

- Se realizo el levantamiento de 89 puntos de fotocontrol distribuidos sobre los 4 polígonos del proyecto
- En el municipio de Caloto no fue posible realizar la totalidad de los puntos de fotocontrol planificados debido a condiciones de seguridad por lo tanto el resto de puntos serán tomados de los datos LIDAR capturados.
- Se realizó la planificación y obtención de los permisos de vuelo necesarios para realizar los vuelos fotogramétricos que permitieran obtener productos a escala 1:10000
- Se realizo el sobrevuelo de 2623km^2 mediante vuelo fotogramétrico tripulado utilizando sensores de última generación VQ480I, VQ-780I y VQ580II, que realizaron la captura de información LiDAR y Fotogramétrica que permitirá obtener productos a escala 1:10000.