GENERACIÓN DE PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS BÁSICOS EN FORMATO RÁSTER (VUELO FOTOGRAMÉTRICO, GENERACIÓN DE ORTOFOTOMOSAICO), DTM Y MALLA DE PUNTOS LIDAR PARA BOGOTA Y/O LA REGIÓN

"PRESTACIÓN DE SERVICIOS PARA LA GENERACIÓN DE PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS BÁSICOS EN FORMATO RÁSTER (VUELO FOTOGRAMÉTRICO, GENERACIÓN DE ORTOFOTOMOSAICO), DTM Y MALLA DE PUNTOS LIDAR PARA BOGOTA Y/O LA REGIÓN"

DISTRITO CAPITAL -SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN-
2025

BOGOTÁ | SECRETARÍA DE PLANEACIÓN

SIGLA
Sistemas de Información Geográfica de Latino América S.A.S

Bogotá D.C., 2025

Señores:

DISTRITO CAPITAL -SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN

Estimados señores:

Reciban un cordial saludo, por medio de la presente se hace entrega el informe mensual No 2 del Contrato 1047/2024 (Obligación #7) para el proyecto "PRESTACIÓN DE SERVICIOS PARA LA GENERACIÓN DE PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS BÁSICOS EN FORMATO RÁSTER (VUELO FOTOGRAMÉTRICO, GENERACIÓN DE ORTOFOTOMOSAICO), DTM Y MALLA DE PUNTOS LIDAR PARA BOGOTA Y/O LA REGIÓN."

Quedamos atentos a sus comentarios.

Reciba un cordial saludo,

Equipo de proyectos SIGLA

SIGLA Sistemas de Información Geográfica de Latino América S.A.S		**INFORME DE AVANCE MENSUAL 02**
Tipo de documento: **CONTROLADO**		Versión: Segunda (02)
Profesional Topografía	Profesional SIG	Director Soluciones de Ingeniería
Jhoan Macias Revisó	Raúl Andrés Valencia Morales Elaboró	JUAN GONZALO Aprobó

OBJETO CONTRATO:

"PRESTACIÓN DE SERVICIOS PARA LA GENERACIÓN DE PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS BÁSICOS EN FORMATO RÁSTER (VUELO FOTOGRAMÉTRICO, GENERACIÓN DE ORTOFOTOMOSAICO), DTM Y MALLA DE PUNTOS LIDAR PARA BOGOTA Y/O LA REGIÓN"

REGISTRO DE CAMBIOS DE LA PRESENTE VERSIÓN

Versión	Página	Naturaleza del cambio	Fecha
1		Creación del Documento	20/02/2025
2	6	Acuerdo De Confidencialidad	04/04/2025
2	26	Avance De Los Vuelos	04/04/2025
2	29	Avance De Topografía	04/04/2025

CONTENIDO

1. ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD 6

2. POLÍTICA DE PROTECCIÓN DE SECRETOS EMPRESARIALES 7

3. INTRODUCCIÓN 8

4. OBJETIVOS 9

4.1. OBJETIVO GENERAL 9

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 9

5. LOCALIZACION GENERAL DEL PROYECTO 10

6. RESUMEN DEL PLAN DE GESTIÓN DEL PROYECTO 11

7. PUNTOS O ELEMENTOS EXISTENTES PARA CONTROLES DE CALIDAD RMSE. 12

8. CAPTURA DE INFORMACIÓN FOTOGRAMÉTRICA Y LiDAR 15

9. PLANIFICACIÓN DE VUELO FOTOGRAMETRICO Y LiDAR. 17

9.1. COMPONENTES DEL SISTEMA 17

9.1.1. Montaje 1: ----- 17

9.1.1. Montaje 2: ----- 18

9.2. PARÁMETROS DE VUELO COMBINADO LIDAR/CÁMARA 19

9.2.1. Montaje 1 - Cerros Orientales: ----- 19

9.2.1. Montaje 1 – Bogotá y Municipios: ----- 20

9.2.1. Montaje 2 – Bogotá y Municipios: ----- 21

9.3. CONTROLES DE CALIDAD - PLANIFICACIÓN DE VUELO FOTOGRAMÉTRICO Y LIDAR. .. 23

9.4. MONTAJE Y CALIBRACIÓN DEL SISTEMA FOTOGRAMÉTRICO Y LIDAR 25

10. AVANCE DEL PROYECTO 26

10.1. AVANCE DE LOS VUELOS 26

10.2. AVANCE TOPOGRAFIA 29

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización general del proyecto 10
Figura 2. Plan de gestión del proyecto 11
Figura 3. Prediseño puntos Chequeo y control 13
Figura 4. Ejemplo ficha de descripción y localización de Punto de Chequeo 14
Figura 5. Flujograma captura de datos Fotogramétricos + LiDAR 16
Figura 6. Sistema Combinado de Captura LiDAR (VQ580i) – Cámara Alta resolución(PhaseOne iXM-RS) 17
Figura 7. Aeronave Cessna 402B 17
Figura 8. Sistema Combinado de Captura LiDAR (VQ480i) – Cámara Alta resolución (IXA-R) 18
Figura 9. Helicóptero Hughes 18
Figura 10. Plan de vuelo Montaje 1 - Cerros Orientales (1:5000) 20
Figura 11. Plan de vuelo Montaje 1 - Bogotá y Municipios (1:1000) 21

Figura 12. Plan de vuelo Montaje 2 - Bogotá y Municipios (1:1000) 22
Figura 13. Coberturas y Ejes de vuelo Cerros Orientales 23
Figura 14. Coberturas y Ejes de vuelo Municipios 24
Figura 15. Coberturas y Ejes de vuelo Bogotá 24
Figura 16. Instalación Riegl VQ580II y Phase One iXM-RS 150F 25
Figura 17. Instalación Riegl VQ480I y Phase One IXA-R 180Mp 25
Figura 18. Avance de los vuelos Bogotá 26
Figura 19. Avance de los vuelos Cerros Orientales 27
Figura 20. Avance de los vuelos Municipios 28
Figura 21. Porcentaje de avance por área de los vuelos 29
Figura 22. Avance topografía 30
Figura 23. Puntos de fotocontrol 31
Figura 24. Porcentaje de avance por área topografía 32

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.Características generales - municipios a capturar 10
Tabla 2. Cantidad de Puntos de control y chequeo a posicionar 12
Tabla 3. Características generales Cerros Orientales (1:5000) 19
Tabla 4. Características generales Montaje 1 -Bogotá y Municipios (1:1000) 20
Tabla 5. Características generales Montaje 2 - Bogotá y Municipios (1:1000) 21
Tabla 6. Avance de los vuelos por área del proyecto 29
Tabla 7. Avance topografía por área del proyecto 32

1. ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD

El plan de trabajo y metodología para la generación de productos cartográficos básicos en formato ráster (vuelo fotogramétrico, generación de ortofotomosáico), DTM y malla de puntos LiDAR para Bogotá y/o la Región es presentada por **SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE LATINOAMERICA SIGLA SAS** como parte de la propuesta técnico económica, a la invitación realizada por la **SECRETARIA DISTRITAL DE PLANEACIÓN.**

Este documento contiene información confidencial y de propiedad que la empresa **SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE LATINOAMERICA SIGLA SAS** considera como valiosos secretos empresariales. Toda la información incluida en el plan de trabajo y metodología y que no fuese proporcionada por la **SECRETARIA DISTRITAL DE PLANEACIÓN,** es confidencial y propietaria para la entidad. Al aceptar y retener este documento, la **SECRETARIA DISTRITAL DE PLANEACIÓN** se compromete a evitar la publicación a terceras partes no autorizadas, de la misma manera en que dicha entidad protege su propia información confidencial y propietaria.

SECRETARIA DISTRITAL DE PLANEACIÓN, acepta reproducir este acuerdo de confidencialidad en todas las copias de este documento de acuerdo a los derechos limitados aquí mencionados.

El proyecto se encuentra ubicado en la ciudad de Bogotá, los Cerros Orientales de la ciudad de Bogotá y los municipios de Soacha, Funza, Mosquera, Madrid, Cota y Chía, con una extensión total de 69925 Ha. Basados en la delimitación dada de la zona a sobrevolar, así como en datos de campo, se realiza la planificación del vuelo fotogramétrico teniendo presente las condiciones geométricas.

2. POLÍTICA DE PROTECCIÓN DE SECRETOS EMPRESARIALES

El secreto empresarial es el mecanismo adecuado y pertinente para proteger la información que dadas sus características económicas y comerciales le genera una ventaja competitiva a su poseedor legitimo.

La Comisión de la Comunidad Andina en su **Decisión 486** Régimen común sobre propiedad industrial; específicamente en el **capítulo II**; **articulo 260** reza que:

"*Se considerará como secreto empresarial cualquier información no divulgada que una persona natural o jurídica legítimamente posea, que pueda usarse en alguna actividad productiva, industrial o comercial, y que sea susceptible de transmitirse a un tercero, en la medida que dicha información sea:*

> *a) secreta, en el sentido que como conjunto o en la configuración y reunión precisa de sus componentes, no sea generalmente conocida ni fácilmente accesible por quienes se encuentran en los círculos que normalmente manejan la información respectiva;*
>
> *b) tenga un valor comercial por ser secreta; y*
>
> *c) haya sido objeto de medidas razonables tomadas por su legítimo poseedor para mantenerla secreta.*

La información de un secreto empresarial podrá estar referida a la naturaleza, características o finalidades de los productos; a los métodos o procesos de producción; o, a los medios o formas de distribución o comercialización de productos o prestación de servicios."

Al interior de **SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE LATINOAMERICA SIGLA SAS**, existe información confidencial en términos de: conocimientos, procedimientos, arreglos, integración, montajes, técnicas de captura y procesamiento, almacenamiento, insumos de producción, estrategias de venta y publicidad, entre otros; que representan activos intangibles de gran importancia para el funcionamiento de nuestro negocio, los cuales pueden perder su valor si dicha información no se protege de manera adecuada.

Por lo anterior y en virtud al artículo 260 de la decisión 486 del 2000 de la comunidad Andina; de la Ley de competencia desleal (Ley 256 de 1996, Artículo 16); del Código Sustantivo del Trabajo (artículo 58.2); del artículo 308 del Código Penal que tipifica como delito la violación de reserva industrial o comercial; del artículo 39 del Acuerdo de la OMC sobre los aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio (Adpic); del Convenio de Paris para la Protección de la Propiedad Industrial, desde 1984, con la Ley 178/1984; entre otras normas, nuestra compañía se reserva el derecho a suministrar información que considere como secretos empresariales propios de nuestra actividad económica.

3. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a lo descrito en la resolución IGAC 471 de 14 de mayo de 2020. "*Que el levantamiento y actualización de la cartografía del país podrá hacerse mediante cualquiera de las metodologías y tecnologías existentes, siempre y cuando cumplan con los estándares o Especificaciones Técnicas que se definan en la presente Resolución.*" Se presenta a continuación el plan de trabajo y metodología propuesta.

En la actualidad existen múltiples sistemas, equipos y/o sensores que, mediante diferentes técnicas apropiadas de captura, análisis y procesamiento, permiten obtener información topográfica de alta precisión y detalle en tiempos relativamente cortos. Algunas de estas técnicas son los levantamientos mediante sensores remotos aerotransportados, tipo fotogramétrico y LiDAR que se ejecutan a partir de sobre vuelos tripulados o no tripulados a alta, media o baja altura; controlados, ajustados y/o ligados debidamente; mediante cualquier técnica de procesamiento diferencial en tiempo real como (RTK, NTRIP, PPP, PPK, RTX, etc.).

Las correcciones diferenciales GNSS, se generan en coordenadas geográficas y elevaciones elipsoidales, en el marco de referencia global ITRF del sistema MAGNA SIRGAS definido para el país. Todos los trabajos de campo quedaran en época actual de levantamiento para luego ser ajustados en oficina a **época IGAC 2018.0**, y al modelo de elevación geoidal **GEOCOL2004** para finalmente ser reproyectados al nuevo **Origen Único Nacional (EPSG:9377)** establecido por el IGAC en la resolución 370 de 2021.

Las experiencias en proyectos ya ejecutados dentro y fuera del país, han demostrado los beneficios de las técnicas de levantamientos fotogramétrico y LiDAR hacia la recolección masiva de información respecto de las técnicas tradicionales.

Cabe aclarar que la denominación del producto del objeto del contrato "Modelo Digital de Elevación" es un término ambiguo que puede generar confusiones hacia el alcance pretendido, por lo cual se aclara que el término "Modelo Digital de Elevaciones" hace referencia al **Modelo Digital de Terreno (MDT)** que corresponde al terreno desnudo del área de levantamiento y así será referido en adelante en el presente documento.

La aplicación de cualquiera de las técnicas de levantamiento fotogramétrico y LiDAR, entregará como insumo principal, **ortoimágenes y modelos digitales de terreno (MDT) completos,** con altos niveles de detalle, mínimos tiempos de captura y procesamiento con precisiones superiores a las requeridas**,** como las requeridas para el presente estudio mediante el cumplimiento de lo descrito en las resoluciones IGAC 471, 529 de 2020, 1421 de 2021, 197 de 2022 y 1040 de 2023 en lo referente al control de calidad en los componentes XYZ de los productos de ortoimágenes y MDT.

El producto final, tiene la propiedad de ser autoauditable, en cuanto a que las ortoimágenes y el MDT, serán la evidencia irrefutable, precisa y completa de lo existente en el terreno y superficie al momento de la captura de la información.

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE LATINOAMERICA SIGLA SAS en adelante el CONTRATISTA, pone a disposición toda la experiencia obtenida en múltiples proyectos ejecutados con éxito, así como su infraestructura y equipos propios, con el único fin de obtener un producto adecuado y de calidad dentro del plazo estipulado para el contrato o antes de ser posible.

A continuación, se presenta el avance en el desarrollo del proyecto, presentando entre otros la localización general del proyecto, los objetivos a alcanzar, avances en los vuelos y levantamientos topográficos convencionales y procesado de la información.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Conforme el análisis detallado del Anexo General de Especificaciones Definitivo de referencia: SDP-SA-SA-009-2024, el objetivo general es:

Generación de productos Cartográficos Básicos en formato ráster (vuelo fotogramétrico, generación de Ortofotomosaico), DTM y malla de puntos LiDAR para Bogotá y/o La Región con controles de calidad y productos insumos según normativa IGAC para escalas **1:1000, 1:2000 y 1:5000**.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definición conjunta y aprobación de polígonos limite a levantar.
- Diseño y distribución espacial de puntos de **Chequeo** o de Control de calidad (RMSE) para datos LiDAR y fotogramétricos
- Diseño de planes de vuelo fotogramétrico y LiDAR.
- Posicionamiento con equipos GNSS de puntos de chequeo o elementos existentes para controles de calidad (RMSE).
- La georreferenciación en campo de puntos será a partir del cálculo diferencial desde la ERP que el IGAC tenga activas para las fechas de trabajos. Incluye la reproyección al sistema Magna Sirgas, en la proyección cartográfica Origen Único Nacional, ajuste a época IGAC 2018.0 y ajuste altimétrico a modelo geoidal GEOCOL2004.
- Captura de información para producto 1 “Área Urbana y de expansión de la ciudad de Bogotá D.C.” a escala 1:1000 con GSD máximo de 10cm para 44500Ha aproximadamente; producto 2 “Área de los Cerros Orientales de la ciudad de Bogotá D.C.” a escala 1:5000 para 15215Ha aproximadamente y producto 3 “Área urbana de los municipios de Soacha, Funza, Mosquera, Madrid, Cota y Chía” a escala 1:2000 en área aproximada de 10210Ha. La información capturada quedará en coordenadas geográficas latitud, longitud y cota elipsoidal, en época actual de la captura de datos LIDAR y FOTOGRAMETRICOS.
- Procesamiento de información fotogramétrica y LIDAR: generación de **ortoimágenes**, **Modelos Digitales de terreno (MDT)**, Durante la etapa de procesamiento, los datos fotogramétricos y LIDAR capturados se generan en el sistema de coordenadas UTM18N y altura elipsoidal, las cuales serán re proyectados al sistema Magna Sirgas en la proyección cartográfica **Origen único Nacional (EPSG 9377)**. época IGAC **2018.0**; por último, las elevaciones elipsoidales de los puntos LIDAR serán transformadas en elevaciones orto métricas aplicando el modelo geoidal avalado por el IGAC denominado **GEOCOL 2004**.
- Calculo y **controles de calidad** RMSE de los productos según resoluciones IGAC 471 de 2020 y 197 de 2022.
- Generación de los **Metadatos** respectivos hacia los productos generados en el ítem 6 según resoluciones 1421 de 2021 y 471 de 2020 del IGAC.
- Entrega de **insumos** utilizados para los productos obtenidos en el numeral 6 según resolución: 1421 de 2021 IGAC.
- Informe final.

5. LOCALIZACION GENERAL DEL PROYECTO

Según la información suministrada por la Secretaría Distrital de Planeación (SDP) en el anexo técnico, los trabajos de levantamiento se desarrollan en la ciudad de Bogotá, los Cerros Orientales de la ciudad de Bogotá y los municipios de Soacha, Funza, Mosquera, Madrid, Cota y Chía, con una extensión total de **69925 Ha** aproximadamente, distribuidas de la siguiente manera:

Tabla 1.Características generales - municipios a capturar

GRUPO	MUNICIPIO	SECTOR	ÁREA (km²)
1	BOGOTÁ	Área urbana y de expansión de Bogotá	44500
2	BOGOTÁ	Área de los Cerros Orientales de Bogotá D.C.	15215
3	BOGOTÁ	Área urbana de los municipios de Soacha, Funza, Madrid, Mosquera, Cota y Chía	10210
TOTAL			***69925***

A continuación, se ilustra espacialmente la localización del área de proyecto, extraído del Anexo técnico de la SDP.

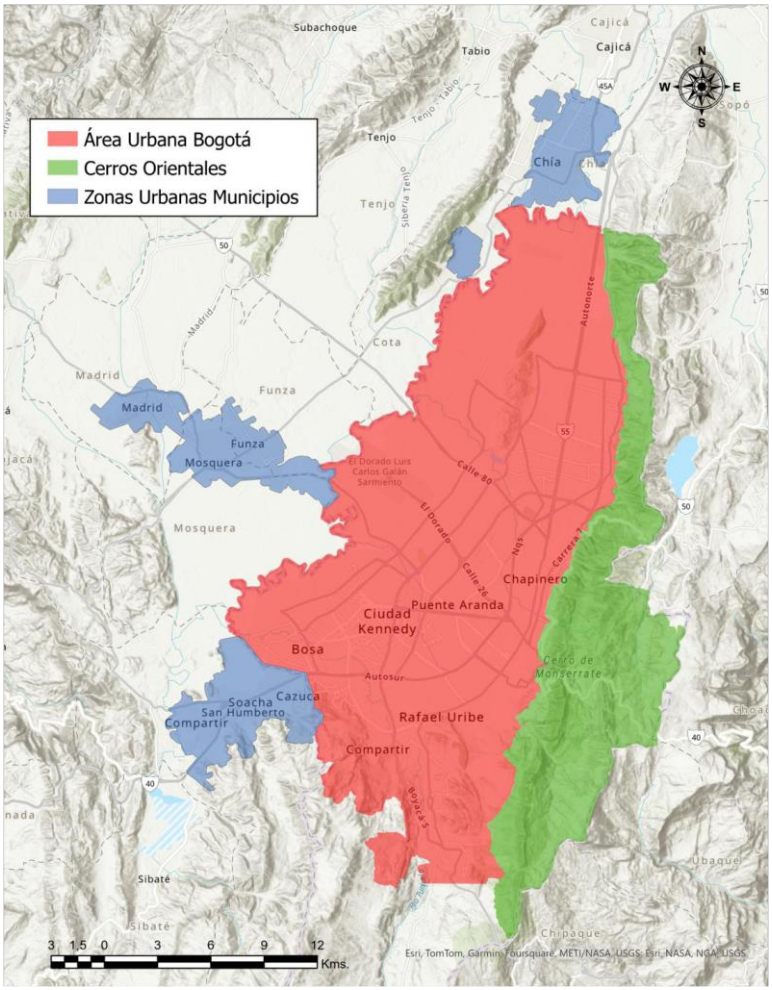


Figura 1. Localización general del proyecto

6. RESUMEN DEL PLAN DE GESTIÓN DEL PROYECTO

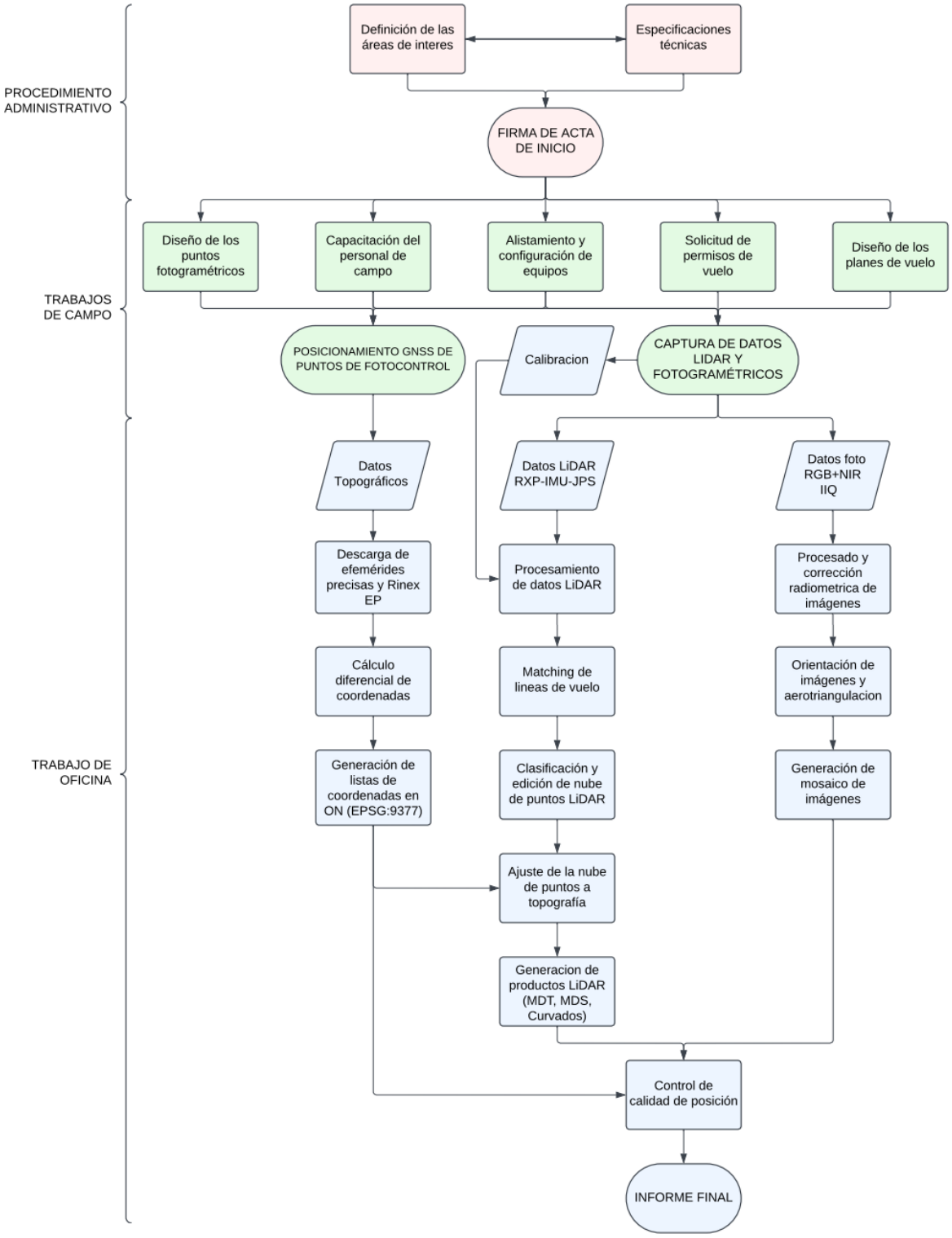


Figura 2. Plan de gestión del proyecto

7. PUNTOS O ELEMENTOS EXISTENTES PARA CONTROLES DE CALIDAD RMSE.

La georreferenciación tanto de los puntos de Control como de los puntos de Chequeo ha sido calculada por método de postproceso desde estaciones de rastreo permanente de la Ciudad de Bogotá que estan disponibles por IGAC para las fechas en que se han realizado los trabajos, cabe anotar que de no haber activas estaciones de la red SIRGAS se emplearán ERP de GeoRED MAGNA ECO. Se han obtenido datos de coordenadas y alturas sobre puntos fotoidentificables en campo sobre elementos existentes a nivel del terreno, con el fin de realizar los respectivos controles de calidad y validar los productos generados según normativa IGAC mediante análisis de error medio cuadrático. Esta metodología aplica también para los controles de calidad RMSE, presentando los datos de coordenadas en el mismo sistema de referencia y época de los productos a validar, garantizando una precisión mayor o igual a la precisión requerida según normativa IGAC para la escala de presentación final de los productos pactados. La cantidad de muestras para controles de calidad RMSE de los Puntos de Chequeo y de control por cada grupo objeto de estudio se enuncian en la Tabla 2 conforme a los lineamientos enunciados en el Anexo 2 de la Resolución 197 de 2022 IGAC.

Finalmente, por cada Punto de Chequeo obtenido se ha generado una ficha de localización y descripción general del mismo como se muestra en la Figura 7.

Tabla 2. Cantidad *de Puntos de control y chequeo a posicionar*

GRUPO	SECTOR	Puntos Control	Puntos Chequeo
1 y 3	Área urbana y de expansión de Bogotá Área urbana de los municipios de Soacha, Funza, Madrid, Mosquera, Cota y Chía	38	38
2	Área de los Cerros Orientales de Bogotá D.C.	10	20

A continuación, se presenta una imagen con la distribución de los puntos a ser levantados para la georreferenciación y control del proyecto.

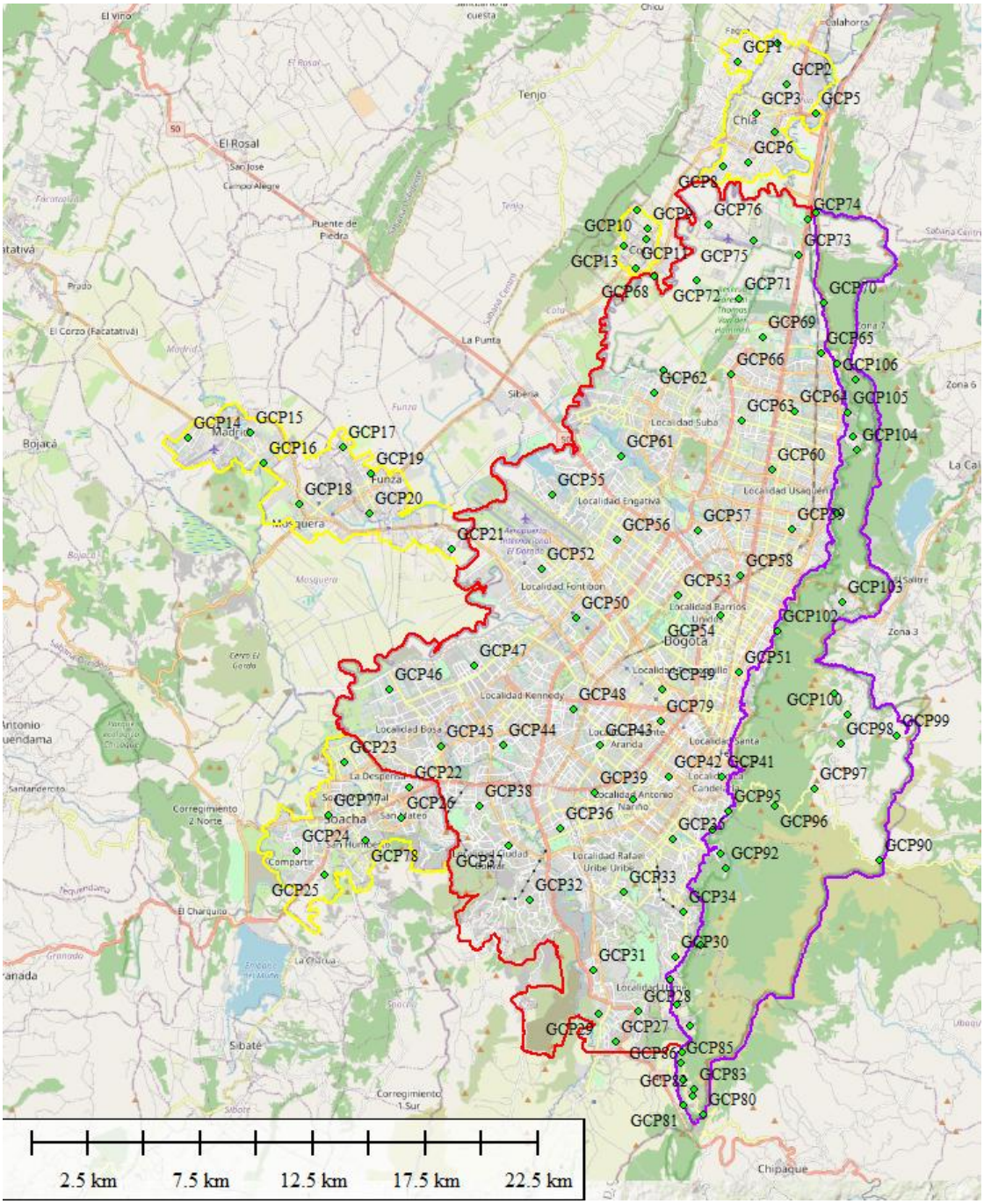


Figura 3. Prediseño puntos Chequeo y control



DESCRIPCIÓN PRECISA PUNTO DE COMPROBACIÓN VERTICAL PARA MDT10

IGAC INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI

PROYECTO: "ADQUIRIR NUBES DE DATOS LIDAR CLASIFICADAS, COMO INSUMO PARA ORTORRECTIFICACIÓN DE IMÁGENES A ESCALA 1:10.000"

UNIÓN TEMPORAL IGAC 2023

Coordenadas ligadas al sistema de referencia MAGNA - SIRGAS (Época IGAC 2018.0, elipsoide GRS80≈WGS84).
Orígen de coordenadas planas - ORIGEN NACIONAL

NOMBRE DEL PUNTO	GEOGRÁFICAS WGS84		ORIGEN NACIONAL		COTA	
PCC-010	Latitud	6°48'46.06226"N	Norte	2310857.354	Elipsoidal	175.077
	Longitud	73°41'38.40629"W	Este	4923345.504	Geocol2004	169.077

ESQUEMA DE LOCALIZACIÓN DEL PUNTO

DEPARTAMENTO: Santander
MUNICIPIO: El Carmen de Chucurí

IMAGEN PANORÁMICA DEL PUNTO

IMAGEN EN PLANTA DEL PUNTO

PARÁMETROS DE LA PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA ORIGEN NACIONAL - EPSG-9377

Latitud N:	04°00'00.00000''	Falso Norte:	2000000.000 m	Factor de Escala:	0.9992
Longitud W:	73°00'00.00000''	Falso Este:	5000000.000 m	Plano de Proyección:	0 MSNM

Tipo de corrección diferencial:	Calculó:	Fecha de posicionamiento:
PPP - CSRS "Sistema de Referencia Espacial Canadiense"	Ing. Jhoan K. Macias Acevedo Mat. 253335219539 CND	18/01/2023
	Revisó: Ing. Andres Felipe Chaparro Mat. 25222346322 CND	día - mes - año

Figura 4. Ejemplo ficha de descripción y localización de Punto de Chequeo

8. CAPTURA DE INFORMACIÓN FOTOGRAMÉTRICA Y LiDAR

Al mismo tiempo de la captura de nube de puntos mediante el sensor LiDAR aerotransportado se realizó la captura de fotogramas digitales sobre un mismo plan de vuelo. Lo anterior es la información base del proyecto, para la generación de las ortoimágenes, el modelo digital de terreno (MDT), y estos insumos son la base sobre la cual se restituirá la base de datos cartográfica de cada municipio referido.

LiDAR es una tecnología de geomática avanzada orientada a la producción de información espacial a nivel geográfico y topográfico. Es el Acrónimo de “Light Detection and Ranging”. Su traducción literal es “detección y medición de la luz”, y se trata de un sistema láser de medición a distancia que se utiliza a menudo en los campos de la ciencia e industria para la toma de medidas precisas en objetos lejanos e inaccesibles. Recientemente esta técnica se está introduciendo en el campo de la cartografía y topografía, puesto que permite la modelación masiva, rápida y precisa del terreno en zonas con accesos difíciles o de grandes extensiones.

El sistema integrado fotogramétrico y LiDAR ofrecido es un sistema complejo, compuesto por un sensor activo o escáner láser potente, un sensor pasivo o cámara métrica para la toma de fotogramas, receptor GNSS de última generación con capacidad para la georreferenciación directa (GD) que proporciona la posición precisa de los datos en la época del vuelo y la altura de la aeronave durante toda la misión aérea.

Los sensores pasivos (cámaras RGB) capturan los fotogramas digitales según el plan de vuelo programado con la superposición y traslape necesario según requerimientos.

El sensor activo LiDAR o escáner láser aerotransportado, emite pulsos de luz infrarroja que sirven para determinar la distancia entre el sensor y los puntos de terreno y superficie registrados. La longitud de onda de estos pulsos varía entre 500 y 1500 nm. A partir del tiempo que ha tardado cada rayo en ir y venir y de la velocidad de la luz, se deduce la distancia a la que está el objeto estudiado.

Por otra parte, los sensores de navegación y actitud (GNSS e IMU respectivamente), apoyan durante la navegación del plan de vuelo programado y al mismo tiempo registran datos inerciales y de posición precisa, en cada uno de los datos capturados por los sensores activos y pasivos del sistema, para ser utilizados durante la etapa de procesamiento y generación de productos.

Para el presente proyecto se capturan fotogramas adecuados para la construcción de **ortoimágenes** y nubes de puntos LiDAR, para la construcción de un modelo digital de terreno (**MDT**) confiable incluso para las áreas de vegetación abundante. La evaluación de calidad será según escala de productos IGAC a que corresponda. Ver (Resolución 197 de 2022 IGAC).

A continuación, se presenta un flujograma con las diferentes etapas de la captura de datos.

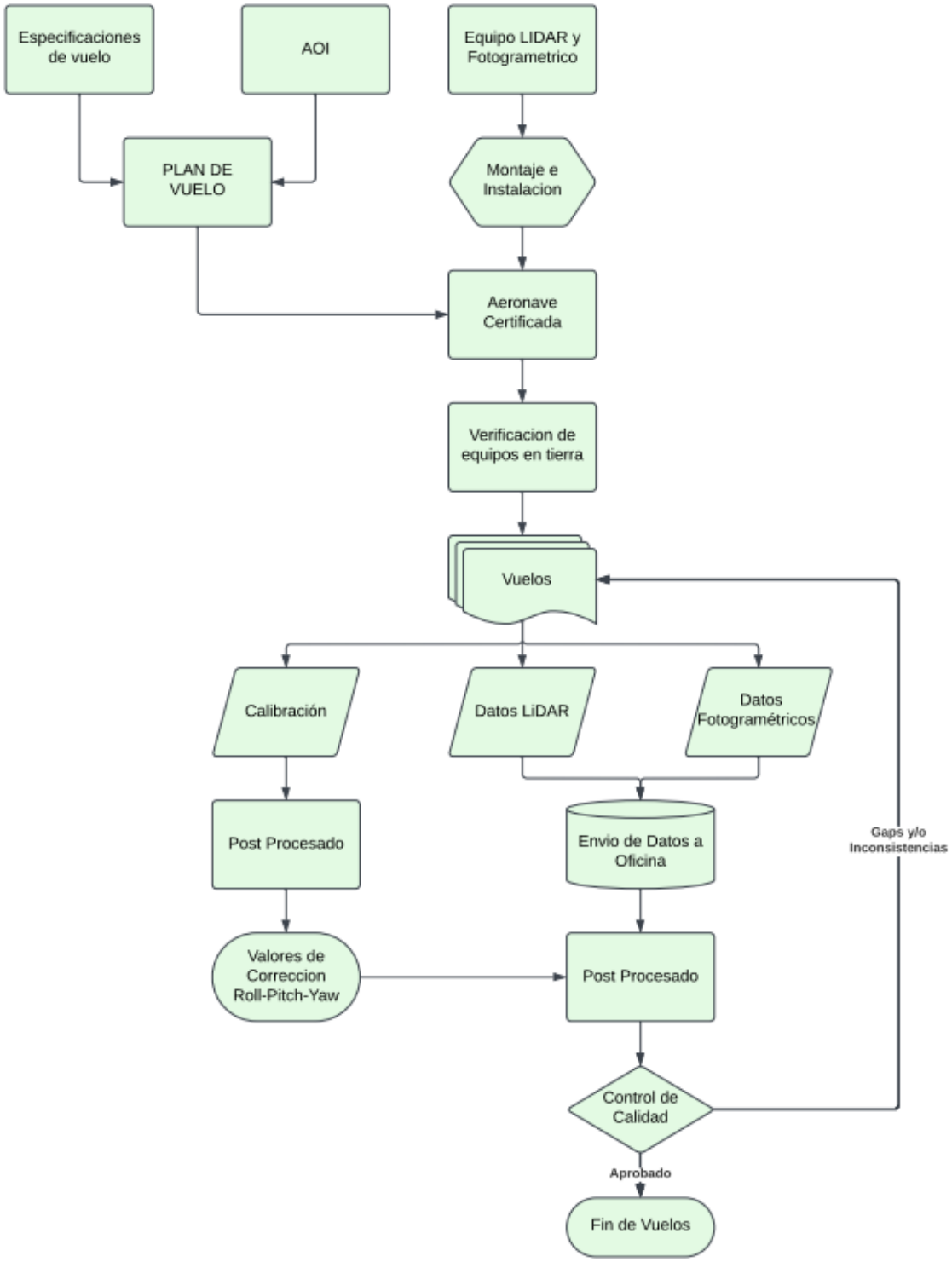


Figura 5. Flujograma captura de datos Fotogramétricos + LiDAR

Toda la información cruda capturada se entregará en los formatos originales que cada uno de los equipos y/o sensores genere.

9. PLANIFICACIÓN DE VUELO FOTOGRAMETRICO Y LiDAR.

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

9.1. COMPONENTES DEL SISTEMA

Para el desarrollo del proyecto se disponían de diferentes sistemas utilizados como conjunto combinado de cámara fotogramétrica y sistema LiDAR, para los levantamientos realizados se han utilizado las siguientes combinaciones:

9.1.1. Montaje 1:

- Cámara Phase One iXM-RS 150F de 150Mp
- Riegl VQ 580ii de 550KHz



Figura 6. Sistema Combinado de Captura LiDAR (VQ580i) – Cámara Alta resolución(PhaseOne iXM-RS)

Estos sistemas, fueron instalados en la aeronave Cessna 402B de matricula HK4933, la cual cuenta con permisos para la realización de vuelos fotogramétricos en todo el país.



Figura 7. Aeronave Cessna 402B

9.1.1. Montaje 2:

- Cámara Phase One IXA-R 180Mp
- Riegl VQ 480i de 400KHz



Figura 8. Sistema Combinado de Captura LiDAR (VQ480i) – Cámara Alta resolución (IXA-R)

Estos sistemas, fueron instalados en el helicóptero HUGHES de matrícula HK1934, el cual cuenta con permisos para la realización de vuelos fotogramétricos en todo el país.



Figura 9. Helicóptero Hughes

Como lo establece el IGAC en la resolución 471 de 2020:

> *"Que el levantamiento y actualización de la cartografía del país podrá hacerse mediante cualquiera de las metodologías y tecnologías existentes, siempre y cuando cumplan con los estándares o Especificaciones Técnicas que se definan en la presente Resolución.*

Que las presentes especificaciones técnicas están orientadas al producto, proporcionando una mayor flexibilidad al proceso o metodología de obtención del mismo, algo que se considera necesario en un esquema en el que se intenta promover un incremento en el número de productores de información geográfica del país, fomentando al mismo tiempo la innovación en el sector."

Por este motivo y de acuerdo a las condiciones de terreno, tránsito aéreo y condiciones climáticas, así como las restricciones aéreas que existen sumado a nuestra experiencia previa con proyectos volados sobre la misma zona se utilizara una aeronave u otra en los vuelos restantes. Siempre garantizando la calidad y precisión requerida por el proyecto y contando con los permisos correspondientes.

Para la realización del proyecto garantizando la calidad y como margen de seguridad sobre las condiciones técnicas establecidas se diseñaron cuatro planes de vuelo tanto para la ejecución con helicóptero como con avioneta, así como las condiciones del terreno, en general se tomará un mínimo de 10 Puntos/m2 y el tamaño de Píxel es de 0.09m GSD para las áreas escala 1:1000 y 1:2000 y para la escala 1:5000 la densidad de puntos mínima es de 0.7 Puntos/m2 y tamaño de Píxel es de 0.17m GSD

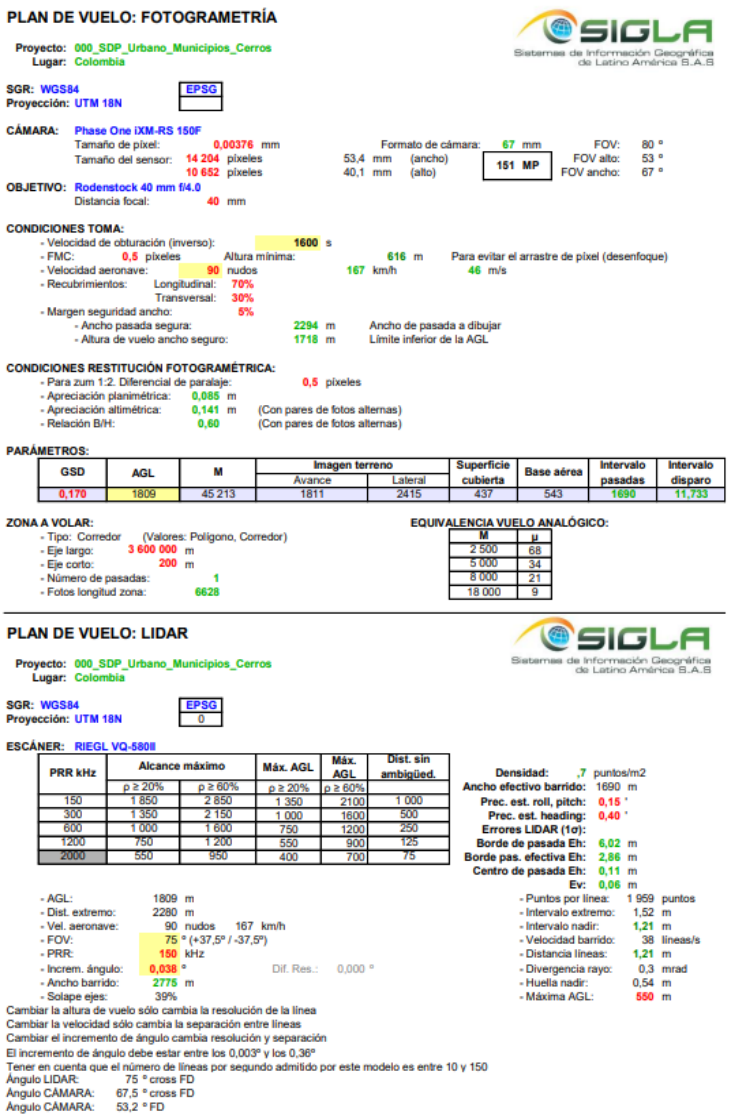
9.2. PARÁMETROS DE VUELO COMBINADO LIDAR/CÁMARA

La parametrización del sensor LiDAR se realiza con la aplicación del Software AeroPlan de la casa Leica Geosystems. Para los cerros Orientales de la ciudad de Bogota se planifico una densidad de puntos mínima de 0.7Puntos/m2 y tamaño de Píxel es de 0.17m. Los parámetros generales del vuelo fotogramétrico y LiDAR ejecutado se resumen en la siguiente tabla.

9.2.1. Montaje 1 - Cerros Orientales:

Tabla 3. Características generales Cerros Orientales (1:5000)

Altura de vuelo	1809 m sobre el terreno
Velocidad del vuelo	90 nudos (167 km/h)
Ángulo de visión	80°
Densidad de la nube LiDAR	>0.7 pts. / m2
Ancho de faja	2294 m
GSD (Tamaño de píxel)	0.17 m
Recubrimiento Longitudinal	70%
Recubrimiento Transversal	30%



PLAN DE VUELO: FOTOGRAMETRÍA

Proyecto: 000_SDP_Urbano_Municipios_Cerros
Lugar: Colombia

SGR: WGS84 — EPSG
Proyección: UTM 18N

CÁMARA: Phase One iXM-RS 150F
Tamaño de píxel: 0,00376 mm — Formato de cámara: 67 mm — FOV: 80 °
Tamaño del sensor: 14 204 píxeles 53,4 mm (ancho) — 151 MP — FOV alto: 53 °
10 652 píxeles 40,1 mm (alto) — 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: 616 m — Para evitar el arrastre de píxel (desenfoque)
- Velocidad aeronave: 90 nudos 167 km/h 46 m/s
- Recubrimientos: Longitudinal: 70%
Transversal: 30%
- Margen seguridad ancho: 5%
- Ancho pasada segura: 2294 m — Ancho de pasada a dibujar
- Altura de vuelo ancho seguro: 1718 m — Límite inferior de la AGL

CONDICIONES RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA:
- Para zum 1:2. Diferencial de paralaje: 0,5 píxeles
- Apreciación planimétrica: 0,085 m
- Apreciación altimétrica: 0,141 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				
0,170	1809	45 213	1811	2415	437	543	1690	11,733

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: 6628

EQUIVALENCIA VUELO ANALÓGICO:

M	µ
2 500	68
5 000	34
8 000	21
18 000	9

PLAN DE VUELO: LIDAR

Proyecto: 000_SDP_Urbano_Municipios_Cerros
Lugar: Colombia

SGR: WGS84 — EPSG
Proyección: UTM 18N — 0

ESCÁNER: RIEGL VQ-580II

PRR kHz	Alcance máximo		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: ,7 puntos/m2
Ancho efectivo barrido: 1690 m
Prec. est. roll, pitch: 0,15 °
Prec. est. heading: 0,40 °
Errores LIDAR (1σ):
Borde de pasada Eh: 6,02 m
Borde pas. efectiva Eh: 2,86 m
Centro de pasada Eh: 0,11 m
Ev: 0,06 m

- AGL: 1809 m
- Dist. extremo: 2280 m
- Vel. aeronave: 90 nudos 167 km/h
- FOV: 75 ° (+37,5° / -37,5°)
- PRR: 150 kHz
- Increm. ángulo: 0,038 ° — Dif. Res.: 0,000 °
- Ancho barrido: 2775 m
- Solape ejes: 39%

- Puntos por línea: 1 959 puntos
- Intervalo extremo: 1,52 m
- Intervalo nadir: 1,21 m
- Velocidad barrido: 38 líneas/s
- Distancia líneas: 1,21 m
- Divergencia rayo: 0,3 mrad
- Huella nadir: 0,54 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 10. Plan de vuelo Montaje 1 - Cerros Orientales (1:5000)

Para Bogotá y municipios (Chía, Cota, Funza. Mosquera, Madrid y Soacha) en el montaje 1 se planifico una densidad de puntos mínima de 11.6Puntos/m2 y tamaño de Píxel es de 0.09m. Los parámetros generales del vuelo fotogramétrico y LiDAR ejecutado se resumen en la siguiente tabla.

9.2.1. Montaje 1 – Bogotá y Municipios:

Tabla 4. Características generales Montaje 1 -Bogotá y Municipios (1:1000)

Altura de vuelo	957 m sobre el terreno
Velocidad del vuelo	90 nudos (167 km/h)
Ángulo de visión	80º
Densidad de la nube LiDAR	>11.6 pts. / m2
Ancho de faja	1214 m
GSD (Tamaño de píxel)	0.09 m

Recubrimiento Longitudinal	70%
Recubrimiento Transversal	30%

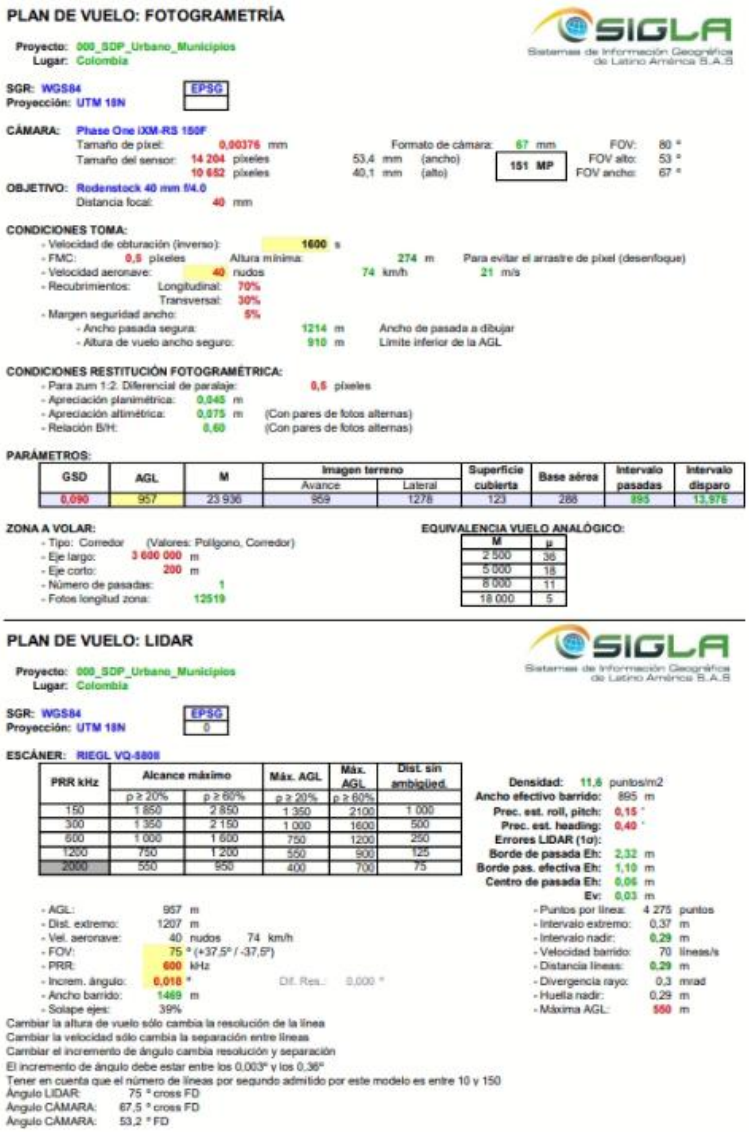


Figura 11. Plan de vuelo Montaje 1 - Bogotá y Municipios (1:1000)

Para Bogotá y municipios (Chía, Cota, Funza. Mosquera, Madrid y Soacha) a bordo del montaje 2 se planifico una densidad de puntos mínima de 6Puntos/m2 con un solape del 50% entre las líneas lo cual permitirá tener una densidad doble (12Puntos/m2) con los solapes y tamaño de Píxel es de 0.05m. Los parámetros generales del vuelo fotogramétrico y LiDAR ejecutado se resumen en la siguiente tabla.

9.2.1. Montaje 2 – Bogotá y Municipios:

Tabla 5. Características generales Montaje 2 - Bogotá y Municipios (1:1000)

Altura de vuelo	529 m sobre el terreno
Velocidad del vuelo	60 nudos (111 km/h)

Ángulo de visión	68º
Densidad de la nube LiDAR	>6 pts. / m2
Ancho de faja	540 m
GSD (Tamaño de píxel)	0.055 m
Recubrimiento Longitudinal	70%
Recubrimiento Transversal	50%

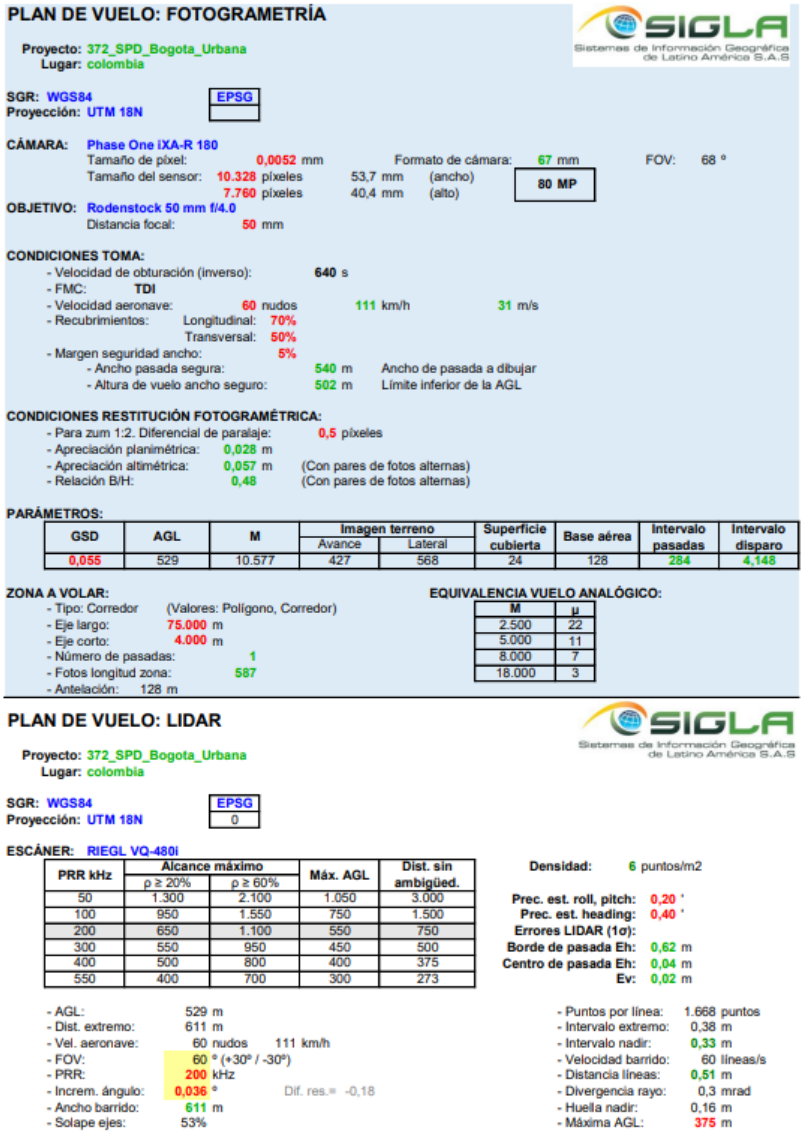


Figura 12. Plan de vuelo Montaje 2 - Bogotá y Municipios (1:1000)

Una vez realizada la planificación del vuelo y comprobado que se cumplen o mejoran las especificaciones definidas en el anexo técnico, ésta fue enviada a la Dirección Técnica del proyecto para que proceda a su revisión y/o aprobación.

Aceptada la planificación, ésta fue transferida al sistema fotogramétrico y LiDAR y al sistema de navegación de la aeronave.

El montaje No1 fue utilizado para realizar los vuelos realizados entre el día 6 de enero y el día 31 de enero, el montaje No2 fue utilizado para realizar los vuelos entre los días 7 de febrero y 20 de febrero. Al finalizar los sobrevuelos se entregara un polígono del cubrimiento de los datos realizados que permita diferenciar el cubrimiento de cada uno de los diferentes montajes.

9.3. CONTROLES DE CALIDAD - PLANIFICACIÓN DE VUELO FOTOGRAMÉTRICO Y LIDAR.

Tras realizar la planificación, ésta se sometió a un exhaustivo control de calidad para garantizar que se cumplan las características geométricas exigidas. En este proceso las líneas de vuelo planificadas son proyectados sobre un Modelo Digital de Elevaciones Global (SRTM Shuttle Radar Topography Mission), obteniendo una base de datos con información alfanumérica y un gráfico CAD que permite realizar un análisis visual de la planificación. La base de datos ofrece además información de las escalas o resoluciones máximas, media y mínima de cada fotograma y pasada, de los recubrimientos reales entre fotogramas consecutivos y recubrimientos entre pasadas consecutivas. De igual forma, se proyectan las pasadas LIDAR para garantizar los recubrimientos laterales y que no se exceden los límites de variación de cota para garantizar la densidad media y el registro continuo de pulsos.

A partir del análisis conjunto de la base de datos y del gráfico de huellas se determina el grado de aptitud de la planificación, procediendo, en su caso, a realizar las modificaciones necesarias.

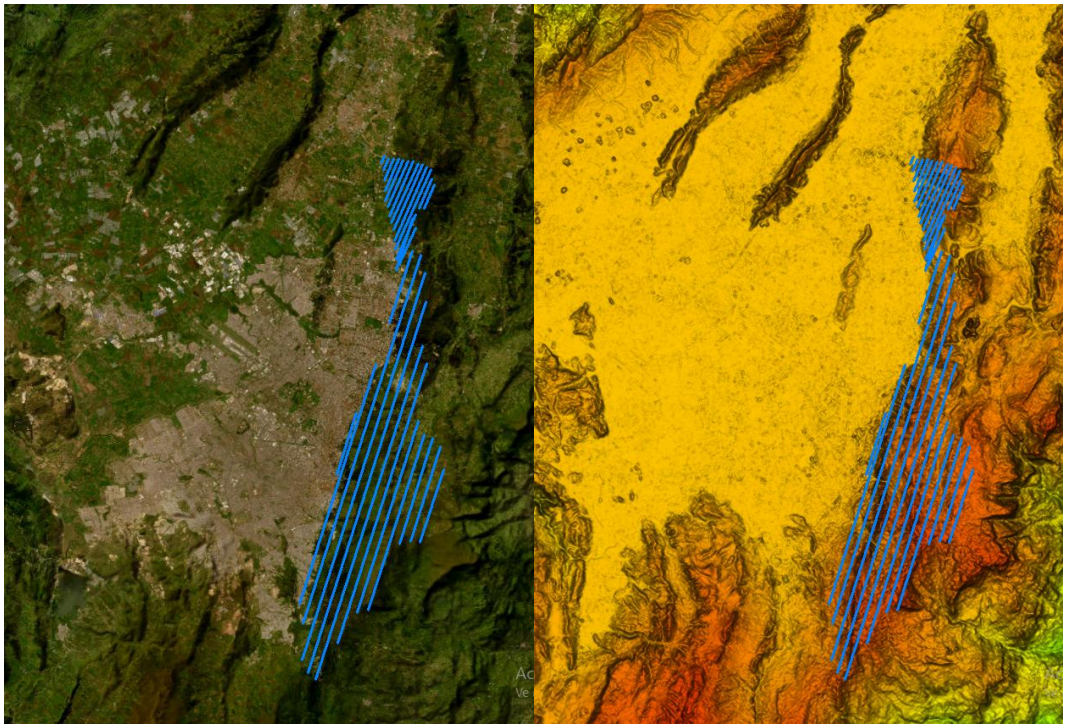


Figura 13. Coberturas y Ejes de vuelo Cerros Orientales

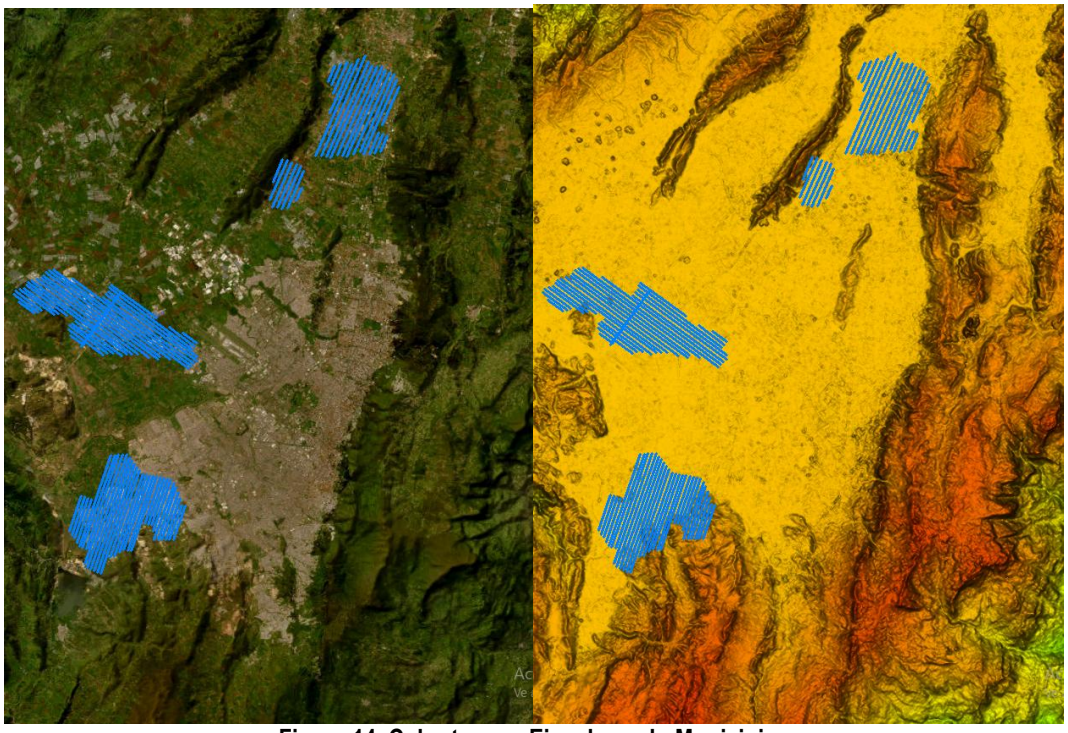


Figura 14. Coberturas y Ejes de vuelo Municipios

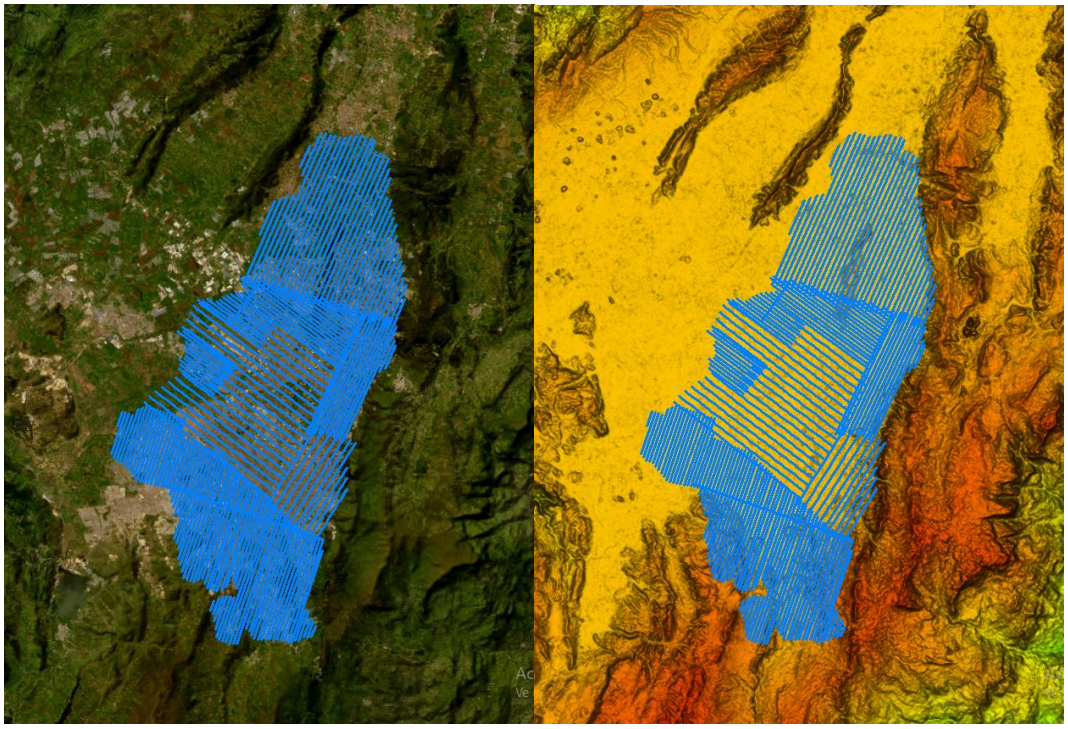


Figura 15. Coberturas y Ejes de vuelo Bogotá

9.4. MONTAJE Y CALIBRACIÓN DEL SISTEMA FOTOGRAMÉTRICO Y LIDAR

Se llevó a cabo el montaje e instalación del sistema Riegl VQ580II equipado con cámara digital Phase One iXM-RS 150F en la aeronave de matricula HK4933 y la Cámara Phase One IXA-R 180Mp y el sensor Riegl VQ 480i de 400KHz en el helicóptero Hughes fue realizada por personal técnico de la empresa en instalaciones localizadas en el aeropuerto.

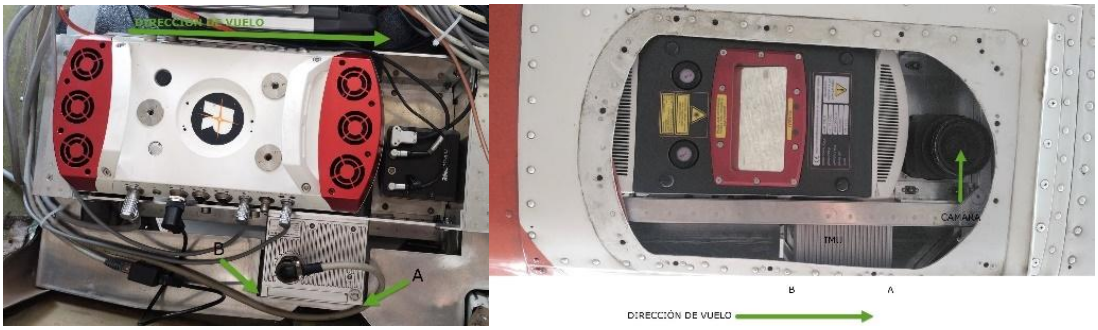


Figura 16. Instalación Riegl VQ580II y Phase One iXM-RS 150F



Figura 17. Instalación Riegl VQ480I y Phase One IXA-R 180Mp

10. AVANCE DEL PROYECTO

10.1. AVANCE DE LOS VUELOS

Hasta el día 20 de febrero de 2025 se ha realizado avance en los vuelos sobre todas las áreas del proyecto, a continuación, se presentan los avances para cada uno de los polígonos.

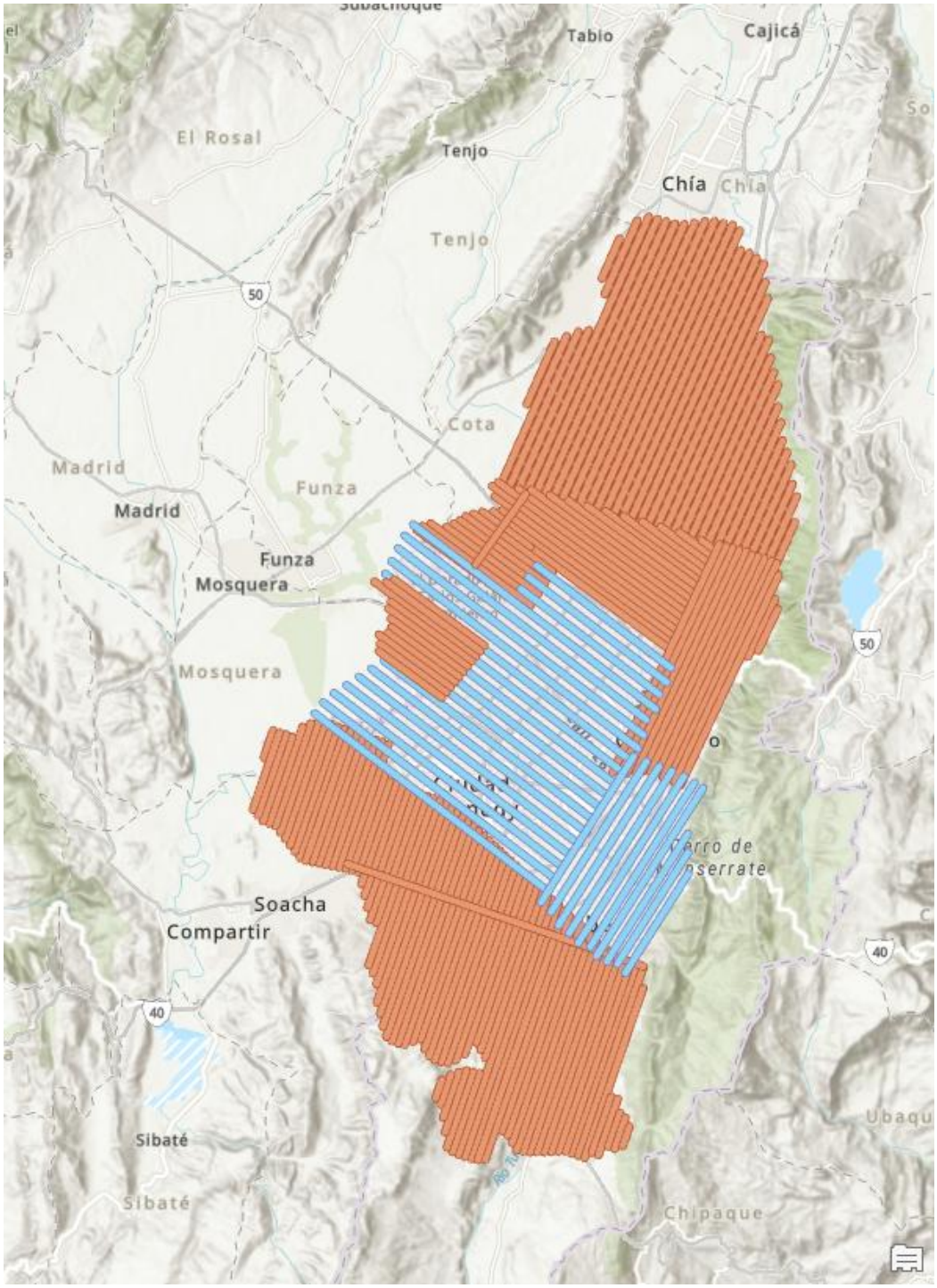


Figura 18. Avance de los vuelos Bogotá

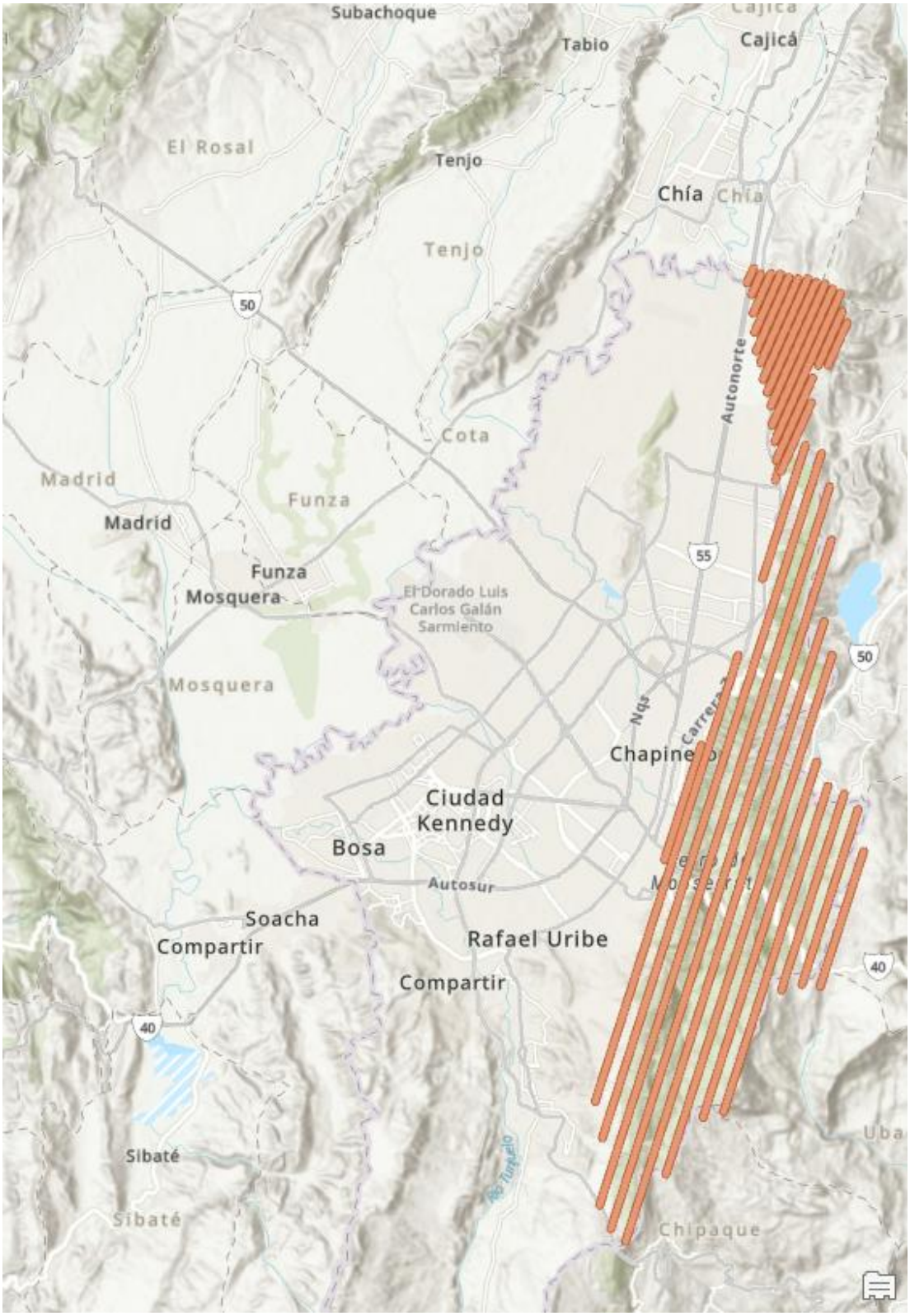


Figura 19. Avance de los vuelos Cerros Orientales

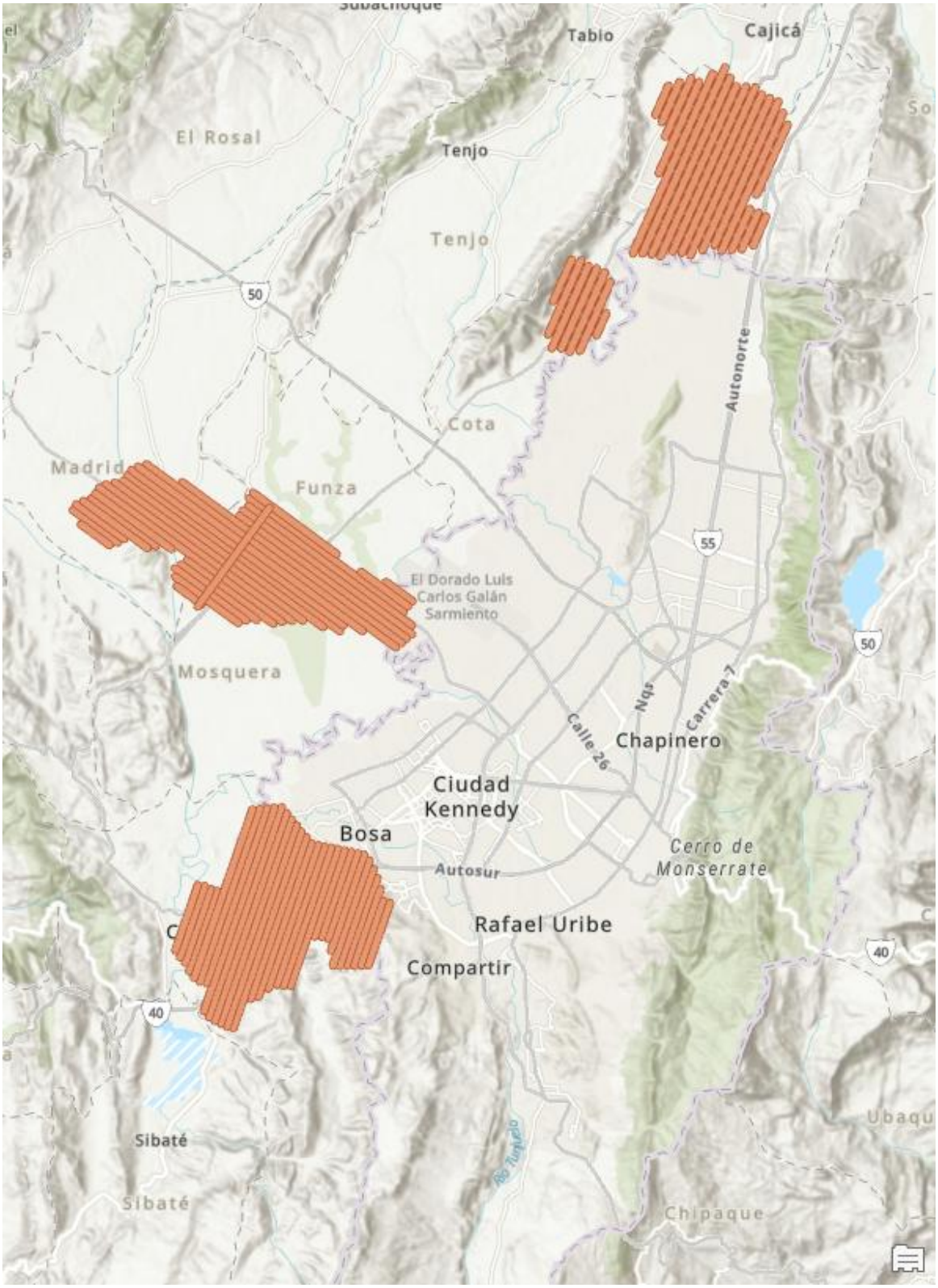


Figura 20. Avance de los vuelos Municipios

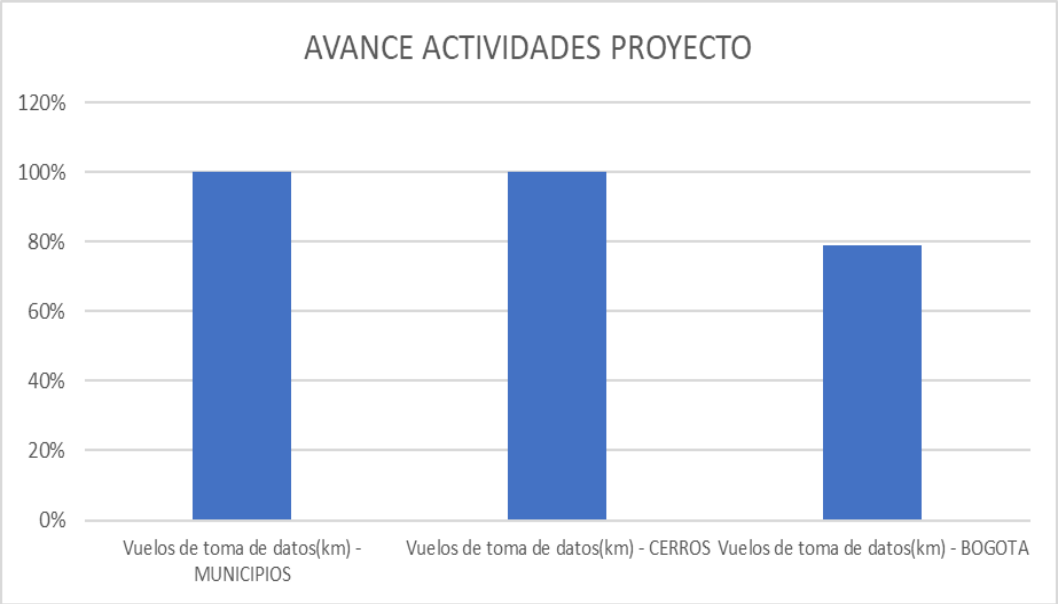


Figura 21. Porcentaje de avance por área de los vuelos

Tabla 6. Avance de los vuelos por área del proyecto

Ítem	Descripción	Cantidad estimada total	6/01/2025-09/01/2025	10/01/2025-16/01/2025	17/01/2025-23/01/2025	24/01/2025-30/01/2025	31/01/2025-06/02/2025	07/02/2025-13/02/2025	14/02/2025-20/02/2025	PORCENTAJE AVANCE 31/03/2025
1	Vuelos de toma de datos(km) - MUNICIPIOS	465,1			115,60			56,70	292,80	100%
2	Vuelos de toma de datos(km) - CERROS	284,70	133,80	150,90						100%
3	Vuelos de toma de datos(km) - BOGOTA	1534,9				339,70		474,00	396,80	78,87%
TOTAL		**2284,7**	**133,80**	**150,90**	**115,6**	**339,7**		**530,7**	**689,6**	

10.2. AVANCE TOPOGRAFIA

Los trabajos de campo dieron inicio el 7 de enero con el apoyo de una comisión de topografía. Se inicia a realizar la captura de datos según los puntos prediseñados en sentido norte – sur siendo los municipios de Chía y Cota los primeros.

El trabajo consiste en realizar la búsqueda de elementos existentes con características de punto para ser determinado con metodología GPS, teniendo en cuenta las principales:

- Visibilidad
- Horizonte despejado
- Seguridad
- Contraste

- Perdurabilidad

Lo anterior permite que los puntos que se escojan sean visibles en las imágenes que se toman con el vuelo combinado LiDAR-Fotogrametría.

Durante el segundo corte se cuenta con la georreferenciación de todos los 110 puntos planificados. A continuación, se presenta una imagen con la distribución de los puntos posicionados:

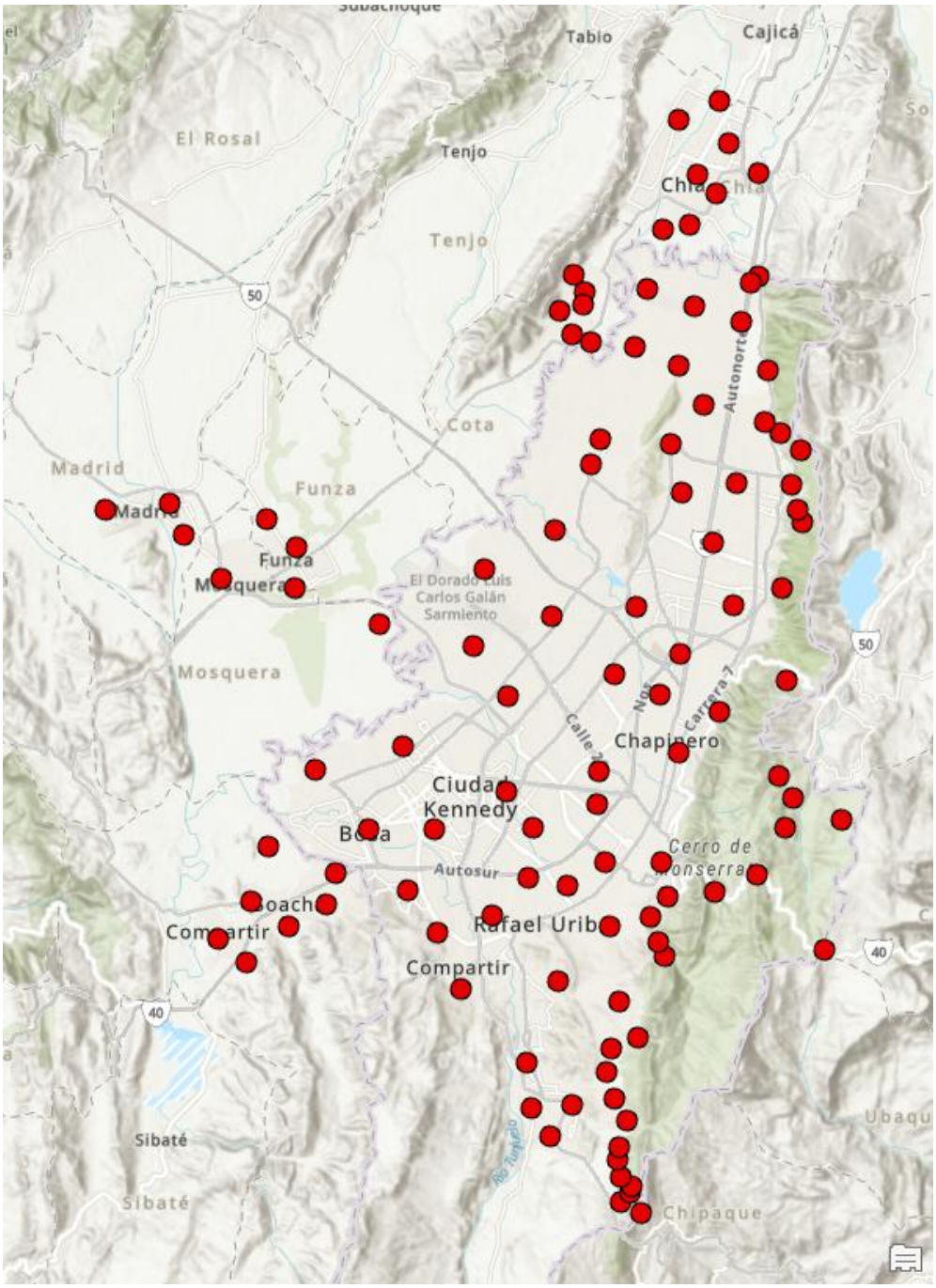


Figura 22. Avance topografía

La georreferenciación se realiza con equipos GNSS doble frecuencia, los tiempos de rastreo son calculados según lineamientos normativos del IGAC, mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$K=25min + (5*D)$$

- K= tiempo de rastreo
- D=Distancia entre el punto y la base más lejana.

A continuación, algunas imágenes de los trabajos:



Figura 23. Puntos de fotocontrol

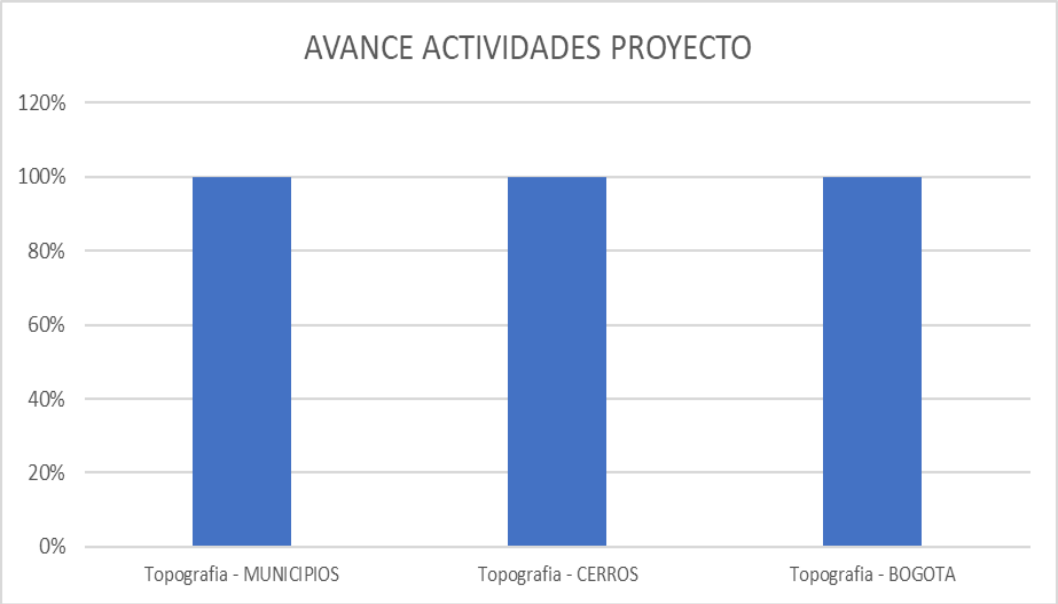


Figura 24. Porcentaje de avance por área topografía

Tabla 7. Avance topografía por área del proyecto

Ítem	Descripción	Cantidad estimada total	6/01/2025-09/01/2025	10/01/2025-16/01/2025	17/01/2025-23/01/2025	PORCENTAJE AVANCE
1	Topografía - MUNICIPIOS	28	13	15		100%
2	Topografía – CERROS	31		7	24	100%
3	Topografía - BOGOTA	51	10	25	16	100%
		110	**23**	**47**	**40**	