REALIZAR EL LEVANTAMIENTO TOPOBATIMÉTRICO DEL RÍO SUMAPAZ Y LOS PRINCIPALES RÍOS TRIBUTARIOS PANCHES Y PAGUEY, PARA LA DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE RONDA EN LOS RÍOS DE LA JURISDICCIÓN DE LA CAR.

INFORME FINAL

Agosto de 2018

Sitio web: www.incige.com Email: admon@incige.com, incige@incige.com
Calle 46 No. 59-40 Tel: (57) 1 7498300/01 Bogotá – Colombia

Contenido

Pág.

1. INTRODUCCIÓN 7
2. OBJETIVO 7
3. ALCANCE 7
4. LOCALIZACIÓN RÍOS SUMAPAZ, PANCHES Y PAGUEY 8
5. METODOLOGÍA 9
   - 5.1 RED GEODÉSICA 9
   - 5.2 LEVANTAMIENTO TOPOBATIMÉTRICO 58
   - 5.3 SALIDAS GRAFICAS 62
   - 5.4 TOMA DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS Y DATOS LiDAR 63
   - 5.5 PROCESAMIENTO DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS Y DATOS LIDAR 72
   - 5.6 GENERACIÓN DEL DSM Y DTM 73
   - 5.7 GENERACIÓN DEL MODELO INTEGRADO DTM 74
   - 5.8 GENERACIÓN DE CURVAS DE NIVEL 79
   - 5.9 AEROTRIANGULACIÓN 79
   - 5.10 RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA 81
   - 5.11 FOTOCONTROL 82
   - 5.12 GENERACIÓN ORTOFOTOS 96
   - 5.13 REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA E INFORMES 99
6. COMPONENTE SOCIAL 100
   - 6.1 OBJETIVO GENERAL 100
   - 6.2 ETAPAS DEL PROCESO EN EJECUCIÓN 100
   - 6.3 PRESENTACIÓN Y SOCIALIZACIÓN INICIAL DEL PROYECTO 101

Índice De Tablas

Pág.

TABLA 1. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T1-P1-T2-T3-P2 14
TABLA 2. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T4 15
TABLA 3. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T5-T6-P3-T15 17
TABLA 4. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T14-T13 18
TABLA 5. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS12-P5-T11 19
TABLA 6. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO P1 20
TABLA 7. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO P2 21
TABLA 8. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO P3 22
TABLA 9. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO P5 23
TABLA 10. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T1 24
TABLA 11. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T2 25
TABLA 12. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T3 26
TABLA 13. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T4 27
TABLA 14. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T5 28
TABLA 15. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T6 29
TABLA 16. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T15 30
TABLA 17. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T14 31
TABLA 18. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T13 32
TABLA 19. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T12 33
TABLA 20. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T11 34
TABLA 21. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T16-T17-T18-P6-T19-T20-T21-T22 36
TABLA 22. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T16 37
TABLA 23. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T17 38
TABLA 24. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T18 39
TABLA 25. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO P6 40
TABLA 26. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T19 41
TABLA 27. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T20AB 42
TABLA 28. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T20CD 43
TABLA 29. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T21 44
TABLA 30. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T22 45
TABLA 31. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T29 46
TABLA 32. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T30-T7-T8-P4-T9-T10 47
TABLA 33. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T29 49
TABLA 34. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T30 50
TABLA 35. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T7 51
TABLA 36. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T8 52
TABLA 37. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO P4 53
TABLA 38. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T9 54
TABLA 39. AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS CIRCUITO T10 55

TABLA 40. COORDENADAS AJUSTADAS PUNTO DE APOYO BASE DE VUELOS PANDI 56
TABLA 41. COORDENADAS AJUSTADAS RED GEODÉSICA PROYECTO CAR - SUMAPAZ..... 57
TABLA 42. COORDENADAS AJUSTADAS PUNTOS DE FOTOCONTROL..... 96

Tabla de imágenes

Pág.

IMAGEN 1. LOCALIZACIÓN GENERAL. FUENTE PROPIA 8
IMAGEN 2. LOCALIZACIÓN Y COBERTURA ESTACIONES ACTIVAS BOGA E IBAG – MAGNA-ECO 9
IMAGEN 3. ESQUEMA DE DETERMINACIÓN PUNTO GPS-P-03-A 11
IMAGEN 4. OCUPACIÓN GPS PUNTO GPS-P-03-A 11
IMAGEN 5. CIRCUITO T1-P1-T2-T3-P2 14
IMAGEN 6. CIRCUITO T4 15
IMAGEN 7. CIRCUITO T5-T6-P3-T15 16
IMAGEN 8. CIRCUITO T14-T13 18
IMAGEN 9. CIRCUITO T12-P5-T11 19
IMAGEN 10. CIRCUITO P1 20
IMAGEN 11. CIRCUITO P2 21
IMAGEN 12. CIRCUITO P3 22
IMAGEN 13. CIRCUITO P5 23
IMAGEN 14. CIRCUITO T1 24
IMAGEN 15. CIRCUITO T2 25
IMAGEN 16. CIRCUITO T3 26
IMAGEN 17. CIRCUITO T4 27
IMAGEN 18. CIRCUITO T5 28
IMAGEN 19. CIRCUITO T6 29
IMAGEN 20. CIRCUITO T15 30
IMAGEN 21. CIRCUITO T14 31
IMAGEN 22. CIRCUITO T13 32
IMAGEN 23. CIRCUITO T12 33
IMAGEN 24. CIRCUITO T11 34
IMAGEN 25. CIRCUITO T16-T17-T18-P6-T19-T20-T21-T22 35
IMAGEN 26. CIRCUITO T16 37
IMAGEN 27. CIRCUITO T17 38
IMAGEN 28. CIRCUITO T18 39
IMAGEN 29. CIRCUITO P6 40
IMAGEN 30. CIRCUITO T19 41
IMAGEN 31. CIRCUITO T20AB 42
IMAGEN 32. CIRCUITO T20CD 43
IMAGEN 33. CIRCUITO T21 44
IMAGEN 34. CIRCUITO T22 45
IMAGEN 35. CIRCUITO T29 46
IMAGEN 36. CIRCUITO T30-T7-T8-P4-T9-T10 47
IMAGEN 37. CIRCUITO T29 49
IMAGEN 38. CIRCUITO T30 50
IMAGEN 39. CIRCUITO T7 51
IMAGEN 40. CIRCUITO T8 52
IMAGEN 41. CIRCUITO P4 53

IMAGEN 42. CIRCUITO T9 54
IMAGEN 43. CIRCUITO T10 55
IMAGEN 44. SECCIONES TRANSVERSALES LEVANTADAS 59
IMAGEN 45. CONSOLIDADO SECCIONES TRANSVERSALES CALCULADAS Y PROCESADAS 60
IMAGEN 46. DETALLE SECCIÓN TRANSVERSAL EN PLANTA 61
IMAGEN 47. EJEMPLO SALIDA GRÁFICA O PLANO EN PLANTA 62
IMAGEN 48. EJEMPLO SALIDA GRÁFICA O PLANO SECCIONES TRANSVERSALES 63
IMAGEN 49. AERONAVE CESSNA 402B 64
IMAGEN 50. MEDICIÓN DE LEVEL ARMS Y SENSOR LÁSER Y FOTOGRAMÉTRICO ALS70HP + RDC30 64
IMAGEN 51. MONTAJE DEL SENSOR ALS70HP + RDC30 EN LA AERONAVE CESSNA 402B 65
IMAGEN 52. PLAN DE VUELO ALS70HP + RDC30 EN LA AERONAVE CESSNA 402B 66
IMAGEN 53. VUELO DE CALIBRACIÓN ALS70HP + RDC30 67
IMAGEN 54. SET DE DATOS LUEGO DE LA CALIBRACIÓN DEL SENSOR EN LA AERONAVE 68
IMAGEN 55. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN 68
IMAGEN 56. COBERTURA TOTAL DEL VUELO 70
IMAGEN 57. FECHAS DE CAPTURA DE IMÁGENES DE SATÉLITE 70
IMAGEN 58. EJEMPLO DE UN SECTOR DEL CORREDOR SOLICITADO CAPTURADO 71
IMAGEN 59. DSM DETALLE 74
IMAGEN 60. DTM COMPLETO GEOTIFF 75
IMAGEN 61. DTM DETALLE GEOTIFF 76
IMAGEN 62. DTM COMPLETO TIN 77
IMAGEN 63. DTM DETALLE TIN 78
IMAGEN 64. CURVAS DE NIVEL DE UN SECTOR DEL CORREDOR SOLICITADO CAPTURADO 79
IMAGEN 65. RESTITUCIÓN CARTOGRÁFICA PARA ESCALA 1:25000 81
IMAGEN 66. DISTRIBUCIÓN 28 PUNTOS DE FOTOCONTROL 82
IMAGEN 67. ESQUEMA DE DETERMINACIÓN DESDE EL PUNTO GPS-P03-B 84
IMAGEN 68. ESQUEMA DE DETERMINACIÓN DESDE EL PUNTO GPS-T20-D 85
IMAGEN 69. ESQUEMA DE DETERMINACIÓN DESDE EL PUNTO GPS-P01-A 86
IMAGEN 70. ESQUEMA DE DETERMINACIÓN DESDE EL PUNTO GPS-T03-B 87
IMAGEN 71. LOCALIZACIÓN DE PUNTOS FOTOCONTROL 97
IMAGEN 72. ORTOFOTOMOSAICO 98
IMAGEN 73. DETALLE ORTOFOTOMOSAICO 99
IMAGEN 74. CARTA DE PRESENTACIÓN DEL PROYECTO EMITIDA POR LA CAR 102

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento describe la metodología y resultados de las actividades realizadas en campo y oficina, acompañadas de los aspectos técnicos más importantes efectuados para el levantamiento topobatimétrico, Río Sumapaz y los principales ríos tributarios Panches y Paguey, para la delimitación de la zona de ronda en los ríos de la jurisdicción de la CAR en el departamento de Cundinamarca.

La Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR, es la entidad responsable de proteger y cumplir con las políticas ambientales actualmente regentes, requiere la información base para la delimitación de la ronda en los Ríos Sumapaz, Panches y Paguey.

Los procesos descritos a continuación están enmarcados en las especificaciones establecidas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC para este tipo de trabajos, y sus metodologías complementarias.

.

2. OBJETIVO

Presentar la metodología y resultados obtenidos de las actividades realizadas del levantamiento topobatimétrico de los Ríos Sumapaz, Panches y Paguey, localizados en los municipios de Silvania, Fusagasugá, Tibacuy, Arbeláez, Pandi, Icononzo, Venecia, Cabrera, Melgar, Carmen de Apicalá, Suarez, Flandes, Ricaurte y Nilo, y la ciudad de Bogotá D.C.; departamento de Cundinamarca.

3. ALCANCE

Establecer una Red geodésica como apoyo a los trabajos de campo, para la obtención de productos cartográficos a escala 1:25000, Modelo Digital de Terreno (MDT), Modelo Digital de Superficie (MDS), Ortofoto tamaño pixel 1.5 m, Curvas de nivel cada (25) metro, Cartografía a escala 1:25000, Datos Batimétricos. Todos los trabajos realizados fueron ligados al Marco Geocéntrico Nacional de referencia MAGNA-SIRGAS oficial para Colombia adoptado por el IGAC en el año 2004

4. LOCALIZACIÓN RÍOS SUMAPAZ, PANCHES Y PAGUEY

El Río Sumapaz nace en el Páramo de Sumapaz, ubicado en la zona rural de la ciudad de Bogotá, y recorre los municipios de Cabrera, Venecia, Pandi, Icononzo, Nilo, Melgar y Ricaurte; El Río Panches desemboca en el Río Sumapaz y recorre los municipios Silvania, Tibacuy y Fusagasugá: El Río Paguey desemboca en el Río Sumapaz recorriendo los municipios de Nilo y Ricaurte; Departamento de Cundinamarca.

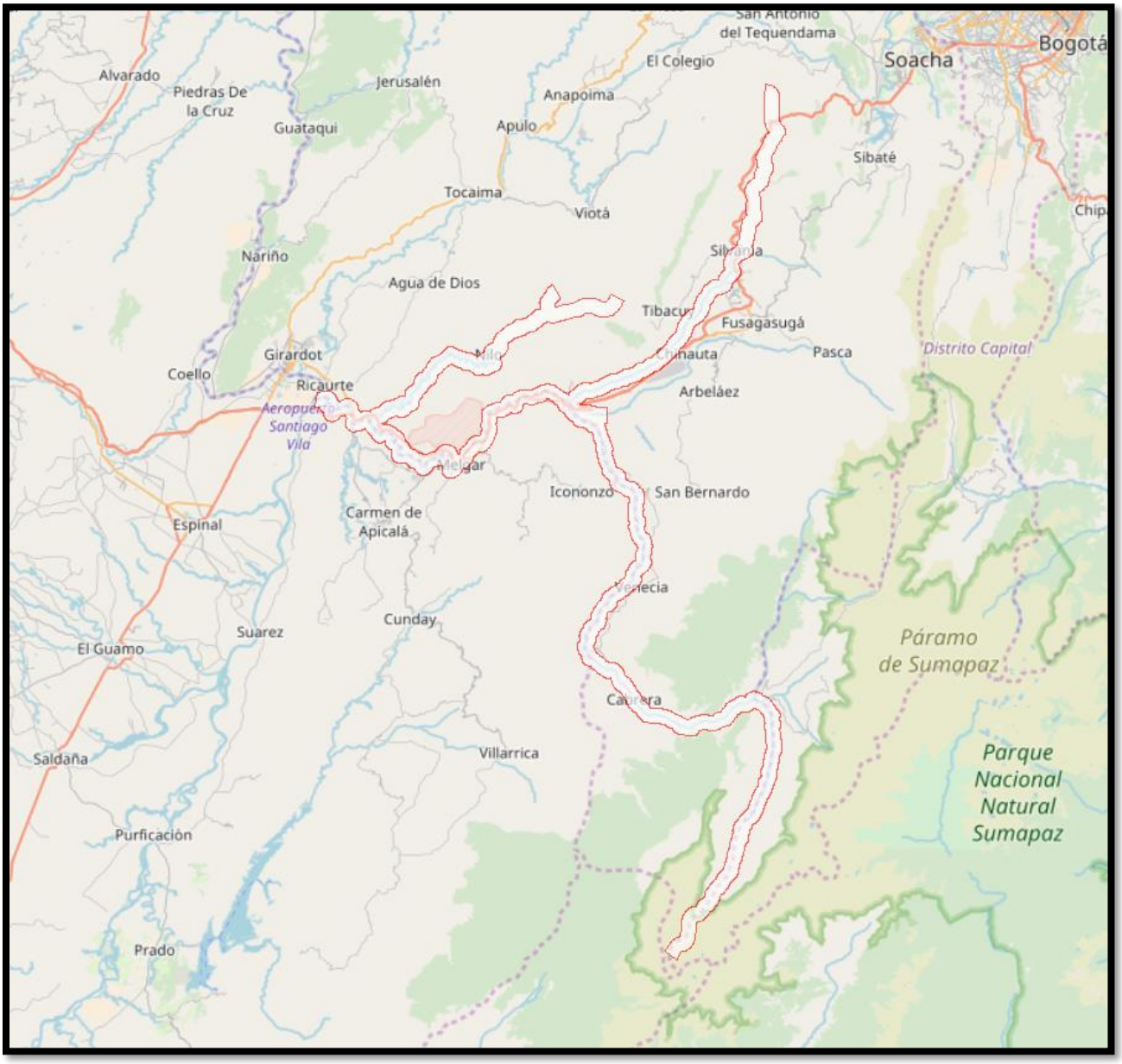


Imagen 1. Localización General. Fuente propia

5. METODOLOGÍA

5.1 RED GEODÉSICA

Se implementó la siguiente metodología para el establecimiento de la red geodésica de apoyo para los trabajos de topografía.

5.1.1 Estudios Preliminares

Se realizó la investigación sobre las estaciones activas y pasivas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC que se encuentran ubicadas cerca del proyecto y sus accesos; para este caso utilizaron, como punto de partida para la determinación de coordenadas, las estaciones continuas IBAG y BOGA localizadas en Bogotá pertenecientes a la Red MAGNA-SIRGAS. Además nos apoyamos de la red perteneciente a GEORED con las estaciones permanentes ASVI, VSOA y BAME.

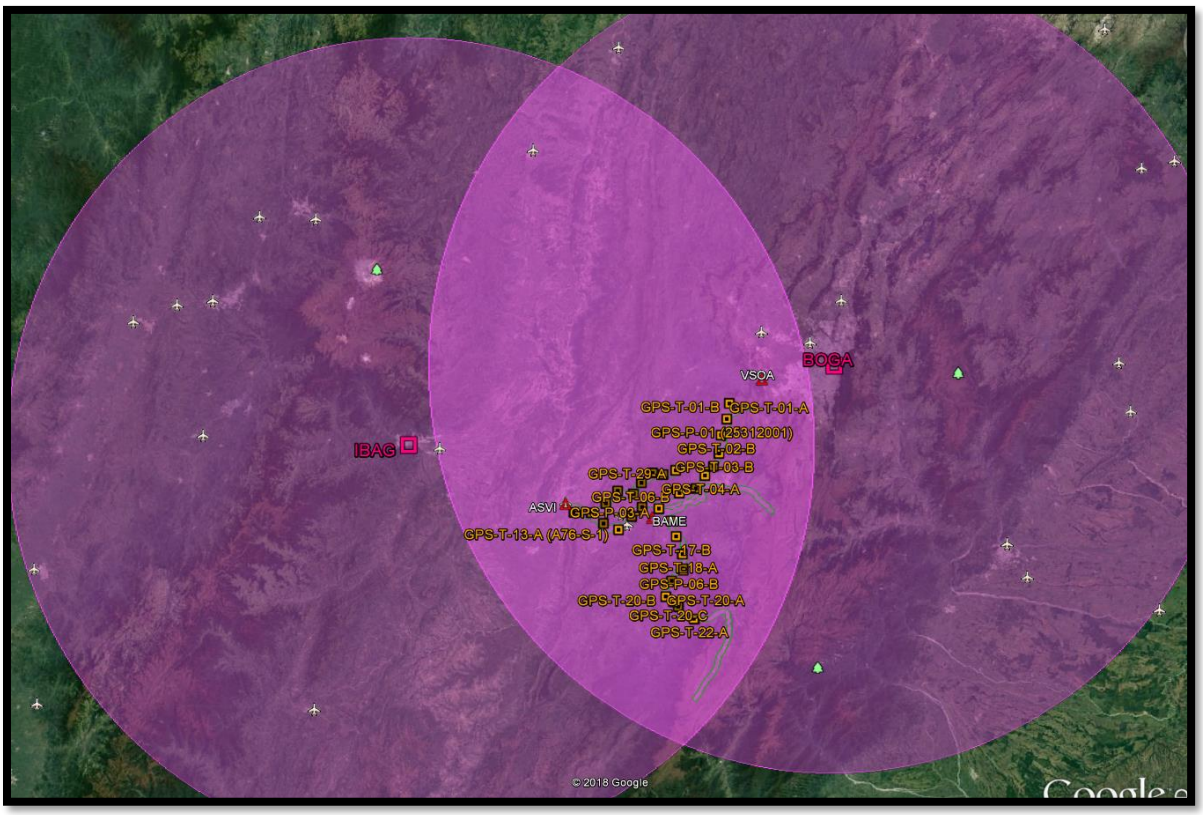


Imagen 2. Localización y cobertura estaciones activas BOGA e IBAG – MAGNA-ECO

5.1.2 Georreferenciación Horizontal

Se establecieron puntos auxiliares, los cuales se ocuparon a partir de GPS para determinación de coordenadas, y que a su vez sirvieran de base para la georreferenciación de los trabajos de topografía.

La ocupación de los puntos se efectuó por medio de sistema de POSICIONAMIENTO GLOBAL POR SATÉLITE (GPS), en modo estático diferencial, empleando para dicha labor georeceptores de primer orden, de doble frecuencia, cumpliendo con los parámetros de precisión y tiempos de rastreo exigidos por el IGAC.

La determinación de coordenadas se realizó desde las estaciones continuas IBAG y BOGA pertenecientes a la red MAGNA SIRGAS y ASVI, VSOA y BAME pertenecientes a GEORED.

La ocupación se llevó a cabo utilizando un equipo como rover en cada punto, operando con observaciones continuas y simultaneas, con tiempos mínimos de rastreo calculados bajo la fórmula:

Tiempo = 15 minutos + 5 minutos por kilómetro de separación entre la base y el Móvil.

Los tiempos de rastreo para cada punto también dependieron de las condiciones atmosféricas, él número de satélites visibles y la presencia de objetos que interfieran con la señal.

La georreferenciación implicó entre otros los siguientes requerimientos:

- Mínimo de satélites visibles a asegurar: 5
- Componente geométrico de la dilución de precisión PDOP < 5.
- Mascara de elevación de 10 grados.
- Distancia entre puntos hasta 100 km en doble frecuencia con efemérides de emisión, cumpliendo con el tiempo requerido.
- Exclusión satélites descompuestos.
- Recolección de datos para tres dimensiones.
- Levantamiento en modo diferencial.
- Rata de rastreo y compactación de 0.5 segundos.

Cada grabación en campo cuenta con una memoria u hoja de control de registro de operación que contiene datos básicos como: el día juliano, el punto, la altura instrumental y horas de cada una de las sesiones, para controlar la cantidad de puntos por equipo y la coincidencia entre los tiempos de recepción. (Ver anexo *1.1.1.1 Red*).

De esta manera la ocupación de los puntos se realizó el día 24 de marzo de 2018 hasta el día 26 de marzo de 2018.

En la siguiente imagen se observa el esquema de determinación de los puntos auxiliares.

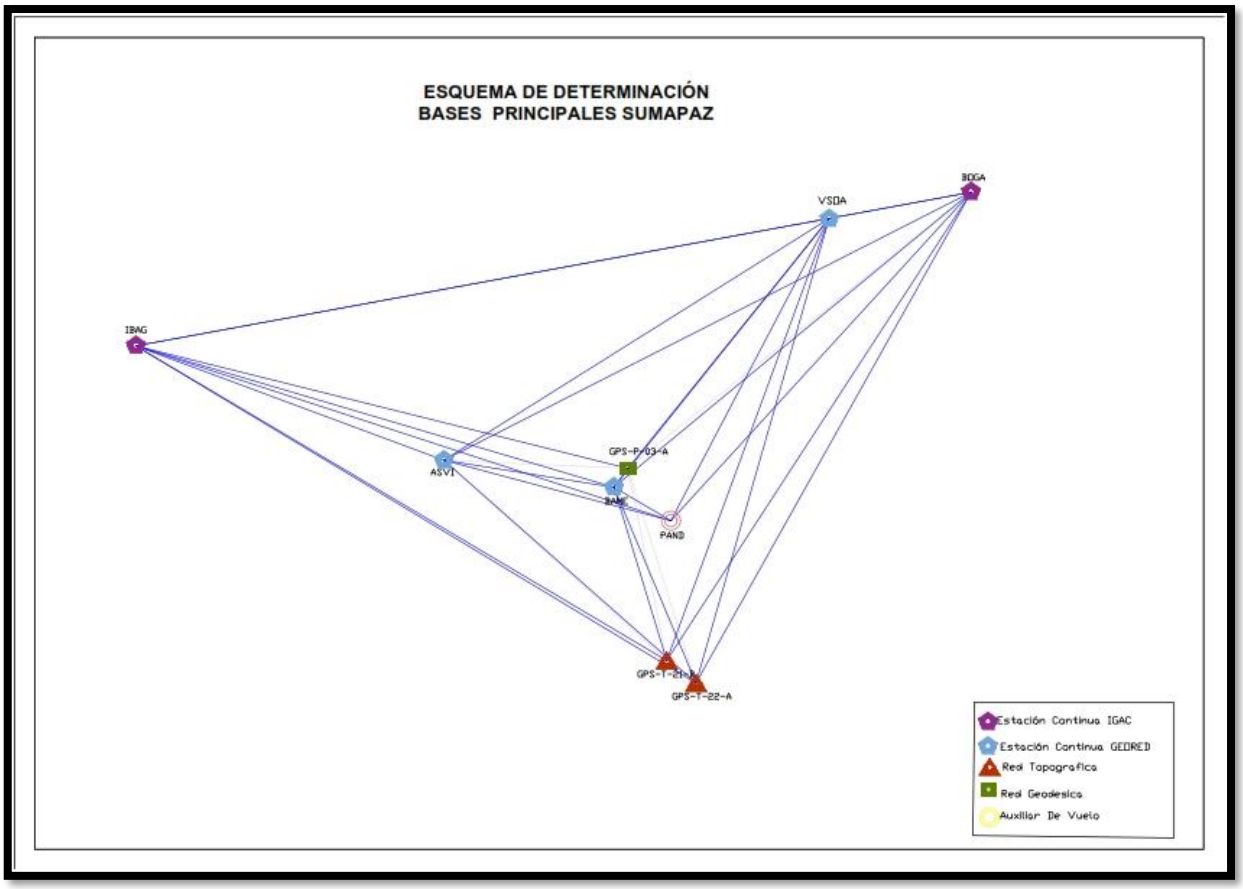


Imagen 3. Esquema de determinación punto GPS-P-03-A



Imagen 4. Ocupación GPS punto GPS-P-03-A

5.1.3 Procesamiento de La Información

Ya en oficina se realizó la descarga y procesamiento de la información para obtener las coordenadas y elevación de cada punto, aplicando todos los pasos de la metodología IGAC para cálculo de puntos determinados por el sistema de GPS.

Los pasos que se siguieron se relacionan a continuación:

- Sistema de coordenadas: Marco Geocéntrico Nacional De Referencia “MAGNA” para Colombia desde estaciones pasivas del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas “SIRGAS”, el cual se denomina convencionalmente MAGNA-SIRGAS.

- Se llevó a cabo la solución de cada vector obtenido hecha la verificación de cada antena y altura instrumental con los formatos de ocupación GPS.

  Los residuales obtenidos para cada vector dentro del ajuste libre permitieron evaluar la calidad de cada posición, seleccionarlas y definir los vectores que serán sometidos al ajuste controlado, que arrojará las coordenadas finales del proyecto, bien sea geocéntricas (X,Y,Z) o geodésicas [φ, λ, h].

- Se realizó el cálculo de velocidades para cada punto y se aplicaron teniendo en cuenta la diferencia de épocas: de rastreo 2018.3 y época de referencia 1995.4.

- Conversión de coordenadas a orígenes correspondientes; coordenadas Planas de Gauss-Krugger en origen CENTRAL.

-

5.1.4 Precisiones

Asumiendo una buena distribución geométrica de los satélites en el espacio (PDOP <5), más de 5 satélites comunes entre el receptor de la base y los receptores remotos, ausencia de los objetos que produzcan múltiples reflexiones de las señales y periodos de baja actividad atmosférica con receptores GPS de doble frecuencia se obtiene en modo Estático:

- Horizontal: 0.020 m + 1.0 ppm

- Vertical: 0.050 m + 1.0 ppm

- Azimut: 0.15 + 1.5 / Long. De la línea base (Km).

Como resultado del procesamiento de la información se entrega lo siguiente (1.4 Reportes Cálculo):

- "Esquema de determinación": Documento que muestra la radiación de la línea BASE - ROVER para la determinación de cada uno de los puntos.

- "Informe de Procesamiento de Líneas Base": Documento en las que se muestra que las líneas o vectores tuvieron una solución "fija" es decir que están dentro del rango determinado de calidad y precisión.

- "Informe de Derivaciones de Puntos": Documento que muestra el resumen y desarrollo del proceso da cálculo y ajuste de la Red Geodésica determinada bajo parámetros Topográficos y Geodésicos.

- "Informe de ajuste de red": Documento en el que se evidencia el ajuste realizado por el software, el cual nos muestra las precisiones y la repartición realizada.

5.1.5 Georreferenciación Vertical

La georreferenciación vertical se realizó por medio de la determinación de la altura sobre el nivel del mar empleando el método de "Puntos dispuestos a lo largo de un perfil", que ha establecido el IGAC en la *"Guía Metodológica para la Obtención de Alturas Utilizando el sistema GPS"* realizando un ajuste por mínimos cuadrados en una hoja de cálculo de Excel.

Para la determinación de alturas sobre el nivel medio del mar, a partir de alturas elipsoidales, se utilizaron como puntos de referencia los vértices 13-BS-1 del IGAC con cota geométrica certificada. Estos puntos se encuentran localizados cerca al área del proyecto.

Los aspectos que se tuvieron en cuenta para la determinación de alturas sobre el nivel medio del mar son:

- Se utilizó modelo geoidal GEOCOL2004 para el cálculo de alturas ortométricas de los puntos.

- Se empleó la *GUÍA METODOLÓGICA PARA LA OBTENCIÓN DE ALTURAS SOBRE EL NIVEL MEDIO DEL MAR UTILIZANDO EL SISTEMA GPS* del IGAC para realizar el cálculo de la altura ortométrica para cada punto.

- Los puntos geodésicos utilizados para el cálculo de alturas ortométricas pertenecen al Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS cuya certificación se encuentra en el anexo correspondiente *Certificaciones IGAC.*

- El procedimiento llevado a cabo para el cálculo de alturas ortométricas se encuentra en el anexo 1.1.8 correspondiente *Cálculo de Alturas Ortométricas.*

Los circuitos realizados para el cálculo de Alturas Ortométricas se realizaron de la siguiente manera:

- **Circuito T1-P1-T2-T3-P2**

El circuito parte del punto 13-BS-1 con cota certificada, pasando por el punto de paso A14-S-1, se comienza dando el ajuste de altura ortométrica al circuito que pasa por los puntos GPS-T-01-A, GPS-P-01 (25312001), GPS-T-02-A (25743007), GPS-T-03-A (26743002) y GPS-P-02-A; pertenecientes a la red principal (P-XX) y a la red topográfica (T-XX), finalizando en los puntos de paso A43-S-1, B46-S-1, y terminando el ajuste con el punto B47-S-1.



Imagen 5. Circuito T1-P1-T2-T3-P2

Tabla 1. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T1-P1-T2-T3-P2

Punto	Altura Elip (h)	OND GEOCOL	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - D_{Ni}$	H°GPSi = HBase + DHGPSi	ΔH°GPS = ΔHi - ΔHi-1	$H°_{GPSi} = H_{base} + D_{Hi}$	H_{GPS} Final
13-BS-1	2576.167	25.70	2552.807	0.0000	0.0000	0.0000				**2552.8**
A14-S-1	2582.837	25.71	2559.717	6.6702	0.0100	6.6602	2559.4671	6.6602	6.6602	**2559.467**
GPS-T-01-A	2589.354	24.54		13.1872	-1.1600	14.3472	2567.1540	7.6870	7.6870	**2567.154**
GPS-P-01 (25312001)	2226.437	24.59	2204.076	-349.7300	-1.1100	-348.6200	2204.1869	-362.9672	-362.9672	**2204.187**
GPS-T-02-A (25743007)	1917.093	24.37		-659.0737	-1.3300	-657.7437	1895.0631	-309.1238	-309.1238	**1895.063**
GPS-T-03-A (26743002)	1526.297	24.20	1504.351	-1049.8699	-1.5000	-1048.3699	1504.4370	-390.6261	-390.6261	**1504.437**
GPS-P-02-A	1312.048	24.06		-1264.1189	-1.6400	-1262.4789	1290.3280	-214.1090	-214.1090	**1290.328**
A43-S-1	1724.831	24.89	1702.180	-851.3360	-0.8100	-850.5260	1702.2809	411.9529	411.9529	**1702.281**
B46-S-1	1513.485	24.06	1491.477	-1062.6820	-1.6400	-1061.0420	1491.7649	-210.5160	-210.5160	**1491.765**
B47-S-1	1417.241	23.91	1395.670	-1158.9264	-1.7900	-1157.1364	1395.6705	-96.0944	-96.0944	**1395.670**

- **Circuito T4**

El circuito parte del punto GPS-P-02-A previamente ajustado en el circuito anterior pasando por el punto GPS-T-04-A y cerrando el ajuste en el punto B47-S-1.

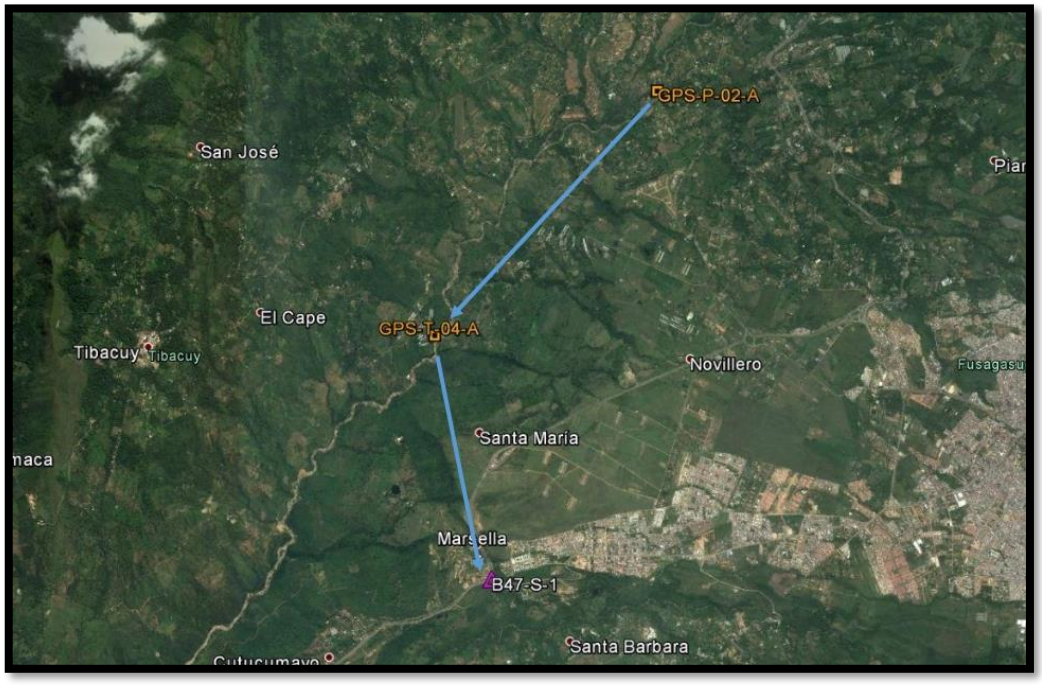


Imagen 6. Circuito T4

Tabla 2. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T4

Punto	Altura Elip (h)	OND GEOCOL	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - D_{Ni}$	H°GPSi = HBase + DHGPSi	ΔH°GPS = ΔHi - ΔHi-1	$H°_{GPSi} = H_{base} + D_{Hi}$	H_{GPS} Final
GPS-P-02-A	1312.048	24.06	1290.328	0.0000	0.0000	0.0000				**1290.3**
GPS-T-04-A	1173.399	23.76		-138.6489	-0.3000	-138.3489	1151.9791	-138.3489	-138.3489	**1151.979**
B47-S-1	1417.241	23.91	1395.670	105.1925	-0.1500	105.3425	1395.6705	243.6913	243.6913	**1395.670**

Dif =	**105.342**
Sumatoria Desniveles Delta hi =	105.3425
Correción (Difbases -DifSum)/N-1 =	4.26326E-14

- **Circuito T5-T6-P3-T15**

El circuito parte del punto B47-S-1 con cota certificada, este circuito se realiza intercalando puntos de paso con puntos de la red principal y topográfica en el siguiente orden B48-S-1, GPS-T-05-A, B51-S-1, GPS-T-06-A, B52-S-1, A54-S-1, GPS-P-03-A, B63-S-1, GPS-T-15-A (A66-S-1) terminando el ajuste de alturas ortométricas en el punto B68-S-1.

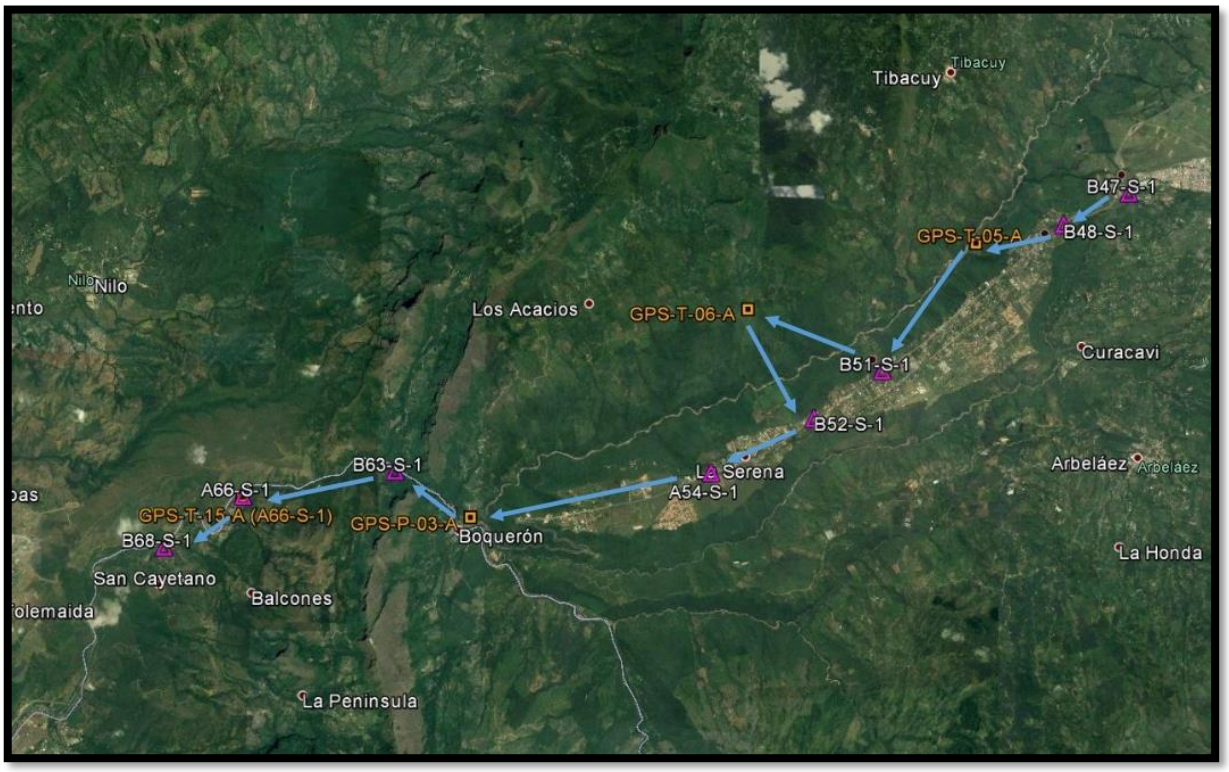


Imagen 7. Circuito T5-T6-P3-T15

Tabla 3. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T5-T6-P3-T15

Punto	Altura Elip (h)	OND GEOCOL	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - D_{Ni}$	H°GPSi = HBase + DHGPSi	ΔH°GPS = ΔHi - ΔHi-1	$H°_{GPSi} = H_{base} + D_{Hi}$	H_{GPS} Final
B47-S-1	1417.241	23.91	1395.670	0.0000	0.0000	0.0000				**1395.7**
B48-S-1	1390.680	23.73	1369.130	-26.5605	-0.1800	-26.3805	1369.2899	-26.3805	-26.3805	**1369.290**
GPS-T-05-A	963.469	23.47		-453.7711	-0.4400	-453.3311	942.3393	-426.9506	-426.9506	**942.339**
B51-S-1	1199.602	23.28	1178.504	-217.6387	-0.6300	-217.0087	1178.6618	236.3225	236.3225	**1178.662**
GPS-T-06-A	1040.630	22.98		-376.6102	-0.9300	-375.6802	1019.9902	-158.6716	-158.6716	**1019.990**
B52-S-1	1111.104	23.10	1090.218	-306.1363	-0.8100	-305.3263	1090.3442	70.3540	70.3540	**1090.344**
A54-S-1	1012.786	22.85	992.174	-404.4550	-1.0600	-403.3950	992.2755	-98.0688	-98.0688	**992.275**
GPS-P-03-A	482.713	22.32		-934.5278	-1.5900	-932.9378	462.7327	-529.5427	-529.5427	**462.733**
B63-S-1	444.895	22.13	425.314	-972.3461	-1.7800	-970.5661	425.1044	-37.6283	-37.6283	**425.104**
GPS-T-15-A (A66-S-1)	396.358	21.79	376.917	-1020.8822	-2.1200	-1018.7622	376.9083	-48.1961	-48.1961	**376.908**
B68-S-1	376.767	21.63	357.477	-1040.4736	-2.2800	-1038.1936	357.4769	-19.4314	-19.4314	**357.477**

Dif =	**-1038.194**
Sumatoria Desniveles Delta hi =	-1038.1936
Correción (Difbases -DifSum)/N-1 =	0

- **Circuito T14-T13**

El circuito parte del punto B68-S-1 con cota certificada, pasando por el punto de la red topográfica GPS-T-14-A (A70-S-1) seguido de los puntos de paso A71-S-1 y B72-S-1, el siguiente punto de la red topográfica es el GPS-T-13-A (A76-S-1) y el circuito cierra en el punto 77-S-1.

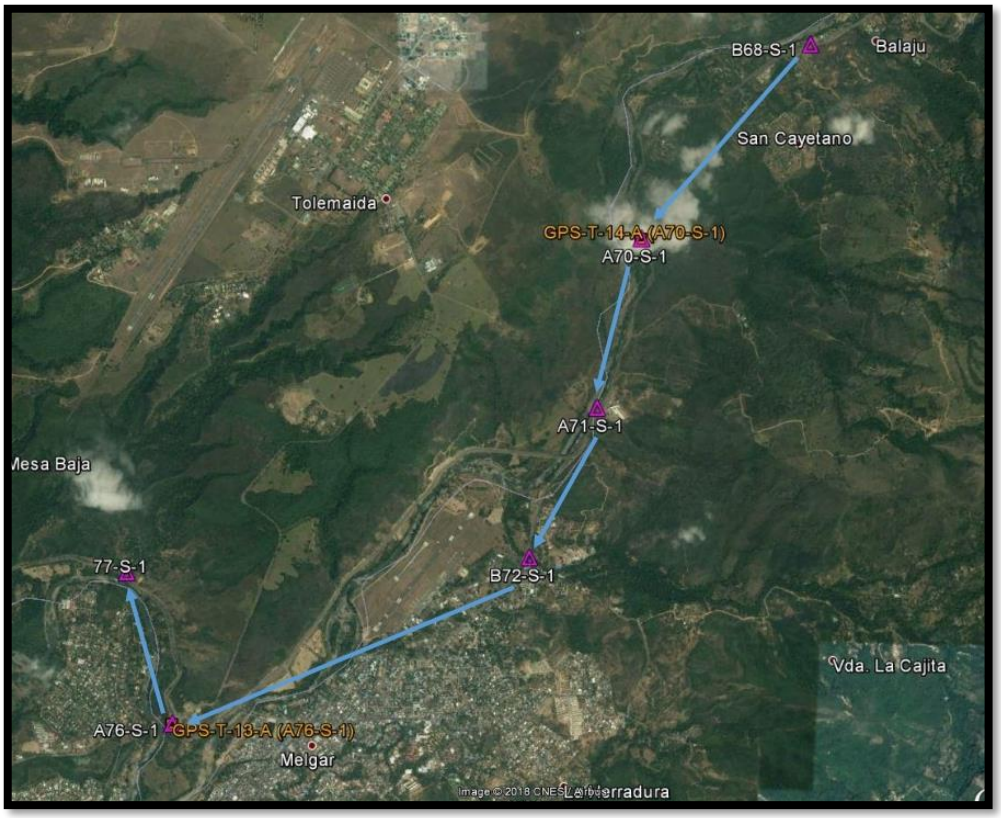


Imagen 8. Circuito T14-T13

Tabla 4. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T14-T13

Punto	Altura Elip (h)	OND GEOCOL	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - D_{Ni}$	H°GPSi = HBase + DHGPSi	ΔH°GPS = ΔHi - ΔHi-1	$H°_{GPSi} = H_{base} + D_{Hi}$	H_{GPS} Final
B68-S-1	376.767	21.63	357.477	0.0000	0.0000	0.0000				**357.5**
GPS-T-14-A (A70-S-1)	355.664	21.55	336.436	-21.1026	-0.0800	-21.0226	336.4543	-21.0226	-21.0226	**336.454**
A71-S-1	348.625	21.60	329.489	-28.1417	-0.0300	-28.1117	329.3652	-7.0891	-7.0891	**329.365**
B72-S-1	352.806	21.62	333.641	-23.9612	-0.0100	-23.9512	333.5257	4.1605	4.1605	**333.526**
GPS-T-13-A (A76-S-1)	367.738	21.44	348.906	-9.0294	-0.1900	-8.8394	348.6375	15.1118	15.1118	**348.637**
77-S-1	325.818	21.34	306.818	-50.9485	-0.2900	-50.6585	306.8184	-41.8191	-41.8191	**306.818**

Dif =	**-50.659**
Sumatoria Desniveles Delta hi =	-50.6585
Correción (Difbases -DifSum)/N-1 =	4.26326E-15

- **Circuito T12-P5-T11**

El circuito parte del punto 77-S-1 con cota certificada, pasando por los puntos de paso B78-S-1 y 79-S-1, se comienza dando el ajuste de altura ortométrica al circuito que pasa por el punto GPS-T-12-A (25488004) seguido del punto de paso A83-S-1 y los puntos de la red topográfica GPS-P-05-A y GPS-T-11-A, cerrando el circuito en el punto B96D-S-1.

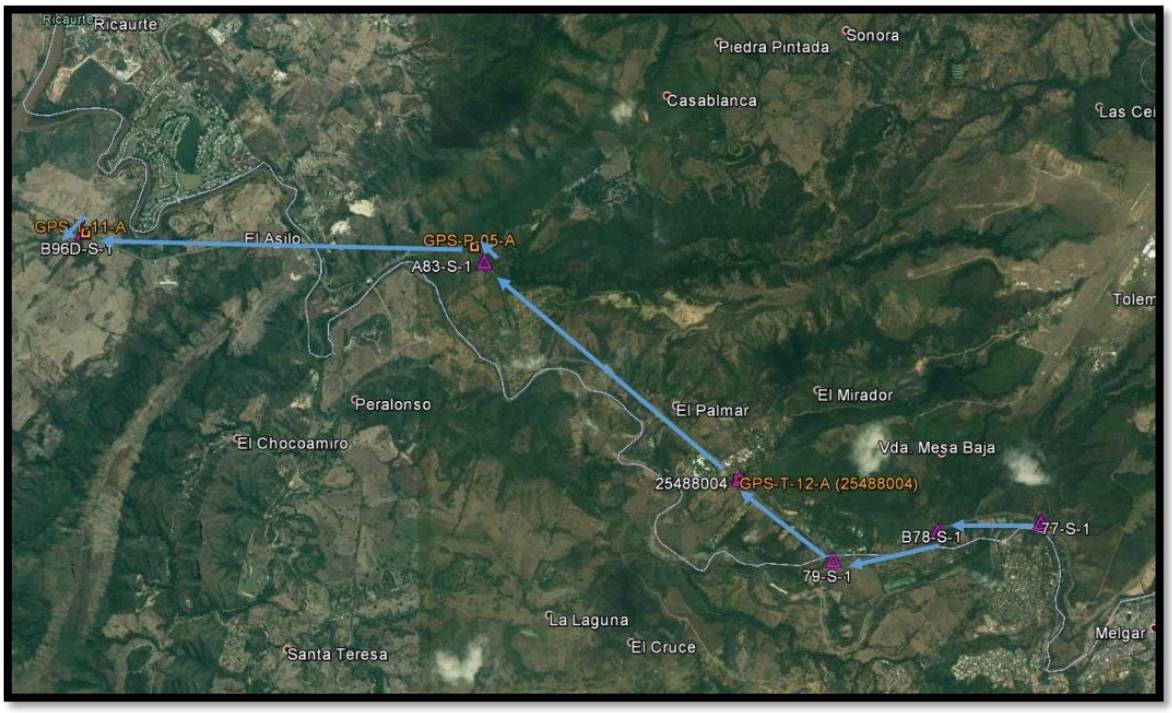


Imagen 9. Circuito T12-P5-T11

Tabla 5. Ajuste por mínimos cuadrados12-P5-T11

Punto	Altura Elip (h)	OND GEOCOL	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - D_{Ni}$	H°GPSi = HBase + DHGPSi	ΔH°GPS = ΔHi - ΔHi-1	$H°_{GPSi} = H_{base} + D_{Hi}$	H_{GPS} Final
77-S-1	325.818	21.34	306.818	0.0000	0.0000	0.0000				**306.8**
B78-S-1	336.861	21.27	318.013	11.0425	-0.0700	11.1125	317.9309	11.1125	11.1125	**317.931**
79-S-1	309.940	21.21	290.787	-15.8784	-0.1300	-15.7484	291.0700	-26.8609	-26.8609	**291.070**
GPS-T-12-A (25488004)	317.289	21.11		-8.5295	-0.2300	-8.2995	298.5188	7.4488	7.4488	**298.519**
A83-S-1	295.862	20.91	277.043	-29.9568	-0.4300	-29.5268	277.2916	-21.2272	-21.2272	**277.292**
GPS-P-05-A	296.566	20.91		-29.2525	-0.4300	-28.8225	277.9959	0.7043	0.7043	**277.996**
GPS-T-11-A	298.160	20.89		-27.6584	-0.4500	-27.2084	279.6099	1.6140	1.6140	**279.610**
B96D-S-1	296.116	20.89	277.566	-29.7020	-0.4500	-29.2520	277.5663	-2.0436	-2.0436	**277.566**

Dif =	**-29.252**
Sumatoria Desniveles Delta hi =	-29.2520
Correción (Difbases -DifSum)/N-1 =	-1.52259E-15

- **(PAREJAS DEL GPS-P-01 al GPS-P-05)**

- **Circuito P1**

El circuito parte del punto GPS-P-01 (25312001) de la red principal previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*" pasando por el punto GPS-P-01-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-P-01 (25312001).



Imagen 10. Circuito P1

Tabla 6. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito P1

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri}-h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri}-N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i-D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base}+D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-P-01 (25312001)	2226.437	24.59	2204.187	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-P-01-B	2217.741	24.59		-8.6960	0.0000	-8.6960	2195.4909	0.000	**2195.491**
GPS-P-01 (25312001)	2226.437	24.59	2204.18689	0.0000	0.0000	0.0000	2204.1869	0.000	**2204.187**

Dif = **0**

- **Circuito P2**

El circuito parte del punto GPS-P-02-A de la red principal previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*" pasando por el punto GPS-P-02-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-P-02-A.



Imagen 11. Circuito P2

Tabla 7. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito P2

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri}-h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri}-N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i-D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base}+D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-P-02-A	1312.048	24.06	1290.328	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-P-02-B	1302.354	24.05		-9.6940	-0.0100	-9.6840	1280.6440	0.000	**1280.644**
GPS-P-02-A	1312.048	24.06	1290.328	0.0000	0.0000	0.0000	1290.3280	0.000	**1290.328**

Dif = **0**

- **Circuito P3**

El circuito parte del punto GPS-P-03-A de la red principal previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*" pasando por el punto GPS-P-03-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-P-03-A.



Imagen 12. Circuito P3

Tabla 8. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito P3

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base} + D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-P-03-A	482.713	22.32	462.733	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-P-03-B	483.956	22.32		1.2430	0.0000	1.2430	463.9757	0.000	**463.976**
GPS-P-03-A	482.713	22.32	462.732708	0.0000	0.0000	0.0000	462.7327	0.000	**462.733**

Dif = **0**

- **Circuito P5**

El circuito parte del punto GPS-P-05-A de la red principal previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*" pasando por el punto GPS-P-05-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-P-05-A.



Imagen 13. Circuito P5

Tabla 9. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito P5

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base} + D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-P-05-A	296.566	20.91	277.996	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-P-05-B	296.200	20.90		-0.3660	-0.0100	-0.3560	277.6399	0.000	**277.640**
GPS-P-05-A	296.566	20.91	277.995901	0.0000	0.0000	0.0000	277.9959	0.000	**277.996**

Dif = **0**

- **Circuito T1**

El circuito parte del punto GPS-T-01-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*" pasando por el punto GPS-T-01-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-01-A.



Imagen 14. Circuito T1

Tabla 10. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T1

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base} + D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-T-01-A	2589.354	24.54	2567.154	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-T-01-B	2571.017	24.56		-18.3370	0.0200	-18.3570	2548.7970	0.000	**2548.797**
GPS-T-01-A	2589.354	24.54	2567.15404	0.0000	0.0000	0.0000	2567.1540	0.000	**2567.154**

Dif = **0**

- **Circuito T2**

El circuito parte del punto GPS-T-02-A (25743007) de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*" pasando por el punto GPS-T-02-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-02-A (25743007).



Imagen 15. Circuito T2

Tabla 11. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T2

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri}-h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri}-N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i-D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base}+D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-T-02-A (25743007)	1917.093	24.37	1895.063	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-T-02-B	1917.949	24.37		0.8560	0.0000	0.8560	1895.9191	0.000	**1895.919**
GPS-T-02-A (25743007)	1917.093	24.37	1895.06312	0.0000	0.0000	0.0000	1895.0631	0.000	**1895.063**

Dif = **0**

- **Circuito T3**

El circuito parte del punto GPS-T-03-A (26743002) de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*" pasando por el punto GPS-T-03-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-03-A (26743002).



Imagen 16. Circuito T3

Tabla 12. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T3

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri}-h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri}-N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i-D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base}+D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-T-03-A (26743002)	1526.297	24.20	1504.437	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-T-03-B	1515.869	24.22		-10.4280	0.0200	-10.4480	1493.9890	0.000	**1493.989**
GPS-T-03-A (26743002)	1526.297	24.2	1504.437	0.0000	0.0000	0.0000	1504.4370	0.000	**1504.437**

Dif = **0**

- **Circuito T4**

El circuito parte del punto GPS-T-04-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*" pasando por el punto GPS-T-04-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-04-A.

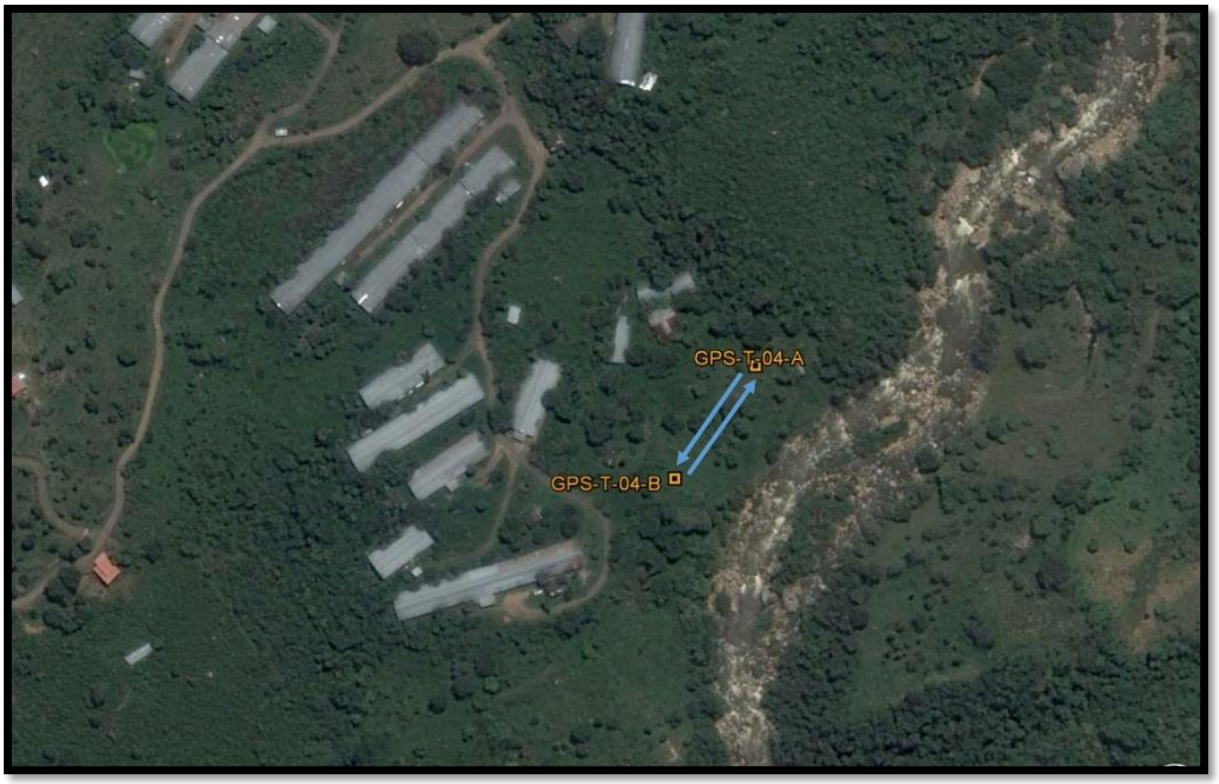


Imagen 17. Circuito T4

Tabla 13. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T4

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri}-h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri}-N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i-D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base}+D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-T-04-A	1173.399	23.76	1151.979	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-T-04-B	1179.271	23.76		5.8720	0.0000	5.8720	1157.8511	0.000	**1157.851**
GPS-T-04-A	1173.399	23.76	1151.97914	0.0000	0.0000	0.0000	1151.9791	0.000	**1151.979**

Dif = **0**

- **Circuito T5**

El circuito parte del punto GPS-T-05-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*" pasando por el punto GPS-T-05-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-05-A.



Imagen 18. Circuito T5

Tabla 14. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T5

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri}-h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri}-N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i-D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base}+D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-T-05-A	963.469	23.47	942.339	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-T-05-B	926.899	23.46		-36.5702	-0.0100	-36.5602	905.7792	0.000	**905.779**
GPS-T-05-A	963.469	23.47	942.339332	0.0000	0.0000	0.0000	942.3393	0.000	**942.339**

Dif = **0**

- **Circuito T6**

El circuito parte del punto GPS-T-06-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*" pasando por el punto GPS-T-06-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-06-A.

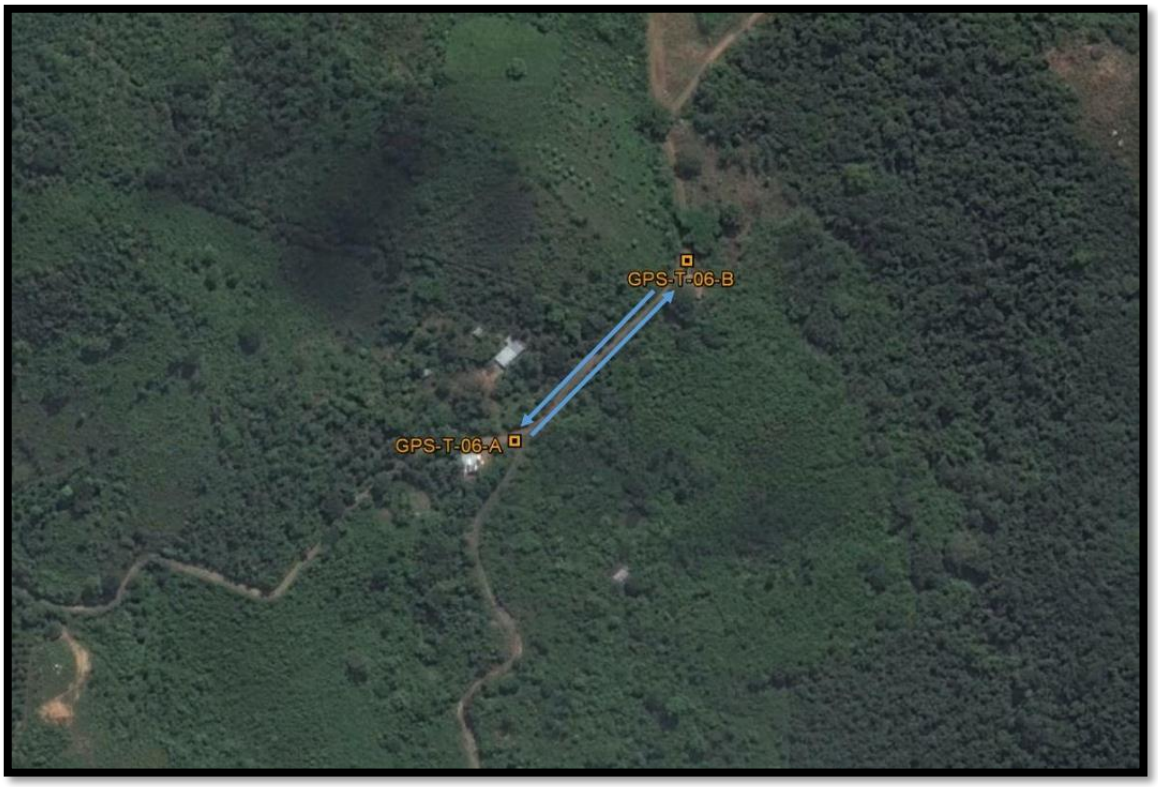


Imagen 19. Circuito T6

Tabla 15. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T6

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base} + D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-T-06-A	1040.630	22.98	1019.990	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-T-06-B	1050.046	22.99		9.4160	0.0100	9.4060	1029.3962	0.000	**1029.396**
GPS-T-06-A	1040.630	22.98	1019.99025	0.0000	0.0000	0.0000	1019.9902	0.000	**1019.990**

Dif = **0**

- **Circuito T15**

El circuito parte del punto GPS-T-15-A (A66-S-1) de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*" pasando por el punto GPS-T-15-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-15-A (A66-S-1).



Imagen 20. Circuito T15

Tabla 16. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T15

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri}-h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri}-N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i-D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base}+D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-T-15-A (A66-S-1)	396.358	21.79	376.908	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-T-15-B	393.741	21.78		-2.6170	-0.0100	-2.6070	374.3013	0.000	**374.301**
GPS-T-15-A (A66-S-1)	396.358	21.79	376.908295	0.0000	0.0000	0.0000	376.9083	0.000	**376.908**

Dif = **0**

- **Circuito T14**

El circuito parte del punto GPS-T-14-A (A70-S-1) de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*" pasando por el punto GPS-T-14-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-14-A (A70-S-1).



Imagen 21. Circuito T14

Tabla 17. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T14

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base} + D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-T-14-A (A70-S-1)	355.664	21.55	336.454	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-T-14-B	355.109	21.57		-0.5550	0.0200	-0.5750	335.8793	0.000	**335.879**
GPS-T-14-A (A70-S-1)	355.664	21.55	336.454271	0.0000	0.0000	0.0000	336.4543	0.000	**336.454**

Dif = **0**

- **Circuito T13**

El circuito parte del punto GPS-T-13-A (A76-S-1) de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*" pasando por el punto GPS-T-13-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-13-A (A76-S-1).



Imagen 22. Circuito T13

Tabla 18. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T13

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base} + D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-T-13-A (A76-S-1)	367.738	21.44	348.637	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-T-13-B	368.936	21.45		1.1980	0.0100	1.1880	349.8255	0.000	**349.825**
GPS-T-13-A (A76-S-1)	367.738	21.44	348.637484	0.0000	0.0000	0.0000	348.6375	0.000	**348.637**

Dif = **0**

- **Circuito T12**

El circuito parte del punto GPS-T-12-A (25488004) de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*" pasando por el punto GPS-T-12-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-12-A (25488004).

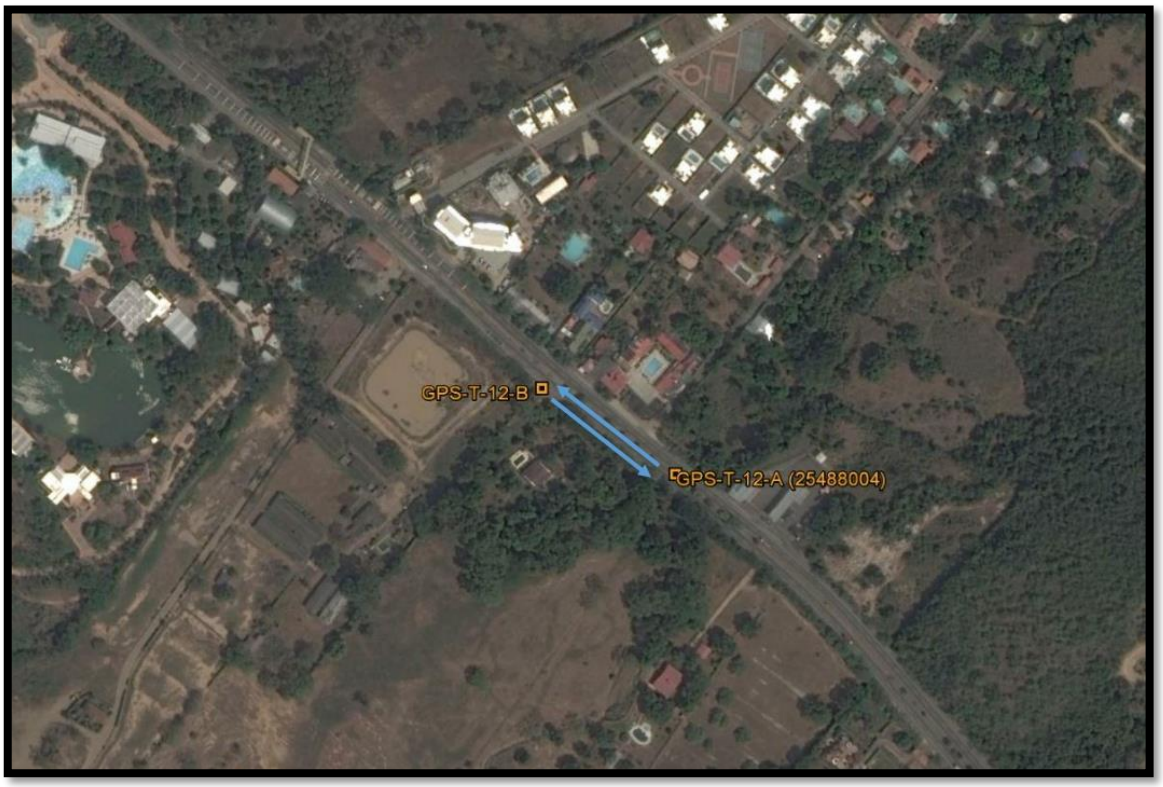


Imagen 23. Circuito T12

Tabla 19. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T12

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri}-h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri}-N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i-D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base}+D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-T-12-A (25488004)	317.289	21.11	298.519	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-T-12-B	316.326	21.10		-0.9630	-0.0100	-0.9530	297.5658	0.000	**297.566**
GPS-T-12-A (25488004)	317.289	21.11	298.51881	0.0000	0.0000	0.0000	298.5188	0.000	**298.519**

Dif = **0**

- **Circuito T11**

El circuito parte del punto GPS-T-11-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*" pasando por el punto GPS-T-11-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-11-A.



Imagen 24. Circuito T11

Tabla 20. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T11

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base} + D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-T-11-A	298.160	20.89	279.610	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-T-11-B	299.705	20.89		1.5450	0.0000	1.5450	281.1549	0.000	**281.155**
GPS-T-11-A	298.160	20.89	279.609916	0.0000	0.0000	0.0000	279.6099	0.000	**279.610**

Dif = **0**

- **(GPS-T-16-A al GPS-T-22-A)**

- **Circuito T16-T17-T18-P6-T19-T20-T21-T22**

El circuito parte del punto GPS-P-03-A de la red principal previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*", pasando por el punto de paso 25290001, se comienza dando el ajuste de altura ortométrica al circuito que pasa por los puntos GPS-T-16-A, GPS-T-17-A, GPS-T-18-A, GPS-P-06-A, GPS-T-19-A, GPS-T-20-A, GPS-T-20-D, GPS-T-21-A; pertenecientes a la red principal (P-XX) y a la red topográfica (T-XX), seguido del punto de paso 25120002 y el punto de la red topográfica GPS-T-22-A, finalizando en los puntos de paso SAZ-CD-886, LA-UNION-CD-886, SANTA-ANA-CD-885, SAZ-CD-885, CAPITOLIO-CD-883, SAZ-CD-883, SAZ-CD-882, SAN-JUAN-CD-882, CD-500A, 8-CM-17 y CD-501B, terminando el ajuste de alturas ortométricas con el punto 1-CM-17.

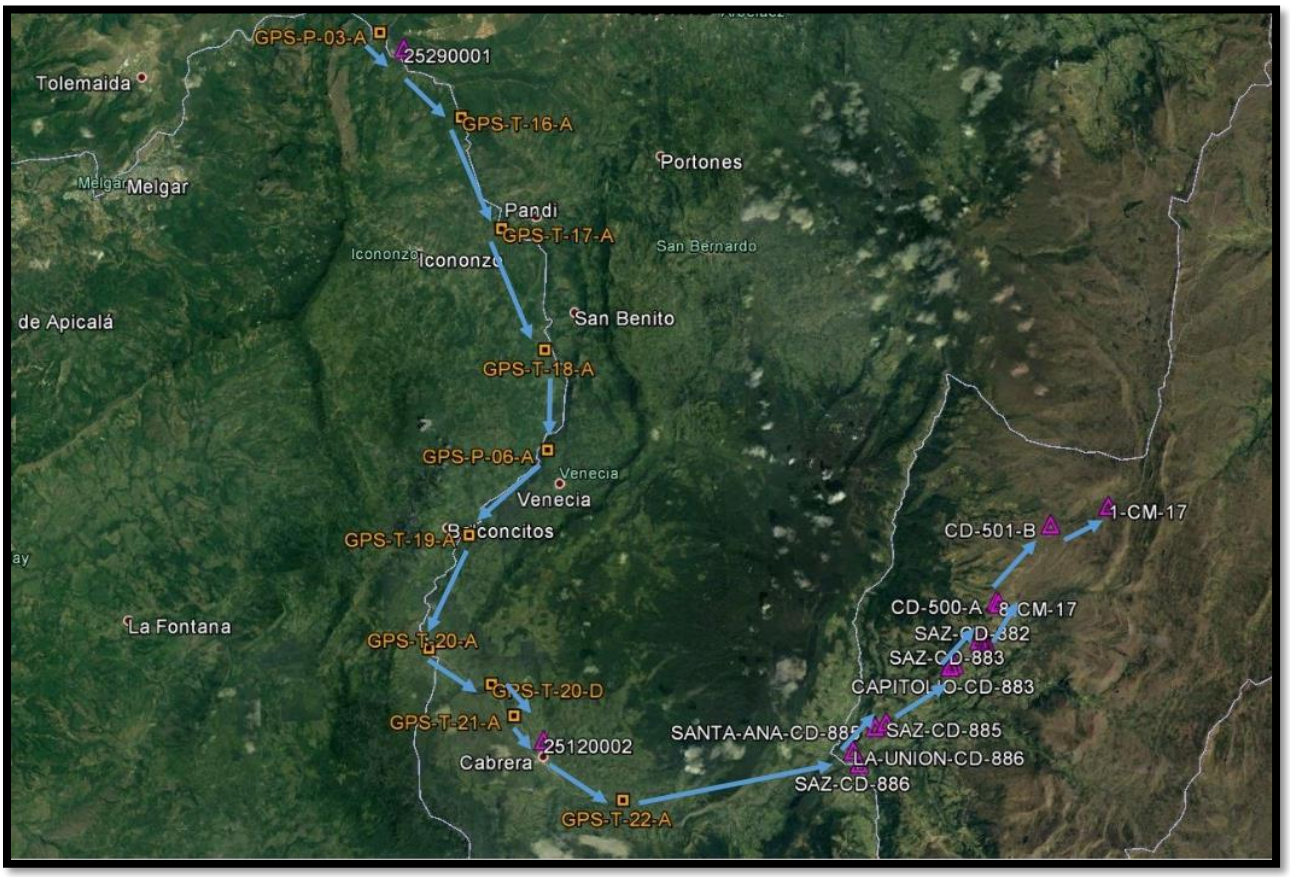


Imagen 25. Circuito T16-T17-T18-P6-T19-T20-T21-T22

Tabla 21. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T16-T17-T18-P6-T19-T20-T21-T22

Punto	Altura Elip (h)	OND GEOCOL	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - D_{Ni}$	H°GPSi = HBase + DHGPSi	ΔH°GPS = ΔHi - ΔHi-1	$H°_{GPSi} = H_{base} + D_{Hi}$	H_{GPS} Final
GPS-P-03-A	482.713	22.32	462.733	0.0000	0.0000	0.0000				**462.7**
25290001	567.464	22.42		84.7512	0.1000	84.6512	547.3839	84.6512	84.6628	**547.395**
GPS-T-16-A	586.529	22.86		103.8159	0.5400	103.2759	566.0087	18.6248	18.6364	**566.032**
GPS-T-17-A	798.891	23.66		316.1778	1.3400	314.8378	777.5705	211.5618	211.5734	**777.605**
GPS-T-18-A	1067.532	24.53		584.8196	2.2100	582.6096	1045.3423	267.7718	267.7834	**1045.389**
GPS-P-06-A	1579.611	25.17		1096.8978	2.8500	1094.0478	1556.7805	511.4382	511.4498	**1556.839**
GPS-T-19-A	1607.837	25.23		1125.1242	2.9100	1122.2142	1584.9469	28.1664	28.1780	**1585.017**
GPS-T-20-A	1665.340	25.56		1182.6275	3.2400	1179.3875	1642.1202	57.1732	57.1849	**1642.201**
GPS-T-20-D	1828.268	26.06		1345.5551	3.7400	1341.8151	1804.5478	162.4277	162.4393	**1804.641**
GPS-T-21-A	1826.069	26.30		1343.3564	3.9800	1339.3764	1802.1091	-2.4388	-2.4272	**1802.214**
25120002	1942.076	26.52	1918.213	1459.3632	4.2000	1455.1632	1917.8959	115.7868	115.7984	**1918.012**
GPS-T-22-A	2002.878	27.20		1520.1654	4.8800	1515.2854	1978.0181	60.1223	60.1339	**1978.146**
SAZ-CD-886	2675.185	28.34	2648.600	2192.4722	6.0200	2186.4522	2649.1849	671.1667	671.1783	**2649.324**
LA-UNION-CD-886	2777.432	28.28	2750.900	2294.7192	5.9600	2288.7592	2751.4919	102.3070	102.3186	**2751.643**
SANTA-ANA-CD-885	3106.143	28.36	3079.600	2623.4302	6.0400	2617.3902	3080.1229	328.6310	328.6426	**3080.285**
SAZ-CD-885	3153.224	28.40	3126.700	2670.5112	6.0800	2664.4312	3127.1639	47.0410	47.0526	**3127.338**
CAPITOLIO-CD-883	3502.153	28.66	3475.700	3019.4402	6.3400	3013.1002	3475.8329	348.6690	348.6806	**3476.019**
SAZ-CD-883	3518.983	28.68	3492.500	3036.2702	6.3600	3029.9102	3492.6429	16.8100	16.8216	**3492.840**
SAZ-CD-882	3582.586	28.83	3556.200	3099.8732	6.5100	3093.3632	3556.0959	63.4530	63.4646	**3556.305**
SAN-JUAN-CD-882	3533.600	28.86	3507.200	3050.8872	6.5400	3044.3472	3507.0799	-49.0160	-49.0044	**3507.301**
CD-500A	3603.632	28.89	3577.200	3120.9192	6.5700	3114.3492	3577.0819	70.0020	70.0136	**3577.314**
8-CM-17	3595.268	28.90	3569.031	3112.5552	6.5800	3105.9752	3568.7079	-8.3740	-8.3624	**3568.952**
CD-501B	3791.582	29.03	3765.200	3308.8692	6.7100	3302.1592	3764.8919	196.1840	196.1956	**3765.147**
1-CM-17	3715.353	29.12	3688.840	3232.6402	6.8000	3225.8402	3688.5729	-76.3190	-76.3074	**3688.840**

Dif =	**3226.107**
Sumatoria Desniveles Delta hi =	3225.8402
Correción (Difbases -DifSum)/N-1 =	0.011614638

- **PAREJAS DEL GPS-T-16-A al GPS-T-22-A**

- **Circuito T16**

El circuito parte del punto GPS-T-16-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-16-A al GPS-T-22-A*" pasando por el punto GPS-T-16-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-16-A.



Imagen 26. Circuito T16

Tabla 22. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T16

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base} + D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-T-16-A	586.529	22.86	566.032	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-T-16-B	584.380	22.87		-2.1490	0.0100	-2.1590	563.8729	0.000	**563.873**
GPS-T-16-A	586.529	22.86	566.03188	0.0000	0.0000	0.0000	566.0319	0.000	**566.032**

Dif = **0**

- **Circuito T17**

El circuito parte del punto GPS-T-17-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-16-A al GPS-T-22-A*" pasando por el punto GPS-T-17-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-17-A.



Imagen 27. Circuito T17

Tabla 23. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T17

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base} + D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-T-17-A	798.891	23.66	777.605	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-T-17-B	805.090	23.63		6.1990	-0.0300	6.2290	783.8343	0.000	**783.834**
GPS-T-17-A	798.891	23.66	777.605327	0.0000	0.0000	0.0000	777.6053	0.000	**777.605**

Dif = **0**

- **Circuito T18**

El circuito parte del punto GPS-T-18-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-16-A al GPS-T-22-A*" pasando por el punto GPS-T-18-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-18-A.



Imagen 28. Circuito T18

Tabla 24. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T18

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri}-h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri}-N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i-D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base}+D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-T-18-A	1067.532	24.53	1045.389	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-T-18-B	1082.632	24.51		15.0994	-0.0200	15.1194	1060.5082	0.000	**1060.508**
GPS-T-18-A	1067.532	24.53	1045.38877	0.0000	0.0000	0.0000	1045.3888	0.000	**1045.389**

Dif = **0**

- **Circuito P6**

El circuito parte del punto GPS-P-06-A de la red principal previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-16-A al GPS-T-22-A*" pasando por el punto GPS-P-06-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-P-06-A.

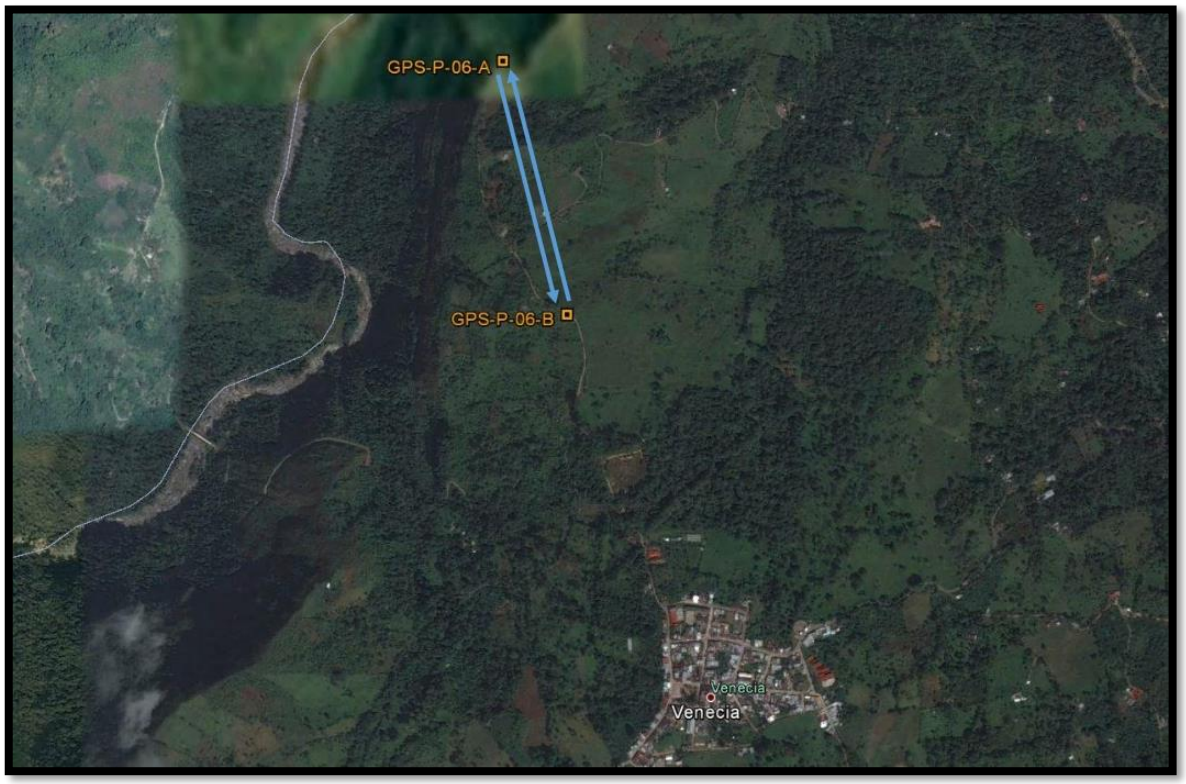


Imagen 29. Circuito P6

Tabla 25. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito P6

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri}-h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri}-N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i-D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base}+D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-P-06-A	1579.611	25.17	1556.839	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-P-06-B	1590.339	25.30		10.7280	0.1300	10.5980	1567.4366	0.000	**1567.437**
GPS-P-06-A	1579.611	25.17	1556.83859	0.0000	0.0000	0.0000	1556.8386	0.000	**1556.839**

Dif = **0**

- **Circuito T19**

El circuito parte del punto GPS-T-19-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-16-A al GPS-T-22-A*" pasando por el punto GPS-T-19-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-19-A.



Imagen 30. Circuito T19

Tabla 26. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T19

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri}-h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri}-N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i-D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base}+D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-T-19-A	1607.837	25.23	1585.017	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-T-19-B	1628.137	25.25		20.3000	0.0200	20.2800	1605.2966	0.000	**1605.297**
GPS-T-19-A	1607.837	25.23	1585.01662	0.0000	0.0000	0.0000	1585.0166	0.000	**1585.017**

Dif = **0**

- **Circuito T20AB**

El circuito parte del punto GPS-T-20-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-16-A al GPS-T-22-A*" pasando por el punto GPS-T-20-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-20-A.



Imagen 31. Circuito T20AB

Tabla 27. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T20AB

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base} + D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-T-20-A	1665.340	25.56	1642.201	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-T-20-B	1671.731	25.53		6.3910	-0.0300	6.4210	1648.6225	0.000	**1648.622**
GPS-T-20-A	1665.340	25.56	1642.20147	0.0000	0.0000	0.0000	1642.2015	0.000	**1642.201**

Dif = **0**

- **Circuito T20CD**

El circuito parte del punto GPS-T-20-D de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-16-A al GPS-T-22-A*" pasando por el punto GPS-T-20-C y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-20-D.

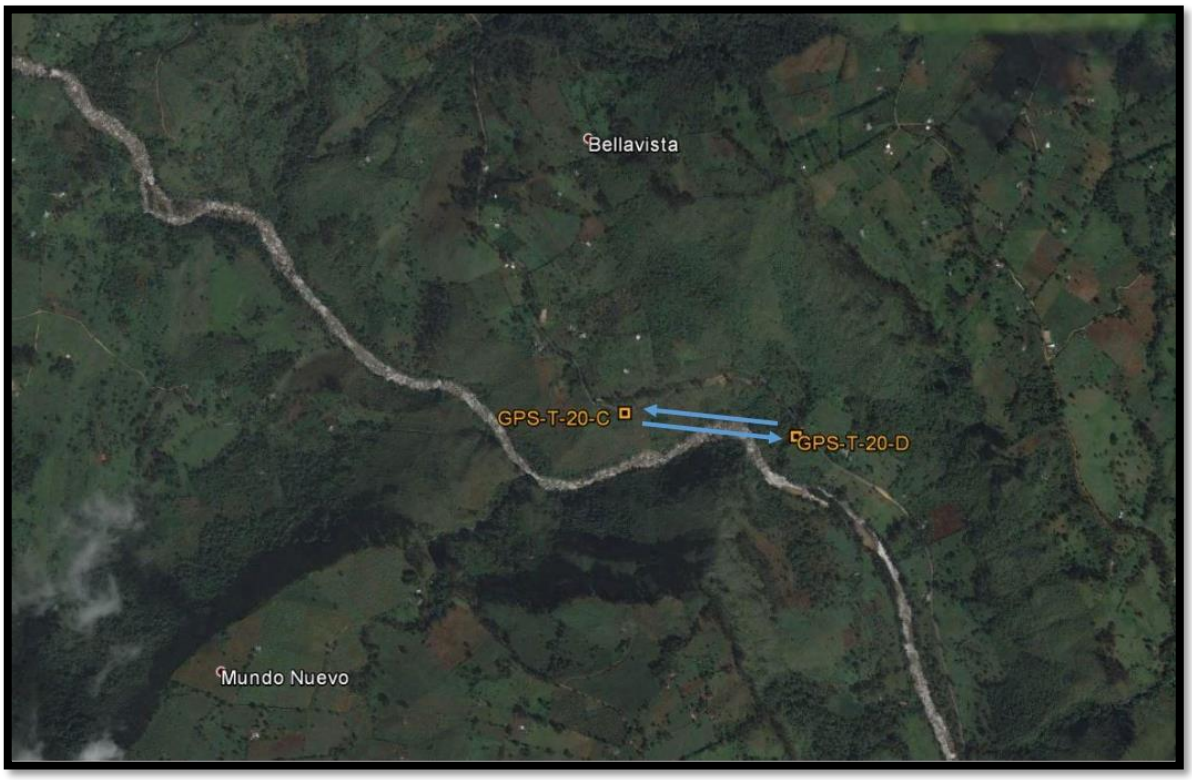


Imagen 32. Circuito T20CD

Tabla 28. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T20CD

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri}-h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri}-N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i-D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base}+D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-T-20-D	1828.268	26.06	1804.641	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-T-20-C	1869.128	25.99		40.8600	-0.0700	40.9300	1845.5708	0.000	**1845.571**
GPS-T-20-D	1828.268	26.06	1804.64076	0.0000	0.0000	0.0000	1804.6408	0.000	**1804.641**

Dif = **0**

- **Circuito T21**

El circuito parte del punto GPS-T-21-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-16-A al GPS-T-22-A*" pasando por el punto GPS-T-21-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-21-A.



Imagen 33. Circuito T21

Tabla 29. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T21

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base} + D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-T-21-A	1826.069	26.30	1802.214	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-T-21-B	1825.280	26.34		-0.7889	0.0400	-0.8289	1801.3847	0.000	**1801.385**
GPS-T-21-A	1826.069	26.3	1802.2136	0.0000	0.0000	0.0000	1802.2136	0.000	**1802.214**

Dif = **0**

- **Circuito T22**

El circuito parte del punto GPS-T-22-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-16-A al GPS-T-22-A*" pasando por el punto GPS-T-22-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-22-A.



Imagen 34. Circuito T22

Tabla 30. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T22

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base} + D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-T-22-A	2002.878	27.20	1978.146	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-T-22-B	1999.045	27.25		-3.8330	0.0500	-3.8830	1974.2629	0.000	**1974.263**
GPS-T-22-A	2002.878	27.2	1978.1459	0.0000	0.0000	0.0000	1978.1459	0.000	**1978.146**

Dif = **0**

- **GPS-T-29-A**

- **Circuito T29**

El circuito parte del punto 16-CM-11 con cota certificada, pasando por los puntos de paso 25-CM-11, 25878001, GPS-C-T-100 y GPS-C-T-99, se comienza dando el ajuste de altura ortométrica al circuito que pasa por el punto GPS-T-29-A; perteneciente a la red topográfica (T-XX), finalizando en los puntos de paso GPS-P-03-A y B52-S-1, terminando el ajuste en el punto A54-S-1.

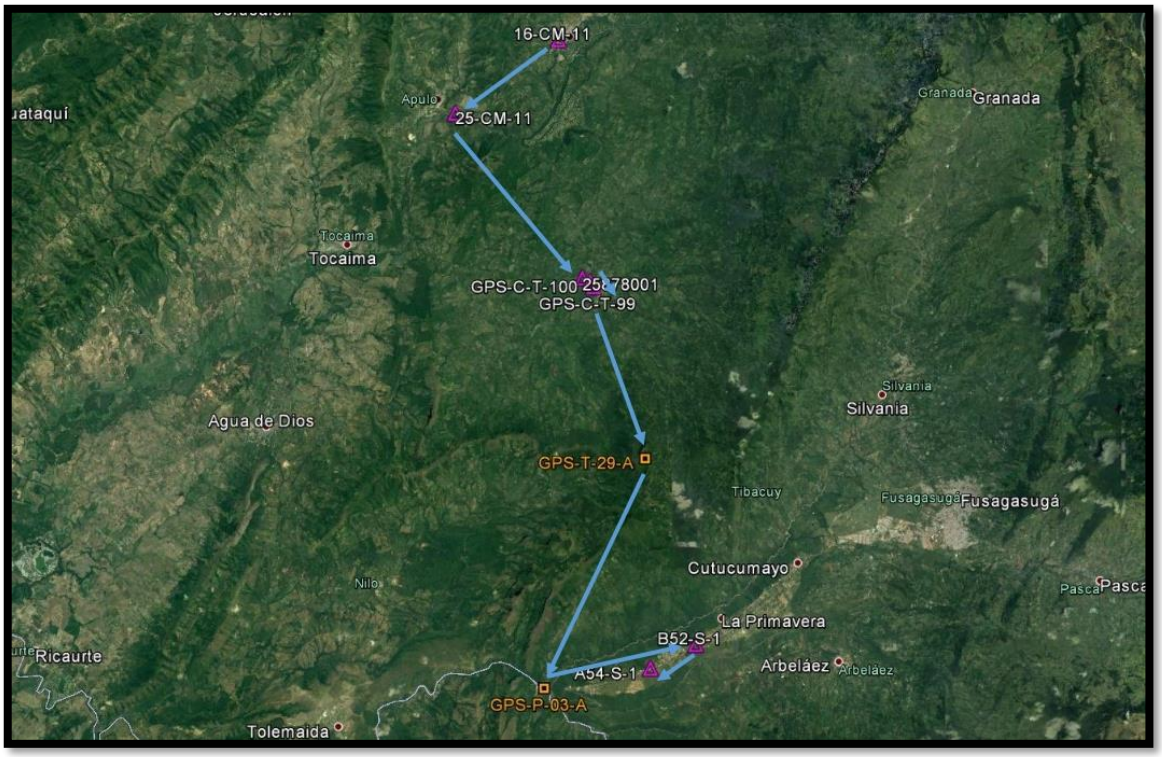


Imagen 35. Circuito T29

Tabla 31. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T29

Punto	Altura Elip (h)	OND GEOCOL	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri}-h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri}-N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i-D_{Ni}$	H°GPSi = HBase + DHGPSi	ΔH°GPS = ΔHi - ΔHi-1	$H°_{GPSi} = H_{base}+D_{Hi}$	H_{GPS} Final
16-CM-11	684.080	21.43	664.858	0.0000	0.0000	0.0000				**664.9**
25-CM-11	474.566	21.16	455.671	-209.5140	-0.2700	-209.2440	455.6140	-209.2440	-209.2275	**455.630**
25878001	618.642	21.82	599.061	-65.4380	0.3900	-65.8280	599.0300	143.4160	143.4325	**599.063**
GPS-C-T-100	574.182	21.87	554.654	-109.8978	0.4400	-110.3378	554.5202	-44.5098	-44.4933	**554.570**
GPS-C-T-99	576.927	21.90	557.369	-107.1528	0.4700	-107.6228	557.2352	2.7150	2.7315	**557.301**
GPS-T-29-A	1802.214	22.90		1118.1336	1.4700	1116.6636	1781.5216	1224.2864	1224.3029	**1781.604**
GPS-P-03-A	482.713	22.32	462.733	-201.3672	0.8900	-202.2572	462.6008	-1318.9208	-1318.9043	**462.700**
B52-S-1	1111.104	23.10	1090.344	427.0243	1.6700	425.3543	1090.2123	627.6115	627.6280	**1090.328**
A54-S-1	1012.786	22.85	992.275	328.7056	1.4200	327.2856	992.1436	-98.0688	-98.0523	**992.275**

Dif =	**327.417**
Sumatoria Desniveles Delta hi =	327.2856
Correción (Difbases -DifSum)/N-1 =	0.016482917

- **GPS-T-30-A al GPS-T-10-A**

- **Circuito T30-T7-T8-P4-T9-T10**

El circuito parte del punto GPS-T-29-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-29-A*", se comienza dando el ajuste de altura ortométrica al circuito que pasa por los puntos GPS-T-07-A, GPS-T-08-A, GPS-C-T-80, GPS-P-04-A (GPS-C-T-79), GPS-T-09-A y GPS-T-10-A; pertenecientes a la red principal (P-XX) y a la red topográfica (T-XX), finalizando en los puntos de paso A83-S-1, GPS-P-05-A y GPS-T-11-A, terminando el ajuste de alturas ortométricas con el punto B96D-S-1.

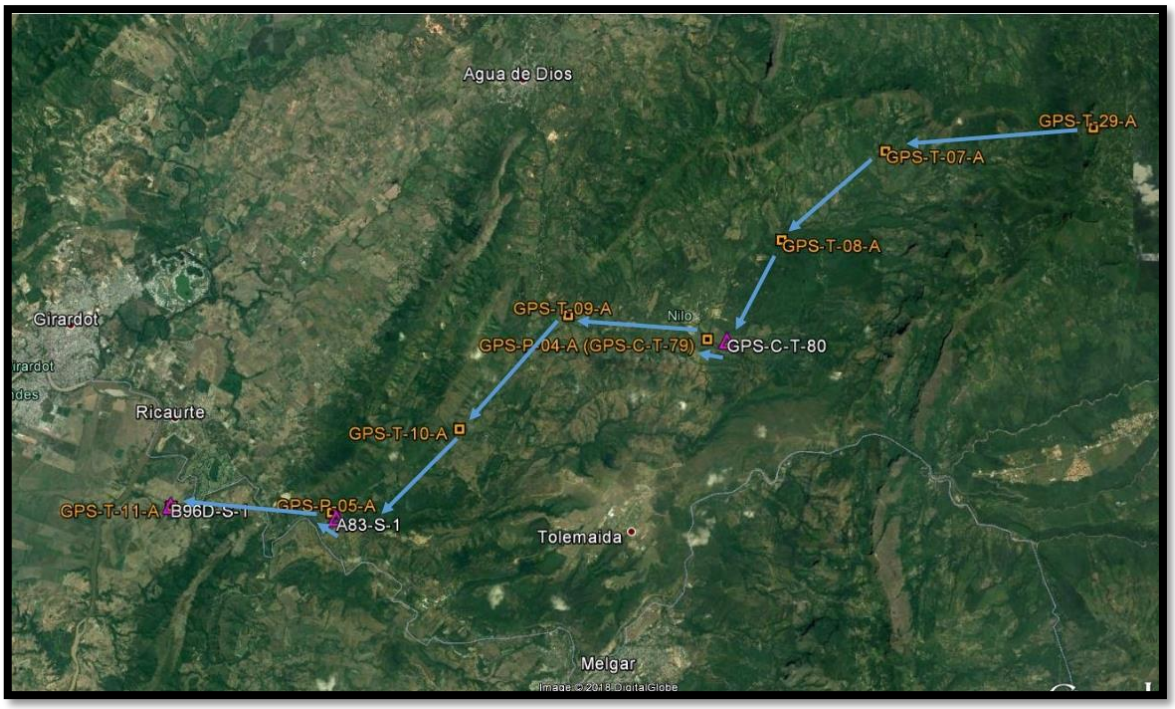


Imagen 36. Circuito T30-T7-T8-P4-T9-T10

Tabla 32. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T30-T7-T8-P4-T9-T10

Punto	Altura Elip (h)	OND GEOCOL	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - D_{Ni}$	H°GPSi = HBase + DHGPSi	ΔH°GPS = ΔHi - ΔHi-1	$H°_{GPSi} = H_{base} + D_{Hi}$	H_{GPS} Final
GPS-T-29-A	1802.214	22.90	1781.604	0.0000	0.0000	0.0000				**1781.6**
GPS-T-30-A	958.395	22.39		-843.8187	-0.5100	-843.3087	938.2953	-843.3087	-843.3042	**938.300**
GPS-T-07-A	722.172	21.91		-1080.0417	-0.9900	-1079.0517	702.5523	-235.7430	-235.7385	**702.561**
GPS-T-08-A	458.467	21.56		-1343.7466	-1.3400	-1342.4066	439.1975	-263.3548	-263.3503	**439.211**
GPS-C-T-80	346.336	21.41	327.480	-1455.8776	-1.4900	-1454.3876	327.2164	-111.9811	-111.9766	**327.234**
GPS-P-04-A (GPS-C-T-79)	342.063	21.34	323.349	-1460.1506	-1.5600	-1458.5906	323.0135	-4.2029	-4.1984	**323.036**

GPS-T-09-A	340.070	21.03		-1462.1432	-1.8700	-1460.2732	321.3309	-1.6826	-1.6781	**321.358**
GPS-T-10-A	312.999	20.94		-1489.2150	-1.9600	-1487.2550	294.3491	-26.9818	-26.9773	**294.381**
A83-S-1	295.862	20.91	277.043	-1506.3519	-1.9900	-1504.3619	277.2421	-17.1069	-17.1024	**277.278**
GPS-P-05-A	296.566	20.91		-1505.6476	-1.9900	-1503.6576	277.9465	0.7043	0.7088	**277.987**
GPS-T-11-A	298.160	20.89		-1504.0536	-2.0100	-1502.0436	279.5605	1.6140	1.6185	**279.605**
B96D-S-1	296.116	20.89	277.566	-1506.0972	-2.0100	-1504.0872	277.5169	-2.0436	-2.0391	**277.566**

Dif =	**-1504.038**
Sumatoria Desniveles Delta hi =	-1504.0872
Correción (Difbases -DifSum)/N-1 =	0.004495341

- **PAREJAS DEL GPS-T-29-A al GPS-T-10-A**

- **Circuito T29**

El circuito parte del punto GPS-T-29-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-29-A*" pasando por el punto GPS-T-29-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-29-A.



Imagen 37. Circuito T29

Tabla 33. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T29

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base} + D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-T-29-A	1802.214	22.90	1781.604	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-T-29-B	1796.879	22.89		-5.3350	-0.0100	-5.3250	1776.2791	0.000	**1776.279**
GPS-T-29-A	1802.214	22.9	1781.60405	0.0000	0.0000	0.0000	1781.6041	0.000	**1781.604**

Dif = **0**

- **Circuito T30**

El circuito parte del punto GPS-T-30-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-30-A al GPS-T-10-A*" pasando por el punto GPS-T-30-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-30-A.



Imagen 38. Circuito T30

Tabla 34. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T30

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri}-h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri}-N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i-D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base}+D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-T-30-A	958.395	22.39	938.300	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-T-30-B	944.471	22.40		-13.9240	0.0100	-13.9340	924.3658	0.000	**924.366**
GPS-T-30-A	958.395	22.39	938.299843	0.0000	0.0000	0.0000	938.2998	0.000	**938.300**

Dif = **0**

- **Circuito T7**

El circuito parte del punto GPS-T-07-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-30-A al GPS-T-10-A*" pasando por el punto GPS-T-07-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-07-A.



Imagen 39. Circuito T7

Tabla 35. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T7

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base} + D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-T-07-A	722.172	21.91	702.561	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-T-07-B	716.510	21.89		-5.6620	-0.0200	-5.6420	696.9193	0.000	**696.919**
GPS-T-07-A	722.172	21.91	702.561328	0.0000	0.0000	0.0000	702.5613	0.000	**702.561**

Dif = **0**

- **Circuito T8**

El circuito parte del punto GPS-T-08-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-30-A al GPS-T-10-A*" pasando por el punto GPS-T-08-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-08-A.



Imagen 40. Circuito T8

Tabla 36. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T8

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base} + D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-T-08-A	458.467	21.56	439.211	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-T-08-B	464.431	21.57		5.9640	0.0100	5.9540	445.1650	0.000	**445.165**
GPS-T-08-A	458.467	21.56	439.210981	0.0000	0.0000	0.0000	439.2110	0.000	**439.211**

Dif = **0**

- **Circuito P4**

El circuito parte del punto GPS-P-04-A (GPS-C-T-79) de la red principal previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-30-A al GPS-T-10-A*" pasando por el punto GPS-P-04-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-P-04-A (GPS-C-T-79).

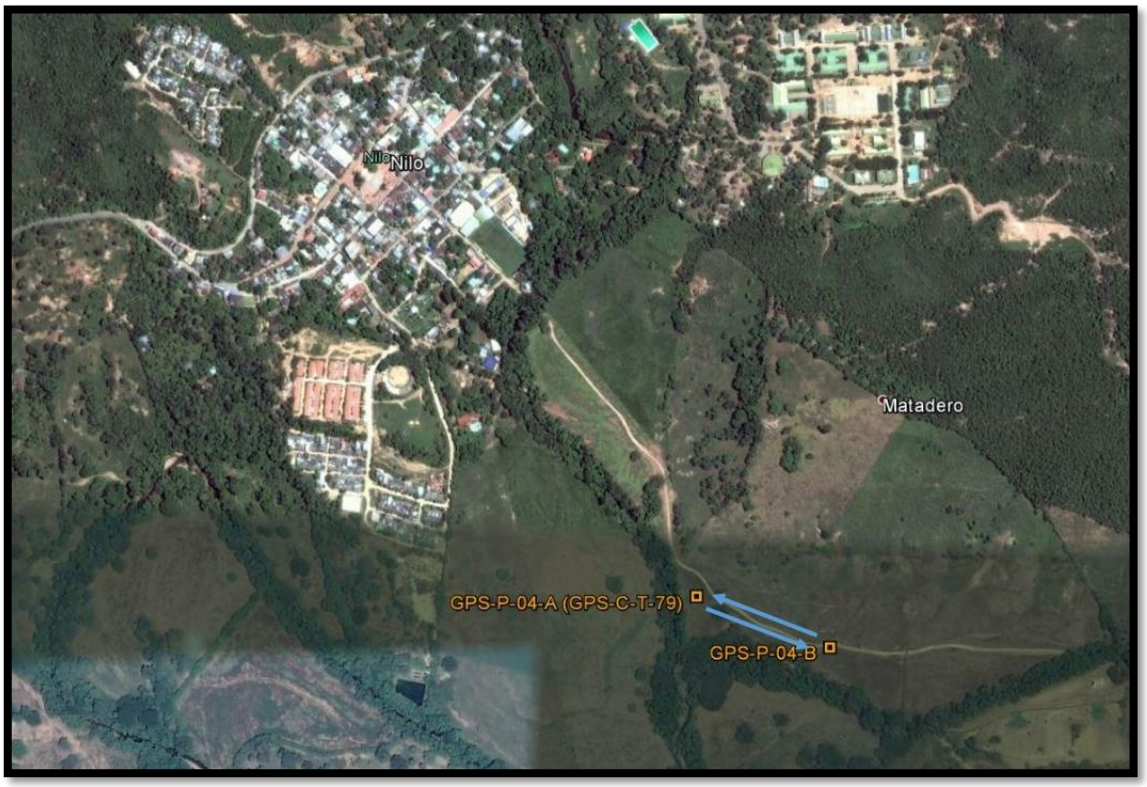


Imagen 41. Circuito P4

Tabla 37. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito P4

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base} + D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-P-04-A (GPS-C-T-79)	342.063	21.34	323.036	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-P-04-B	341.926	21.36		-0.1370	0.0200	-0.1570	322.8790	0.000	**322.879**
GPS-P-04-A (GPS-C-T-79)	342.063	21.34	323.035969	0.0000	0.0000	0.0000	323.0360	0.000	**323.036**

Dif = **0**

- **Circuito T9**

El circuito parte del punto GPS-T-09-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-30-A al GPS-T-10-A*" pasando por el punto GPS-T-09-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-09-A.



Imagen 42. Circuito T9

Tabla 38. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T9

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base} + D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-T-09-A	340.070	21.03	321.358	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-T-09-B	349.713	21.03		9.6430	0.0000	9.6430	331.0008	0.000	**331.001**
GPS-T-09-A	340.070	21.03	321.357841	0.0000	0.0000	0.0000	321.3578	0.000	**321.358**

Dif = **0**

Circuito T10

El circuito parte del punto GPS-T-10-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-30-A al GPS-T-10-A*" pasando por el punto GPS-T-10-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-10-A.

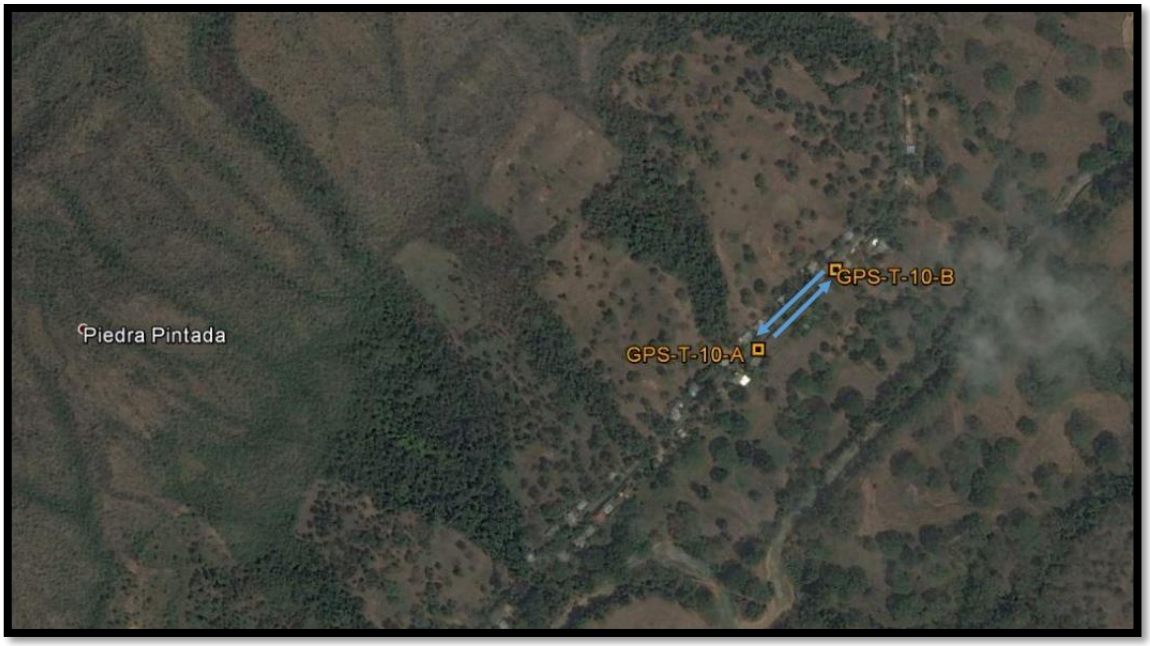


Imagen 43. Circuito T10

Tabla 39. Ajuste por mínimos cuadrados Circuito T10

Punto	Altura Elip (h)	Altura Geocol_2004	Altura Nivel	$Dh_i = h_{ri} - h_{Base}$	$DN_i = N_{Ri} - N_{Base}$	$DH_{GPSi} = Dh_i - D_{Ni}$	$H°_{GPSi} = H_{base} + D_{Hi}$	Corrección	H_{GPS} Final
GPS-T-10-A	312.999	20.94	294.381	0.0000	0.0000	0.0000			
GPS-T-10-B	314.452	20.94		1.4530	0.0000	1.4530	295.8335	0.000	**295.834**
GPS-T-10-A	312.999	20.94	294.380536	0.0000	0.0000	0.0000	294.3805	0.000	**294.381**

Dif = 0

5.1.6 Coordenadas Ajustadas

A continuación, se muestran las tablas con las coordenadas ajustadas:

Tabla 40. Coordenadas Ajustadas punto de apoyo Base de Vuelos Pandi

CAR SUMAPAZ BASE DE VUELOS - COORDENADAS MAGNA SIRGAS ÉPOCA 2018.2								
PUNTO	COORDENADAS GEODÉSICAS					COORDENADAS PLANAS DE GAUSS ORIGEN BOGOTÁ		DESCRIPCIÓN
	LATITUD		LONGITUD		ALTURA ELIPSOIDAL	NORTE	ESTE	
PAND	4°11'24.17339"	N	74°29'16.02725"	W	941.795	955099.277	954448.996	BASE DE VUELOS PANDI

Todos los archivos, tablas y registros correspondientes se anexan en la siguiente carpeta: *\01_BASES, RED GEODESICA Y FOTOCONTROL.*

Tabla 41. Coordenadas Ajustadas Red Geodésica proyecto CAR - SUMAPAZ

CAR SUMAPAZ RED GEODÉSICA - COORDENADAS MAGNA SIRGAS ÉPOCA 2018.2										
PUNTO	COORDENADAS GEODÉSICAS					COORDENADAS PLANAS DE GAUSS ORIGEN BOGOTÁ		Cota m.s.n.m.m.	DESCRIPCIÓN
	LATITUD		LONGITUD		ALTURA ELIPSOIDAL	NORTE	ESTE		
P01A	4°29'57.15452"	N	74°21'55.21024"	W	2226.437	989280.926	968057.050	2204.187	GPS-P-01-A (25312001)
P01B	4°29'52.81902"	N	74°21'54.34548"	W	2217.741	989147.741	968083.656	2195.491	GPS-P-01-B
P02A	4°22'25.81751"	N	74°24'02.81795"	W	1312.049	975418.669	964117.126	1290.328	GPS-P-02-A
P02B	4°22'22.09662"	N	74°24'06.06827"	W	1302.355	975304.416	964016.859	1280.644	GPS-P-02-B
P03A	4°15'40.98989"	N	74°32'46.60862"	W	482.714	962991.749	947959.236	462.733	GPS-P-03-A
P03B	4°15'36.29508"	N	74°32'47.49153"	W	483.957	962847.551	947931.921	463.976	GPS-P-03-B
P04A	4°18'02.49836"	N	74°36'54.94514"	W	342.063	967343.624	940303.993	323.036	GPS-P-04-A (GPS-C-T-79)
P04B	4°17'59.71256"	N	74°36'47.63176"	W	341.926	967257.892	940529.455	322.879	GPS-P-04-B
P05A	4°14'59.51124"	N	74°43'33.33382"	W	296.567	961732.026	928014.042	277.996	GPS-P-05-A
P05B	4°14'59.67606"	N	74°43'40.34476"	W	296.201	961737.270	927797.832	277.640	GPS-P-05-B
P06A	4°06'07.66304"	N	74°28'55.85408"	W	1579.611	945376.562	955066.187	1556.839	GPS-P-06-A
P06B	4°05'48.78739"	N	74°28'51.06473"	W	1590.339	944796.676	955213.619	1567.437	GPS-P-06-B
T01A	4°32'28.88115"	N	74°21'33.18075"	W	2589.355	993941.303	968737.976	2567.154	GPS-T-01-A
T01B	4°32'24.07695"	N	74°21'30.21841"	W	2571.018	993793.695	968829.236	2548.797	GPS-T-01-B
T02A	4°27'21.93815"	N	74°22'51.27750"	W	1917.093	984513.785	966326.647	1895.063	GPS-T-02-A (25743007)
T02B	4°27'23.10880"	N	74°22'50.31074"	W	1917.949	984549.732	966356.466	1895.919	GPS-T-02-B
T03A	4°24'26.99980"	N	74°23'13.25089"	W	1526.296	979140.422	965646.971	1504.437	GPS-T-03-A (26743002)
T03B	4°24'27.48516"	N	74°23'08.03703"	W	1515.868	979155.264	965807.729	1493.989	GPS-T-03-B
T04A	4°20'56.70045"	N	74°25'24.11703"	W	1173.400	972682.339	961609.162	1151.979	GPS-T-04-A
T04B	4°20'54.87643"	N	74°25'25.42587"	W	1179.272	972626.328	961568.780	1157.851	GPS-T-04-B
T05A	4°18'52.99874"	N	74°26'50.90071"	W	963.470	968883.803	958931.401	942.339	GPS-T-05-A
T05B	4°18'53.34630"	N	74°26'54.31294"	W	926.900	968894.530	958826.188	905.779	GPS-T-05-B
T06A	4°18'06.70205"	N	74°29'31.33220"	W	1040.631	967464.227	953983.603	1019.990	GPS-T-06-A
T06B	4°18'09.41593"	N	74°29'28.73032"	W	1050.047	967547.547	954063.881	1029.396	GPS-T-06-B
T07A	4°21'21.41942"	N	74°33'46.13963"	W	722.172	973450.170	946130.060	702.561	GPS-T-07-A
T07B	4°21'23.11000"	N	74°33'49.12722"	W	716.510	973502.160	946037.972	696.919	GPS-T-07-B
T08A	4°19'47.51331"	N	74°35'36.25167"	W	458.467	970567.807	942732.840	439.211	GPS-T-08-A
T08B	4°19'47.48942"	N	74°35'33.21263"	W	464.431	970567.009	942826.551	445.165	GPS-T-08-B
T09A	4°18'27.95069"	N	74°39'22.59428"	W	340.071	968128.806	935751.522	321.358	GPS-T-09-A
T09B	4°18'30.64416"	N	74°39'21.88316"	W	349.714	968211.528	935773.513	331.001	GPS-T-09-B
T10A	4°16'27.59748"	N	74°41'17.88999"	W	312.999	964434.503	932193.203	294.381	GPS-T-10-A
T10B	4°16'31.00002"	N	74°41'14.57852"	W	314.452	964538.943	932295.406	295.834	GPS-T-10-B
T11A	4°15'05.44320"	N	74°46'23.54859"	W	298.161	961918.813	922764.828	279.610	GPS-T-11-A
T11B	4°15'03.17780"	N	74°46'20.03599"	W	299.706	961849.125	922873.093	281.155	GPS-T-11-B
T12A	4°13'18.03813"	N	74°41'37.65631"	W	317.289	958612.003	931579.002	298.519	GPS-T-12-A (25488004)
T12B	4°13'20.33483"	N	74°41'41.24029"	W	316.326	958682.642	931468.526	297.566	GPS-T-12-B
T13A	4°12'18.72806"	N	74°39'13.47488"	W	367.737	956786.693	936024.269	348.637	GPS-T-13-A (A76-S-1)
T13B	4°12'16.29986"	N	74°39'12.16700"	W	368.935	956712.073	936064.550	349.825	GPS-T-13-B
T14A	4°14'27.92123"	N	74°37'07.99220"	W	355.664	960752.496	939897.023	336.454	GPS-T-14-A (A70-S-1)
T14B	4°14'22.03948"	N	74°37'05.46515"	W	355.109	960571.765	939974.829	335.879	GPS-T-14-B
T15A	4°15'55.24529"	N	74°35'27.18694"	W	396.358	963432.800	943007.566	376.908	GPS-T-15-A (A66-S-1)
T15B	4°15'50.63664"	N	74°35'30.33251"	W	393.741	963291.296	942910.468	374.301	GPS-T-15-B
T16A	4°13'44.53749"	N	74°30'54.69320"	W	586.529	959412.575	951408.475	566.032	GPS-T-16-A
T16B	4°13'41.85224"	N	74°30'52.50641"	W	584.380	959330.052	951475.868	563.873	GPS-T-16-B
T17A	4°11'11.49835"	N	74°29'59.09132"	W	798.890	954710.636	953120.656	777.605	GPS-T-17-A
T17B	4°11'14.86558"	N	74°30'01.54588"	W	805.089	954814.110	953045.011	783.834	GPS-T-17-B
T18A	4°08'25.24510"	N	74°28'59.53675"	W	1067.533	949602.788	954954.749	1045.389	GPS-T-18-A
T18B	4°08'26.47141"	N	74°29'04.96240"	W	1082.633	949640.543	954787.427	1060.508	GPS-T-18-B
T19A	4°04'10.85109"	N	74°30'43.84220"	W	1607.838	941790.134	951733.439	1585.017	GPS-T-19-A
T19B	4°04'02.81197"	N	74°30'47.50626"	W	1628.138	941543.253	951620.286	1605.297	GPS-T-19-B
T20A	4°01'35.26660"	N	74°31'39.21062"	W	1665.341	937011.894	950022.920	1642.201	GPS-T-20-A
T20B	4°01'39.91217"	N	74°31'41.56301"	W	1671.732	937154.634	949950.434	1648.622	GPS-T-20-B
T20C	4°00'48.30085"	N	74°30'28.68775"	W	1869.128	935568.052	952197.591	1845.571	GPS-T-20-C
T20D	4°00'46.19286"	N	74°30'13.09817"	W	1828.268	935503.048	952678.459	1804.641	GPS-T-20-D
T21A	4°00'02.74240"	N	74°29'42.06007"	W	1826.069	934167.870	953635.230	1802.214	GPS-T-21-A
T21B	3°59'57.48134"	N	74°29'35.84006"	W	1825.281	934006.166	953827.024	1801.385	GPS-T-21-B
T22A	3°58'06.86785"	N	74°27'12.15134"	W	2002.878	930606.291	958257.987	1978.146	GPS-T-22-A
T22B	3°57'59.36477"	N	74°27'02.93163"	W	1999.045	930375.689	958542.303	1974.263	GPS-T-22-B
T29A	4°21'46.33244"	N	74°30'05.39445"	W	1802.213	974211.338	952937.019	1781.604	GPS-T-29-A
T29B	4°21'45.38774"	N	74°30'07.61197"	W	1796.878	974182.357	952868.627	1776.279	GPS-T-29-B
T30A	4°21'06.74426"	N	74°32'06.40289"	W	958.395	972997.459	949205.108	938.300	GPS-T-30-A
T30B	4°21'05.22010"	N	74°32'06.82043"	W	944.471	972950.647	949192.205	924.366	GPS-T-30-B

5.2 LEVANTAMIENTO TOPOBATIMÉTRICO

5.2.1 Actividades Preliminares

Antes de iniciar los trabajos correspondientes a esta actividad, se revisó que el certificado de Calibración de los equipos a utilizar en el proyecto se encuentre vigente para garantizar la calidad de los levantamientos. Los levantamientos se llevaron a cabo por medio de Estación Total con Cartera Electrónica, codificando cada detalle levantado, de manera que existe una nomenclatura única que facilita la interpretación de las carteras. La Estación Total incluye la cartera electrónica y el programa de proceso.

Para los traslados de coordenadas, tanto para los levantamientos topográficos convencionales como para los levantamientos batimétricos, se definió una red de puntos auxiliares utilizando GPS-RTK, calculados a partir de la red geodésica local del proyecto. Estos puntos auxiliares con RTK reemplazarán las poligonales de apoyo para traslado, evitando la propagación de errores dadas por estas técnicas tradicionales y garantizando la precisión esperada sobre los productos. Otra ventaja principal al emplear este tipo de apoyos geodésicos será la interoperabilidad de todos los sistemas de captura de información que involucran técnicas satelitales, en este proyecto: Los levantamientos aerotransportados con LiDAR y cámara fotogramétrica; en cuyo caso tradicional, no sería posible debido al vínculo de factores de escala y deformaciones propias dadas por mediciones directas en terreno.

Los trabajos de campo fueron ejecutados por 6 comisiones desde el 18 de febrero hasta el 07 de mayo; levantando un total de (474) secciones, en una longitud total aproximada de 237.11 kilómetros, en los ríos Sumapaz, Panches y Paguey.

El registro fotográfico está disponible en el anexo *\02_BATIMETRIA\2.2 Documentos\2.2.4 Registro Fotográfico.*

5.2.2 Levantamiento de secciones transversales

El levantamiento de las secciones transversales se realizó entre los días 1 de Marzo y 17 de Abril de 2018, tal y como se observa en la siguiente Imagen. Las secciones en color verde fueron aquellas levantadas sin inconvenientes, las secciones en color naranja corresponden a aquellas que por dificultad en el acceso topográfico o negativa de los habitantes no pudieron completarse en campo, de todas maneras, para estas últimas el cubrimiento y detalle del levantamiento LiDAR permite complementar los trabajos realizados en el terreno.



Imagen 44. Secciones transversales levantadas

5.2.3 CÁLCULO Y PROCESAMIENTO

Una vez realizado el cálculo y procesamiento de la información obtenida en campo y adelantadas todas las verificaciones necesarias, se obtiene un consolidado para el periodo, el cual se presenta en la siguiente Imagen.

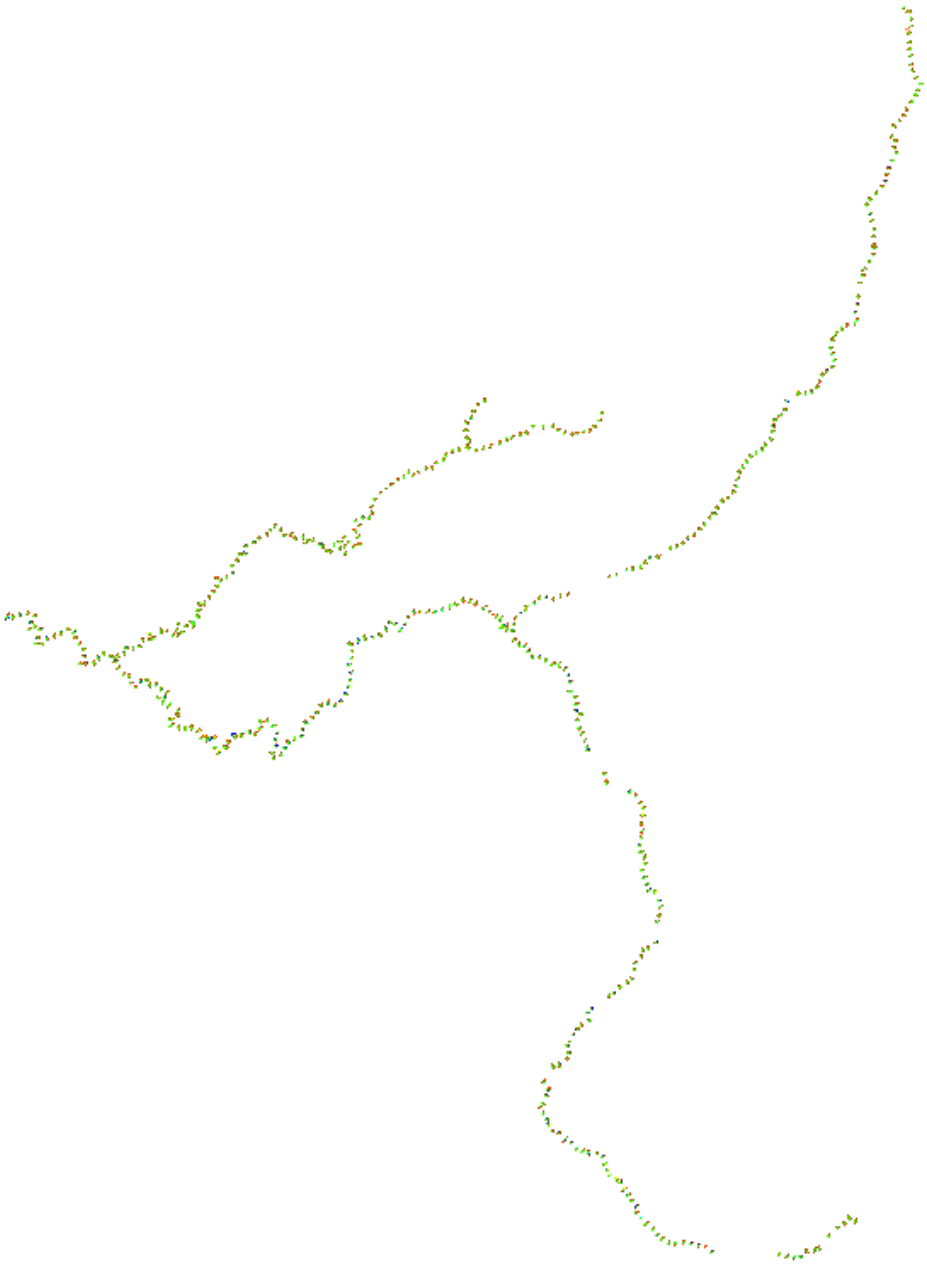


Imagen 45. Consolidado secciones transversales calculadas y procesadas

5.2.4 DIBUJO Y GENERACIÓN DE ESQUEMAS DETALLADOS

En la siguiente Imagen se presenta el detalle de una sección en planta, previo a la generación de los esquemas detallados.

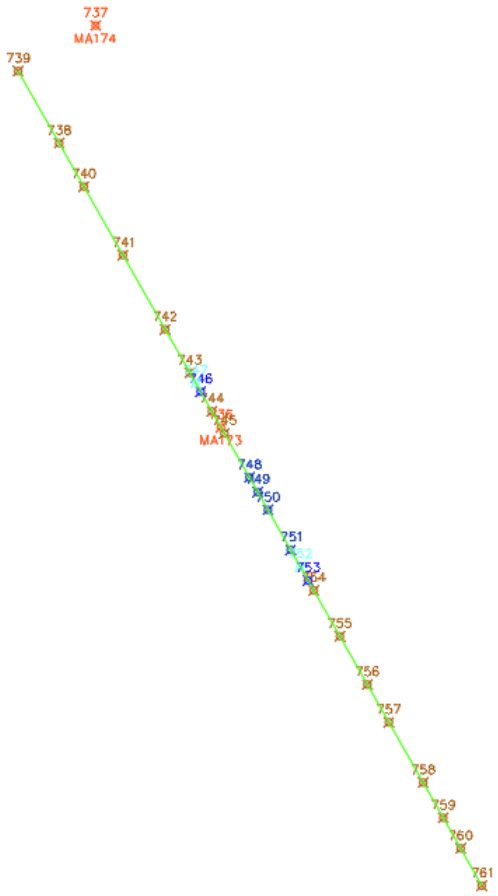


Imagen 46. Detalle sección transversal en planta

Las secciones transversales se anexan en la carpeta *\07_MDT\7.4 Secciones Automaticas.*

Los trabajos de campo fueron ejecutados por 6 comisiones desde el 18 de febrero hasta el 07 de mayo; levantando un total de (474) secciones, en una longitud total aproximada de 237.11 kilómetros, en los ríos Sumapaz, Panches y Paguey.

Las secciones transversales levantadas en campo, en planta se encuentran en la siguiente carpeta: *\02_BATIMETRIA\2.1 Topobatimetria\2.2.6 Salidas graficas.*

El registro fotográfico está disponible en el anexo *\02_BATIMETRIA\2.1 Topobatimetria\2.1.4 Registro fotográfico.*

5.2.5 SISTEMA DE REFERENCIA

El sistema de referencia es datum **MAGNA SIRGAS origen Gauss Bogotá**, con alturas referidas al datum BUENAVENTURA.

5.3 SALIDAS GRAFICAS

Se generan un total de 595 secciones automáticas con el DTM generado a lo largo de los ejes de los ríos Sumapaz, Panches y Paguey, con una longitud total de 237.11 Km aproximadamente.

Las salidas graficas o planos contienen planta y secciones transversales. A continuación, se muestra un ejemplo de salida gráfica:

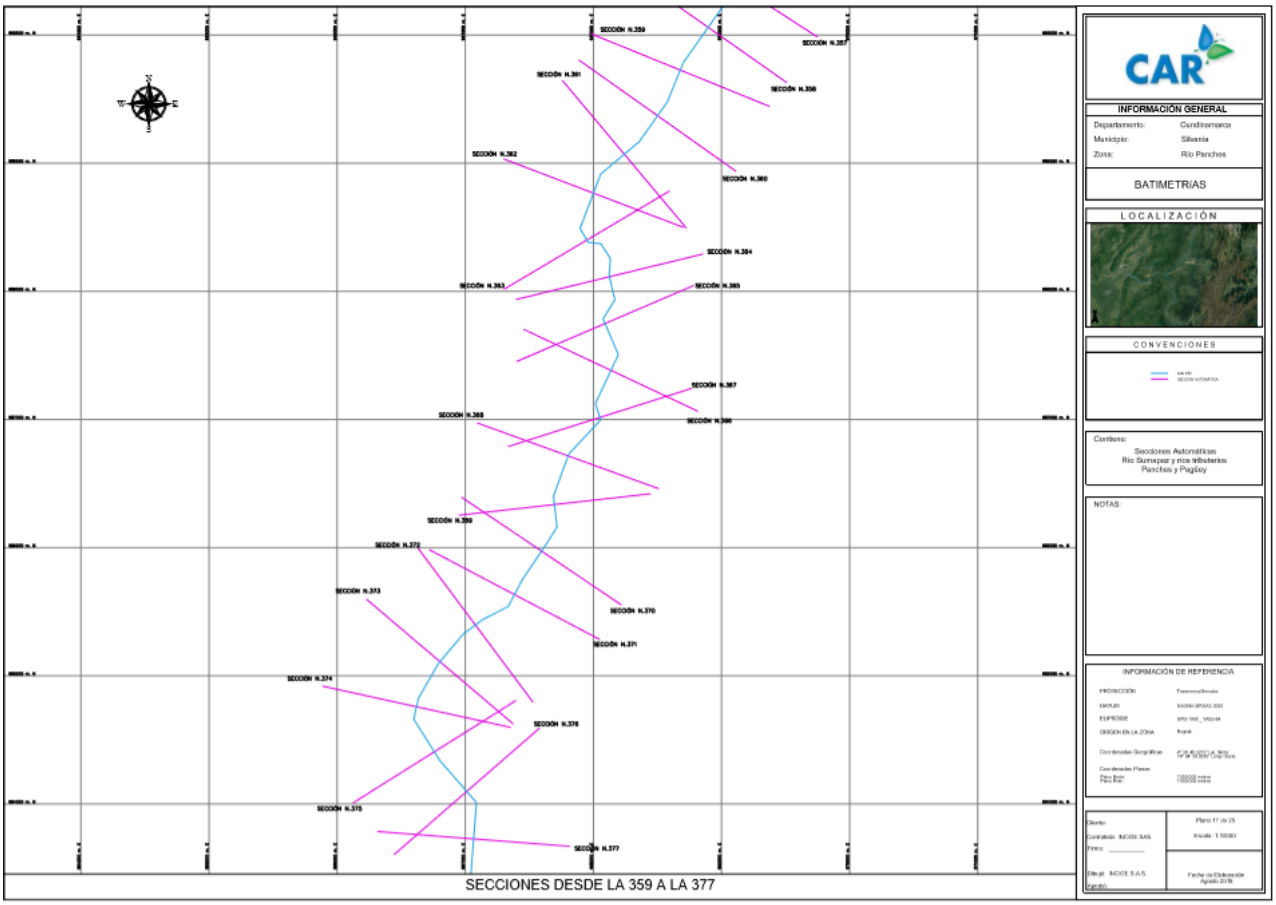


Imagen 47. Ejemplo Salida gráfica o plano en planta

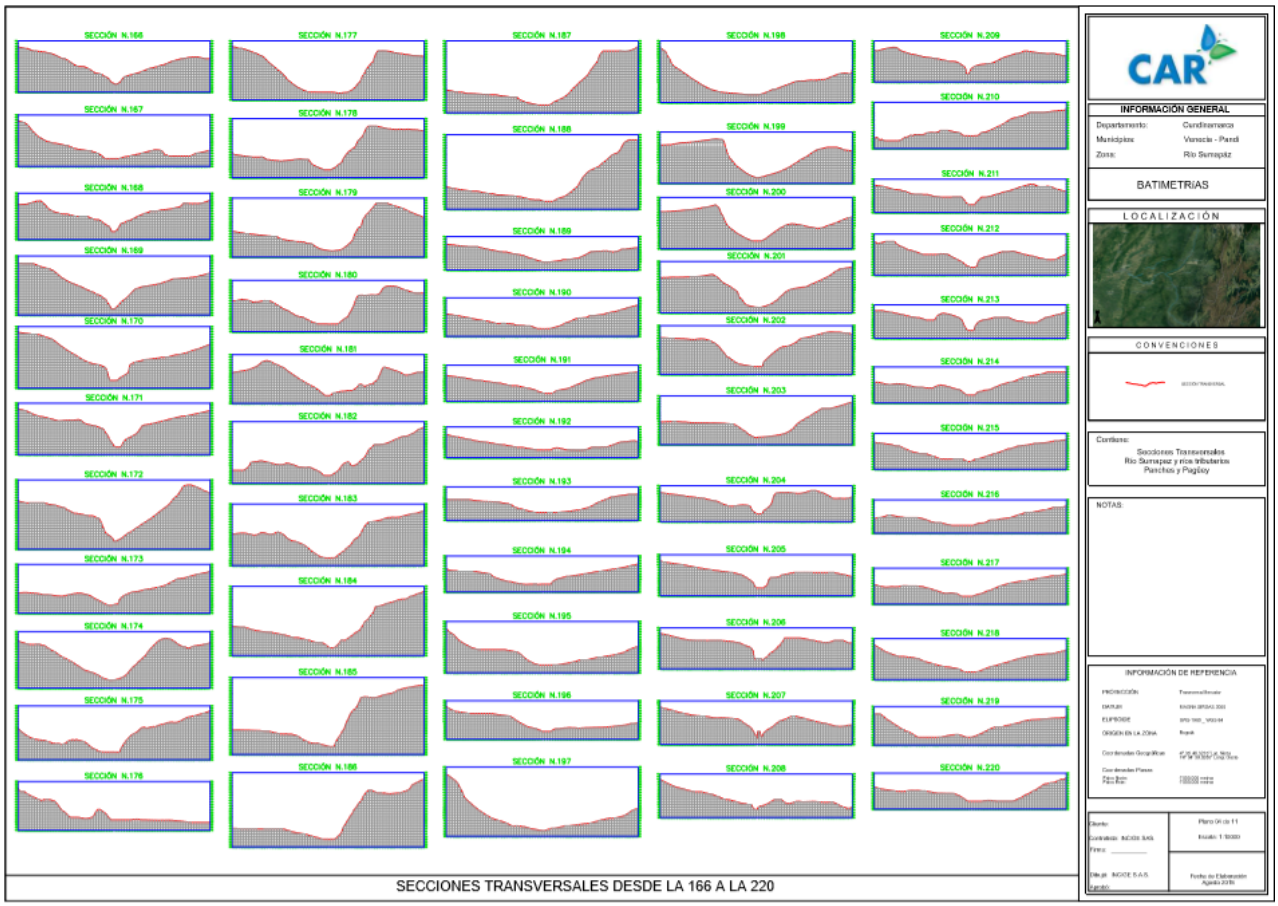


Imagen 48. Ejemplo Salida gráfica o plano secciones transversales

Las secciones generadas a partir del DTM integrado (LiDAR + Batimetría) se anexan en la siguiente carpeta: *\07_MDT\7.4 Secciones Automaticas.*

5.4 TOMA DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS Y DATOS LiDAR

El vuelo combinado de toma de fotografías y datos LiDAR se divide en varias fases antes de dar por finalizado completamente el periodo de vuelo. Entre las fases a llevar a cabo podemos destacar la planificación del vuelo, la petición y obtención de permisos a la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) y AEROCIVIL, La toma de datos (acompañados de apoyo en campo) y el control de calidad inicial sobre los datos, imprescindible para dar por finalizados los vuelos.

5.4.1 Aeronave y sensor empleado

Para el proyecto, se utilizó una aeronave Bimotor por temas de autonomía y seguridad aérea, y los sensores LEICA fotogramétricos láser ALS70HP y RDC30 debidamente calibrados:



Imagen 49. Aeronave Cessna 402B

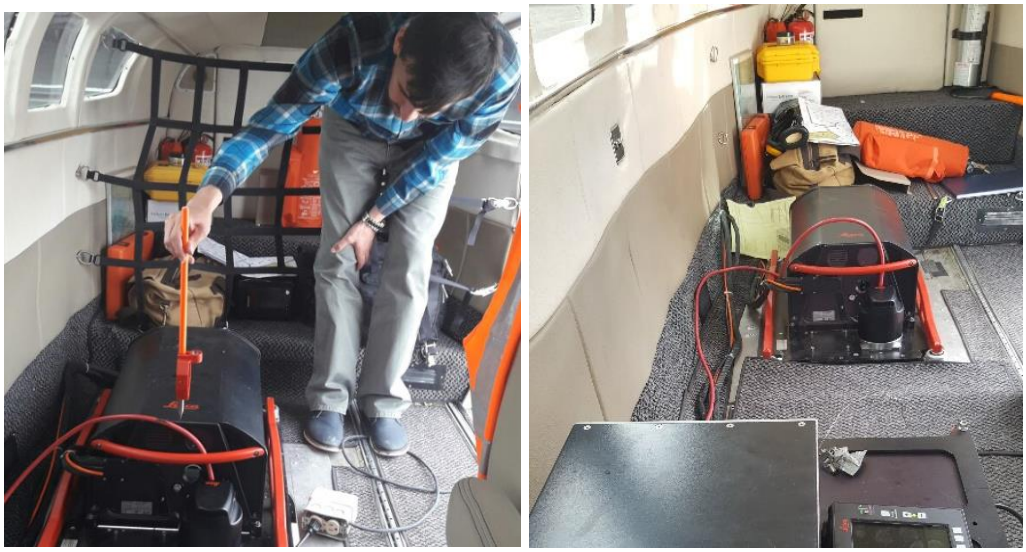


Imagen 50. Medición de level arms y Sensor láser y fotogramétrico ALS70HP + RDC30

Se hace la claridad que la aeronave utilizada para los trabajos de toma de datos ya había sido empleada en zonas similares a la del proyecto con vuelos de toma de datos en zonas de orografía compleja y condiciones extremas de operación. Por lo tanto, se ha probado como adecuada para la ejecución del proyecto. El piloto que llevó a cabo los trabajos posee experiencia previa de vuelos de toma de fotografías datos LiDAR con este el sistema, en distintas zonas del país.

5.4.2 Montaje y configuración del sistema

El viernes 28 de abril de 2017, se procedió a realizar el montaje del equipo a la aeronave, tomando en cuenta todas las normas de calidad de aeronáutica civil, con el fin de garantizar la seguridad de la tripulación como de la aeronave.

El montaje del sistema en la aeronave se realizó en el aeródromo Guaymaral de la ciudad de Bogotá supervisado en todo momento por los mecánicos de vuelo.



Imagen 51. Montaje del sensor ALS70HP + RDC30 en la aeronave Cessna 402B

5.4.3 Diseño del plan de vuelo

Para la generación del plan de vuelo que cumpliera con el cubrimiento de datos y requerimientos técnicos, se estudiaron además las restricciones de vuelo por aspectos de seguridad de los trabajos. Se delimitaron las zonas con restricciones especiales a la realización de los vuelos de toma de datos y se modificaron los parámetros de vuelo en función de dichas restricciones.
Con base en esta información se ha generado un plan de vuelo previo sobre la zona de trabajo para los estudios de costes y diseño de las soluciones técnicas más adecuadas. La siguiente figura muestra la puesta del plan de vuelo sobre el polígono requerido:

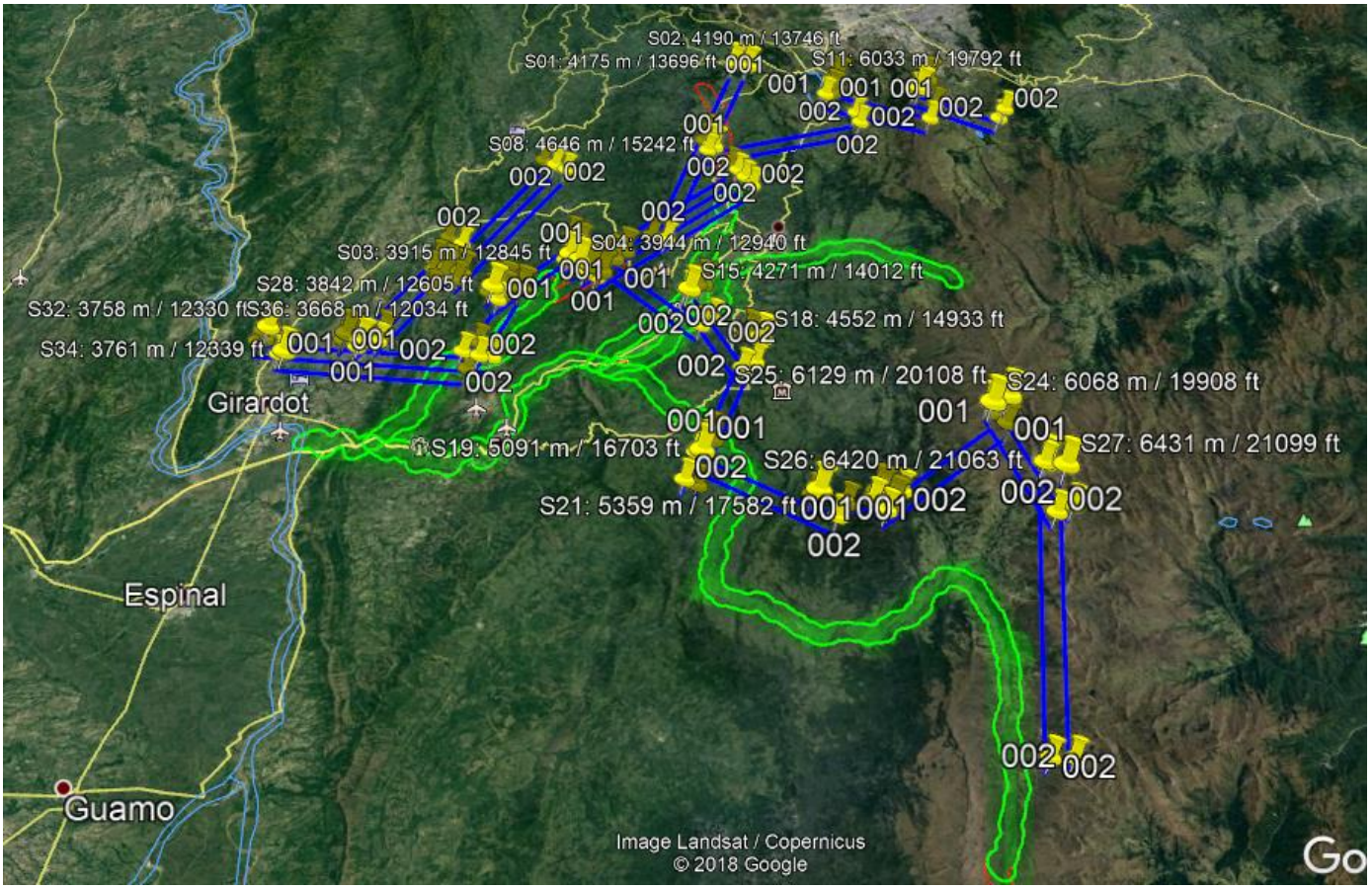


Imagen 52. Plan de vuelo ALS70HP + RDC30 en la aeronave Cessna 402B

Para el vuelo se ha seleccionado una base de apoyo al vuelo localizado en el municipio de Pandi como apoyo GNSS para el proyecto.

5.4.4 Calibración del sensor antes de la toma de datos

El equipo se calibró de forma previa al inicio de los procesos de toma de datos el 19 de mayo del 2017 y se realizó sobre el aeropuerto de Caucasia.

Esta calibración consiste en una prueba de funcionamiento sobre una superficie conocida y levantada topográficamente sobre la que se realizan varias pasadas transversales a distintas alturas de vuelo y con el láser y la cámara con distintos parámetros de configuración.



Imagen 53. Vuelo de calibración ALS70HP + RDC30

En un primer procesado básico rápido, sin comprobación de la precisión planimétrica y altimétrica del equipo se ha comprobado el buen funcionamiento del láser mediante el análisis de cobertura, densidad de datos obtenida e intensidad de los retornos recibida. Con esto se comprueba el buen funcionamiento de emisor y receptor la calibración de la ganancia del receptor y potencia de emisión del emisor. También se observa el buen funcionamiento de la cámara simplemente con la visualización de las imágenes capturadas. En una segunda fase de procesados consecutivos se calculan la distancia y posición (level arm) entre el GPS y la IMU. Es un vector. La distancia entre la IMU, emisor y receptor LiDAR y la cámara. El valor del level arm es el valor fundamental para obtener un buen set de datos.

Es un proceso iterativo de cálculo de software para corregir el procesado de datos hasta que se llega a un resultado de los datos dentro de la tolerancia. Se va calculando el level arm, procesando los datos, obteniendo un nuevo valor de level arm hasta que converge a un valor que es el adecuado para el procesado de datos. La comprobación de la coherencia geométrica de los datos LiDAR se hace en zona llanas para observar el comportamiento altimétrico y en tejados de edificios para comprobar el comportamiento planimétrico. Tras cada iteración del proceso se sacan resultados estadísticos y gráficos de la calidad de la solución obtenida.

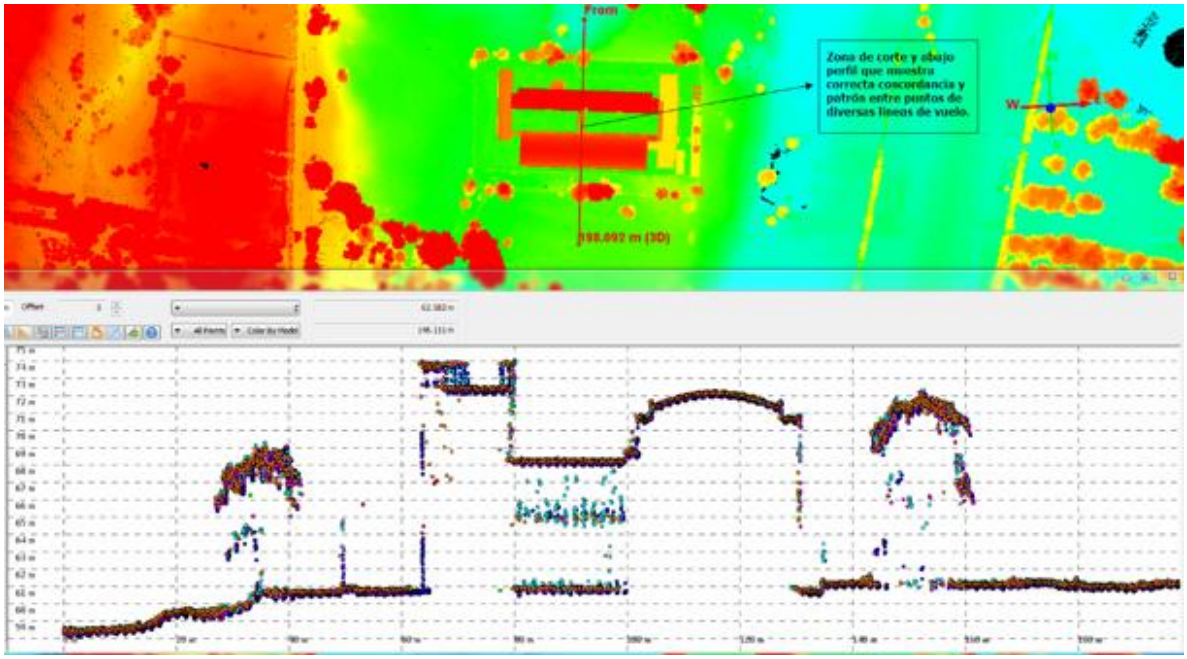


Imagen 54. Set de datos luego de la calibración del sensor en la aeronave

Posteriormente y durante el procesado básico de datos se realiza otra calibración adicional mediante procesos de cálculo iterativos en el que se calculan las correcciones de Roll, Pitch y Heading (en fotogrametría equivalentes a Omega, Phy, Kappa) para cada línea de vuelo y se realiza el proceso de matching (ajuste) entre las distintas líneas de vuelo y entre los distintos vuelos para obtener un set de datos perfectamente homogéneo. Para realizar esta primera calibración no es necesario tomar datos topográficos de campo. Si el set de datos es geométricamente coherente incluyendo pasadas transversales el funcionamiento del equipo es correcto.

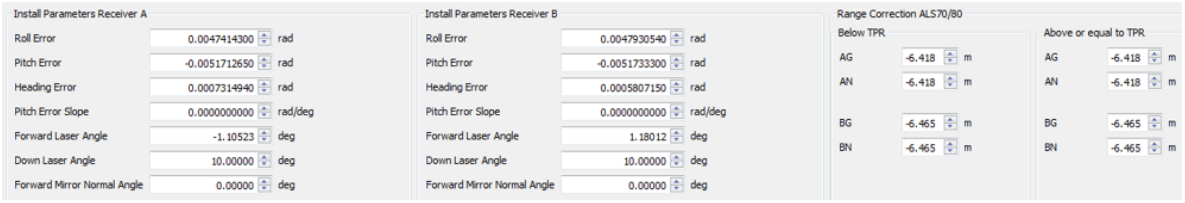


Imagen 55. Resultados de la calibración

5.4.5 Control de calidad durante la captura de datos

El control de calidad durante la toma de datos es limitado y fue llevado a cabo por el operador que se encontraba en la aeronave durante el vuelo. En el proceso de toma de datos el operador observó los siguientes parámetros para asegurar que la toma de datos se realizó correctamente:

— Rango de la señal. Comprobación de que la altura de vuelo es correcta y estable para el rango de distancias que se está midiendo con el láser.

- Comprobación de que el láser está emitiendo pulsos continuamente durante la adquisición y que estos datos se están almacenando correctamente (gracias a los LED indicadores).
- GPS de la aeronave. Número de satélites que se reciben y el valor PDOP. Estos valores deben ser, en todo momento, mayor que seis para el número de satélites y menor que cuatro para el PDOP.
- Dropout rate. Idealmente no debe exceder del 20%.
- Ángulo de “roll” de la aeronave. Idealmente no debe exceder de 15 grados durante la adquisición de los datos para que no se pierda cobertura de satélites.

Además, durante la toma de datos se tuvo en cuenta las siguientes condiciones de escaneo establecidas para el proyecto:

- Luz solar. El trabajo se llevará a cabo siempre empezando a ser posible una hora después de la salida del sol y terminando una hora antes de la puesta del sol. Legalmente las aeronaves sólo pueden volar entre la salida y la puesta de sol. Se han priorizado a su vez los vuelos en las zonas centrales del día para obtener unas buenas condiciones de luz para la generación de ortofotos.
- No existencia de nubes por debajo de las líneas de vuelo. No existencia por debajo de esa altura de niebla, nubes bajas, brumas, concentraciones de vapor de agua, etc.
- Tiempo seco. No puede llover durante la toma de datos.
- No existencia de fuertes vientos o turbulencias que supongan la inestabilidad de la aeronave en vuelo.

5.4.6 Captura de datos

La captura se inició con la puesta de la base de apoyo a los vuelos en PANDI el día 1 de Marzo de 2018, donde por condiciones climáticas fue posible la captura los días 11, 13 y 17 de Marzo de 2018, completando un 95% del área de interés. En la siguiente ilustración se muestran la zona de cubrimiento de los vuelos (Polígono color morado) y las zonas cubiertas con imágenes de satélite de resolución de 1 metro, debido a la imposibilidad de la toma aérea (polígonos color rojo).

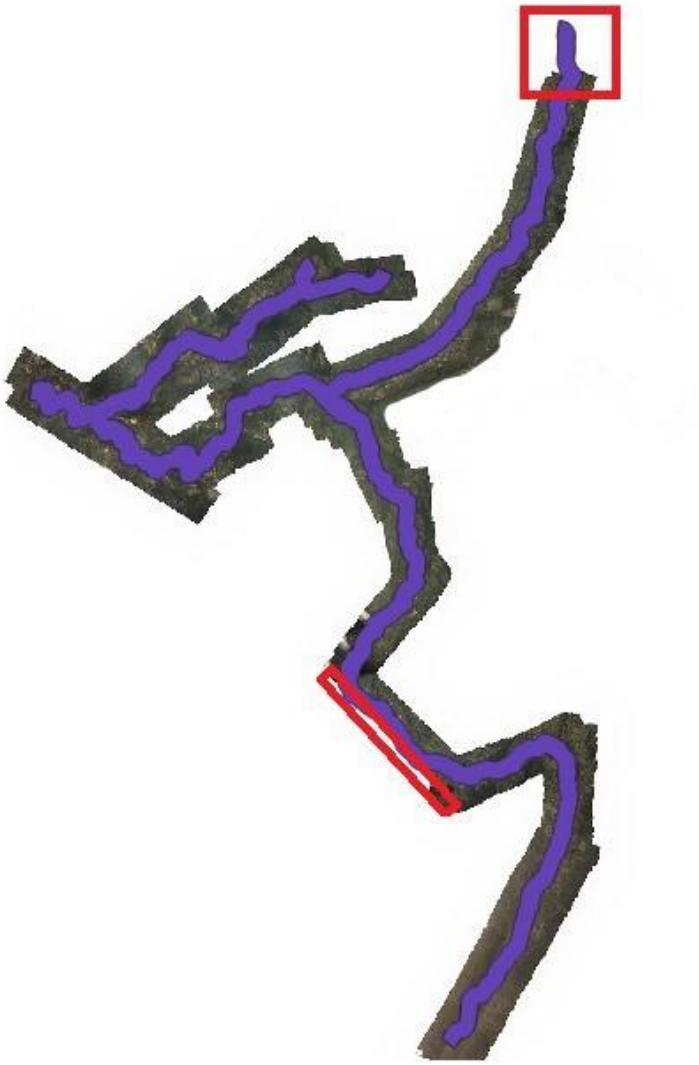


Imagen 56. Cobertura total del vuelo

Los satélites que dan cobertura al área faltante corresponden al WorldView 2 y 3 de fecha de captura 2017:

☑	WV02	2016-05-16	1.0%
☑	WV03	2017-05-26	2.6%
☐	WV02	2016-07-23	3.0%
☐	WV03	2016-10-15	4.3%
☑	WV03	2017-05-26	6.3%

Imagen 57. Fechas de captura de imágenes de satélite

5.4.7 Integridad de los datos

Corresponde a la primera decodificación de los datos brutos obtenidos de los diferentes subsistemas que operan en el avión, donde se puede asegurar:

- Que los tiempos indicados para el primer y último pulso enviado se corresponden con los tiempos dados por el informe de captura de datos obtenido automáticamente.
- Que el 99,8% de impactos del LiDAR que han retornado de forma exitosa y que aseguran la no existencia de zonas sin datos sobre la superficie del terreno, exceptuando zonas cubiertas de agua.
- Que los subsistemas IMU y GPS han estado conectados durante todo el vuelo y un tiempo suficiente antes y después del mismo. También se controla que no existan gaps o faltas de datos de importancia en los datos de estos dispositivos durante la toma de datos de todo el vuelo.

5.4.8 Cobertura total de fotos y datos LiDAR

Dentro del control de calidad inicial se comprobó que los datos tomados en las distintas líneas de vuelo cubren completamente la superficie a escanear y que no existen gaps (zonas sin datos) de ningún tipo en el set de datos obtenido.
Para ello se proyectó la cobertura de las imágenes digitales capturadas durante la toma de datos sobre la frontera de la zona de interés. La toma de datos LiDAR e imágenes digitales fue simultánea. Luego al asegurar la cobertura de imágenes digitales, y la correcta captura de datos LiDAR mediante los métodos descritos en el apartado anterior, se aseguró que la toma de datos fue exitosa. La cobertura de datos LiDAR fue siempre ligeramente mayor a la cobertura de las imágenes digitales capturadas. Luego de esta validación se dio por finalizada la captura de datos en campo.



Imagen 58. Ejemplo de un sector del corredor solicitado capturado

5.4.9 Resultados de la toma de fotografías aéreas y datos LiDAR

Los productos presentan una cobertura en fotografías aéreas y de imágenes de satélite del 100% del corredor solicitado.

La densidad de información estuvo por encima de 0.5 puntos/ m^2 y respecto a las ortofotos estuvo un GSD de 35 cm, sobrepasando el alcance solicitado inicialmente.

Los resultados de los diferentes controles de calidad mostrados a lo largo del documento han resultado exitosos debido al estricto cumplimiento de metodologías y controles sugeridos para la captura de información.

En total:

- Se voló durante 4.4 horas
- Se volaron 40 líneas de vuelo
- Se tomaron 927 fotografías

Todos los archivos, tablas y registros correspondientes se anexan en la siguiente carpeta: *\05_LIDAR.*

5.5 PROCESAMIENTO DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS Y DATOS LIDAR

A continuación, se presentan las diferentes actividades posteriores a la toma de fotografías y datos LiDAR.

5.5.1 Procesamiento de imágenes

Una vez finalizadas las misiones de vuelo se procedió a extraer las fotografías, que se encontraban en formato crudo (RAW), siendo convertidas a formato RGB + NIR.

Como control de calidad se visualizaron las imágenes en un monitor costalando que las tonalidades y el cubrimiento fueran correctos.

5.5.2 Procesamiento de los datos LiDAR

5.5.2.1 Extracción de los datos LiDAR

Para extraer los datos LiDAR, se utilizó la información del punto de apoyo al vuelo, en este caso **PAND**, localizado en el municipio de Pandi; dicha información se refiere a las coordenadas ajustadas, archivos Rinex y carteras de campo. (Ver anexo 1*.1.0 Determinación base de vuelos*)

Para la extracción el software solicita los datos del punto de apoyo y los crudos del LiDAR, el sistema extrae los puntos y los georreferencia con respecto a la base mediante el método cinemático diferencial.

Es necesario aclarar que la nube de puntos generada no se encuentra clasificada y las alturas son elipsoidales.

5.5.2.2 Clasificación Automática de los datos LiDAR

Teniendo en cuenta el tipo de terreno, la intensidad de los puntos, el número de retornos y tipos de cobertura, el software permitió desarrollar una clasificación automática, de tal manera que se pudieron obtener puntos Terreno y No terreno, para ello utilizó un ángulo de procesamiento que en este caso fue inferior a 15°.

5.5.2.3 Clasificación Manual de los datos LiDAR

Los puntos clasificados automáticamente un gran porcentaje fueron correctos, pero debido a las imperfecciones del software se requirió hacer una verificación de dicha clasificación y si se necesitaron correcciones se efectuaron manualmente, este proceso fue dispendioso ya que se tuvo que revisar la totalidad de los puntos.

5.5.2.4 Aplicación del Modelo Geoidal a los datos LiDAR

Las alturas de los puntos clasificados como se dijo anteriormente estaban referidas al elipsoide y como se requieren al nivel medio del mar, se les aplicó la ondulación geoidal respectiva y esto se hizo aplicando el Modelo Geoidal Local, de tal manera que la nube de puntos obtuviera alturas ortométricas.

5.6 GENERACIÓN DEL DSM Y DTM

Con la nube de puntos georreferenciada se procedió a generar el Modelo Digital de Superficie (MDS), el cual es una superficie generada a partir de todos los puntos LiDAR, que tienen el primer retorno. En la siguiente imagen se presenta un detalle del modelo de superficie.

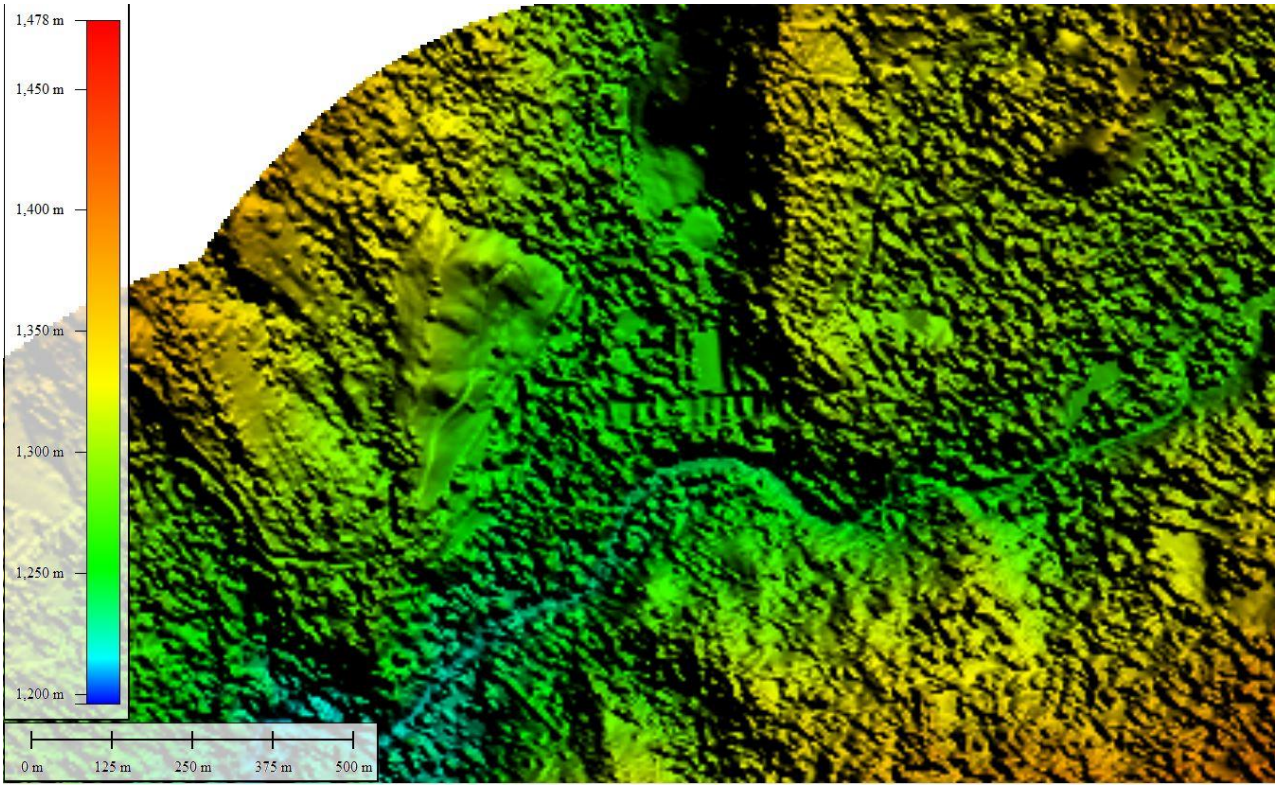


Imagen 59. DSM detalle

Para la generación del Modelo Digital del Terreno (MDT), se procedió a generar una superficie, a partir de todos los puntos LiDAR clasificados como terreno (Ground).

En el Anexo *06_MDS* se anexa el archivo respectivo, en los formatos ASCI y TIFF solicitados.

5.7 GENERACIÓN DEL MODELO INTEGRADO DTM

Durante los trabajos de campo se levantaron secciones batimétricas, con un espaciado de 400 metros y teniendo la nube de puntos LiDAR clasificados como Terreno (Ground), se generó una superficie que integró los dos tipos de información, obteniéndose un único Modelo Digital de Terreno.

Para la generación del Modelo Digital del Terreno (MDT), se procedió a generar una superficie, a partir de todos los puntos LiDAR clasificados como terreno (Ground).

En el *Anexo 07_MDT* se anexa el archivo respectivo, en los formatos ASCI, TIFF y TIN solicitados, en las siguientes imágenes se presenta el modelo completo y detalles.

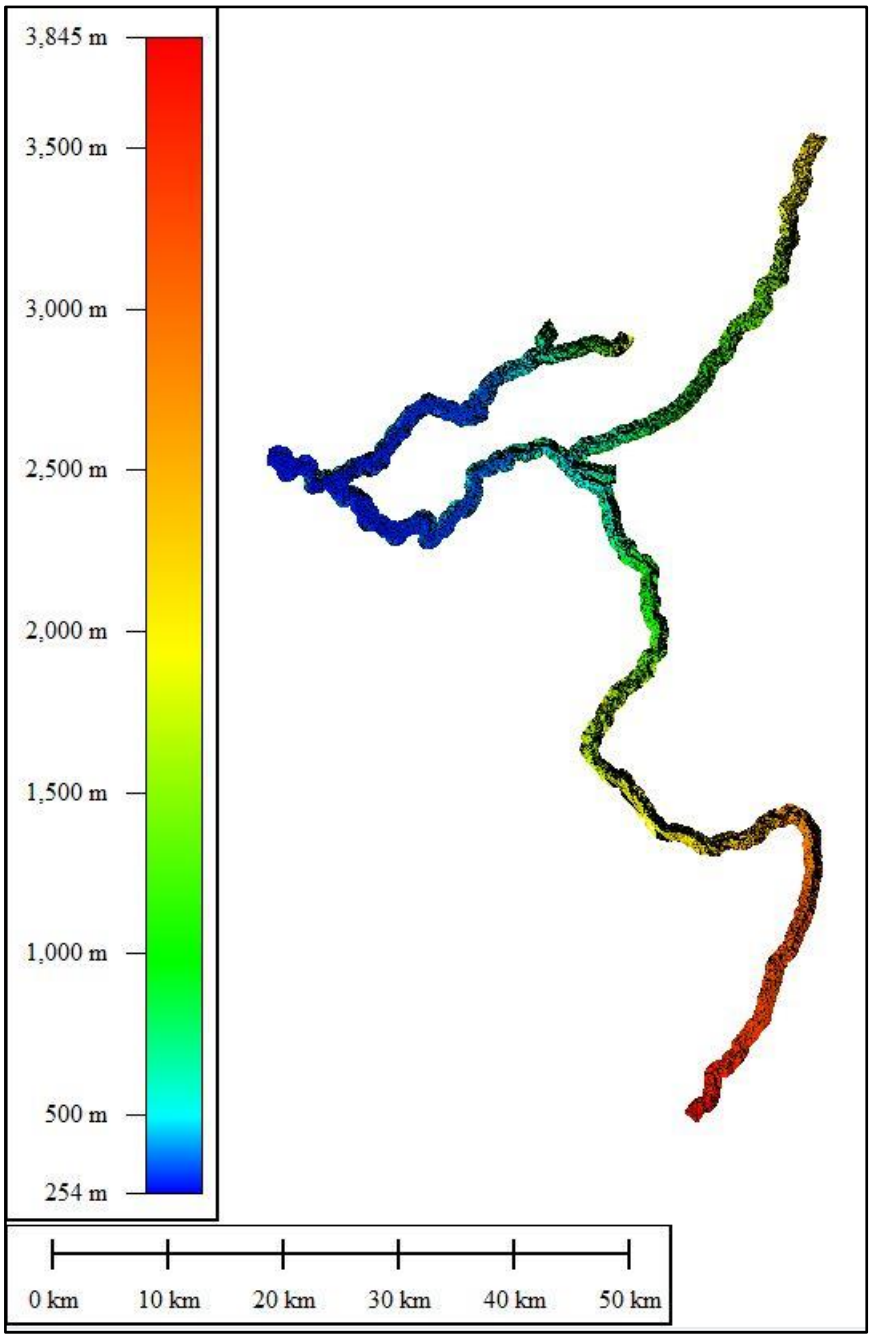


Imagen 60. DTM completo GEOTIFF

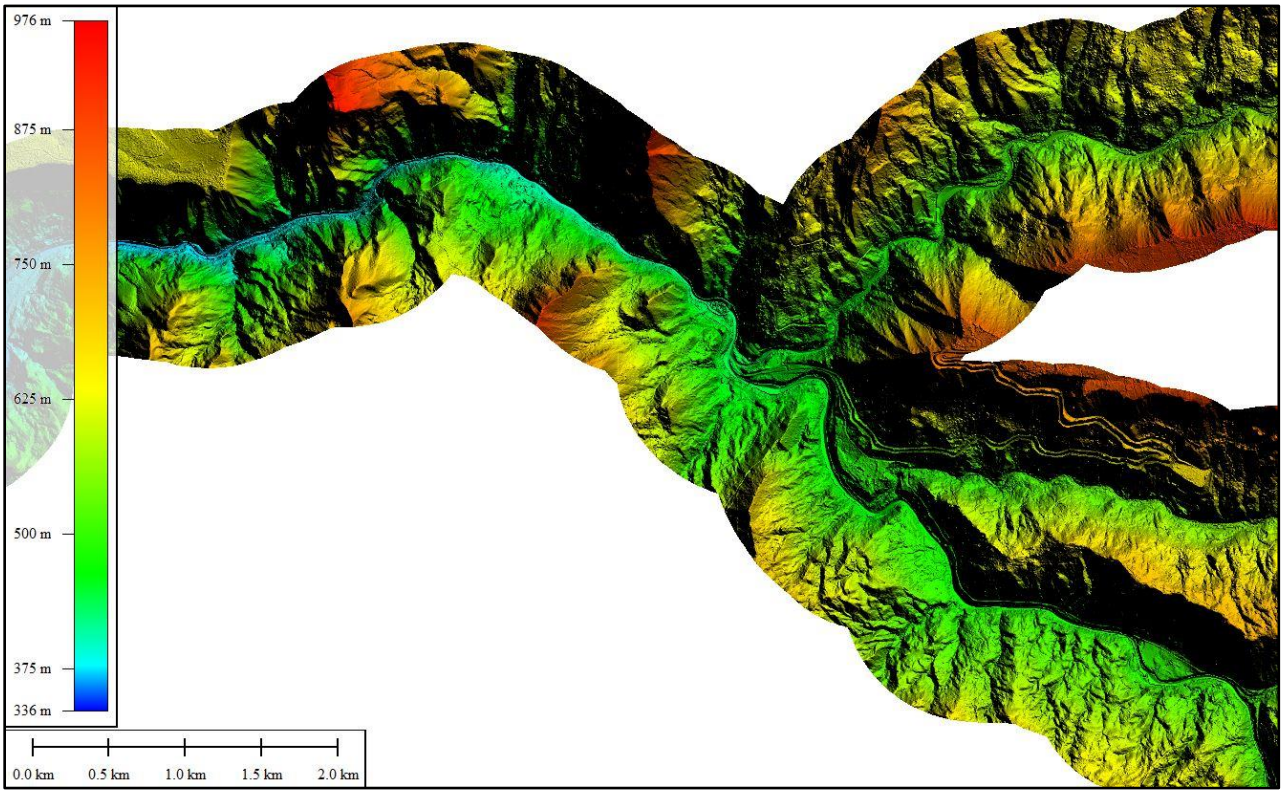


Imagen 61. DTM detalle GEOTIFF

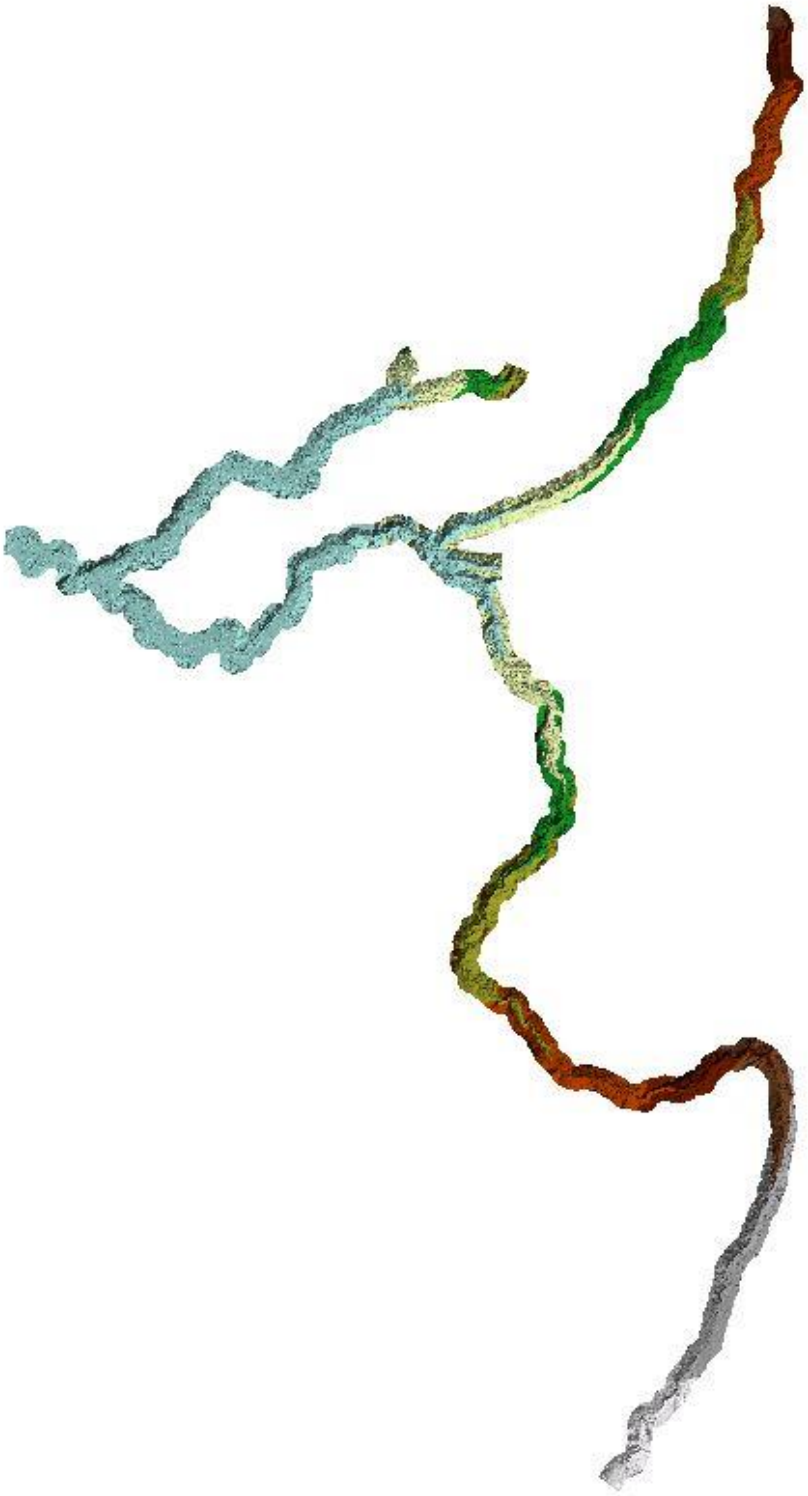


Imagen 62. DTM completo TIN

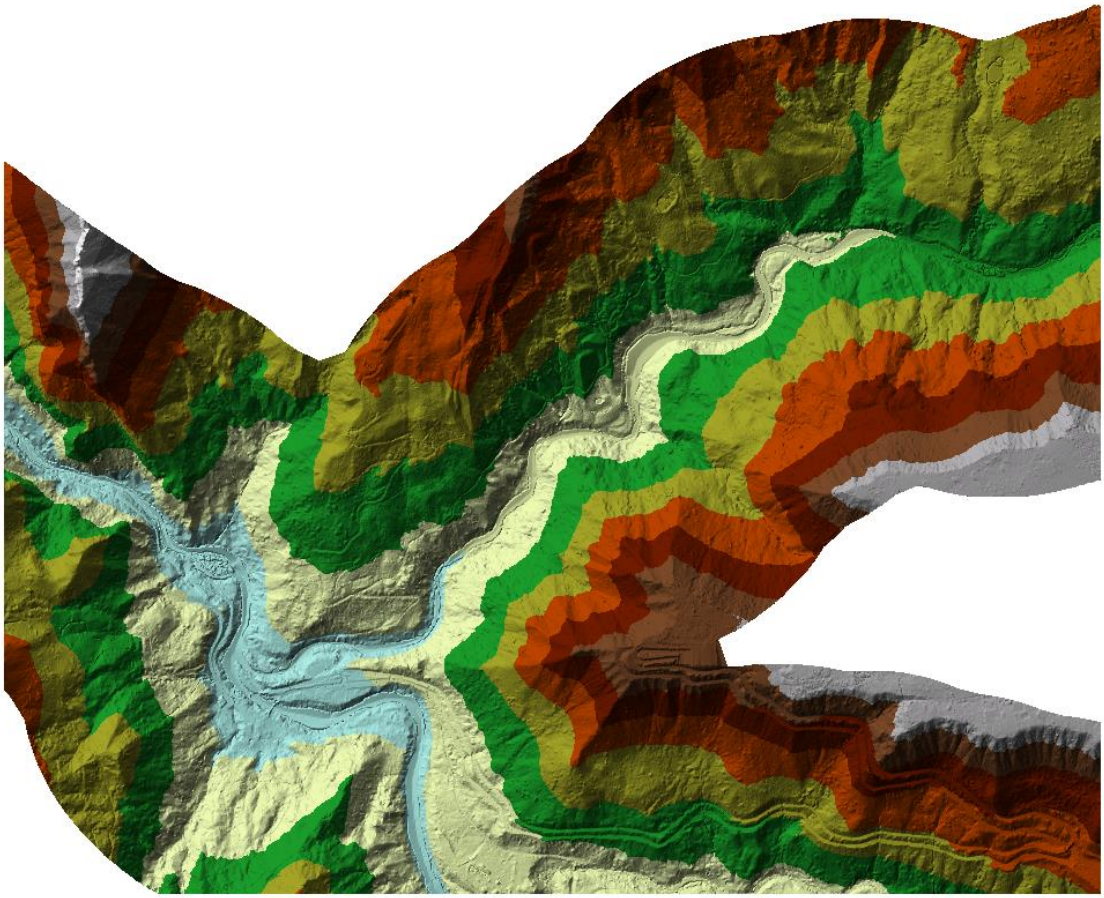


Imagen 63. DTM detalle TIN

5.8 GENERACIÓN DE CURVAS DE NIVEL

Teniendo la superficie del Modelo Digital de Terreno Integrado se generaron curvas de nivel cada 20 metros.



Imagen 64. Curvas de nivel de un sector del corredor solicitado capturado

En el *Anexo 04_CURVAS_DE_NIVEL* se anexa el archivo respectivo, en los formatos DWG y SHP solicitados.

5.9 AEROTRIANGULACIÓN

El proceso de la aerotriangulación se realizó tras la finalización del post-procesado y validación de datos GPS/IMU así como de las imágenes. Igualmente fue necesario completar la fase de apoyo fotogramétrico en cada uno de los bloques para comenzar con esta actividad.

La aerotriangulación se realiza por métodos completamente digitales y empleando parámetros de apoyo aerotransportado como son GPS y/o GPS/IMU.

5.9.1 Ejecución de los puntos de enlace

Este procedimiento tuvo como objetivos:

- La multimedición de puntos de las líneas de vuelo.

- Generar los empalmes de líneas de vuelo.
- Garantizar que cada imagen posea por lo menos 11 puntos de paso.
- Garantizar que cada punto de paso esté presente en por lo menos 3 imágenes.
- Garantizar que cada punto de paso fuera visitado y que correspondiera al mismo elemento y posición en cada una de las imágenes.
- Obtención de un modelo consistente para la realización de la respectiva triangulación.

Al construir el bloque se analizaron los siguientes parámetros

- Altimetría de la zona de interés
- Recubrimientos laterales y longitudinales que deben tener las imágenes según estándares
- Tipo de terreno
- Escala objetivo de captura o GSD para el desarrollo de la misión.

La medición y transferencia de puntos de enlace y de paso, se llevó cabo, de forma semi-automática por técnicas de correspondencia espacial de imágenes. Se midieron, al menos, nueve áreas por fotografía, coincidiendo con la posición de la distribución puntos de Von Gruber, y cada una de estas áreas contuvo, al menos, dos puntos de paso o enlace (según correspondiera).

En la correlación se utilizaron las imágenes digitales a las que se les creó una estructura piramidal, con el fin de optimizar los procesos. En los primeros niveles de la piramidal (excepto resolución) se usó un algoritmo de cálculo basado en la extracción de formas características (Feature-Based Matching, FBM) que procura una precisión de 0,3 pixeles. En los últimos niveles de la pirámide, se emplea el método de correlación de mínimos cuadrados (Least-Squares Matching, LSM), que permite obtener una precisión de 0,1 pixeles.

Los puntos de enlace y de paso obtenidos tras la correlación, fueron depurados por dos vías paralelas e interrelacionadas:

Una de estas consistió en la ejecución de algoritmos de detección automática de errores los cuales eliminaron aquellos puntos cuyo error supera una tolerancia preestablecida.

Por otro lado, se comprobó el enlace de forma interactiva, con el fin de asegurar que existieran, por lo menos, dos puntos en cada zona de Von Gruber, y que mínimo hubiera un punto de enlace entre pasadas en cada área donde se enlaza.

En caso de ser necesario, se midieron manualmente cuantos puntos fueron necesarios.

Ambos procesos fueron repetidos tantas veces como fue necesario hasta cumplir con las exigencias de precisión y de enlace del bloque. Como resultado, se obtuvo la orientación relativa del bloque y su precisión interna.

Al realizar la multimedición (obtención de puntos homólogos de apoyo) se generó un bloque consistente con el cual, y con ayuda del fotocontrol, se desarrolló el proceso de Aerotriangulación.

5.10 RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA

Teniendo el bloque fotogramétrico ajustado (Aerotriangulación), se precedió a digitalizar en 3D todos los elementos cartográficos que se encontraban en cada modelo estereoscópico y de acuerdo al Modelo de Datos para la escala, dicha labor se desarrolló en estaciones digitales fotogramétricas haciendo visión estereoscópica.

Los operadores de fotogrametría tienen una gran experiencia en este tipo de captura.

Como producto de esta actividad se obtuvieron archivos tipo CAD con todos los detalles planimétricos en 3D.

Como control de calidad se hicieron revisiones cartográficas también en estaciones digitales fotogramétricas, por parte de revisores especializados los cuales marcaron mediante polígonos las acciones a tomar como se muestra a continuación:

- Polígono Eliminar
- Polígono Adicionar
- Polígono Modificar

Cada operador procedió a ejecutar la corrección requerida y posteriormente el revisor verifico que se hubiera efectuado correctamente.

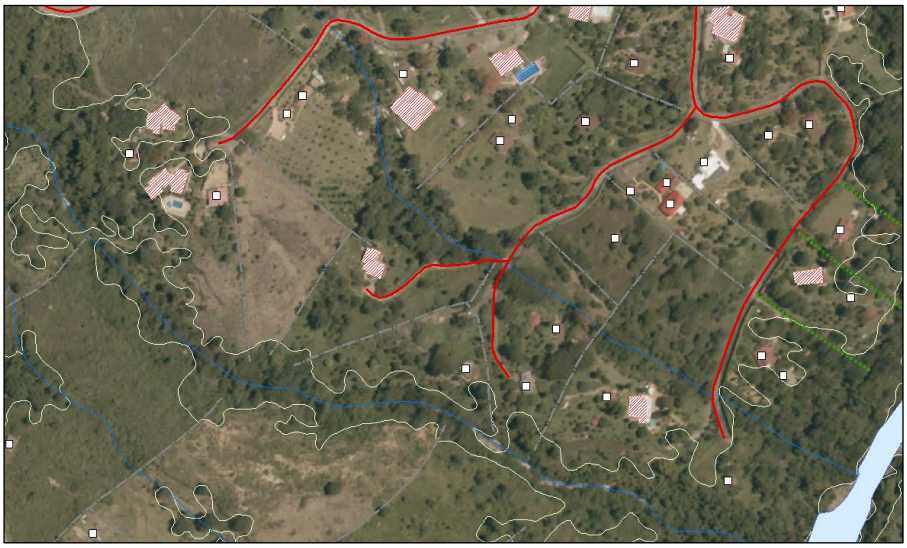


Imagen 65. Restitución cartográfica para escala 1:25000

5.10.1 Edición y estructuración

En estaciones de trabajo se procedió a editar la información vectorial de tal manera que garantizara la correcta geometría de cada elemento, tal como: continuidad de líneas, cierre de polígonos, unicidad de puntos, etc.

Después de desarrollada la edición se estructuro la información en una Geodatabase.

En el *Anexo 03_CARTOGRAFIA* se anexa el archivo respectivo, en los formatos DWG y GDB solicitados.

5.11 FOTOCONTROL

Este proceso consistió en la determinación de coordenadas horizontales y verticales (a partir de GPS en modo estático) de puntos existentes en el terreno, identificables en aerofotografías. Este proceso garantiza una correcta georreferenciación de las imágenes.

5.11.1 Planificación

Se planificó la georreferenciación de 28 puntos de control de campo distribuidos sobre la zona de estudio, dando recubrimiento total a la zona. Se procuró que cada punto fuera perfectamente identificables en las fotografías aéreas. En la siguiente imagen se muestra la localización de dichos puntos.

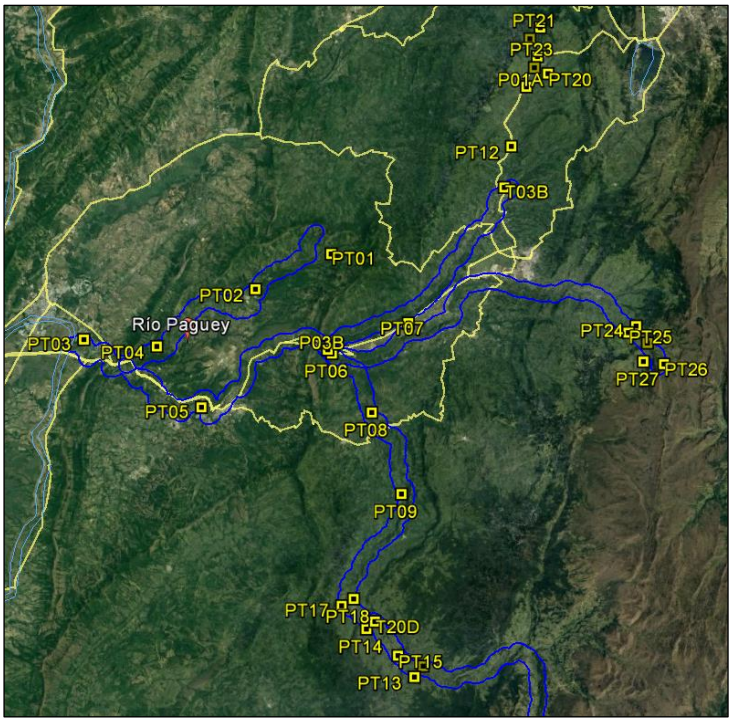


Imagen 66. Distribución 28 puntos de Fotocontrol

5.11.2 Georreferenciación

Para el ajuste y determinación de los puntos de Fotocontrol se utilizaron como puntos de apoyo la Red Geodésica Principal proyecto CAR-Sumapaz (Ver numeral 5.1 RED GEODÉSICA).

5.11.2.1 Georreferenciación Horizontal

A partir de los puntos GPS-P01-A, GPS-P03-B, GPS-T03-B y GPS-T20-D (pertenecientes a la Red Geodésica Principal proyecto CAR-Sumapaz); se realizó la ocupación de los puntos por medio de sistema de POSICIONAMIENTO GLOBAL POR SATÉLITE (GPS), en modo estático diferencial, empleando para dicha labor georeceptores de primer orden, de doble frecuencia, cumpliendo con los parámetros de precisión y tiempos de rastreo exigidos por el IGAC.

La ocupación se llevó a cabo utilizando un equipo como rover en cada punto, operando con observaciones continuas y simultaneas, con tiempos mínimos de rastreo calculados bajo la fórmula:

Tiempo = 15 minutos + 5 minutos por kilómetro de separación entre la base y el Móvil.

Los tiempos de rastreo para cada punto también dependieron de las condiciones atmosféricas, él número de satélites visibles y la presencia de objetos que interfieran con la señal.

La georreferenciación implicó entre otros los siguientes requerimientos:

- Mínimo de satélites visibles a asegurar: 5
- Componente geométrico de la dilución de precisión PDOP < 5.
- Mascara de elevación de 10 grados.
- Distancia entre puntos hasta 100 km en doble frecuencia con efemérides de emisión, cumpliendo con el tiempo requerido.
- Exclusión satélites descompuestos.
- Recolección de datos para tres dimensiones.
- Levantamiento en modo diferencial.
- Rata de rastreo y compactación de 0.5 segundos.

Cada grabación en campo cuenta con una memoria u hoja de control de registro de operación que contiene datos básicos como: el día juliano, el punto, la altura instrumental y horas de cada una de las sesiones, para controlar la cantidad de puntos por equipo y la coincidencia entre los tiempos de recepción. *(Ver anexo \01_BASES, RED GEODESICA Y FOTOCONTROL\1.1.1 Archivos crudos y rinex\1.1.1.2 Fotocontrol)*.

La ocupación de los puntos se realizó desde el día 29 de mayo hasta el 04 de junio de 2018, de la siguiente manera:

- El día 29 de mayo de 2018, correspondiente al día GPS 149, se ocuparon los puntos PT01, PT02, PT03, PT04 y PT05, utilizando como punto para la determinación la base GPS-P03-B.

- El día 30 de mayo de 2018, correspondiente al día GPS 149, se ocuparon los puntos PT06, PT08 y PT09, utilizando como punto para la determinación la base GPS-P03-B.

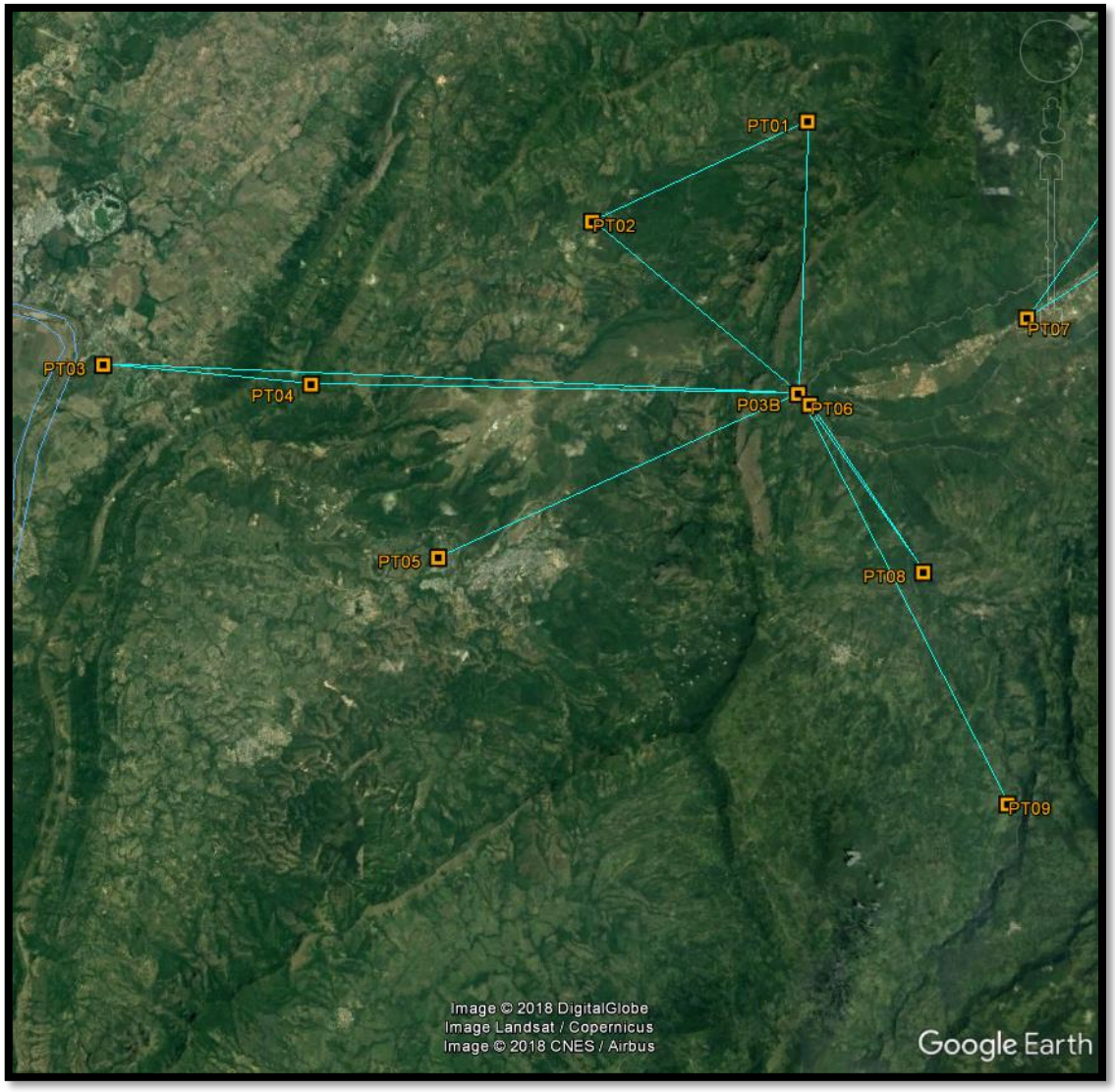


Imagen 67. Esquema de determinación desde el punto GPS-P03-B

- El día 31 de mayo de 2018, correspondiente al día GPS 151, se ocuparon los puntos PT13, PT14, PT15, PT16, PT17 y PT18, utilizando como punto para la determinación la base GPS-T20-D.

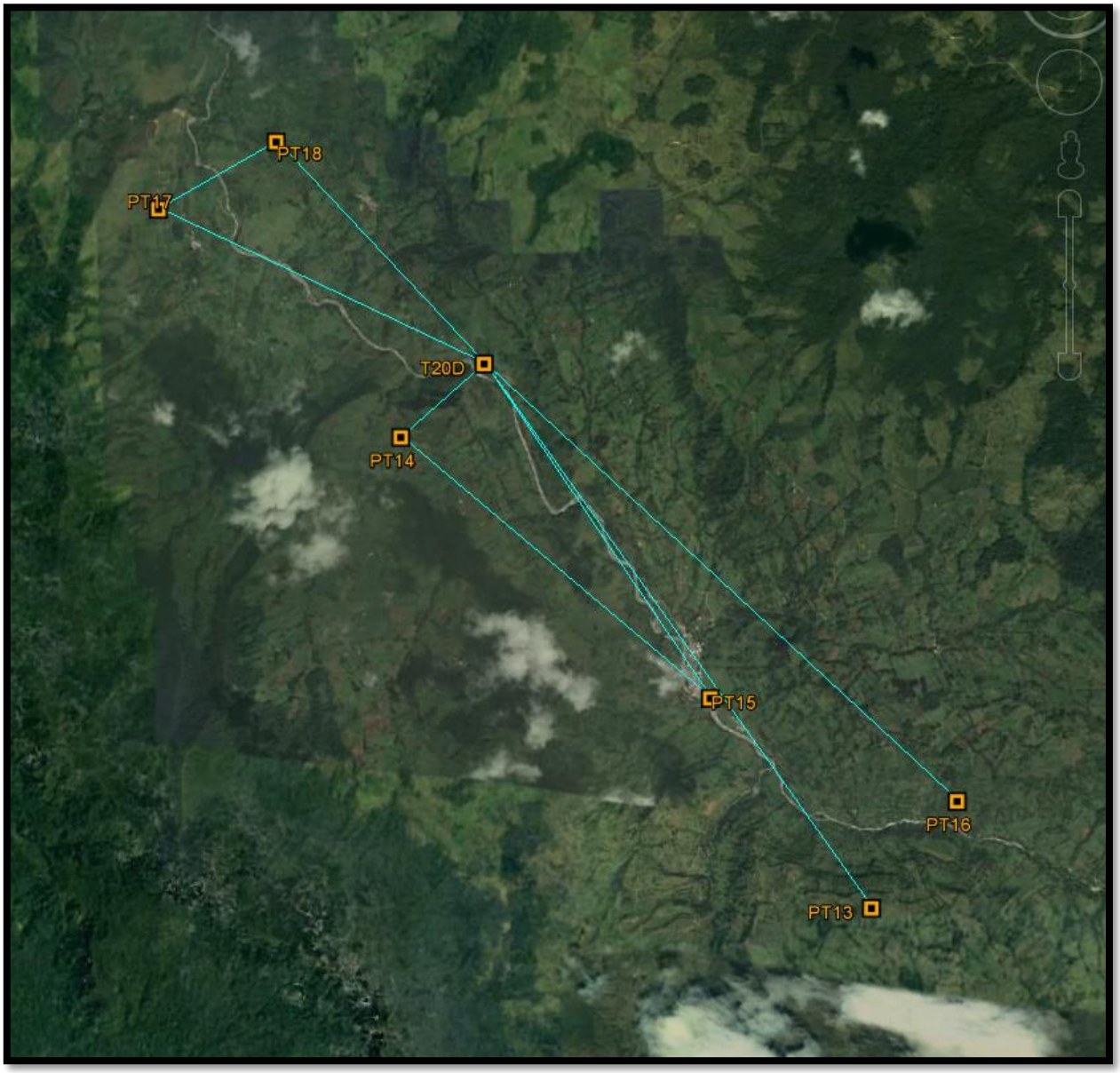


Imagen 68. Esquema de determinación desde el punto GPS-T20-D

- El día 02 de junio de 2018, correspondiente al día GPS 153, se ocuparon los puntos PT19, PT20, PT21, PT22 y PT23, utilizando como punto para la determinación la base NP-25312001 equivalente al punto GPS-P01-A.

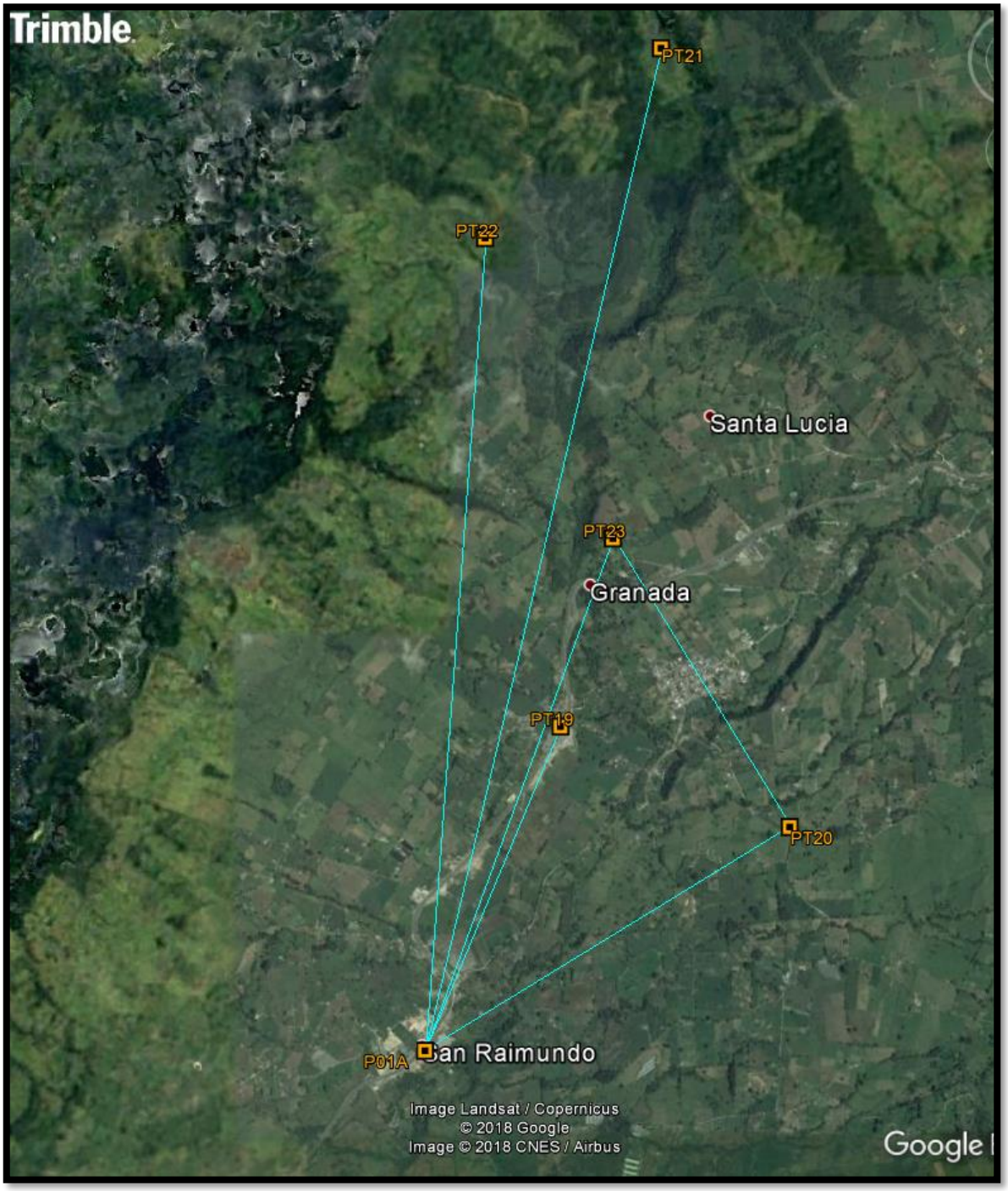


Imagen 69. Esquema de determinación desde el punto GPS-P01-A

- El día 03 de junio de 2018, correspondiente al día GPS 154, se ocuparon los puntos PT07, PT10, PT11 y PT12, utilizando como punto para la determinación el punto GPS-T03-A.

- El día 04 de junio de 2018, correspondiente al día GPS 155, se ocuparon los puntos PT24, PT25, PT26, PT27 y PT28, utilizando como punto para la determinación el punto GPS-T03-A.

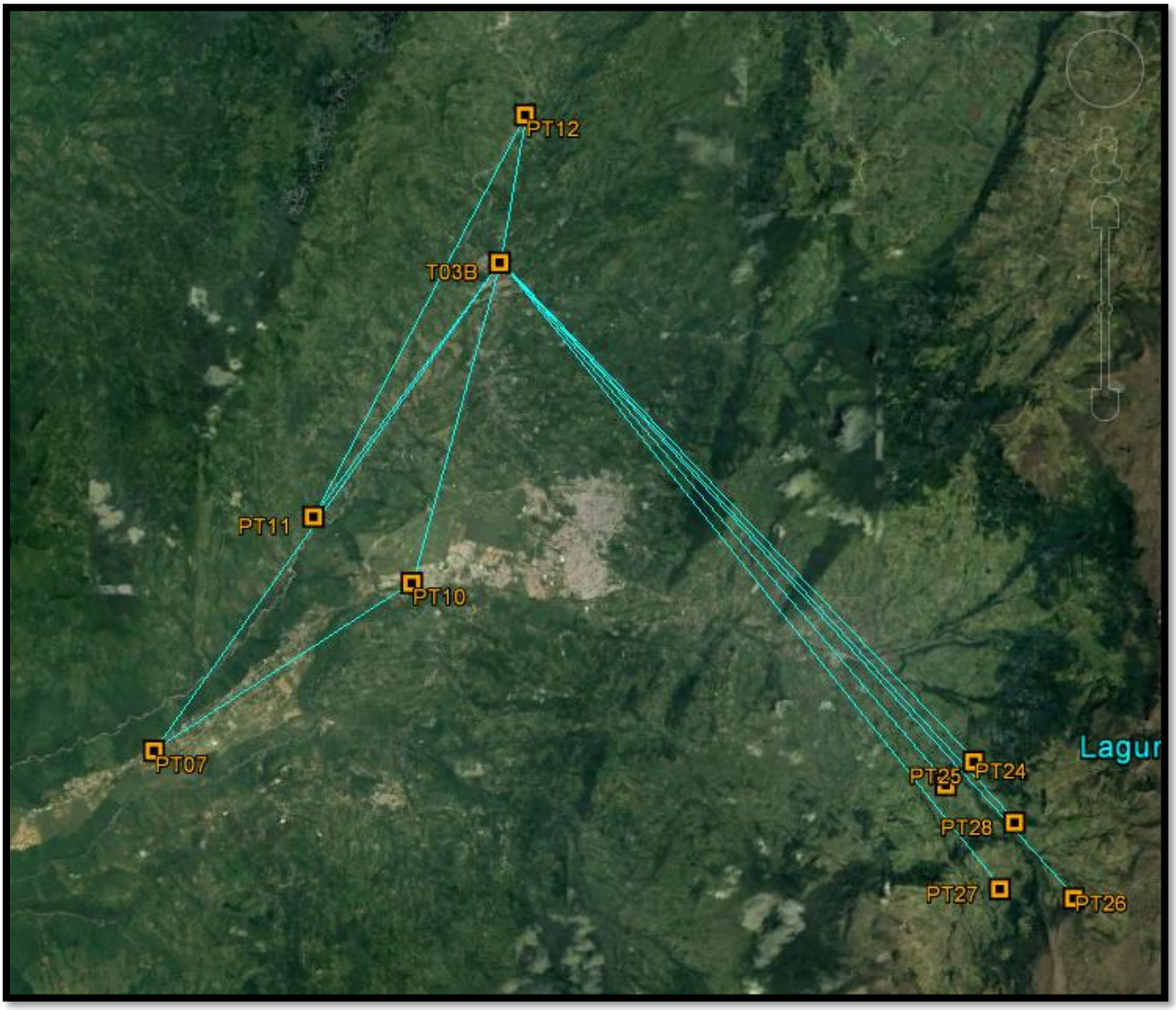


Imagen 70. Esquema de determinación desde el punto GPS-T03-B

5.11.2.2 Procesamiento de la Información

Ya en oficina se realizó la descarga y procesamiento de la información para obtener las coordenadas y elevación de cada punto, aplicando todos los pasos de la metodología IGAC para cálculo de puntos determinados por el sistema de GPS.

Los pasos que se siguieron se relacionan a continuación:

- Sistema de coordenadas: Marco Geocéntrico Nacional De Referencia “MAGNA” para Colombia desde estaciones pasivas del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas “SIRGAS”, el cual se denomina convencionalmente MAGNA-SIRGAS.

- Se llevó a cabo la solución de cada vector obtenido hecha la verificación de cada antena y altura instrumental con los formatos de ocupación GPS.

  Los residuales obtenidos para cada vector dentro del ajuste libre permitieron evaluar la calidad de cada posición, seleccionarlas y definir los vectores que serán sometidos al ajuste controlado, que arrojará las coordenadas finales del proyecto, bien sea geocéntricas (X,Y,Z) o geodésicas [φ, λ, h].

- Se realizó el cálculo de velocidades para cada punto y se aplicaron teniendo en cuenta la diferencia de épocas: de rastreo 2018.2 y época de referencia 1995.4.

- Conversión de coordenadas a orígenes correspondientes; coordenadas Planas de Gauss-Krugger en origen CENTRAL.

-

5.11.2.3 Precisiones

Asumiendo una buena distribución geométrica de los satélites en el espacio (PDOP <5), más de 5 satélites comunes entre el receptor de la base y los receptores remotos, ausencia de los objetos que produzcan múltiples reflexiones de las señales y periodos de baja actividad atmosférica con receptores GPS de doble frecuencia se obtiene en modo Estático:

- Horizontal: 0.020 m + 1.0 ppm
- Vertical: 0.050 m + 1.0 ppm
- Azimut: 0.15 + 1.5 / Long. De la línea base (Km).

Como resultado del procesamiento de la información se entrega lo siguiente (*1.1.4.3 Fotocontrol*):

- “Esquema de determinación”: Documento que muestra la radiación de la línea BASE - ROVER para la determinación de cada uno de los puntos.
- “Informe de Procesamiento de Líneas Base”: Documento en las que se muestra que las líneas o vectores tuvieron una solución “fija” es decir que están dentro del rango determinado de calidad y precisión.
- “Informe de Derivaciones de Puntos”: Documento que muestra el resumen y desarrollo del proceso da cálculo y ajuste de la Red Geodésica determinada bajo parámetros Topográficos y Geodésicos.
- “Informe de ajuste de red”: Documento en el que se evidencia el ajuste realizado por el software, el cual nos muestra las precisiones y la repartición realizada.

5.11.2.4 Georreferenciación Vertical

La georreferenciación vertical se realizó por medio de la determinación de la altura sobre el nivel del mar empleando el método de "Puntos dispuestos a lo largo de un perfil", que ha establecido el IGAC en la *"Guía Metodológica para la Obtención de Alturas Utilizando el sistema GPS"* realizando un ajuste por mínimos cuadrados en una hoja de cálculo de Excel.

Para la determinación de alturas sobre el nivel medio del mar, a partir de alturas elipsoidales, se utilizaron como puntos de referencia los vértices 13-BS-1 del IGAC con cota geométrica certificada. Estos puntos se encuentran localizados cerca al área del proyecto.

Los aspectos que se tuvieron en cuenta para la determinación de alturas sobre el nivel medio del mar son:

- Se utilizó modelo geoidal GEOCOL2004 para el cálculo de alturas ortométricas de los puntos.
- Se empleó la *GUÍA METODOLÓGICA PARA LA OBTENCIÓN DE ALTURAS SOBRE EL NIVEL MEDIO DEL MAR UTILIZANDO EL SISTEMA GPS* del IGAC para realizar el cálculo de la altura ortométrica para cada punto.
- Los puntos geodésicos utilizados para el cálculo de alturas ortométricas pertenecen al Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS cuya certificación se encuentra en el anexo correspondiente *Certificaciones IGAC.*
- El procedimiento llevado a cabo para el cálculo de alturas ortométricas se encuentra en el anexo 1.1.8 correspondiente *Cálculo de Alturas Ortométricas.*

Los circuitos realizados para el cálculo de Alturas Ortométricas se realizaron de la siguiente manera:

- **(GPS-P-01 al GPS-P-05)**

- **Circuito T1-P1-T2-T3-P2**

El circuito parte del punto 13-BS-1 con cota certificada, pasando por el punto de paso A14-S-1, se comienza dando el ajuste de altura ortométrica al circuito que pasa por los puntos GPS-T-01-A, GPS-P-01 (25312001), GPS-T-02-A (25743007), GPS-T-03-A (26743002) y GPS-P-02-A; pertenecientes a la red principal (P-XX) y a la red topográfica (T-XX), finalizando en los puntos de paso A43-S-1, B46-S-1, y terminando el ajuste con el punto B47-S-1.

- **Circuito T4**

El circuito parte del punto GPS-P-02-A previamente ajustado en el circuito anterior pasando por el punto GPS-T-04-A y cerrando el ajuste en el punto B47-S-1.

- **Circuito T5-T6-P3-T15**

El circuito parte del punto B47-S-1 con cota certificada, este circuito se realiza intercalando puntos de paso con puntos de la red principal y topográfica en el siguiente orden B48-S-1, GPS-T-05-A, B51-S-1, GPS-T-06-A, B52-S-1, A54-S-1, GPS-P-03-A, B63-S-1, GPS-T-15-A (A66-S-1) terminando el ajuste de alturas ortométricas en el punto B68-S-1.

- **Circuito T14-T13**

El circuito parte del punto B68-S-1 con cota certificada, pasando por el punto de la red topográfica GPS-T-14-A (A70-S-1) seguido de los puntos de paso A71-S-1 y B72-S-1, el siguiente punto de la red topográfica es el GPS-T-13-A (A76-S-1) y el circuito cierra en el punto 77-S-1.

- **Circuito T12-P5-T11**

El circuito parte del punto 77-S-1 con cota certificada, pasando por los puntos de paso B78-S-1 y 79-S-1, se comienza dando el ajuste de altura ortométrica al circuito que pasa por el punto GPS-T-12-A (25488004) seguido del punto de paso A83-S-1 y los puntos de la red topográfica GPS-P-05-A y GPS-T-11-A, cerrando el circuito en el punto B96D-S-1.

- **(PAREJAS DEL GPS-P-01 al GPS-P-05)**

- **Circuito P1**

El circuito parte del punto GPS-P-01 (25312001) de la red principal previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*" pasando por el punto GPS-P-01-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-P-01 (25312001).

- **Circuito P2**

El circuito parte del punto GPS-P-02-A de la red principal previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*" pasando por el punto GPS-P-02-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-P-02-A.

- **Circuito P3**

El circuito parte del punto GPS-P-03-A de la red principal previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*" pasando por el punto GPS-P-03-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-P-03-A.

- **Circuito P5**

El circuito parte del punto GPS-P-05-A de la red principal previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*" pasando por el punto GPS-P-05-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-P-05-A.

- **Circuito T1**

El circuito parte del punto GPS-T-01-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*" pasando por el punto GPS-T-01-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-01-A.

- **Circuito T2**

El circuito parte del punto GPS-T-02-A (25743007) de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*" pasando por el punto GPS-T-02-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-02-A (25743007).

- **Circuito T3**

El circuito parte del punto GPS-T-03-A (26743002) de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*" pasando por el punto GPS-T-03-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-03-A (26743002).

- **Circuito T4**

El circuito parte del punto GPS-T-04-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*" pasando por el punto GPS-T-04-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-04-A.

- **Circuito T5**

El circuito parte del punto GPS-T-05-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*" pasando por el punto GPS-T-05-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-05-A.

- **Circuito T6**

El circuito parte del punto GPS-T-06-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*" pasando por el punto GPS-T-06-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-06-A.

- **Circuito T15**

El circuito parte del punto GPS-T-15-A (A66-S-1) de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*" pasando por el punto GPS-T-15-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-15-A (A66-S-1).

- **Circuito T14**

El circuito parte del punto GPS-T-14-A (A70-S-1) de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*" pasando por el punto GPS-T-14-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-14-A (A70-S-1).

- **Circuito T13**

El circuito parte del punto GPS-T-13-A (A76-S-1) de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*" pasando por el punto GPS-T-13-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-13-A (A76-S-1).

- **Circuito T12**

El circuito parte del punto GPS-T-12-A (25488004) de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*" pasando por el punto GPS-T-12-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-12-A (25488004).

- **Circuito T11**

El circuito parte del punto GPS-T-11-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*" pasando por el punto GPS-T-11-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-11-A.

- **(GPS-T-16-A al GPS-T-22-A)**

- **Circuito T16-T17-T18-P6-T19-T20-T21-T22**

El circuito parte del punto GPS-P-03-A de la red principal previamente ajustada en el circuito "*GPS-P-01 al GPS-P-05*", pasando por el punto de paso 25290001, se comienza dando el ajuste de altura ortométrica al circuito que pasa por los puntos GPS-T-16-A, GPS-T-17-A, GPS-T-18-A, GPS-P-06-A, GPS-T-19-A, GPS-T-20-A, GPS-T-20-D, GPS-T-21-A; pertenecientes a la red principal (P-XX) y a la red topográfica (T-XX), seguido del punto de paso 25120002 y el punto de la red topográfica GPS-T-22-A, finalizando en los puntos de paso SAZ-CD-886, LA-UNION-CD-886, SANTA-ANA-CD-885, SAZ-CD-885, CAPITOLIO-CD-883, SAZ-CD-883, SAZ-CD-882, SAN-JUAN-CD-882, CD-500A, 8-CM-17 y CD-501B, terminando el ajuste de alturas ortométricas con el punto 1-CM-17.

- **(PAREJAS DEL GPS-T-16-A al GPS-T-22-A)**

- **Circuito T16**

El circuito parte del punto GPS-T-16-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-16-A al GPS-T-22-A*" pasando por el punto GPS-T-16-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-16-A.

- **Circuito T17**

El circuito parte del punto GPS-T-17-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-16-A al GPS-T-22-A*" pasando por el punto GPS-T-17-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-17-A.

- **Circuito T18**

El circuito parte del punto GPS-T-18-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-16-A al GPS-T-22-A*" pasando por el punto GPS-T-18-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-18-A.

- **Circuito P6**

El circuito parte del punto GPS-P-06-A de la red principal previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-16-A al GPS-T-22-A*" pasando por el punto GPS-P-06-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-P-06-A.

- **Circuito T19**

El circuito parte del punto GPS-T-19-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-16-A al GPS-T-22-A*" pasando por el punto GPS-T-19-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-19-A.

- **Circuito T20AB**

El circuito parte del punto GPS-T-20-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-16-A al GPS-T-22-A*" pasando por el punto GPS-T-20-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-20-A.

- **Circuito T20CD**

El circuito parte del punto GPS-T-20-D de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-16-A al GPS-T-22-A*" pasando por el punto GPS-T-20-C y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-20-D.

- **Circuito T21**

El circuito parte del punto GPS-T-21-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-16-A al GPS-T-22-A*" pasando por el punto GPS-T-21-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-21-A.

- **Circuito T22**

El circuito parte del punto GPS-T-22-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-16-A al GPS-T-22-A*" pasando por el punto GPS-T-22-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-22-A.

- **(GPS-T-29-A)**

- **Circuito T29**

El circuito parte del punto 16-CM-11 con cota certificada, pasando por los puntos de paso 25-CM-11, 25878001, GPS-C-T-100 y GPS-C-T-99, se comienza dando el ajuste de altura ortométrica al circuito que pasa por el punto GPS-T-29-A; perteneciente a la red topográfica (T-XX), finalizando en los puntos de paso GPS-P-03-A y B52-S-1, terminando el ajuste en el punto A54-S-1.

- **(GPS-T-30-A al GPS-T-10-A)**

- **Circuito T30-T7-T8-P4-T9-T10**

El circuito parte del punto GPS-T-29-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-29-A*", se comienza dando el ajuste de altura ortométrica al circuito que pasa por los puntos GPS-T-07-A, GPS-T-08-A, GPS-C-T-80, GPS-P-04-A (GPS-C-T-79), GPS-T-09-A y GPS-T-10-A; pertenecientes a la red principal (P-XX) y a la red topográfica (T-XX), finalizando en los puntos de paso A83-S-1, GPS-P-05-A y GPS-T-11-A, terminando el ajuste de alturas ortométricas con el punto B96D-S-1.

- **(PAREJAS DEL GPS-T-29-A al GPS-T-10-A)**

- **Circuito T29**

El circuito parte del punto GPS-T-29-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-29-A*" pasando por el punto GPS-T-29-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-29-A.

- **Circuito T30**

El circuito parte del punto GPS-T-30-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-30-A al GPS-T-10-A*" pasando por el punto GPS-T-30-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-30-A.

- **Circuito T7**

El circuito parte del punto GPS-T-07-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-30-A al GPS-T-10-A*" pasando por el punto GPS-T-07-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-07-A.

- **Circuito T8**

El circuito parte del punto GPS-T-08-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-30-A al GPS-T-10-A*" pasando por el punto GPS-T-08-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-08-A.

- **Circuito P4**

El circuito parte del punto GPS-P-04-A (GPS-C-T-79) de la red principal previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-30-A al GPS-T-10-A*" pasando por el punto GPS-P-04-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-P-04-A (GPS-C-T-79).

- **Circuito T9**

El circuito parte del punto GPS-T-09-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-30-A al GPS-T-10-A*" pasando por el punto GPS-T-09-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-09-A.

- **Circuito T10**

El circuito parte del punto GPS-T-10-A de la red topográfica previamente ajustada en el circuito "*GPS-T-30-A al GPS-T-10-A*" pasando por el punto GPS-T-10-B y cerrando el ajuste en el mismo punto GPS-T-10-A.

Las tablas de cálculos se pueden visualizar en el anexo *\01_BASES, RED GEODESICA Y FOTOCONTROL\1.1.8 Cálculo de alturas ortometricas\1.1.8.2 Fotocontrol.*

5.11.2.5 Coordenadas Ajustadas Fotocontrol

A continuación, se muestran las tablas con las coordenadas ajustadas:

Tabla 42. Coordenadas Ajustadas puntos de Fotocontrol

CAR SUMAPAZ FOTOCONTROL - COORDENADAS MAGNA SIRGAS ÉPOCA 2018.2									
PUNTO	COORDENADAS GEODÉSICAS					COORDENADAS PLANAS DE GAUSS ORIGEN BOGOTÁ		Cota m.s.n.m.m.	DESCRIPCIÓN
	LATITUD		LONGITUD		ALTURA ELIPSOIDAL	NORTE	ESTE		
PT01	4°20'49.71171"	N	74°32'36.41427"	W	840.000	972474.821	948279.399	820.027	PT01
PT02	4°18'54.45106"	N	74°36'44.84386"	W	366.069	968939.297	940616.605	347.036	PT02
PT03	4°16'09.56788"	N	74°46'08.46833"	W	306.272	963888.242	923231.666	287.733	PT03
PT04	4°15'47.08083"	N	74°42'08.72831"	W	308.886	963191.148	930624.419	290.271	PT04
PT05	4°12'27.85018"	N	74°39'42.13589"	W	327.174	957067.565	935140.545	308.144	PT05
PT06	4°15'23.78147"	N	74°32'33.85293"	W	506.499	962462.906	948352.279	486.478	PT06
PT07	4°17'03.31283"	N	74°28'23.39129"	W	1151.905	965515.955	956077.644	1131.064	PT07
PT08	4°12'10.87278"	N	74°30'23.11707"	W	713.777	956534.877	952380.678	692.833	PT08
PT09	4°07'43.89780"	N	74°28'45.77460"	W	1157.021	948332.489	955378.568	1134.632	PT09
PT10	4°19'35.86604"	N	74°24'28.22113"	W	1525.052	970198.549	963331.583	1503.302	PT10
PT11	4°20'36.17162"	N	74°25'57.93029"	W	1168.271	972052.230	960566.261	1146.940	PT11
PT12	4°26'41.94056"	N	74°22'44.71432"	W	1851.601	983285.082	966528.485	1829.551	PT12
PT13	3°57'44.29711"	N	74°28'03.46119"	W	2281.594	929913.712	956674.797	2257.020	PT13
PT14	4°00'21.65316"	N	74°30'40.98511"	W	2135.523	934749.703	951817.813	2111.955	PT14
PT15	3°58'54.45815"	N	74°28'57.39052"	W	1878.767	932069.669	955012.165	1854.624	PT15
PT16	3°58'20.02117"	N	74°27'34.77105"	W	2103.738	931010.644	957560.376	2079.163	PT16
PT17	4°01'37.91632"	N	74°32'02.13343"	W	1789.440	937093.679	949315.860	1766.405	PT17
PT18	4°02'00.38462"	N	74°31'22.68513"	W	1742.750	937783.178	950533.106	1719.627	PT18
PT19	4°30'59.99586"	N	74°21'28.88523"	W	2304.835	991210.930	968869.335	2282.514	PT19
PT20	4°30'40.52001"	N	74°20'44.33986"	W	2296.618	990612.166	970242.316	2274.098	PT20
PT21	4°33'11.49075"	N	74°21'09.33032"	W	2559.537	995249.875	969473.688	2537.316	PT21
PT22	4°32'34.69674"	N	74°21'43.52097"	W	2710.642	994120.068	968419.299	2688.491	PT22
PT23	4°31'36.45481"	N	74°21'18.69373"	W	2428.041	992330.732	969183.937	2405.720	PT23
PT24	4°16'53.28203"	N	74°15'55.42557"	W	2825.773	965199.065	979142.337	2800.852	PT24
PT25	4°16'32.02313"	N	74°16'20.85150"	W	2759.986	964546.251	978358.124	2735.145	PT25
PT26	4°14'48.75816"	N	74°14'24.00460"	W	3490.542	961373.433	981960.634	3464.720	PT26
PT27	4°14'57.28210"	N	74°15'31.57886"	W	3172.234	961635.726	979876.849	3146.721	PT27
PT28	4°15'57.84993"	N	74°15'18.17198"	W	3058.243	963496.087	980290.715	3032.870	PT28

5.12 GENERACIÓN ORTOFOTOS

Es el proceso mediante el cual se eliminan todas las distorsiones geométricas de las fotografías aéreas tales como:

- Distorsión de la lente de la cámara
- Diferencias de escala debido al relieve del terreno
- Desplazamiento debido al relieve del terreno
- Inclinación de la cámara sobre cada uno de los ejes X, Y, Z

Además, las imágenes generadas quedan totalmente georreferenciadas y su geometría es equivalente a un mapa, es decir es una proyección ortogonal.

Para su generación se utilizaron como insumos, el bloque aerotriangulado, las fotografías aéreas, el modelo digital del terreno (DTM).

En un primer paso se generaron las ortofotos individuales y posteriormente se unieron mediante la conformación de un ortofotomosaico (Una imagen única de todo el proyecto), por último, se cortaron por planchas individuales.

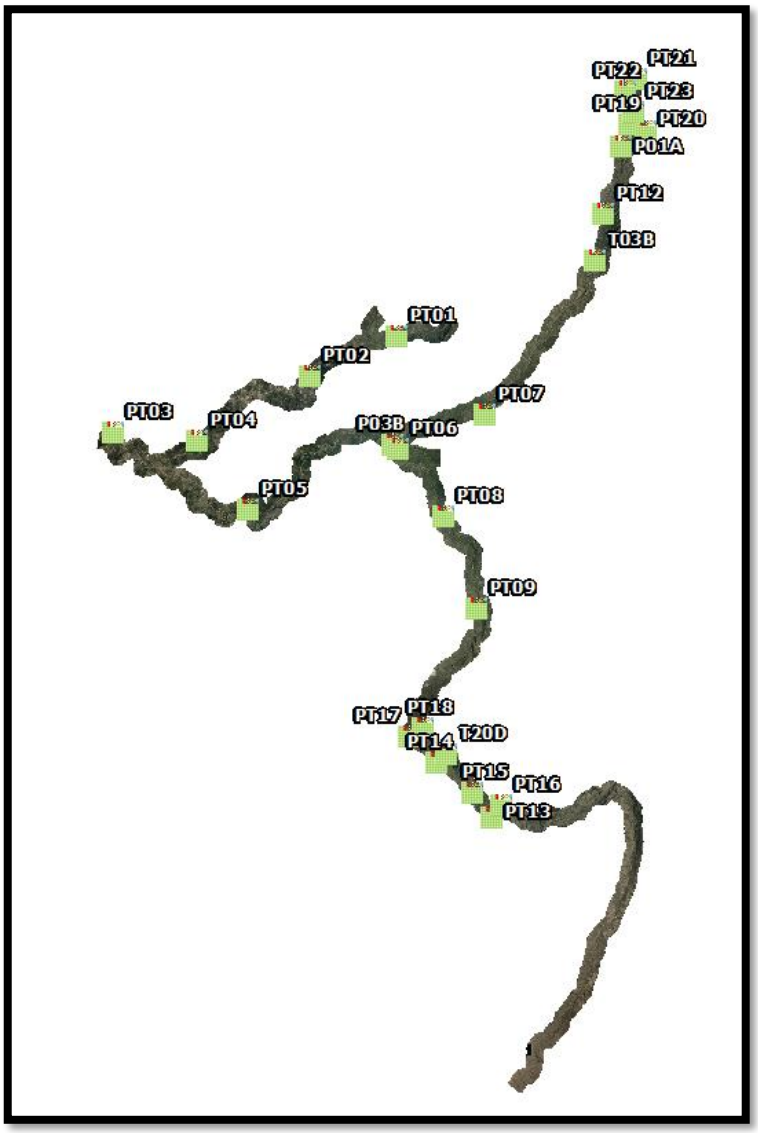


Imagen 71. Localización de puntos fotocontrol

El ortofotomosaico generado se presenta en las siguientes imágenes:

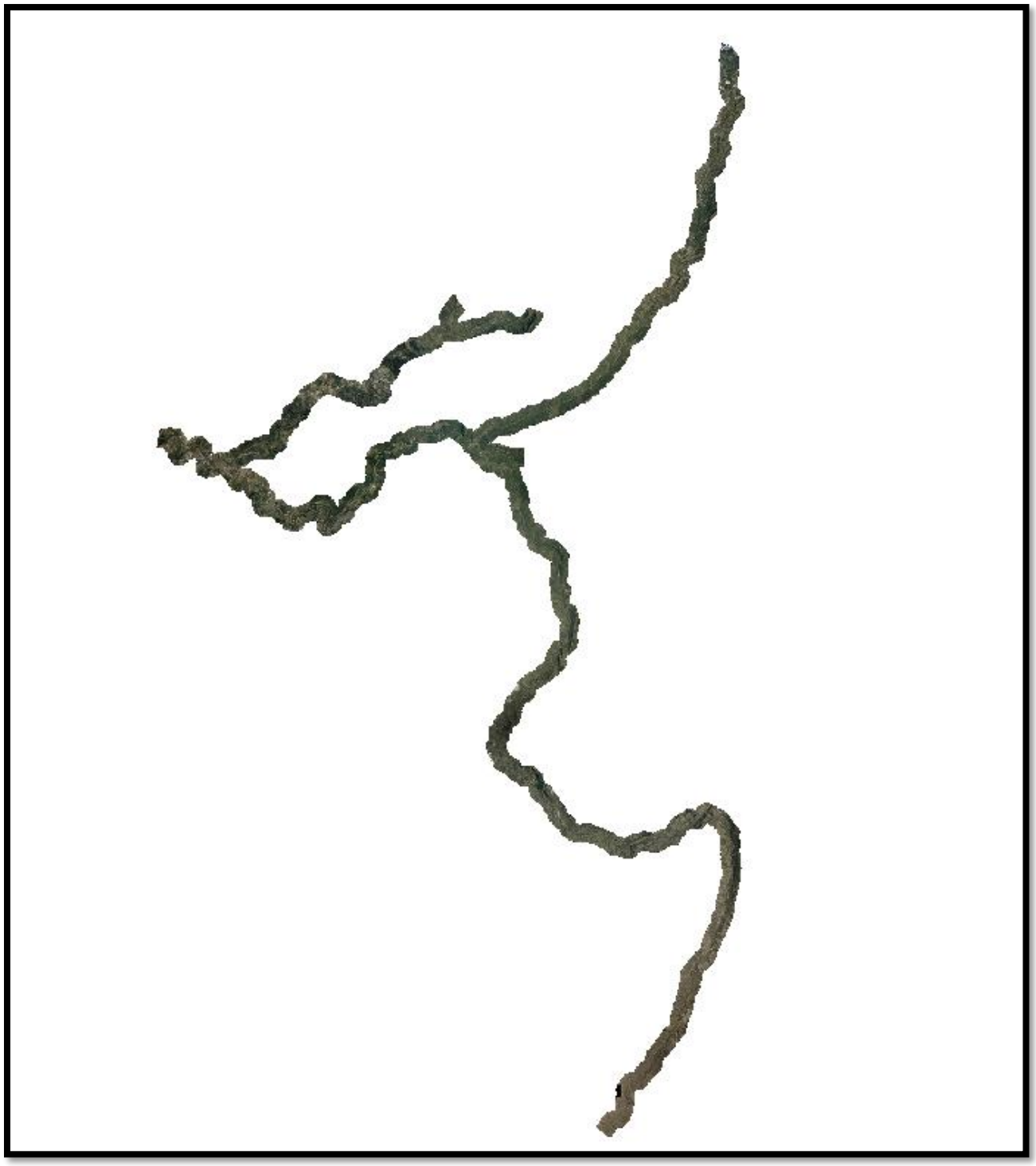


Imagen 72. Ortofotomosaico



Imagen 73. Detalle Ortofotomosaico

En el *Anexo 08_ORTOFOTO* se anexa el archivo respectivo, en los formatos TIF y ECW solicitados.

5.13 REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA E INFORMES

5.13.1 Representación cartográfica

Se elaboró la cartografía correspondiente al área de estudio, en escala 1:25.000 así:

a) Mapa Base: mapa de ubicación general del tramo del proyecto, en relación con los municipios, veredas, asentamientos poblacionales, áreas protegidas regionales y locales e infraestructura (vías, etc.).

b) Mapa de sistema hídrico, patrones de drenaje y de geomorfología.

c) Mapa de la localización del amojonamiento.

Los archivos en los formatos PDF y MXD solicitados se anexan en la carpeta: *\03_CARTOGRAFIA\3.3 Representacion Cartografica.*

5.13.2 Informes

Los informes solicitados, incluidos los de avance, entrega de productos y final se anexan en la carpeta *10_INFORMES.*

6. COMPONENTE SOCIAL

6.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar estrategias y herramientas académicas que contribuyan a reducir y mitigar los impactos de las obras en las áreas de influencia de INCIGE SAS, a través de los colaboradores, contratistas, trabajadores y demás actores que participan en los procesos desarrollados por la empresa ejecutándolo en todas las fases de los proyectos de infraestructura como eje transversal de las actividades diarias.

6.1.1 Objetivos específicos

- Informar mediante convocatorias abiertas antes, durante y después del proceso de infraestructura en evento público a la comunidad, empresas contratantes, interventorías, fuerzas políticas y vivas de las zonas de influencia en los procesos que llevan a cabo.

- Realizar procesos de socialización personalizado con los ciudadanos donde se realizan procesos de infraestructura, habilitando canales de atención, recepción y gestión de PQRSF.

- Realizar acompañamiento social a los procesos técnicos buscando aclarar dudas e inquietudes de la comunidad, autoridades, fuerzas sociales visibles y las demás que dieren lugar en el escenario social.

- Capacitar al personal de INCIGE SAS sobre la transversalidad del proceso de gestión social en la empresa y su importancia para el equilibrio administrativo, financiero y de responsabilidad social empresarial.

6.2 ETAPAS DEL PROCESO EN EJECUCIÓN

- Diagnostico zona de influencia directa del proyecto.

- Ejecución de formatos necesarios para el proyecto (formato acta – listado de asistencia – acceso voluntario a predios – convocatoria).

- Estrategia de comunicación (reunión con dignatarios – líderes comunitarios – comunidad en general – elaboración de piezas informativas – cuñas radiales).

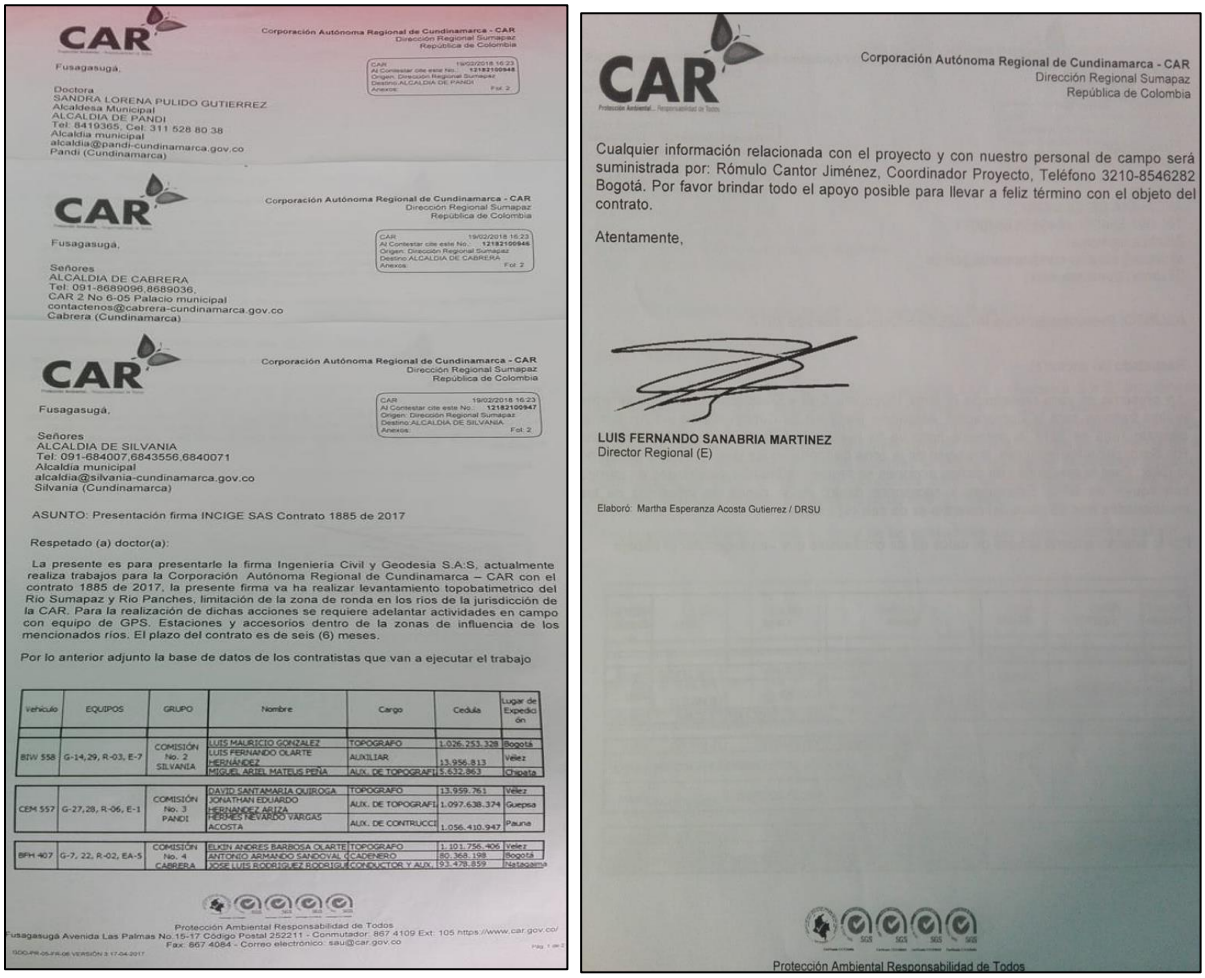
- Reuniones comunitarias

6.3 PRESENTACIÓN Y SOCIALIZACIÓN INICIAL DEL PROYECTO

Por ello se adelantaron una serie de actividades basadas en estrategias previamente planeadas basados en la observación primaria, datos, fuentes y bibliografía de cada una de las zonas de impacto; las cuales se encuentran en el documento de diagnóstico de campo, siempre enfatizando la multi y pluriculturalidad que abarca un proyecto lineal que hace indispensable un componente social con la experticia suficiente para atender los múltiples requerimientos comunales.

Inicialmente se contactó la Dirección Regional Sumapaz CAR, gestionando una carta de presentación de los grupos de topografía que están realizando trabajos de campo dirigida a toda la comunidad de los municipios en los cuales esta dirección tiene jurisdicción con el fin de que permitan el acceso a la ronda de los ríos Sumapaz, Panches y Paguey, buscando realizar las mediciones correspondientes.

A continuación se muestran unas imágenes de las cartas de presentación, emitidas por la CAR..



Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR
Dirección Regional Sumapaz
República de Colombia

Fusagasugá,

Doctora
SANDRA LORENA PULIDO GUTIERREZ
Alcaldesa Municipal
ALCALDIA DE PANDI
Tel: 8419365, Cel: 311 528 80 38
Alcaldia municipal
alcaldia@pandi-cundinamarca.gov.co
Pandi (Cundinamarca)

Señores
ALCALDIA DE CABRERA
Tel: 091-8689096,8689036,
CAR 2 No 6-05 Palacio municipal
contactenos@cabrera-cundinamarca.gov.co
Cabrera (Cundinamarca)

Señores
ALCALDIA DE SILVANIA
Tel: 091-884007,8843556,6840071
Alcaldia municipal
alcaldia@silvania-cundinamarca.gov.co
Silvania (Cundinamarca)

ASUNTO: Presentación firma INCIGE SAS Contrato 1885 de 2017

Respetado (a) doctor(a):

La presente es para presentarle la firma Ingeniería Civil y Geodesia S.A:S, actualmente realiza trabajos para la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR con el contrato 1885 de 2017, la presente firma va ha realizar levantamiento topobatimetrico del Río Sumapaz y Río Panches, limitación de la zona de ronda en los ríos de la jurisdicción de la CAR. Para la realización de dichas acciones se requiere adelantar actividades en campo con equipo de GPS. Estaciones y accesorios dentro de la zonas de influencia de los mencionados ríos. El plazo del contrato es de seis (6) meses.

Por lo anterior adjunto la base de datos de los contratistas que van a ejecutar el trabajo

Vehículo	EQUIPOS	GRUPO	Nombre	Cargo	Cedula	Lugar de Expedición
BIW 558	G-14,29, R-03, E-7	COMISIÓN No. 2 SILVANIA	LUIS MAURICIO GONZALEZ	TOPOGRAFO	1.026.253.328	Bogotá
			LUIS FERNANDO OLARTE HERNÁNDEZ	AUXILIAR	13.956.813	Vélez
			MIGUEL ARIEL MATEUS PEÑA	AUX. DE TOPOGRAFI	5.632.863	Chipata
CEM 557	G-27,28, R-06, E-1	COMISIÓN No. 3 PANDI	DAVID SANTAMARIA QUIROGA	TOPOGRAFO	13.959.761	Vélez
			JONATHAN EDUARDO HERNANDEZ ARIZA	AUX. DE TOPOGRAFI	1.097.638.374	Guepsa
			HERMES NEVARDO VARGAS ACOSTA	AUX. DE CONTRUCCI	1.056.410.947	Pauna
BPH 407	G-7, 22, R-02, EA-5	COMISIÓN No. 4 CABRERA	ELKIN ANDRES BARBOSA OLARTE	TOPOGRAFO	1.101.756.406	Vélez
			ANTONIO ARMANDO SANDOVAL C	CADENERO	80.368.198	Bogotá
			JOSE LUIS RODRIGUEZ RODRIGU	CONDUCTOR Y AUX.	93.478.859	Natagaima

Protección Ambiental Responsabilidad de Todos
Fusagasugá Avenida Las Palmas No.15-17 Código Postal 252211 - Conmutador: 867 4109 Ext: 105 https://www.car.gov.co/
Fax: 867 4084 - Correo electrónico: sau@car.gov.co

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR
Dirección Regional Sumapaz
República de Colombia

Cualquier información relacionada con el proyecto y con nuestro personal de campo será suministrada por: Rómulo Cantor Jiménez, Coordinador Proyecto, Teléfono 3210-8546282 Bogotá. Por favor brindar todo el apoyo posible para llevar a feliz término con el objeto del contrato.

Atentamente,

LUIS FERNANDO SANABRIA MARTINEZ
Director Regional (E)

Elaboró: Martha Esperanza Acosta Gutierrez / DRSU

Protección Ambiental Responsabilidad de Todos

Imagen 74. Carta de presentación del Proyecto emitida por la CAR

6.3.1 Reuniones y socializaciones

Se realizaron una serie de encuentros con los presidentes de las Juntas de Acción Comunal, ASOJUNTAS, Ediles y líderes sociales, de la localidad 20 Sumapaz y los municipios Cabrera y Venecia; cuyas comunidades se opusieron desde el inicio a colaborar con el proyecto.

Para una ampliación en detalle de las reuniones y socializaciones adelantadas, se puede acceder al Informe Gestión Social Sumapaz-CAR, en el anexo *\09_SOCIAL\9.1 Informe*.

Todos los archivos y registros correspondientes se anexan en la siguiente carpeta: *\09_SOCIAL.*