



GEOMATICA MONCALEANO SAENZ S.A.S.

NIT: 900.999.434 -5



**DESARROLLAR LAS ACTIVIDADES TÉCNICAS INHERENTES A LA
EJECUCIÓN DEL PROYECTO "FORTALECIMIENTO DE LAS
HERRAMIENTAS DE PLANIFICACIÓN CARTOGRÁFICAS Y
TECNOLÓGICAS PARA EL DISTRITO DE BUENAVENTURA -
DEPARTAMENTO DE VALLE DEL CAUCA" IDENTIFICADO CON EL
CÓDIGO BPIN 2022761090121**

**INFORME TÉCNICO DE ACTIVIDADES EN CAMPO LIDAR
CABECERA MUNICIPAL Y 34 CENTROS POBLADOS DEL MUNICIPIO
DE BUENAVENTURA -DEPARTAMENTO VALLE DEL CAUCA**

**CONTRATO CP-PR-2023-088 CELEBRADO ENTRE ALIANZA PUBLICA
PARA EL DESARROLLO INTEGRAL -ALDESARROLLO Y
GEOMATICA MONCALEANO SÁENZ S.A.S.**

ENERO 2024

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	4
2	OBJETIVO.....	4
3	ALCANCE.....	5
4	GLOSARIO.....	6
5	ÁREA DE ESTUDIO.....	8
6	PERMISOS DE VUELO.....	10
7	INSUMOS	12
7.1	Equipo datos LIDAR	12
7.2	Aeronave no tripulada DJI MATRICE 300 RTK.....	13
7.3	Aeronaves tripuladas	15
8	ASPECTOS TÉCNICOS DE SOFTWARE UTILIZADO	17
9	ELABORACIÓN DE PLAN DE VUELO TRIPULADO.....	17
10	ADQUISICIÓN DATOS LIDAR	22
10.1	Área urbana-Cabecera Municipal.....	22
10.2	Centros poblados	23
11	PROCESAMIENTO DATOS LIDAR	25

LISTA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 Área cabecera municipal.....</i>	<i>9</i>
<i>Ilustración 2 Áreas Centros poblados</i>	<i>10</i>
<i>Ilustración 3 Permiso Actual aeronáutica civil.....</i>	<i>11</i>
<i>Ilustración 4 Sensor aerotransportado RCD30 CityMapper -TerrainMapper</i>	<i>12</i>
<i>Ilustración 5 Drone DJI Matrice 300.....</i>	<i>14</i>
<i>Ilustración 6 Aeronave Cessna 182P.....</i>	<i>15</i>
<i>Ilustración 7 Aeronave Cessna 206T</i>	<i>16</i>
<i>Ilustración 8 Parámetros de las misiones de vuelo</i>	<i>18</i>
<i>Ilustración 9 Líneas de vuelo Aeronave tripulada</i>	<i>19</i>
<i>Ilustración 10 Listado de la información por cada línea de vuelo.....</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 11 Plan de vuelo Área Urbana</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 12 Plan de vuelo centros poblados</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 13 Vuelo ejecutado Cabecera municipal Buenaventura</i>	<i>22</i>
<i>Ilustración 14 Datos LIDAR, Cabecera municipal</i>	<i>23</i>
<i>Ilustración 15 Datos LIDAR, Centros poblados.....</i>	<i>24</i>
<i>Ilustración 16 Perfil Nube de puntos LiDAR clasificada, Cabecera Municipal.....</i>	<i>27</i>
<i>Ilustración 17 Perfil Nube de puntos LiDAR clasificada, Centro poblado Agua clara.....</i>	<i>27</i>

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1 Extensión centros poblados</i>	<i>8</i>
<i>Tabla 2 Parámetros sensor Citymapper Hyperion2</i>	<i>13</i>

1 INTRODUCCIÓN

En el marco del proyecto con el código BPIN 2022761090121, el cual tiene por objeto el “Fortalecimiento de las herramientas de planificación cartográficas y tecnológicas para el distrito de Buenaventura - Departamento de Valle del cauca”

Se describe el proceso de las actividades realizadas en campo para toma de datos LIDAR, para la generación de productos cartográficos a escala 1:1.000, para el área de la cabecera municipal y 34 centros poblados del Municipio de Buenaventura; en el departamento de Valle del Cauca.

2 OBJETIVO

Describir la toma de datos LIDAR, sobre las áreas urbanas de la cabecera municipal y 34 centros poblados del Distrito de Buenaventura, ubicado en el departamento de Valle del Cauca.

3 ALCANCE

La adquisición de datos LIDAR garantizará una cobertura completa y precisa en la cabecera municipal y los 34 centros poblados. El LIDAR es una tecnología que permite obtener información tridimensional del terreno y la vegetación con gran precisión. Esta información será fundamental para la generación de modelos digitales de elevación, productos cartográficos establecidos en el alcance del contrato.

Los procesos descritos a continuación están enmarcados dentro de las especificaciones establecidas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, para la generación de cartografía, y sus metodologías complementarias.

4 GLOSARIO

Aeronave: Toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones de este contra la superficie de la tierra y que sea apta para transportar pesos útiles, personas o cosas.

Aeronave autónoma: Aeronave no tripulada que no permite la intervención del piloto en la gestión del vuelo.

Aeronave no tripulada: Aeronave destinada a volar sin piloto a bordo

Aeronave pilotada a distancia, RPA: Aeronave no tripulada que es pilotada desde una estación de pilotaje a distancia. Una RPA es una aeronave pilotada por un "piloto remoto", emplazado en una "estación de piloto remoto" ubicada fuera de la aeronave (es decir en tierra, en barco, en otra aeronave, en el espacio, etc.), quien monitorea la aeronave en todo momento y tiene responsabilidad directa en la conducción segura de la aeronave durante todo su vuelo. Una RPA puede poseer varios tipos de tecnología de piloto automático, pero, en todo momento, el piloto remoto puede intervenir en la gestión del vuelo.

Aeronavegabilidad: Capacidad de una aeronave para cumplir con seguridad las condiciones de utilización prevista para ella. Para demostrar que una aeronave reúne todos los requisitos necesarios para garantizar la aeronavegabilidad de esta, se somete a una serie de pruebas y controles que, una vez superados, permiten otorgar el certificado correspondiente de aeronavegabilidad.

Altura: Distancia vertical entre una superficie de referencia y un punto determinado.

Calibración: Proceso de comparar ciertas medidas específicas con otro instrumento estándar.

Clasificación automatizada: permite la definición a través de algoritmos computaciones basados en reglas de la clasificación de cada uno de los puntos producto de la toma de datos LiDAR.

Clasificación manual: Cada punto LIDAR puede tener asignado un código de clasificación que define el tipo de objeto que representa el reflejo del pulso láser. Es decir que se pueden clasificar en varias categorías por ejemplo suelo o terreno desnudo, parte superior de cubierta forestal y agua. Las clases se definen mediante códigos numéricos de enteros en los archivos LAS.

Control terrestre: Etapa del proceso cartográfico mediante la cual se realiza el levantamiento de puntos de control terrestre. Fotocontrol.

Dron (drone): Expresión genérica para referirse, indiferentemente, a cualquier aeronave no tripulada o remotamente piloteada

DTM: por su definición en inglés (Digital Terrain Model), se denomina al conjunto de capas (generalmente raster) que representan distintas características de la morfología del terreno derivadas de una capa de elevaciones a la que se denomina Modelo Digital de Elevaciones

LiDAR: por su definición en inglés *Light Detection and Ranging* o *Laser Imaging Detection and Ranging*), Corresponde a un dispositivo que permite la medición y detección de objetos o superficies mediante un emisor de pulsaciones láser. Si se usa sobre plataforma aerotransportada, puede obtener información tridimensional de la forma de la superficie de la tierra.

Línea de vuelo: Unión de los fotocentros de las fotografías aéreas pertenecientes a una faja.

Plataforma giroestabilizante: Es un soporte giroestabilizado para sensores aéreos, capaz de corregir los movimientos en los tres ejes (X, Y, Z) durante el vuelo a partir de sistemas hidráulicos de movimiento, su capacidad de nivelación permite asegurar la ortogonalidad de la imagen al momento de la toma.

5 ÁREA DE ESTUDIO

Las áreas de estudio se encuentran ubicadas en el departamento de Valle del Cauca, correspondiente al área de la cabecera municipal con una extensión de 3.443 Ha y 34 centros poblados, las cuales se describe su extensión a continuación:

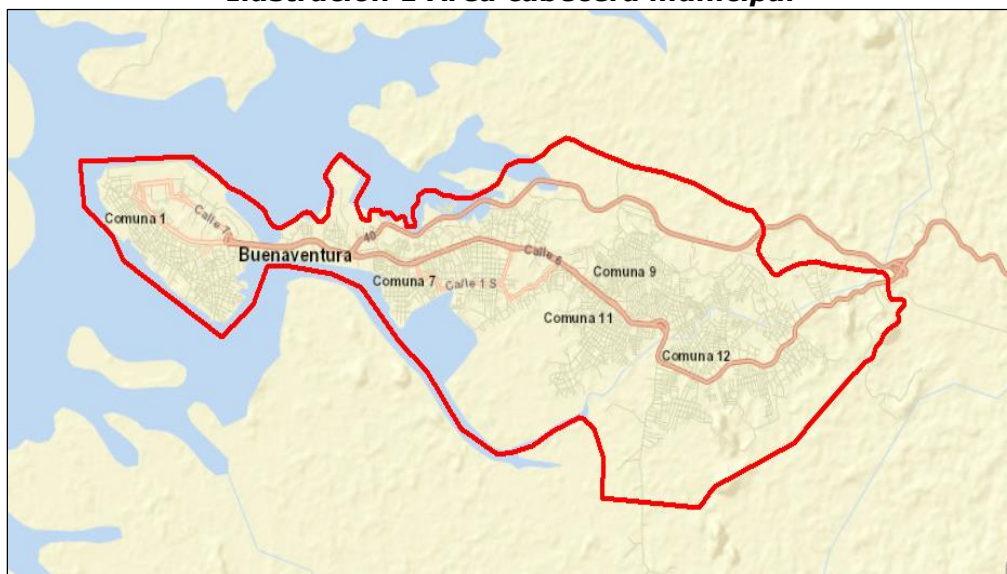
Tabla 1 Extensión centros poblados

Centro Poblado	AREA (Ha)
AGUACLARA	40
BAJO CALIMA	55,9
BARRIO BUENOS AIRES	44,3
BENDICIONES	15,1
CALLE LARGA - AEROPUERTO	5,2
CAMINO VIEJO - KM 40	13,7
CAMPO HERMOSO	20,2
CISNEROS	44,2
CÓRDOBA	44,1
EL CRUCERO	10,9
EL LIMONES	8,8
EL SALTO	18,1
GUAIMIA	29
JUANCHACO	55
KATANGA	17,7
LA BALASTRERA	3,7
LA BARRA	48,5
LA BOCANA	59,5
LA CONTRA	3,8
LA DELFINA	32,2

Centro Poblado	AREA (Ha)
LADRILLEROS	59,6
LAS PALMAS	3,6
LLANO BAJO	21,5
PIANGUITA	16
PUNTA SOLDADO	4,2
QUEBRADA PERICOS	19,9
SABALETA	24,6
SAN CIPRIANO	20,1
SAN MARCOS	20,7
TRIANA	15,1
UMANE	8,9
VILLA ESTELA	14,1
ZACARÍAS	44,1
ZARAGOSA	23,5

Fuente. Propia

Ilustración 1 Área cabecera municipal



Fuente. Propia.

Ilustración 2 Áreas Centros poblados***Fuente. Propia.*****6 PERMISOS DE VUELO**

Luego de realizar la solicitud correspondiente y cumplir con todos los requisitos legales y de seguridad, se obtiene el permiso de vuelo para las aeronaves Cessna 182P y Cessna 206T, con matrículas HK5214 y HK5427 respectivamente, sobre los polígonos ubicados en el área del municipio de Buenaventura. El primer permiso se autorizó para el período comprendido entre el 18 de mayo de 2023 y el 18 de junio de 2023; y continuamente se han realizado las respectivas renovaciones mes a mes, hasta el mes de diciembre, el cual está extendido hasta el 16 de diciembre de 2023.

Con el permiso en mano, se llevaron a cabo las operaciones de vuelo para la adquisición de datos LIDAR sobre las áreas del municipio de Buenaventura. Se realizaron vuelos planificados dentro de las fechas y límites establecidos, siguiendo estrictamente todas las condiciones y normativas especificadas en el permiso. Durante las actividades, se priorizo la seguridad de la tripulación y del área de vuelo, garantizando un trabajo eficiente y cumpliendo con los objetivos de capturar imágenes de alta resolución espacial.

Ilustración 3 Permiso Actual aeronáutica civil

	REPÚBLICA DE COLOMBIA FUERZA AÉREA AUTORIDAD AERONÁUTICA DE LA AVIACIÓN DE ESTADO	
Bogotá D.C. 31/10/2023		
<u>AUTORIZACIÓN SOBREVUELO, ATERRIZAJE ESPECIAL EN EL TERRITORIO COLOMBIANO</u>		
No: 50872 / 23		-MDN-CGFM-COFAC-COES-JEMOV-DINAV-SUNAT-
DATOS GENERALES		
EMPRESA SOLICITANTE	<u>AEROLINEAS REGIONALES DE COLOMBIA S.A.S "REGION AIR"</u>	
COMPañÍA FLETADORA	<u>CUATRO CONCEPTOS S.A.S</u>	
NOMBRE DEL FLETADOR	<u>DIEGO RICARDO OTERO SANCHEZ</u>	
NIT O CÉDULA FLETADOR	<u>8001157312</u>	
OBJETO DEL VUELO	<u>AEROFOTOGRAFIA</u>	
INFORMACIÓN DEL		
LAPSO DEL VUELO AUTORIZADO	<u>16-11-2023 06:00</u>	HASTA: <u>16-12-2023 17:00</u> HORA LOCAL
AERONAVE TIPO	<u>C182 / C206 /</u>	
ITINERARIO		
<u>SOBREVUELO AEROFOTOGRAFIA POLIGONO UBICADO EN LOS DEPARTAMENTOS DE CHOCO-VALLE DEL CAUCA-CAUCA COORDENADAS 1)N 3 11 16.99 W 77 35 18.88 2)N 3 00 20.01 W 76 49 06.64 3)N 3 18 32.83 W 76 39 04.88 4)N 4 00 36.23 W 76 42 07.87 5)N 4 8 42.85 W 76 59 28.48</u>		
TRIPULACIÓN		
1 PILOTO PCA1015440928 SANABRIA VALCARCE.	2 PILOTO PCA1098759111 CONTRERAS CABALLE.	
3 PILOTO PCA13393 RUIZ PABON JHAIR ANDRE.	4 PILOTO PCA3003 OTERO SANCHEZ DIEGO RIC.	
MATRÍCULAS		
HK5214 HK5427		
OBSERVACIONES		

Fuente. Propia.

7 INSUMOS

7.1 Equipo datos LIDAR

Para la toma de datos LIDAR de la cabecera municipal se emplea el sensor Citymapper y Terrainmapper que combinan cámaras y una unidad LiDAR, llamada Hyperion2, para obtener una densidad de ocho (8) puntos por metro cuadrado.

Ilustración 4 Sensor aerotransportado RCD30 CityMapper -TerrainMapper



Fuente. Propia.

Los siguientes son los parámetros importantes del sensor para la captura de datos LIDAR.

Tabla 2 Parámetros sensor Citymapper Hyperion2

Equipo	Sensor LIDAR Hyperion2
N° Serie	95033
Especificaciones	
Altitud operación	300 - 2,500 m AGL at 700 KHz >4,000 m AGL at lower pulse rates
Campo de visión	40°
Pulsos de retorno	Programable hasta 15
Tasa Máxima de pulsos	700 kHz
Longitud onda laser	1,064 nm

Fuente. Leica

7.2 Aeronave no tripulada DJI MATRICE 300 RTK

Para sobrevolar las áreas de los centros poblados se utilizó una aeronave no tripulada DJI Matrice 300 RTK, equipado con una cámara Zenmuse; la cual integra un módulo Livox LiDAR, una IMU de alta precisión y una cámara con un CMOS de 1 pulgada en un cardán estabilizado de 3 ejes; con autonomía de vuelo de hasta 55 minutos con un rango de transmisión de vídeo de 15 kilómetros incorporando varios sensores, está diseñado para aplicaciones profesionales como fotogrametría.

A continuación, se referencian algunas especificaciones técnicas de la aeronave:

- Resolución: 960 Píxeles
- FOV: 145 °

- Dimensiones: Desplegado, hélices excluidas, 810×670×430 mm (L×W×H) Plegado, hélices incluidas, 430×420×430 mm (L×W×H)
- Distancia entre ejes diagonal: 895 milímetros
- Peso máximo al despegue: 9 kg
- Precisión de posicionamiento RTK: Cuando RTK está habilitado y fijo: 1 cm + 1 ppm (horizontal) - 1.5 cm + 1 ppm (vertical)
- Tiempo máximo de vuelo: 55 minutos
- Resistencia máxima al viento: Resistencia máxima al viento 15 m/s (12 m/s al despegar o aterrizar)
- Velocidad máxima: Modo S: 23 m/s, modo P: 17 m/s
- GNSS: GPS+GLONASS+BeiDou+Galileo
- Temperatura de funcionamiento: -20°C a 50°C (-4°F a 122°F)

Ilustración 5 Drone DJI Matrice 300



Fuente. DJI

7.3 Aeronaves tripuladas

El Cessna 182P y el Cessna 206T son dos aeronaves que ofrecen excelentes alternativas para la toma fotografías y toma de datos LIDAR sobre el área urbana de la cabecera municipal y los centros poblados de Buenaventura.

El Cessna 182P es un avión monomotor de ala alta y cuatro plazas, conocido por su confiabilidad y versatilidad. Su diseño robusto y su capacidad de carga lo convierten en una opción popular para actividades como la fotografía aérea. Equipado con un motor de 230 caballos de fuerza, proporciona el rendimiento necesario para realizar vuelos estables y controlados. Con ventanas amplias y despejadas, permite una visibilidad panorámica, lo que resulta fundamental para capturar imágenes detalladas. Además, su ala alta ofrece una plataforma estable para lograr fotografías nítidas y de alta calidad.

Ilustración 6 Aeronave Cessna 182P



Fuente. Propia.

El Cessna 206T, por otro lado, es un avión monomotor turbo, de mayor capacidad, con capacidad para seis pasajeros. Su diseño aerodinámico y su mayor potencia permiten alcanzar velocidades de crucero más altas, lo que facilita la cobertura de un área más extensa en menos tiempo. Esta aeronave también ofrece una cabina espaciosa que brinda comodidad tanto para el piloto como para los pasajeros. Con su capacidad para transportar un equipo fotográfico adicional, el Cessna 206T es una opción ideal para llevar a cabo la captura de fotografías y datos LIDAR.

Ilustración 7 Aeronave Cessna 206T



Fuente. Propia.

8 ASPECTOS TÉCNICOS DE SOFTWARE UTILIZADO

Para la creación de planes de vuelos con aeronaves no tripuladas se se realiza sobre la aplicación de la aeronave DJI, la cual genera una ilustración con las líneas de vuelo necesarias para el cubrimiento del área, número de fotografías, distancia y tiempo estimado del recorrido para la ejecución de vuelo.

Y para la creación de planes de vuelos con aeronaves tripuladas se utiliza el programa planificación de misiones de vuelo Leica MissionPro.

Para el cálculo de parámetros de las misiones de vuelo, integrado al programa Leica MissionPro se encuentra el programa Leica Aeroplan, que genera bloques, corredores y líneas de vuelo individuales, a partir de cualquier parámetro ingresado por el usuario.

Los Softwares de Leica MissionPro con Leica Aeroplan integran Sofisticados algoritmos de cálculo usando automáticamente el DTM local, datos globales SRTM / ASTER DTM y proveedores de servicio de mapas compatibles de Web Map Service (WMS).

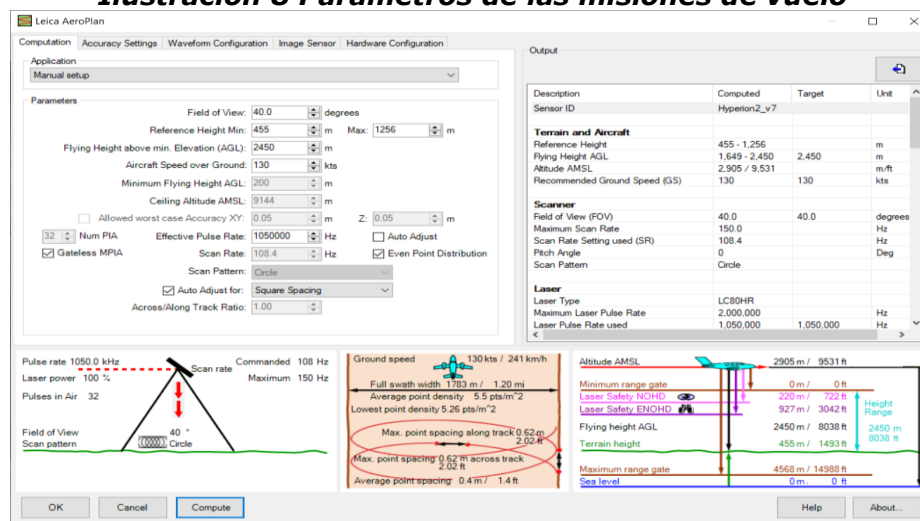
9 ELABORACIÓN DE PLAN DE VUELO TRIPULADO

Inicialmente se definen las generalidades del proyecto, con una nomenclatura específica para identificar el tipo de producto, fechas, zona, escala, sensor, plataforma y ruta de almacenamiento entre otros.

Se redibujan sobre los polígonos base, áreas de interés (AIO) teniendo en cuenta el relieve, capacidad de maniobra de la aeronave y máximo cubrimiento de área por cada línea de vuelo.

Para determinar la densidad de puntos LiDAR se deben tener en cuenta las características del terreno y determinar la altura AGL y velocidad de la aeronave que garanticen el retorno de los pulsos al sensor.

Ilustración 8 Parámetros de las misiones de vuelo

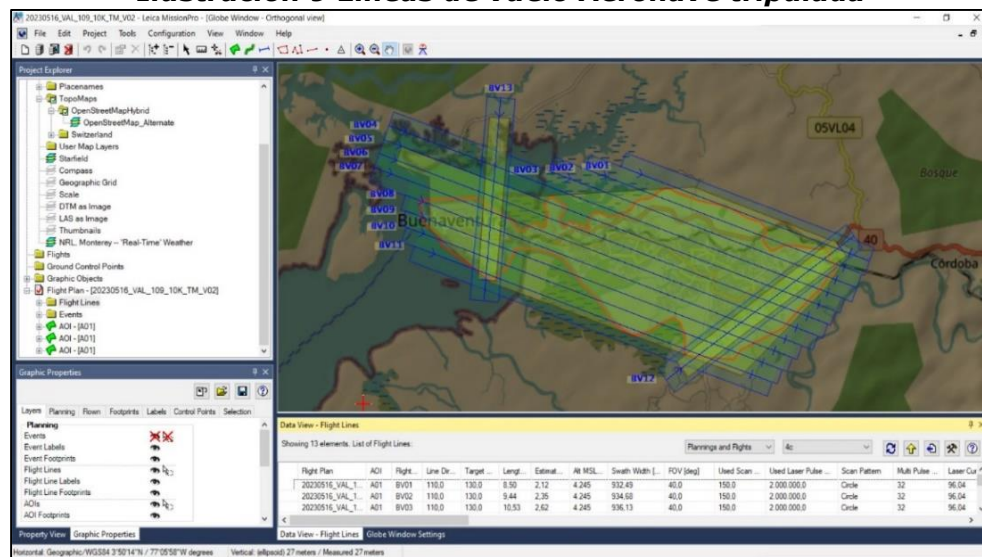


Interface AeroPlan. Fuente: 4C

Definidos estos valores el software Leica AeroPlan genera automáticamente el tamaño del pixel (GSD), y genera líneas de vuelo que cubren el área de interés, generando coordenadas en centros de fotos, alturas para cada línea y velocidad de la aeronave. Se visualiza y comprueba el traslape lateral y longitudinal del proyecto, y los parámetros relacionados con el sensor.

Los planes de vuelo son revisados por un segundo profesional que debe verificar el cubrimiento del Área de interés (AOI), y densidad de puntos solicitados. Luego de la aprobación, se exporta el archivo *.fpd3 el formato nativo de Leica MissionPro, que se carga en la unidad de control del sensor, instalado en la aeronave, para la ejecución del vuelo.

Ilustración 9 Líneas de vuelo Aeronave tripulada



Fuente. Propia.

De la misma manera, exporta todo el plan de vuelo generado del proyecto para consulta en diferentes formatos, como son: KML y Excel. El archivo Excel contiene una tabla con las características para la adquisición de los datos LIDAR y los parámetros del sensor.

Ilustración 10 Listado de la información por cada línea de vuelo

Description	Computed	Target	Unit
Sensor ID	Hyperion2_v7		
Terrain and Aircraft			
Reference Height	-1 - 88		m
Flying Height AGL	1.211 - 1.300	1.300	m
Altitude AMSL	1.299 / 4.262		m/ft
Recommended Ground Speed (GS)	130	130	kts
Scanner			
Field of View (FOV)	40,0	40,0	degrees
Maximum Scan Rate	150,0		Hz
Scan Rate Setting used (SR)	150,0		Hz
Pitch Angle	0		Deg
Scan Pattern	Circle		
Laser			
Laser Type	LC80HR		
Maximum Laser Pulse Rate	2.000.000		Hz
Laser Pulse Rate used	2.000.000		Hz
Multi Pulse in Air Mode	32	32	
Recommended Laser Power	100		%
Nominal Maximum Slant Range	1.441,96		m
Minimum Range Gate	0,00		m
Maximum Range Gate	2.398,34		m
Range Gate size	59,95		m
Range margin above hills	1.211,00		m
Range margin below valleys	953,70		m
Point Spacing and Density			
Maximum Point Spacing Across Track	0,25		m
Maximum Point Spacing Along Track	0,45		m
Across Track/Along Track Ratio	0,56	1,00	
Average Point Density	19,14	1,00	pts / m ²
Average Point Spacing	0,23		m
Worst case Point Density	17,87		pts / m ²
Reflectivity and SNR			
Illuminated Footprint Diameter	0,32		m, 1/e ²
Terrain Reflectivity	0,10		
Estimated SNR for diffuse targets	12,40 - 11,49		
Line/Rail Cross Section	10,00		mm
Line/Rail Reflectivity	0,30		
Best Case Wire SNR	1,80 - 1,54		
Average SNR	11,95	12,00	
Noise Suppression Level	Medium		
Accuracy			
Estimated Across Track Accuracy	0,14		m
Estimated Along Track Accuracy	0,14		m
Estimated Height Accuracy	0,06 - 0,08		m

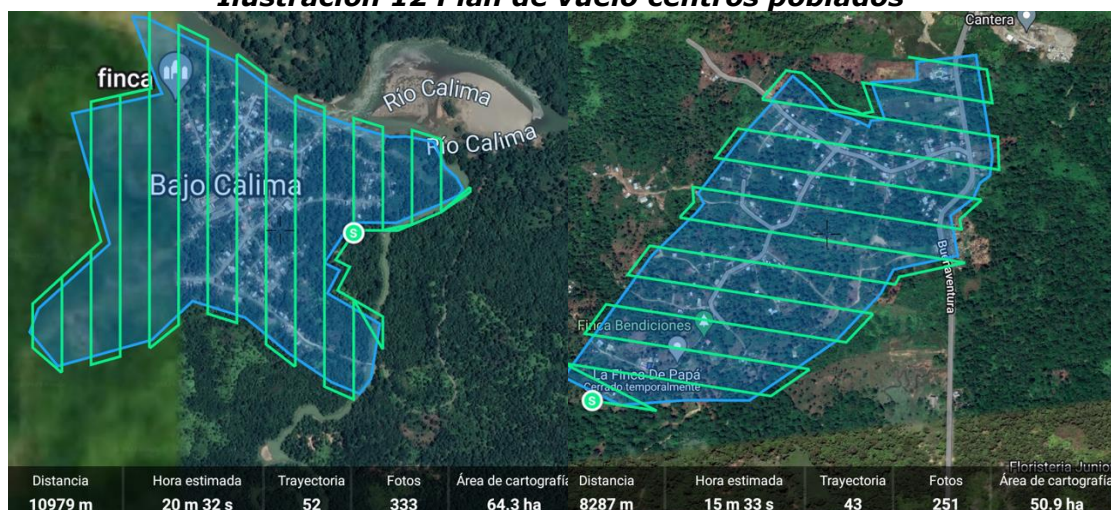
Fuente. Listado de líneas en Excel

Ilustración 11 Plan de vuelo Área Urbana



Fuente. Propia.

Ilustración 12 Plan de vuelo centros poblados



Fuente. Propia.

Finalmente se obtuvieron los planes de vuelo, con el fin de garantizar una densidad de puntos LiDAR de 10 puntos/m² sobre el terreno.

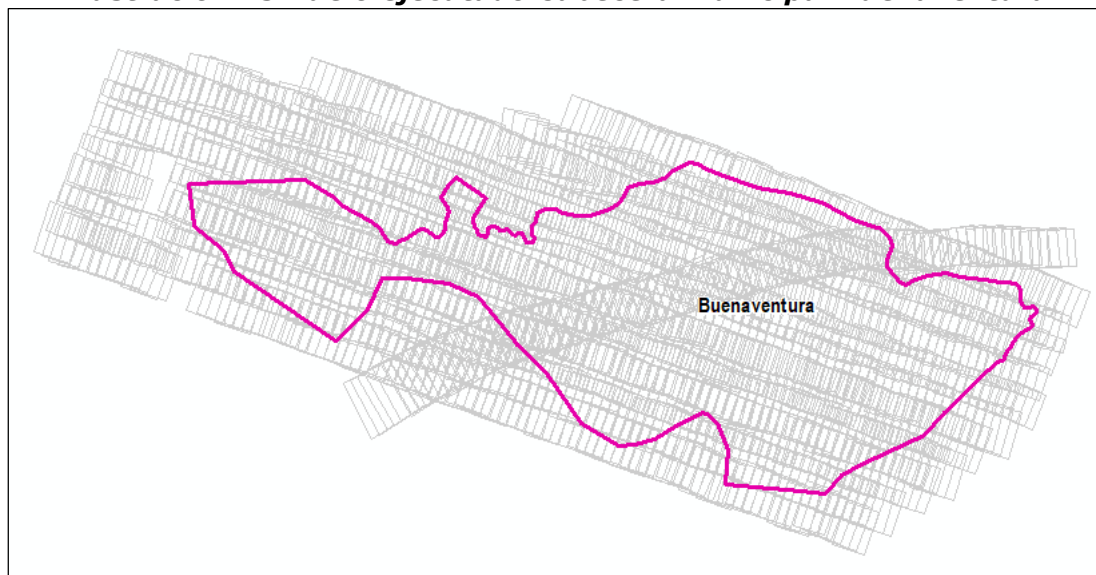
10 ADQUISICIÓN DATOS LIDAR

10.1 Área urbana-Cabecera Municipal

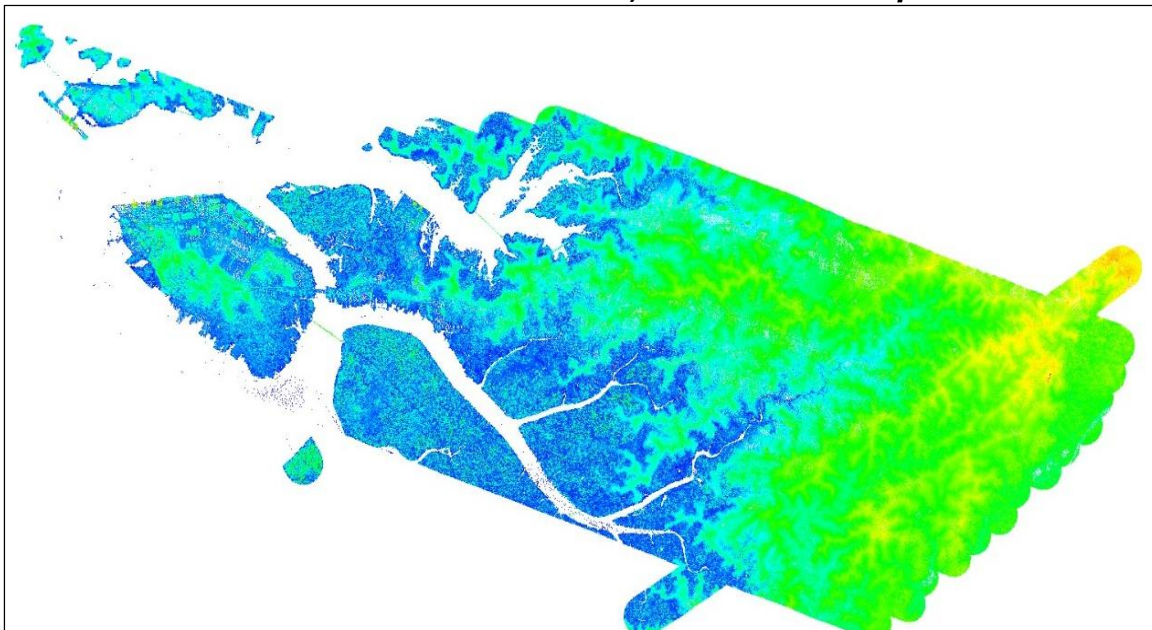
La cabecera municipal de Buenaventura fue volada con aeronave tripulada y sensor Leica RDC 30 Citymapper, garantizando la cobertura total del área del polígono DANE y las zonas de expansión urbana, con insumos conformes a la especificación técnica vigente para escala 1:1000. Se obtuvo un cubrimiento del área con datos LIDAR con una densidad promedio de 20 ppm².

Garantizando la coherencia y consistencia de los datos obtenidos, traslapes longitudinales, transversales y la densidad definida en el contrato.

Ilustración 13 Vuelo ejecutado Cabecera municipal Buenaventura



Fuente. Propia.

Ilustración 14 Datos LIDAR, Cabecera municipal**Fuente. Propia.**

10.2 Centros poblados

La toma de vuelos de los centros poblados se realizó por medio de aeronaves tripuladas y no tripuladas (UAV) equipadas con sistemas de captura y tecnología LiDAR, ejecutada por un equipo multidisciplinario de expertos en fotogrametría, teledetección y cartografía para garantizar la calidad y precisión de los resultados obtenidos. Se obtuvieron datos LIDAR con una densidad de 20 ppm².

A partir de la planificación en donde se tuvieron en cuenta características geográficas, de extensión territorial y distribución urbana, se ejecutaron los vuelos garantizando el cubrimiento total de las áreas de los centros poblados de forma homogénea, la captura se realizó de forma simultánea de imágenes

y datos LiDAR; garantizando la coherencia y consistencia de los datos obtenidos, traslapes longitudinales, transversales y el GSD apropiado para la escala 1:1000 de acuerdo a las especificaciones técnicas vigentes.

Los centros poblados de Bajo Calima, Bendiciones, Camino Viejo KM 40, Cisneros, Córdoba, El Salto, Katanga, La Delfina, Quebrada Pericos, Triana, Villa Estela y Zaragoza; fueron capturados con aeronaves no tripuladas (UAV), utilizando el Drone DJI Matrice 300, equipado con la cámara Zenmuse.

Los 22 centros poblados restantes fueron capturados con aeronave tripulada, equipada con el sensor Leica RDC 30 Citymapper.

Ilustración 15 Datos LIDAR, Centros poblados



Fuente. Propia.

11 PROCESAMIENTO DATOS LIDAR

Una vez capturada la información se realiza un ajuste geodésico del vuelo fotogramétrico y los datos obtenidos, donde se calcula las posiciones de la aeronave, llegando a precisiones de pocos centímetros, para calcular la posición exacta de los datos tomados en el vuelo fotogramétrico.

Posteriormente se procede a editar la nube de puntos, con el fin de limpiar, procesar y mejorar la calidad de los datos antes de utilizarlos.

A continuación, se relacionan los procesos que se realizan durante la edición de nubes de puntos:

- **Eliminación de puntos atípicos (outliers):** Los puntos que no representan correctamente la superficie de la tierra, como los generados por reflexiones múltiples o el ruido en los datos, deben eliminarse.
- **Clasificación de puntos:** Los puntos LiDAR pueden clasificarse en diferentes categorías, como terreno, vegetación, construcción, agua entre otras. Esta clasificación es importante para diversas aplicaciones y generación de productos y puede realizarse de manera automática o manualmente.
- **Filtrado de puntos no deseados:** A veces, los datos LiDAR pueden incluir puntos de retorno no deseados, como los generados por cables

eléctricos o contaminantes en el aire. Estos puntos deben identificarse y eliminarse.

• **Corrección de irregularidades en el terreno:** Los datos LiDAR pueden contener errores sistemáticos debido a la inclinación del terreno, a la calibración y la reflectancia en los sensores. Estos errores deben corregirse para garantizar la precisión y el correcto modelamiento de los elementos de la superficie terrestre.

• **Detección y eliminación de objetos móviles:** Los datos LiDAR capturados desde una plataforma móvil, pueden detectar objetos móviles, que deben eliminarse o tratarse de manera adecuada.

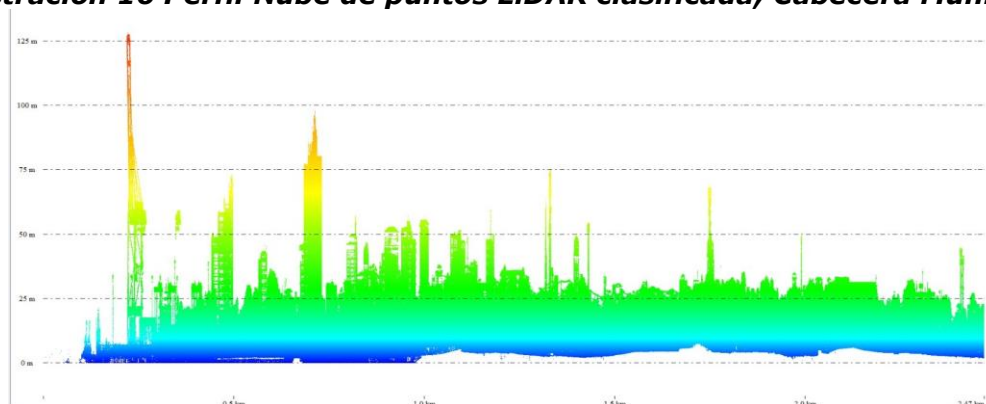
La edición de nubes de puntos LiDAR puede ser un proceso complejo y laborioso, y se realiza con software especializado en procesamiento. La calidad y precisión de los resultados finales dependen en gran medida de la calidad de la edición realizada a los datos.

Del procedimiento anterior se obtienen los archivos con extensión *.LAS que contienen los puntos clasificados como Ground Points (puntos localizados en el terreno) y Non-Groundpoints (puntos localizados sobre el terreno).

Además, se ajustó la nube de puntos LiDAR al fotocontrol, esto, con el fin de garantizar la mejor precisión y calidad de los productos resultantes.

En la siguiente ilustración se pueden observar la nube de puntos clasificada para la cabecera municipal.

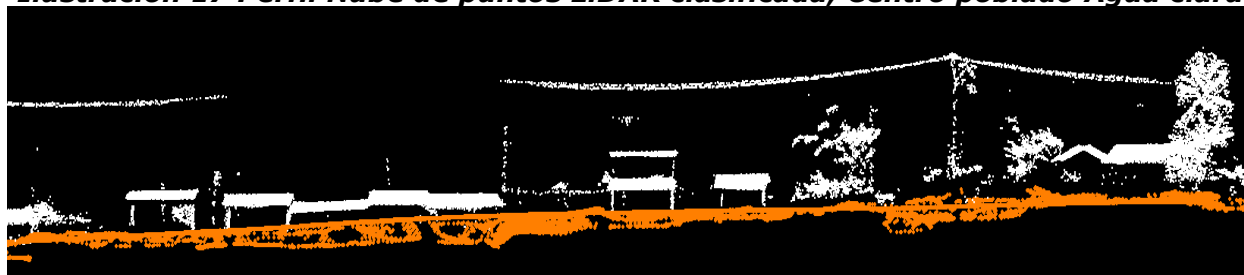
Ilustración 16 Perfil Nube de puntos LiDAR clasificada, Cabecera Municipal



Fuente. Propia.

A continuación, se relaciona un perfil de los datos LIDAR procesado para un centro poblado, los puntos de color naranja, son puntos clasificados como Ground Points.

Ilustración 17 Perfil Nube de puntos LiDAR clasificada, Centro poblado Agua clara



Fuente. Propia.

Versión	Fecha Acción	Tipo de Modificación	Modificaciones	Elaboró	Revisó	Aprobó
01	Enero 2024	TI	Creación	Equipo Dirección proyectos	Director Proyecto	Directo Proyecto

* TI-Texto Incluido, TE-Texto Eliminado, TM-Texto Modificado, TC-Texto Corregido, Ninguno