

Aplicación del Sistema ALS70-HP integrado a la cámara aérea RCD30 para fines de Catastro Urbano

Cap. DIM Nestor Vega Peralta

Servicio Nacional de Aerofotogrametría, La Paz, Bolivia

nibvegaperalta@gmail.com

Ing. Boris Roger Fernandez Astro

Ingeniería Geográfica, Escuela Militar de Ingeniería "Mcal. Antonio José de Sucre", La Paz, Bolivia

fernandezastro@gmail.com

Resumen

La tecnología de última generación para levantamientos topográficos con metodología Lidar-Aerofotogramétrico, está siendo altamente demandada para diversos tipos de proyectos de relevamiento de la superficie terrestre. El tiempo que supone levantar áreas extensas para obtener diferentes tipos de productos: Modelos Digitales del Terreno, Superficie y Ortofotografías que además podrían cumplir con las exigencias requeridas en cuanto a precisión suponen una ventaja frente a los métodos convencionales. En el presente artículo se realiza una evaluación concreta de las precisiones y experiencias del vuelo Lidar-Aerofotogramétricos realizado el año 2014 para el Gobierno Autónomo Municipal de Yacuiba, siendo el preámbulo para proyectos de similares características y con fines de Catastro que el SNA ejecuto posteriormente.

Palabras clave: LIDAR; Fotogrametría; Catastro; MDT; MDS; Modelos estereoscópicos y ortofotografía.

1 Introducción

La prueba de vuelo del sistema Lidar ALS70-HP integrado a la cámara aérea RCD30 fue realizado sobre la ciudad de Yacuiba, en la provincia Gran Chaco del Departamento de Tarija en el mes de Julio del año 2014, para verificar la aplicación de los productos del mencionado sistema en la implementación de un sistema catastral.

El vuelo Lidar-Fotogramétrico se realizó en un solo periodo llegando a abarcar 2.500,00 Hectáreas.

La Altura de vuelo y el Ground Sampling Distance (GSD) fueron establecidos por el Servicio Nacional de Aerofotogrametría para obtener productos con precisiones ideales para el catastro urbano.

Los parámetros básicos del vuelo son los siguientes:

- Altitud promedio: 950 m
- Dirección de la línea de vuelo: Norte-Sur, bidireccional
- Velocidad promedio sobre la tierra: 110 kts
- GSD: 10 cm
- Número de líneas de vuelo: 13

- Sobreposición longitudinal promedio: 60%
- Sobreposición lateral promedio 30%
- 13 líneas de vuelo

Las líneas de vuelo se muestran en la Figura 1. En total 13 líneas de vuelo fueron necesarias para cubrir toda el área en su conjunto con casi 60% de sobreposición lateral. El correspondiente GSD es de 10 cm.

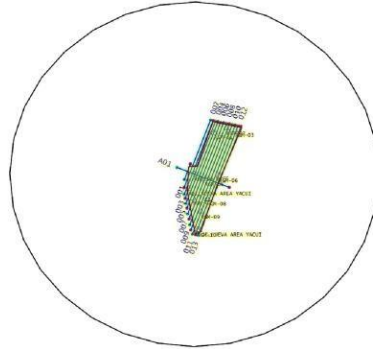


Figura 1: Patrón de vuelo de la prueba de sistema Lidar ALS70-HP integrado a la cámara aérea RCD30.

El pre procesamiento de la trayectoria se la realiza mediante la coordinación simultánea de la antena GPS del Avión, GPS del Apoyo en terreno más la Unidad de Movimiento Inercial (IMU). Como se muestra en la Figura 2.

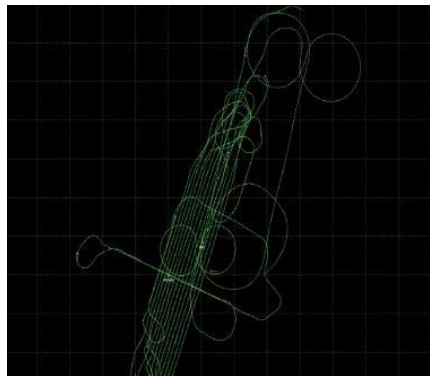


Figura 2: Calculo de la Trayectoria.

La solución de ambigüedades de ida y retorno, que se obtuvo es menor a los 10 cm, como se muestra en la Figura 3.

El pre procesamiento de las imágenes y datos Lidar fue exclusivamente hecho por el SNA. El procesamiento LIDAR y Aerotriangulación de las imágenes aéreas fue realizado con un máximo de 10 puntos de control los cuales 2 fueron depurados por que afectaban la exactitud del bloque, en una superficie a fotografiar de 2.500,00 Hectáreas, los cuales fueron medidos por personal del SNA.

En la Figura 4 se muestran los resultados de la Aerotriangulación:

Sigma A priori: 1.7
 Puntos de Control en el Bloque:
 RMS x: 0.100
 RMS y: 0.015
 RMS z: 0.145



Figura 3: Precisión del Ajuste GPS Aire, GPS Tierra e IMU.

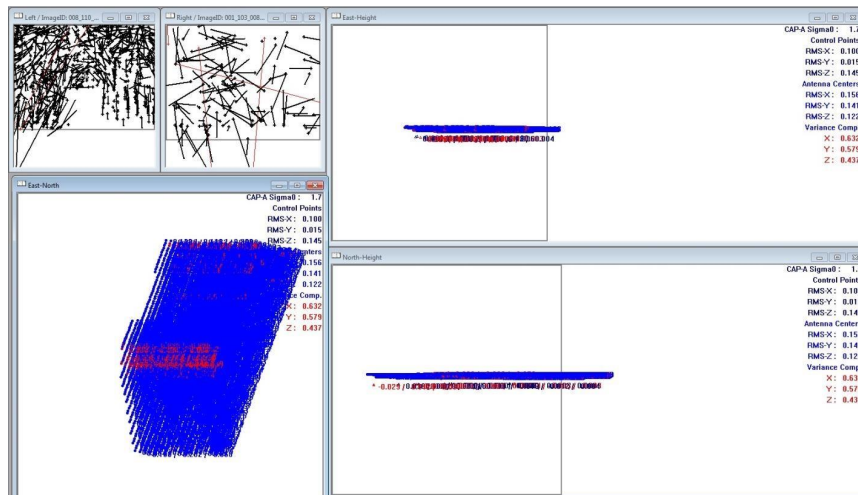


Figura 4: Precisiones de Aerotriangulación.

2 Determinación de Precisiones

2.1 Modelos Estereoscópicos

A objeto de determinar la precisión de las ortofotografías en coordenadas X, Y, Z, se realizó comparaciones de puntos medidos en el terreno con las coordenadas de estos mismos en los modelos estereoscópicos y las ortofotos. Para ello se empleó dos conjuntos de datos:

1. Diez puntos de apoyo fotogramétrico mensurados por el SNA.
2. Nueve puntos medidos por la empresa SIG Services, como se muestra en la Figura 5.

COMPARACION 1.- La diferencia entre los puntos mensurados por el SNA y los modelos estereoscópicos son las que se muestran en la Tabla 1 de Comparación 1, donde se puede verificar que el error máximo alcanza hasta los 0.23 m y el mínimo es de 0.07 m, en el componente horizontal (X, Y).

Las Alturas se muestran en cero por que la diferencia es en posición, no en elevación; para calcular esta diferencia se la efectúa con los modelos digitales del terreno.

Los puntos remarcados con amarillo son aquellos que no fueron tomados en el proceso de Aerotriangulación ya que fueron depurados porque estos llegaban a ocasionar mayor error en el ajuste.

Finalmente se sacó la diferencia de la precisión posicional de los puntos mensurados y los modelos estereoscópicos obteniendo los siguientes resultados como se muestra en Tabla 2.

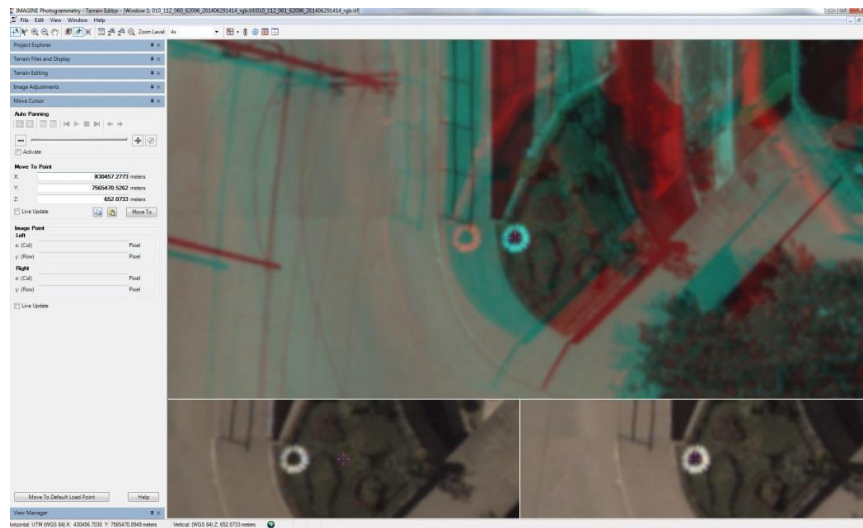


Figura 5: Medición en Estéreo punto SNA.

Punto	Puntos de Control			Puntos en los Modelos Estereoscópicos			Diferencia		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
RGM-01	431504,486	7573437,601	0	431504,597	7573437,959	0	-0,1109	-0,3578	0
RGM-02	432982,701	7573931,548	0	432982,666	7573931,442	0	0,0346	0,1056	0
RGM-03	433970,302	7573742,310	0	433969,726	7573742,197	0	0,5764	0,1135	0
RGM-04	429256,373	7568240,264	0	429256,443	7568240,489	0	-0,0698	-0,2247	0
RGM-05	430480,366	7567598,189	0	430480,339	7567598,257	0	0,0275	-0,0681	0
RGM-06	432116,020	7568041,731	0	432115,793	7568041,677	0	0,2275	0,0541	0
RGM-07	429103,009	7565242,348	0	429103,080	7565242,449	0	-0,0711	-0,1009	0
RGM-08	430750,327	7565106,070	0	430750,323	7565105,949	0	0,0039	0,1213	0
RGM-09	430022,785	7563484,073	0	430022,849	7563483,994	0	-0,0643	0,0792	0
RGM-10	429617,609	7561217,468	0	429617,617	7561217,397	0	-0,0086	0,0707	0

Tabla 1: Comparación 1.

COMPARACION 2.- La diferencia entre los puntos mensurados por la Empresa Gis Services y los modelos estereoscópicos son las que se muestran en la Tabla 3 de Comparación 2, donde se puede verificar que el error alcanza hasta los 0.10 m como máximo y 0.03 como mínimo, en el componente horizontal (x, y)

Las Alturas se muestran en cero por que la diferencia es en posición, no en elevación; para calcular esta diferencia se la efectúa con los modelos digitales del terreno.

Los puntos remarcados con verde son aquellos que no ingresaron dentro del bloque estereoscópico es por eso que no se cuenta con datos.

Finalmente se sacó la diferencia de la precisión posicional de los puntos mensurados y los modelos estereoscópicos obteniendo los siguientes resultados como se muestra en la Tabla 4.

Puntos	Diferencia (m)
RGM-01	0,3746
RGM-02	0,1111
RGM-03	0,5875
RGM-04	0,2353
RGM-05	0,0734
RGM-06	0,2338
RGM-07	0,1234
RGM-08	0,1214
RGM-09	0,1020
RGM-10	0,0712

Tabla 2: Comparación 1.

Punto	Puntos de Control			Puntos en los Modelos Estereoscópicos			Diferencia		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
GPS0001	430659,224	7566045,849	0	430659,197	7566045,832	0	0,0278	0,0164	0
GPS0002	430643,389	7565698,962	0	430643,359	7565698,948	0	0,0299	0,0135	0
GPS0003	430457,277	7565470,526	0	430457,240	7565470,522	0	0,0371	0,0039	0
GPS0005	430103,061	7564647,056	0	430103,048	7564647,008	0	0,0131	0,0479	0
GPS0007	429538,098	7564877,041	0	429538,184	7564876,980	0	-0,0863	0,0615	0
GPS0008	429243,448	7565040,539	0	429243,509	7565040,554	0	-0,0610	-0,0146	0
GPS0009	430482,383	7564083,056	0	No se visualiza en los modelos estereoscópicos					
GPS0009A	429423,607	7565387,136	0	No se visualiza en los modelos estereoscópicos					
GPS0010	429612,658	7565736,755	0	No se visualiza en los modelos estereoscópicos					

Tabla 3: Comparación 2.

Puntos	Diferencia (m)
GPS0001	0,0323
GPS0002	0,0328
GPS0003	0,0373
GPS0005	0,0497
GPS0007	0,1060
GPS0008	0,0627
GPS0009	Sin Valor
GPS0009A	Sin Valor
GPS0010	Sin Valor

Tabla 4: Comparación 2.

2.2 Ortofotografía

Las Ortofotografías se obtuvieron a partir de un MDT de precisión, abarcando 2.500,00 hectáreas y con resolución espacial de 10 cm GSD, Ver Figura 7.

De la misma forma para verificar la precisión de las ortofotografías se utilizaron los puntos medidos por el SNA y por GIS Services. Se plotearon las coordenadas de los mencionados puntos sobre el bloque de ortofotografías como se muestra en la Figura 8, estableciéndose la distancia o error con respecto a la imagen de estos en la Ortofotografía (Tabla 5 de Comparación 3).

Se puede verificar que el error alcanza hasta los 0.34 m como máximo y 0.04 m como mínimo, en el componente horizontal (X, Y).

2.3 Modelos Digitales del Terreno

Se obtuvieron los Modelos Digitales del Terreno con la nube de puntos generados por el Sistema LIDAR para lo cual se discriminó una cantidad suficiente de estos para ser utilizados en la Ortorectificación (Model Key Point), generándose un modelo digital del terreno de 2.500,00 ha, Figura 9.

El modelo digital del terreno fue generado con una densidad de 3 puntos por metro cuadrado sobre el nadir, lo que implica poder generar una grilla menor a los 5 metros. Para la presente prueba se generó modelos digitales de 1 metro de grilla.

Para la verificación la precisión del Modelo Digital del Terreno se utilizaron las alturas geométricas de los puntos de apoyo fotogramétrico medidos por el SNA y los puntos geométricos medidos por la empresa GIS Services.

Los resultados obtenidos de la extracción de las cotas geométricas del Modelo Digital del Terreno mediante un software GIS, llegan alcanzar hasta los 0.17 m como máximo y 0.002 m como mínimo, en el componente Vertical (H), los cuadros en color rojo son puntos que no ingresaron al mosaico del MDT (Tabla 6).

PUNTO	DISTANCIA O ERROR
RGM-01	0,3470
RGM-02	
RGM-03	
RGM-04	0,1750
RGM-05	0,1143
RGM-06	
RGM-07	0,0648
RGM-08	0,1111
RGM-09	0,0407
RGM-10	0,0927
GPS0001	0,0588
GPS0002	0,0707
GPS0003	0,0425
GPS0005	0,0724
GPS0007	0,1307
GPS0008	0,0612
GPS0009	0,1092
GPS0009A	0,0745
GPS0010	0,1338

Tabla 5: Comparación 3.

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	VALOR EXTRAIDO DEL DTM	DIFERENCIA O ERROR
RGM-01	431504,486	7573437,600	674,705	674,655	0,050
RGM-02	432982,701	7573931,550	650,765		
RGM-03	433970,302	7573742,310	636,998		
RGM-04	429256,373	7568240,260	675,339	675,233	0,106
RGM-05	430480,366	7567598,190	644,855	644,751	0,104
RGM-06	432116,020	7568041,730	647,059		
RGM-07	429103,009	7565242,350	636,693	636,605	0,088
RGM-08	430750,327	7565106,070	613,612	613,543	0,069
RGM-09	430022,785	7563484,070	604,379	604,332	0,047
RGM-10	429617,609	7561217,470	575,536	575,364	0,172
GPS0001	430659,224	7566045,850	620,164	619,995	0,169
GPS0002	430643,389	7565698,960	616,230	616,211	0,019
GPS0003	430457,277	7565470,530	616,477	616,310	0,167
GPS0005	430103,061	7564647,060	617,891	617,728	0,163
GPS0007	429538,098	7564877,040	626,633	626,614	0,019
GPS0008	429243,448	7565040,540	631,934	631,778	0,156
GPS0009	430482,383	7564083,060	632,475		
GPS0009A	429423,607	7565387,140	608,604		
GPS0010	429612,658	7565736,750	627,555	627,553	0,002

Tabla 6: Comparación 4.

3 Conclusiones

- Se realizó la verificación de la precisión de los modelos estereoscópicos, ortofotografías y modelos digitales del terreno a partir de 2 conjuntos de puntos medidos en el terreno (10 puntos de apoyo fotogramétrico mensurados por el SNA y 9 puntos medidos por la empresa GIS Services).
- Los errores obtenidos en los diferentes productos son los siguientes:
 - Modelos estereoscópicos, componentes horizontales (x,y) es de máximo 0.23 m y mínimo es de 0.07 m.
 - Ortofotos, componentes horizontales (x,y) es de máximo 0.34 m y mínimo 0.04 m.
 - Modelos digitales del terreno, componente vertical (H) es de máximo 0.17 m y mínimo 0.002 m.

Estas precisiones son mejores a los que se pueden obtener con procesos exclusivamente fotogramétricos, tal y como se puede verificar en las Tablas de Comparación.

- Los Modelos estereoscópicos son de formato estándar, pudiendo emplearse estos en procesos de restitución cartográfica de mucha precisión con programas informáticos tales como el LPS, PRO 600, DAT/EM, Socet Set y otros.
- El SNA realizó la prueba del Sensor ALS70-HP Integrado a una cámara digital RCD30 verificando la capacidad de sus productos y llegando a la conclusión que éstos pueden aplicarse a catastro urbano por la ventaja de ser generados con mayor precisión.
- El LIDAR (de light detection and ranging) es una técnica óptica que utiliza la luz de láser para obtener una muestra densa de la superficie de la tierra produciendo mediciones exactas de coordenadas X, Y, Z, y la cual surgió como una alternativa rentable para las técnicas de topografía tradicionales, aplicable fundamentalmente para levantamientos topográficos de corredores con muy alta precisión.
- Con el vuelo integrado Lidar-Aerofotogramétrico que el SNA efectuó de la ciudad de Yacuiba, pudo verificar que los datasets de nube de puntos masivos se pueden administrar, visualizar, analizar y compartir, organizados espacialmente post-procesados con imágenes aéreas, obteniéndose Modelos Digitales de Elevación, Ortofotos y Modelos estereoscópicos, para una aplicación efectiva de información geoespacial en el desarrollo de un catastro urbano.
- La integración de datos Lidar y Fotogrametría, mejoran la capacidad de clasificación y procesamiento de los datos, reduciendo la incertidumbre sobre la calidad final de la representación cartográfica, logrando productos con alta precisión.
- La aplicación de datos Lidar integrados con los fotogramétricos, podrían permitir la aplicación de un proceso de automatización a partir de un catastro digital existente (2D), con miras a acelerar los procesos de integración de los datos en un catastro 3D. Aspecto que es posible integrando a partir de un subproducto que permita la clasificación y extracción de los datos de las alturas de las edificaciones, que sirva de indicador fiable de altura para su integración al catastro 2D.

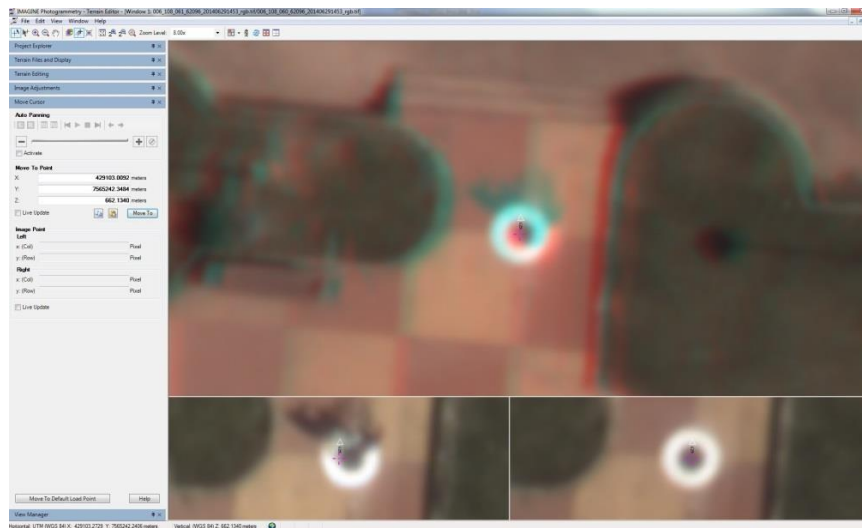


Figura 6: Medición en Estéreo punto GIS Services.

- Con la aplicación de un vuelo Lidar-Fotogramétrico para catastro urbano, los productos que pueden generarse pueden ser más en comparación con los que se obtendría con un vuelo solamente fotogramétrico, por ejemplo mapas de pendientes, mapas hipsométricos. Este aspecto, podría permitir a los gobiernos municipales tener la posibilidad de disponer estos productos y aplicarlos para otros fines complementarios tales como riesgos, desarrollo y planificación urbanística, etc.

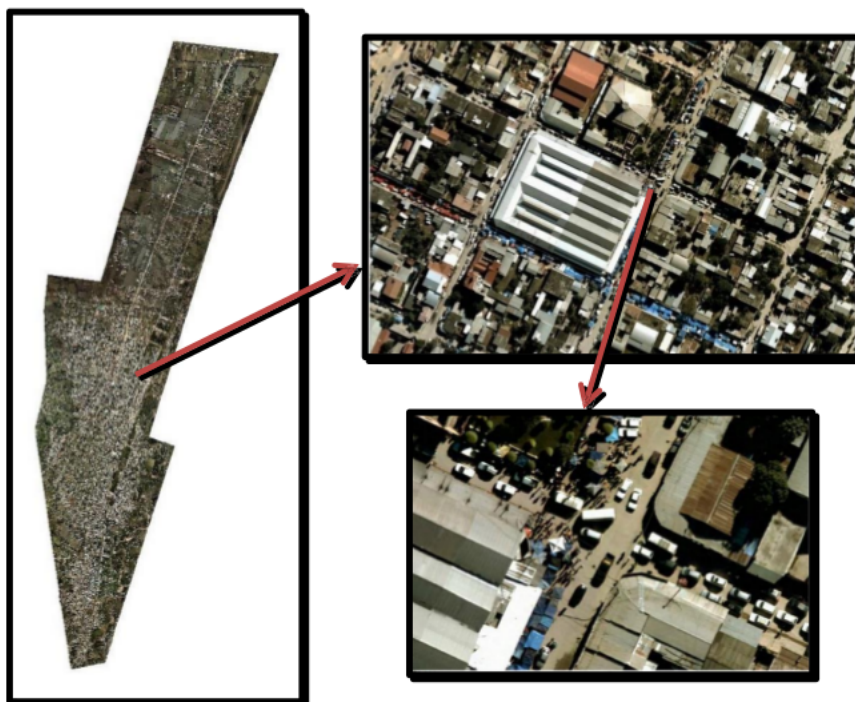


Figura 7: Bloque de Ortofotografías de la ciudad de Yacuiba 10 GSD y vista del mercado central.

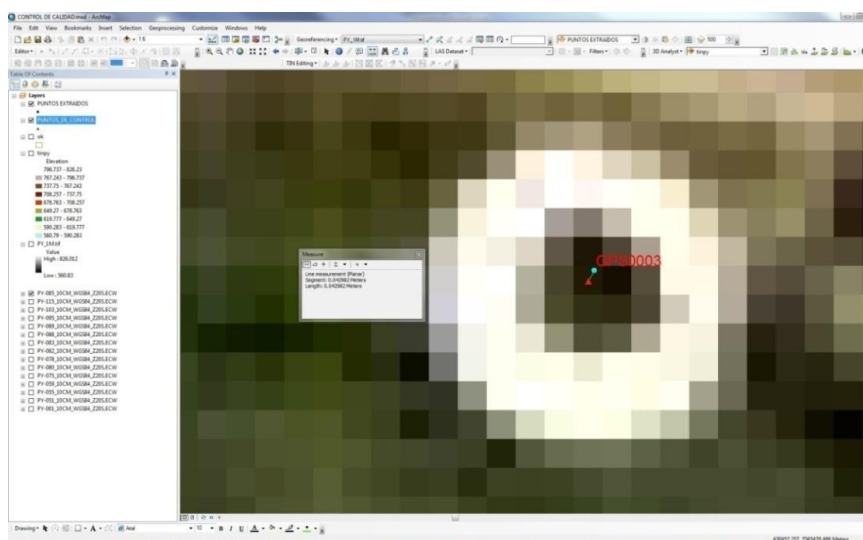


Figura 8: Medición de las coordenadas SNA y GPS Services en la ortofototo con la ayuda de un GIS.

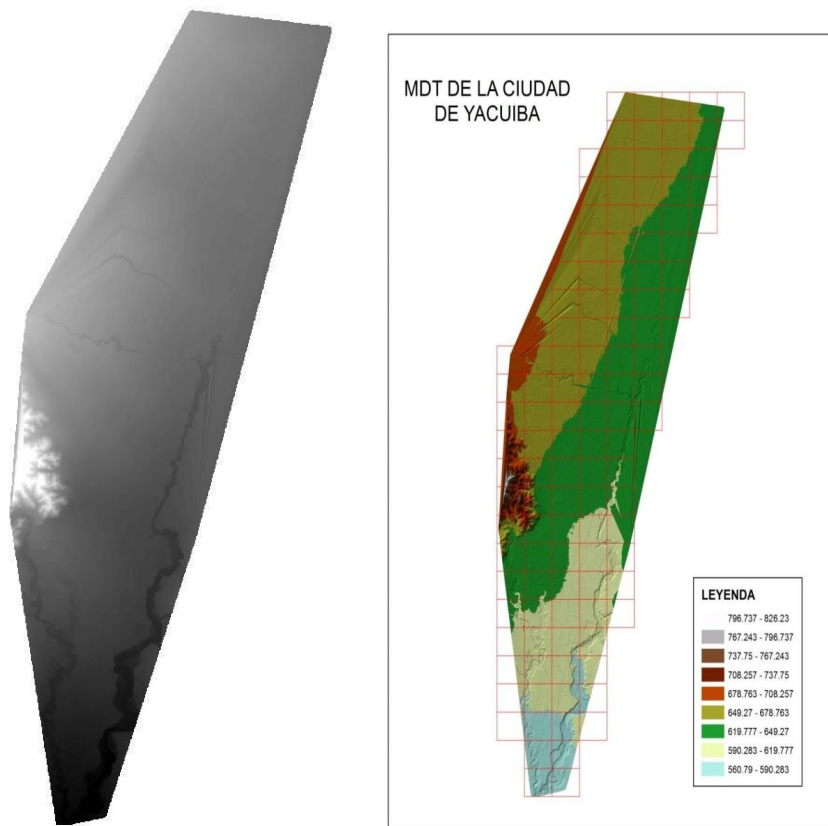


Figura 9: Modelo Digital del Terreno a partir de puntos LIDAR.