

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

# **IMPACTO DE LA INFRAESTRUCTURA GEODÉSICA COMO SOPORTE EN LA APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS GEOESPACIALES INNOVADORAS**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela

Por los Brs.:

Infante Tovar, Sergio Rafael  
Núñez Avendaño, Keiver Leandro

Para optar al Título de  
Ingeniero Geodesta

Caracas, 2016

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **IMPACTO DE LA INFRAESTRUCTURA GEODÉSICA COMO SOPORTE EN LA APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS GEOESPACIALES INNOVADORAS**

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Douglas Bravo

COLABORADOR: Prof. Rosa Benítez

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela

Por los Brs.:

Infante Tovar, Sergio Rafael  
Núñez Avendaño, Keiver Leandro

Para optar al Título de  
Ingeniero Geodesta

Caracas, 2016

**ACTA**

El día 2 de noviembre de 2016 se reunió el jurado formado por los profesores:

Douglas Bravo A.  
Victor J Guevara H  
Victor Vilacha Ch.

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado titulado: "IMPACTO DE LA INFRAESTRUCTURA GEODÉSICA COMO SOPORTE EN LA APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS GEOESPACIALES INNOVADORAS". Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al Título de **INGENIERO GEODESTA**.

Una vez oída la defensa oral que los bachilleres hicieron de su Trabajo Especial de Grado, este jurado decidió las siguientes calificaciones:

NOMBRE	CALIFICACIÓN	
	Números	Letras
Br. Keiver Leandro Núñez Avendaño	20	veinte
Br. Sergio Rafael Infante Tovar	20	veinte

Recomendaciones:

---

---

FIRMAS DEL JURADO

Douglas Bravo A.  
Victor J Guevara H  
Victor Vilacha Ch.



Caracas, 2 de 11 de 2016

## DEDICATORIA

*A Dios y a María Auxiliadora.*

*A mi familia, amigos y seres queridos.*

*A la UCV, por abrirme sus puertas y contribuir en mi crecimiento como persona y como profesional.*

*A todos aquellos que colaboran día a día por hacer un mejor país.*

**Keiver Núñez**

## DEDICATORIA

*A Dios por el regalo de la vida, por acompañarme en los momentos difíciles y ayudarme a superarlos, además de brindarme momentos de felicidad sin igual junto a mis seres queridos.*

*A mi amada y hermosa madre Arle Tovar, mi amado padre Sergio Infante y mi amada hermana Arleidy Infante, seres claves en mi vida, gracias por su cariño, amor y apoyo infinito, porque juntos superamos los momentos más difíciles y juntos salimos adelante. Eterno amor siempre serán para mí, tú nuestro ángel guardián siempre nos cuidas desde el cielo, ustedes mis dos guerreras amores de mi vida, algún día nos reuniremos allá arriba nuevamente como familia.*

*A todos mis familiares por su amor y apoyo sin medidas, en especial a mi querido hermano Alejandro, a mis tíos Arsenio, Silfredo, Toni, Marquito y Pipo, por su constante apoyo y consejos en todo momento; a mis tías preciosas Yami, Cuchita y Julia, y a mis queridos abuelos Cachete y Manuel y a mis amadas abuelas Mercedes y Juanita, a todos ustedes gracias.*

*A mi compañero de tesis Keiver Núñez, por asumir este reto juntos y terminarlo de manera exitosa, por las experiencias y conocimientos adquiridos en el camino, gracias.*

*A mi querida UCV, por ser la llama de conocimiento que nunca se apaga en los momentos oscuros que atraviesa el país.*

**Sergio Infante**

## **AGRADECIMIENTOS**

A la ilustre Universidad Central de Venezuela por hacer posible la realización de este TEG gracias a años de formación académica y profesional.

A Geosistemas Lusand representado por José Pacheco, por el invaluable apoyo a esta investigación.

A Aeronautical Supplies, en la persona del Ing. Carlos Vásquez, por contribuir con este trabajo especial de grado y con el Departamento de Ingeniería Geodésica y Agrimensura.

A COPRED, por el apoyo recibido para realizar la ejecución del vuelo al permitir el uso de sus instalaciones.

Al Departamento de Ingeniería Geodésica y Agrimensura, liderado por la profesora Maritza Rivas; de igual manera a Midian Veroes, Xiomara e Ivan por su valiosa colaboración durante toda la carrera.

Al profesor Douglas Bravo por su entrega y dedicación al aportar su experiencia y conocimientos para la ejecución de este trabajo especial de grado.

A la profesora Rosa Benítez por contribuir con el desarrollo y presentación de esta investigación.

Al profesor Julián García por aportar su experiencia en esta área de investigación y contribuir a la planificación de las labores de campo.

A los estudiantes del Departamento de Ingeniería Geodésica y Agrimensura por el apoyo brindado para desarrollar esta tesis, haciendo especial mención a los compañeros Ruy Pereira, Vanessa Fernández, Nataly Viloria, Miguel Ríos, Selene Forja, Keytor González, María Pineda, Angélica Martínez, Jorge Muñoz.

**Infante T., Sergio R.**

**Núñez A., Keiver L.**

**IMPACTO DE LA INFRAESTRUCTURA GEODÉSICA COMO  
SOPORTE EN LA APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS  
GEOESPACIALES INNOVADORAS**

**Tutor: Prof. Douglas Bravo.**

**Trabajo Especial de Grado. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería.  
Escuela de Ingeniería Civil. Departamento de Ingeniería Geodésica y  
Agrimensura. Año 2016, número de páginas 305.**

**Palabras Clave:** Datos Geoespaciales, VANT, LIDAR, Validación, Metodología,  
Ortofoto, MDS, MDE.

**Resumen.** El desarrollo de tecnologías de adquisición masiva de datos geoespaciales ha tenido un auge importante en los últimos años, revolucionando el área de la ingeniería geodésica en cuanto a la generación de productos cartográficos y modelados tridimensionales, dentro de los cuales destacan: modelos digitales de elevaciones, ortofotos, modelos digitales de superficie, entre otros. La versatilidad de estas tecnologías acorta los tiempos de adquisición de datos en campo si se compara con métodos convencionales de topografía.

Teniendo en cuenta la importancia de los métodos clásicos de recopilación de información topográfica, este trabajo tiene como objeto evaluar el requerimiento de la infraestructura geodésica necesaria para validar las tecnologías geoespaciales innovadoras. Para lograr esto, se recopiló la información básica necesaria, se trabajó con zonas pilotos con información existente y se ejecutó el vuelo de un VANT, gestionando desde la planificación del vuelo hasta la validación de los productos generados.

A su vez, se evaluó la cantidad de puntos de control terrestres necesarios para apoyar los levantamientos fotogramétricos aéreos con VANT, pudiendo definir que la ubicación, distribución y calidad de los puntos de control terrestre es un factor determinante en el procesamiento y generación de los productos geoespaciales cartográficos. En este sentido, se determinó que se requieren de 9 puntos de control terrestre como patrón, ubicándolos en zonas despejadas y distribuyéndolos alrededor de la zona de estudio, específicamente ubicando un punto en cada esquina del bloque fotogramétrico, uno en cada centro de los lados externos y un punto en el centro del modelo; no obstante, la cantidad de GCP puede aumentar, principalmente debido a la morfología del terreno de la zona de estudio, sin embargo el principio planteado es el de ajustar el bloque con puntos en los extremos y por lo menos un punto en el centro del mismo.

Al realizar las validaciones se obtuvo una mejora en planimetría del RMS total de 0,752 m entre la ortofoto generada sin puntos de control terrestre con respecto a la otra que sí empleó GCP; en este resultado se ve reflejado la mejora de la calidad de los productos geoespaciales con la utilización de una infraestructura geodésica confiable, cumpliendo además con los parámetros establecidos por la ASPRS para la validación de productos digitales en planimetría. En este orden de ideas, al evaluar la diferencia del RMS en altimetría entre el MDE generado sin infraestructura geodésica con respecto al otro que sí fue de 22,100 m, resultado que muestra claramente la necesidad de emplear puntos de control terrestre para generar un MDE con el VANT que cumpla con las exactitudes en sus elevaciones.

El uso de infraestructura geodésica potencia el uso de las tecnologías geoespaciales innovadoras en sus distintas aplicaciones, permitiendo la generación de productos cartográficos más exactos que facilitan el desarrollo de otras geociencias y disciplinas que requieren de información georreferenciada, como por ejemplo la geología, geofísica, ecología, biología, hidrología, entre otros.



## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Marco Referencial .....	5
1.3. Objetivos .....	8
1.3.1. Objetivo General.....	8
1.3.2. Objetivos Específicos .....	8
1.4. Justificación de la investigación .....	9
1.5. Alcance .....	9
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. SISTEMAS DE COORDENADAS .....	11
2.1.1. Sistema de Coordenadas Terrestres .....	11
2.1.1.1. Sistemas Geocéntricos.....	11
2.1.1.2. Sistemas Topocéntricos .....	13
2.2. SUPERFICIES DE REFERENCIA .....	14
2.2.1. Altura Elipsoidal .....	14
2.2.2. Altura Ortométrica.....	14
2.2.3 Ondulación Geoidal .....	15
2.3. SISTEMAS DE REFERENCIA GEODÉSICOS.....	15
2.3.1 Datum .....	16
2.4. Sistemas de Referencia Geodésicos y Datum utilizados en Venezuela. ....	17

2.4.1. Datum Suramericano Provisional de 1956 (PSAD 56, La Canoa) .....	17
2.4.2. El Datum Loma Quintana de 1911.....	18
2.4.3. Red Geocéntrica Venezolana (REGVEN).....	19
2.5. INFRAESTRUCTURA GEODÉSICA.....	20
2.5.1 Control terrestre o puntos de apoyo.....	21
2.5.2. Obtención de Puntos de Control Terrestre. ....	23
2.6. FOTOGRAMETRÍA.....	24
2.6.1. Fundamentos de la fotogrametría.....	24
2.6.2. Aerotriangulación fotogramétrica. ....	25
2.7. VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS (VANT). ....	26
2.7.1. Tipos de Vehículos Aéreos No Tripulados.....	26
2.7.2. VANT Phantom 4 del fabricante DJI. ....	27
2.8. LIDAR. ....	28
2.9. SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION (SRTM).....	31
2.10. INTERPOLACIÓN KRIGING.....	33
2.10.1 Propiedades del Kriging.....	33
2.10.2 Validación del Kriging. ....	34
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	35
3.1. Tipo de investigación .....	35
3.2. Evaluaciones preliminares con datos geoespaciales diversos.....	36
3.2.1. Recopilación de información geodésica de los estados Falcón, Lara, Yaracuy y Carabobo .....	36

3.2.2. Verificación de coordenadas de puntos recopilados en los estados Falcón, Lara, Yaracuy y Carabobo. ....	39
3.2.3. Elaboración de MDE empleando puntos recopilados .....	39
3.2.4. Comparación del SRTM con el MDE generado por interpolación TIN y Kriging.....	42
3.2.5. Generación de tabla de discrepancias entre la cota de puntos recopilados y SRTM.....	43
3.2.6. Corrección del SRTM empleando puntos topográficos recopilados.....	44
3.2.7. Generación de grilla regular para validar SRTM corregido. ....	44
3.2.8. Comparación de datos LIDAR con MDE SRTM de la quebrada Tacagua (Prolongación de la av. Boyacá de Caracas, Dtto. Capital). ....	45
3.2.8.1. Importación de Datos LIDAR al software.....	45
3.2.8.2. Comparación del modelo SRTM con el modelo LIDAR.....	48
3.2.8.3. Exportación de cuadrícula de puntos del modelo resultante. ....	51
3.3. Búsqueda y recopilación de información básica de la ciudad de Caracas..	54
3.3.1. Recopilación de información básica de la ciudad de Caracas. ....	54
3.3.1.1. Plano urbano de la ciudad de Caracas.....	54
3.3.1.2. Plano de vialidad de la ciudad de Caracas.....	55
3.3.1.3. Plano urbano de la Ciudad de Caracas y Litoral. ....	56
3.3.1.4. Plano “Poligonal de protección de la CUC como monumento histórico de la Nación” .....	56
3.3.1.5. Plano topográfico de la Ciudad Universitaria de Caracas a escala 1:1000. ....	57
3.3.1.6. Plano de altura de edificios de la UCV. ....	58

3.3.1.7. Plano “Plan Caracas” de la Ciudad Universitaria de Caracas, a escala 1:1000.....	58
3.3.2. Recopilación de data LIDAR.....	59
3.3.3. Obtención de MDE para la Ciudad de Caracas.....	60
3.3.4. Recopilación de datos obtenidos mediante levantamientos realizados en la Universidad Central de Venezuela.....	60
3.3.5. Selección de la zona de estudio.....	61
3.4. Análisis de normas, parámetros estándares y especificaciones técnicas...	62
3.5. Selección de programas a emplear para la investigación.....	66
3.6. Vuelo de VANT sobre la CUC.....	67
3.6.1. Planificación de vuelo de VANT sobre la CUC.....	67
3.6.2. Selección y ubicación de puntos de control terrestre.....	71
3.6.3. Selección del Sistema de Referencia para la evaluación.....	72
3.6.4. Ejecución de vuelo en los espacios de la CUC.....	73
3.6.5. Medición de puntos de control terrestre.....	76
3.7. Determinación de la distribución de los GCP para el procesamiento de las imágenes.....	78
3.8. Procesamiento digital de las imágenes.....	85
3.8.1. Metodología de procesamiento con GCP (Puntos de Control Terrestre). .....	85
3.8.2. Generación de MDE, MDS y ortofotos en los distintos niveles de procesamiento sin puntos de control terrestre.....	101
3.8.3. Generación de MDE, MDS y ortofotos con puntos de control terrestre en sus diferentes distribuciones.....	101

3.8.4. Generación de productos finales: MDE, MDS y ortofoto.....	102
3.9. Validación de MDE y ortofotos generados con el VANT. ....	102
3.9.1. Validación de ortofotos generadas sin GCP. ....	103
3.9.2. Validación de MDE generados sin GCP empleando los puntos de control medidos en campo.....	104
3.9.3. Validación de ortofotos generadas con GCP. ....	105
3.9.4. Validación de MDE generados con GCP. ....	105
3.9.4.1. Validación de MDE empleando los GCP. ....	106
3.9.4.2. Validación de MDE empleando una grilla regular extraída del modelo fotogramétrico.....	106
3.9.4.3. Validación de MDE empleando Red Geodésica existente en la UCV. ....	107
3.9.5 Comparación del MDE generado por el VANT con el MDE obtenido de la data LIDAR. ....	108
3.10. Validación del MDS generado por el VANT .....	110
3.10.1. Validación empleando el plano de alturas de edificios de la UCV. ...	110
3.10.2. Validación empleando el MDS obtenido por LIDAR.....	112
3.11. Validación del MDE obtenido por LIDAR empleando el modelo fotogramétrico. ....	112
3.12. Evaluación del requerimiento de infraestructura geodésica. ....	114
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	115
4.1. Evaluaciones preliminares de datos geospaciales.....	115
4.1.1 Validación del SRTM en los estados Falcón, Lara, Yaracuy y Carabobo. ....	115

4.1.2. Corrección del SRTM empleando puntos topográficos recopilados....	120
4.1.3. Grilla regular para validar SRTM corregido.....	123
4.2. Comparación de data LIDAR con SRTM en quebrada Tacagua.....	124
4.3. Vuelo de VANT sobre la CUC.....	129
4.4. Generación de MDE a distintos niveles de procesamiento sin GCP.....	134
4.5. Validación de ortofotos y MDE generados sin GCP.....	135
4.5.1. Evaluación de la ortofoto generada sin GCP.....	135
4.5.2. Evaluación del MDE generado sin GCP.....	139
4.6. Evaluación de la distribución de los GCP.....	142
4.7. Validación de ortofoto definitiva con GCP.....	159
4.8. Validación de MDE final generado con GCP.....	164
4.8.1. Validación de MDE empleando puntos de control terrestre medidos..	164
4.8.2. Validación de MDE empleando puntos de la Red Geodésica existente en la UCV.....	166
4.8.3. Validación de MDE empleando grilla regular extraída del modelo fotogramétrico.....	168
4.8.4. Validación de MDE empleando puntos extraídos de la data LIDAR de la CUC.....	169
4.9. Validación de MDE obtenido de data LIDAR empleando modelo fotogramétrico.....	171
4.10. Validación del MDS definitivo.....	174
4.12. Elaboración de metodología para la validación de nuevas tecnologías empleando infraestructura geodésica.....	176
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	178

5.1. Conclusiones.....	178
5.2. Recomendaciones.....	183
BIBLIOGRAFÍA .....	186
APÉNDICE .....	191
APÉNDICE 1.....	192
APÉNDICE 2.....	208
APÉNDICE 3. ....	221
APÉNDICE 4.....	251
APÉNDICE 5.....	255
APÉNDICE 6 .....	259
APÉNDICE 7 .....	262
APÉNDICE 8.....	274
APÉNDICE 9.....	276
APÉNDICE 10.....	278

## LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Sistema de coordenadas geocéntricas.....	12
Fig. 2. Sistema de coordenadas topocéntricas.....	13
Fig. 3. Altura elipsoidal y ortométrica .....	14
Fig. 4. Ilustración de tipos de altura y ondulación geoidal. ....	15
Fig. 5. Relación Geoide-Elipsoide y Datum.....	17
Fig. 6. Parámetros del Transformación Datum Loma Quintana a PSAD 56.....	19
Fig. 7. Parámetros PATVEN/PSAD 56.....	20
Fig.8. Distribución de puntos de control terrestre. ....	22
Fig. 9. Sistema LIDAR en funcionamiento.....	28
Fig. 10. Esquema de los sistemas de referencia de los tres subsistemas. ....	30
Fig. 11. Carta 6547 a escala 1:100000 elaborada por la Dirección de Cartografía Nacional .....	37
Fig. 12. MDE del SRTM de los estados Falcón, Lara, Yaracuy y Carabobo. ....	38
Fig. 13. Distribución final de puntos recopilados. ....	39
Fig. 14. Herramienta GRID empleada para generar MDE.....	40
Fig. 15. Proceso de generación del “grid data”.....	40
Fig. 16. Selección de método de interpolación Kriging.....	41
Fig. 17. Procedimiento para indicarle al software que no realice un remuestreo. .	41
Fig. 18. Proceso de generación de MDE de comparación. ....	42
Figura. 19. Proceso de asignación de elevación del SRTM a puntos recopilados	43
Fig. 20. Cuadrícula de la zona de interés.....	46
Fig. 21. Importación de archivos LIDAR en formato “.las”.....	46
Fig. 22. Selección de parámetros de proyección para los datos LIDAR.....	47
Fig.23. Selección de opciones de importación para los datos LIDAR .....	47
Fig. 24. Vista de planta del modelo LIDAR.....	48
Fig. 25. Menú de Análisis para Combinar o Comparar Capas de terreno .....	49
Fig. 26. Configuración de las capas a comparar (modelo Lidar arriba y modelo SRTM abajo). ....	49
Fig. 27. Proceso de generación de la comparación de los modelos. ....	50
Fig. 28. Modelo de diferencias resultante.....	50



Fig. 29. Mapa de diferencias resultante. ....	51
Fig. 30. Selección del menú para exportación de la cuadrícula. ....	52
Fig. 31. Selección del formato para exportación ....	52
Fig.32. Configuración de opciones para exportación ....	53
Fig.33. Selección de ubicación para guardar el archivo. ....	53
Fig. 34. Plano urbano de la ciudad de Caracas.....	55
Fig. 35. Plano de vialidad de la ciudad de Caracas.....	55
Fig. 36. Plano urbano de la ciudad de Caracas y Litoral. ....	56
Fig. 37. Plano “Poligonal de protección de la CUC”. ....	57
Fig. 38. Plano topográfico de la CUC. ....	57
Fig. 39. Plano de alturas de edificios de la CUC ....	58
Fig. 40. Plano “Plan Caracas” de la CUC. ....	59
Fig. 41. MDE obtenido del SRTM, ciudad de Caracas ....	60
Fig. 42. Zona aproximada de cobertura del vuelo. ....	68
Fig. 43. Herramienta “Point Estimator” ....	70
Fig. 44. Distribución de puntos de control terrestre. ....	72
Fig. 45. Diseño de las marcas para señalar los puntos de control terrestre .....	74
Fig. 46. Diseño final de las marcas para señalar los puntos de control terrestre.	75
Fig. 47. Pantalla principal de asistente del vuelo “Map Pilot”. ....	76
Fig. 48. Tiempos de observación aproximados para diferentes longitudes de línea base. ....	77
Fig. 49. Tiempos de observación aproximados para diferentes longitudes de línea base .....	78
Fig. 50. Precisión planimétrica con 4 puntos en las esquinas del bloque según Ackermann. ....	79
Fig. 51. Precisión planimétrica con puntos de control en los bordes del bloque según Ackermann. ....	80
Fig. 52. Combinación n° 1 de GCP ....	80
Fig. 53. Combinación n° 2 de GCP ....	81
Fig. 54. Combinación n° 3 de GCP ....	81
Fig. 55. Combinación n° 4 de GCP. ....	82
Fig. 56. Combinación n° 5 de GCP ....	82

Fig. 57. Combinación n° 6 de GCP. ....	83
Fig. 58. Combinación n° 7 de GCP .....	83
Fig. 59. Combinación n° 8 de GCP. ....	84
Fig. 60. Combinación n° 9 de GCP .....	84
Fig. 61. Combinación n° 10 de GCP .....	85
Fig. 62. Menú Flujo de trabajo para cargar las imágenes al software .....	86
Fig. 63. Proceso de carga de las imágenes al software y centros de proyección de las fotografías ya cargadas y orientadas.....	86
Fig. 64. Carga del archivo EXIF con la posición de las cámaras al momento de las fotografías. ....	87
Fig. 65. Configuración del sistema de referencia y precisiones de la medición.....	88
Fig. 66. Proceso de estimación de los parámetros de calibración de la cámara... ..	88
Fig. 67. Proceso de alineamiento de las fotografías.....	89
Fig. 68. Proceso de asignación de marcas en el software. ....	90
Fig. 69. Proceso de asignación de marcas en el software .....	91
Fig. 70. Importación del archivo de coordenadas de los vértices de control terrestre al software.....	92
Fig. 71. Configuración del archivo de coordenadas de los vértices de control terrestre al software y visualización de coordenadas en el panel para cada marca. ....	93
Fig. 72. Proceso de creación de la nube de puntos densa.....	95
Fig. 73. Proceso de creación de la malla. ....	96
Fig. 74. Proceso de construcción de textura .....	96
Fig. 75. Proceso de construcción del MDE. ....	97
Fig. 76. Proceso de construcción del Ortomosaico. ....	98
Fig. 77. Proceso de exportación del MDE .....	99
Fig. 78. Proceso de exportación del Ortomosaico.....	99
Fig. 79. Generación del reporte del software de los procesos realizados. ....	100
Fig. 80. Archivo del Reporte del software de los procesos realizados. ....	100
Figura 81. Validación de la Ortofoto generada sin GCP.....	103
Figura 82. Validación MDE del VANT sin GCP .....	104
Figura 83. Validación de Ortofoto del VANT generada con GCP.....	105

Figura 84. Validación MDE con grilla regular extraída del modelo fotogramétrico .....	107
Figura 85. Puntos ploteados seleccionados aleatoriamente para comparación..	109
Figura 86. Ubicación de altura del Aula Magna sobre el plano de alturas de edificaciones de la UCV. ....	111
Figura 87. Ubicación de altura del Hospital Clínico Universitario sobre el MDS generado por el VANT.....	111
Figura 88. Nube de puntos LIDAR sobre el Hospital Clínico Universitario para extracción de altura .....	112
Figura 89. Evaluación del MDE obtenido con LIDAR empleando el modelo fotogramétrico .....	113
Fig. 90. Gráfico de desviación estándar vs número de puntos recopilados por métodos gravimétricos. ....	118
Fig. 91. Gráfico de desviación estándar vs número de puntos recopilados del listado de BM del IGVSBS.....	118
Fig. 92. Gráfico de desviación estándar vs número de puntos recopilados de las cartas a escala 1:100000 empleadas.....	119
Fig. 93. SRTM corregido empleando puntos topográficos colectados para la investigación.....	120
Fig. 94. Gráfico de desviación estándar vs espaciado de la grilla con interpolación TIN. ....	122
Fig. 95. Gráfico de desviación estándar vs espaciado de la grilla con interpolación Kriging .....	122
Fig. 96. Comportamiento de la desviación estándar según el espaciado de la grilla de validación. ....	123
Fig. 97. Comportamiento de la desviación estándar según el espaciado de la grilla. Evaluación punto a punto.....	127
Fig. 98. Comportamiento de la desviación estándar según el número de puntos. Evaluación punto a punto.....	128
Fig. 99. Comportamiento de la desviación estándar según la distribución de puntos. Evaluación con los MDE generados.....	128
Fig. 100. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.....	131
Fig. 101. Posiciones de cámaras y estimaciones de errores. ....	131
Fig. 102. Posiciones de cámaras y estimaciones de errores. ....	132

Fig. 103. Modelo 3D de discrepancias totales en X y Y de la ortofoto generada sin GCP .....	136
Fig. 104. Gráfico de error total en XY por GCP evaluado en la ortofoto.....	137
Fig. 105. Modelo 3D de discrepancias en altura elipsoidal. ....	140
Fig. 106. Modelo 3D de diferencias planimétricas de la combinación 1 de la ortofoto .....	144
Fig. 107. Modelo 3D de diferencias planimétricas de la combinación 2 de la ortofoto .....	145
Fig. 108. Modelo 3D de diferencias planimétricas de la combinación 3 de la ortofoto. ....	146
Fig. 109. Modelo 3D de diferencias planimétricas de la combinación 4 de la ortofoto. ....	148
Fig. 110. Modelo 3D de diferencias planimétricas de la combinación 5 de la ortofoto. ....	149
Fig. 111. Modelo 3D de diferencias planimétricas de la combinación 6 de la ortofoto .....	150
Fig. 112. Modelo 3D de diferencias planimétricas de la combinación 7 de la ortofoto .....	152
Fig. 113. Modelo 3D de diferencias planimétricas de la combinación 8 de la ortofoto. ....	153
Fig. 114. Modelo 3D de diferencias planimétricas de la combinación 9 de la ortofoto .....	154
Fig. 115. Modelo 3D de diferencias planimétricas de la combinación 10 de la ortofoto. ....	156
Fig. 116. RMS vs. N° total de GCP empleados .....	158
Fig. 117. Modelo 3D de las diferencias planimétricas de la ortofoto definitiva ....	161
Fig. 118. Gráfico de error total en XY de cada punto de chequeo.....	163
Fig. 119. Modelo en tres dimensiones de los valores de diferencia en cota. ....	165
Fig. 120. Mapa de discrepancias de la validación del MDE. ....	165
Fig. 121. Modelo 3D de diferencias entre MDE LIDAR y fotogramétrico.....	172
Fig. 122. Grilla fotogramétrica sobre el MDE LIDAR. Fuente: Captura de pantalla de Global Mapper.....	172
Fig. 123. Mapa de discrepancias entre el modelo LIDAR y fotogramétrico. ....	173

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Algunas especificaciones del VANT Phantom 4.....	27
Tabla 2. Resumen de distribución de data recolectada en tierra.....	32
Tabla 3. Estándares de precisión horizontal para data geoespacial .....	63
Tabla 4. Estándares de precisión vertical para data geoespacial.....	63
Tabla 5. Ejemplo de estándares de precisión horizontal para data geoespacial de alta precisión planimétrica .....	64
Tabla 6. Ejemplo de estándares de precisión vertical para data geoespacial.....	65
Tabla 7. Errores totales en la posición de los GCP antes y después del proceso de optimización de cámaras.....	94
Tabla 8. Vértices de la Red Geodésica existente en la UCV utilizados para la validación del MDE.....	108
Tabla 9. Valores de varianza, desviación estándar y error límite para los resultados de discrepancias obtenidos.....	115
Tabla 10. Valores de varianza, desviación estándar y error límite .....	115
Tabla 11. Medidas de dispersión para las discrepancias entre los puntos recopilados y el SRTM. ....	116
Tabla 12. Cálculo de las medidas de dispersión para las discrepancias variando el número de vértices.....	117
Tabla 13. Medidas de dispersión en la validación de los SRTM corregidos con interpolación TIN. ....	121
Tabla 14. Medidas de dispersión en la validación de los SRTM corregidos con interpolación Kriging.....	121
Tabla 15. Valores de varianza, desviación estándar y error límite para los resultados de discrepancias obtenidos. ....	124
Tabla 16. Diferencia entre indicadores estadísticos de puntos espaciados cada 200m extraídos del MDE generado con grilla de 300m con respecto a estos mismos puntos extraídos del modelo original.....	125
Tabla 17. Diferencia entre indicadores estadísticos de puntos espaciados cada 200m extraídos del MDE generado con grilla de 250m con respecto a estos mismos puntos extraídos del modelo original.....	126

Tabla 18. Diferencia entre indicadores estadísticos de puntos espaciados cada 200m extraídos del MDE generado con grilla de 200m con respecto a estos mismos puntos extraídos del modelo original.....	126
Tabla 19. Diferencia entre indicadores estadísticos de puntos espaciados cada 200m extraídos del MDE generado con grilla de 150m con respecto a estos mismos puntos extraídos del modelo original.....	126
Tabla 20. Diferencia entre indicadores estadísticos de puntos espaciados cada 200m extraídos del MDE generado con grilla de 100m con respecto a estos mismos puntos extraídos del modelo original.....	127
Tabla 21. Diferencia entre indicadores estadísticos de puntos espaciados cada 200m extraídos del MDE generado con grilla de 50m con respecto a estos mismos puntos extraídos del modelo original.....	127
Tabla 22. Errores medios por coordenadas y error compuesto de las posiciones de las cámaras .....	132
Tabla 23. Coordenadas de puntos de control terrestre referidas al elipsoide WGS84, modelo geoidal GeoUCV14. ....	133
Tabla 24. Combinaciones de niveles de procesamiento realizadas y la resolución del MDE generado .....	134
Tabla 25. Discrepancias en la validación de ortofoto generada sin GCP.....	135
Tabla 26. Indicadores estadísticos obtenidos en la evaluación de la ortofoto sin GCP. ....	137
Tabla 27. Valores de indicadores estadísticos máximos para la clase 130 cm... ..	138
Tabla 28. Evaluación del MDE generado sin puntos de control terrestre.....	139
Tabla 29. Indicadores estadísticos obtenidos en la validación altimétrica del MDE generado sin GCP.....	141
Tabla 30. Diferencias en Este y en Norte de los puntos de control terrestre y de chequeo para la combinación n°1. ....	143
Tabla 31. Diferencias en Este y en Norte de los puntos de control terrestre y de chequeo para la combinación n°2. ....	145
Tabla 32. Diferencias en Este y en Norte de los puntos de control terrestre y de chequeo para la combinación n°3. ....	146
Tabla 33. Diferencias en Este y en Norte de los puntos de control terrestre y de chequeo para la combinación n°4. ....	147
Tabla 34. Diferencias en Este y en Norte de los puntos de control terrestre y de chequeo para la combinación n°5. ....	148

Tabla 35. Diferencias en Este y en Norte de los puntos de control terrestre y de chequeo para la combinación n°6. ....	149
Tabla 36. Diferencias en Este y en Norte de los puntos de control terrestre y de chequeo para la combinación n°7. ....	151
Tabla 37. Diferencias en Este y en Norte de los puntos de control terrestre y de chequeo para la combinación n°8. ....	152
Tabla 38. Diferencias en Este y en Norte de los puntos de control terrestre y de chequeo para la combinación n°9. ....	153
Tabla 39. Diferencias en Este y en Norte de los puntos de control terrestre y de chequeo para la combinación n°10. ....	155
Tabla 40. Resumen de medidas de dispersión para las diferentes discrepancias en las combinaciones de GCP. ....	157
Tabla 41. Diferencias en Este y en Norte de los puntos de control terrestre y de chequeo para la ortofoto definitiva generada empleando la mejor combinación de GCP. ....	160
Tabla 42. Indicadores estadísticos obtenidos en la validación planimétrica de la ortofoto generada con GCP. ....	162
Tabla 43. Tolerancias en RMSE <sub>x</sub> , RMSE <sub>y</sub> y RMSE total para clase 50-cm. ....	163
Tabla 44. Validación del 95% de los puntos de chequeo para clase 50-cm. ....	163
Tabla 45. Diferencias en cota de los puntos de chequeo entre el MDE del VANT y los puntos de control terrestre medidos en campo. ....	164
Tabla 46. Indicadores estadísticos obtenidos en la validación altimétrica del MDE del VANT. ....	166
Tabla 47. Valores de tolerancia para la validación de al menos 95% de los datos. ....	166
Tabla 48. Validación de MDE empleando puntos de la Red Geodésica de la UCV. ....	167
Tabla 49. Indicadores estadísticos de la validación del MDE con puntos de la Red Geodésica de la UCV. ....	167
Tabla 50. Valores de tolerancia para MDE clase 60-cm. ....	168
Tabla 51. Indicadores estadísticos de la validación del MDE con puntos de la grilla fotogramétrica. ....	168
Tabla 52. Indicadores estadísticos de la validación del MDE con grilla regular de puntos de data LIDAR. ....	169

Tabla 53. Indicadores estadísticos de la validación del MDE con puntos arbitrarios de la data LIDAR de la UCV.....	170
Tabla 54. Indicadores estadísticos de la validación del MDE con puntos arbitrarios de la data LIDAR de la UCV.....	171
Tabla 55. Valores de cota de edificios extraídas del MDS del VANT y del plano de alturas UCV.....	174
Tabla 56. Valores de cota de edificios extraídas del MDS del LIDAR y del plano de alturas UCV.....	175
Tabla 57. Valores de cota de edificios extraídas del MDS del LIDAR y del MDS del VANT.....	175
Tabla 58. Indicadores estadísticos de dispersión calculados a los resultados anteriores .....	175
Tabla 59. Cuadrícula (cada 300m) de diferencias de elevaciones entre los modelos Lidar y SRTM. Elaboración propia.....	209
Tabla 60. Cuadrícula (cada 200m) de diferencias de elevaciones entre los modelos Lidar y SRTM. Elaboración propia.....	209
Tabla 61. Cuadrícula (cada 150m) de diferencias de elevaciones entre los modelos Lidar y SRTM. Elaboración propia.....	210
Tabla 62. Cuadrícula (cada 100m) de diferencias de elevaciones entre los modelos Lidar y SRTM. ....	211
Tabla 63. Cuadrícula (cada 50m) de diferencias de elevaciones entre los modelos Lidar y SRTM. ....	214



## LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

ALS: Airborne Laser Scanning, en español: Escáner Láser Aerotransportado.

ASPRS: American Society for Photogrammetry & Remote Sensing, en español: Sociedad Americana de Fotogrametría y Sensores Remotos.

BM: Bench Mark. Marca de Control Vertical.

DEM: Digital Elevation Model.

DSM: Digital Surface Model.

CUC: Ciudad Universitaria de Caracas,

GCP: Ground control point, en español: Puntos de control terrestre

GNSS: Global Navigation Satellite System, en español: Sistema Global de Navegación Satelital.

GPS: Global positioning system, en español: Sistema de Posicionamiento Global.

GRACE: Gravity Recovery and Climate Experiment.

GRS80: Geodetic reference system 80, en español: Sistema de Referencia Geodésico 1980.

IGN: Instituto Geográfico Nacional.

IGVSB: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar.

IMU: Inertial measurement unit, en español: Unidad de Medición Inercial.

INS: Inertial navigation system, en español: Sistema Inercial de Navegación.

ITM: Irish Transverse Mercator. Proyección cartográfica.

ITRF: International Terrestrial Reference Frame, en español: Marco Internacional de Referencia Terrestre.

JPL: Jet Propulsion Laboratory (NASA).

KGPS: Kinematics Global Positioning System, en español: Sistema de Posicionamiento Global Cinemático.

LIDAR: Light Detection and Ranging.

MDE: Modelo Digital de Elevación.

MDS: Modelo Digital de Superficie.

MDT: Modelo Digital de Terreno.

NASA: National Aeronautics and Space Administration, en español: Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio.

NGA: National Geospatial-Intelligence Agency, en español: Agencia de Inteligencia Geoespacial Nacional.

OIH: Organización Internacional de Hidrografía

PDOP: Position Dilution of Precision, en español: Dilución de Precisión de Posición.

PSAD56: Provisional South American Datum 1956, en español: Datum Provisional para Suramérica 1956.

REGVEN: Red Geocéntrica Venezolana.

REMOS: Red de Estaciones de Monitoreo Satelital.

RMS: Root mean square, en español: Valor Cuadrático Medio.

RMSE: Root mean square error, en español: Error del Valor Cuadrático Medio.

RTK: Real Time Kinematic. Método de levantamiento GNSS.

SIRGAS: Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas.

SRTM: Shuttle Radar Topographic Mission.

UAV: Unmanned Aerial Vehicle, en español: Vehículo Aéreo No Tripulado

UCV: Universidad Central de Venezuela.

USGS: United States Geological Survey, en español: Servicio Geológico de los Estados Unidos.

UTM: Universal Transversal Mercator. Proyección cartográfica.

VANT: Vehículo Aéreo No Tripulado

WGS84: World Geodetic System 1984.

## INTRODUCCIÓN

La obtención de datos geoespaciales ha sido fundamental en el proceso de evolución de la Geodesia como ciencia, a su vez, ha permitido el desarrollo de otros campos que requieren de información georreferenciada para lograr sus objetivos. Por esta razón, la georreferenciación siempre ha sido una constante necesidad del ser humano, así que para dar respuesta a este requerimiento se han desarrollado distintas tecnologías a lo largo del tiempo para hacer este proceso más eficiente. Este desarrollo ha permitido el surgimiento de las que actualmente se consideran tecnologías emergentes, las cuales muestran su versatilidad en la reducción de los tiempos e inversión necesaria para ejecutar los trabajos de campo.

Los métodos clásicos de recopilación topográfica se caracterizan por realizar la captura puntual de información geoespacial, siendo esta obtenida directamente en campo y estando siempre relacionada a un Datum y a un Sistema de Referencia materializado sobre la superficie, permitiendo que se pueda validar la confiabilidad de los datos y por ende de la información generada.

La materialización de un Sistema de Referencia por lo general es conocida con el término de infraestructura geodésica, conformado por un conjunto de vértices georreferenciados de manera exacta que pueden guardar relaciones geométricas entre sí. La infraestructura geodésica ha representado la principal herramienta para la ejecución de labores de adquisición de datos geoespaciales, y en la actualidad cuenta con un gran peso a la hora de garantizar la generación y validación de productos geoespaciales de calidad.

Teniendo en cuenta la importancia de los métodos clásicos de recopilación de información topográfica, este trabajo tiene como objeto evaluar el requerimiento de

la infraestructura geodésica necesaria para validar las tecnologías geoespaciales innovadoras en la adquisición masiva de datos. Para lograr esto, se recopilará la información básica necesaria, se trabajará con zonas pilotos con información existente y se ejecutará el vuelo de un VANT, gestionando desde la planificación del vuelo hasta la validación de los productos.

De igual manera se establecerá un conjunto de puntos de control terrestre sobre la zona de estudio, a fin de poder emplear distintas distribuciones de los mismos para luego evaluar el impacto de estas variaciones en la exactitud de los productos geoespaciales.

El análisis de los resultados permitirá elaborar la metodología para generar y validar productos geoespaciales, a su vez, emitir juicios de valor acerca del requerimiento de infraestructura geodésica, y finalmente generar un producto cartográfico confiable como producto de la ejecución de la metodología elaborada.

## **CAPÍTULO I. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Planteamiento del problema**

En el campo de la ingeniería geodésica se realizan levantamientos con el fin de determinar las posiciones de puntos sobre la superficie terrestre. Estas mediciones suelen ser planimétricas, altimétricas o la combinación de ambas. En un primer lugar se encuentran las mediciones que representan el control horizontal que pueden ser directas de ángulos y distancias, estas contribuyen a representar gráficamente las características específicas de la superficie del espacio geográfico. A su vez, se tienen las que definen el control vertical como los son las nivelaciones geométricas, que implican la medición directa de los desniveles entre puntos para determinar sus elevaciones. Por otra parte, se encuentran las mediciones GNSS y los levantamientos gravimétricos, las del primer tipo arrojan las coordenadas en tres dimensiones con precisiones altas, y las del segundo, valores de gravedad sobre cualquier punto de la superficie terrestre.

En los últimos quince (15) años, teniendo en consideración las actualizaciones tecnológicas en instrumentos, equipos y metodologías de trabajo, ha habido un avance importante en la forma de ejecutar los trabajos de campo relativos a la determinación de la morfología terrestre. Esto se ha visto reflejado en la aplicación de nuevas formas de realizar este tipo de trabajos, que han venido revolucionando la adquisición de datos para la ubicación de los elementos naturales y antrópicos sobre la superficie terrestre.

En varios países se han implantado estas nuevas tecnologías para realizar gestión de datos geoespaciales. Numerosas organizaciones especialistas en el área de levantamientos topográficos se han encargado de investigar y ofrecer servicios con estas nuevas tecnologías, así mismo, estudiantes y profesionales de

numerosas universidades se han interesado en profundizar en el tema y utilizar estas innovaciones para generar tanto información documental sobre los usos y aplicaciones de las mismas, como productos con información geoespacial a partir de estas tecnologías emergentes.

El uso de estas tecnologías geoespaciales se ha masificado, las ventajas en cuanto a tiempos de ejecución y ahorro de dinero con respecto a metodologías geodésicas o topográficas tradicionales ha influido en esta situación. Se debe tener precaución al momento de emplearlas con fines cartográficos o para la generación de productos a gran formato, de acuerdo a las necesidades de cada proyecto, destacando la importancia de la validación de estos productos para garantizar su confiabilidad. En este sentido, han surgido normas o estándares internacionales que regulan y se van adecuando a las tecnologías emergentes para la adquisición masiva de datos, como los dictados por la ASPRS en el año 2014. Sin embargo, aún no se ha cuantificado el impacto del uso de una infraestructura geodésica para controlar y ajustar los productos generados a partir del uso de estas tecnologías geoespaciales. Adicionalmente a lo expuesto, existe poca claridad en cuanto a la geometría de los puntos de control, estos resultan necesarios para validar los productos generados, inclusive asociaciones como la ASPRS promueven la investigación al respecto.

Distintos profesionales de las geociencias utilizan estas formas actuales de captura de datos geoespaciales para la ejecución de trabajos o proyectos en distintas áreas, tales como: gestión ambiental, gestión de riesgos, sistemas de gestión territorial, entre otros. De igual forma, las organizaciones que han desarrollado o financiado las investigaciones de estas tecnologías para adquisición de masiva de datos se han enfocado en presentar sus productos, haciendo énfasis en las bondades que ofrecen estas tecnologías geoespaciales.

## 1.2. Marco Referencial

A continuación, se mencionan las investigaciones que profundizaron en la importancia de contar con una adecuada infraestructura geodésica y cumplir con los parámetros estándares referentes a la exactitud posicional de data geoespacial, siendo esta adquirida de manera masiva empleando tecnologías emergentes, tales como fotogrametría con VANT o LIDAR.

- “Metodología para validación de datos geoespaciales adquiridos con vehículos aéreos no tripulados” (Sthefanie González). (Caracas, Venezuela. 2015).
  - En la investigación realizada por la Ingeniero Geodesta Sthefanie González se evaluó la precisión de los datos geoespacial capturados empleando un vehículo aéreo no tripulado (VANT), y se compararon estos valores de precisión posicional vertical obtenidos en la investigación con los parámetros establecidos por la ASPRS. Para lograr cumplir con los objetivos se establecieron cinco (5) puntos de control medidos con GPS en método estático en la Ciudad Universitaria de Caracas, estos valores junto con los datos presentes en los planos fotogramétricos base de la Universidad Central de Venezuela y de levantamientos topográficos previos a la investigación, fueron comparados con el MDE generado a partir de la ortofoto obtenida gracias a las fotografías tomadas en el vuelo del VANT. Esta investigación también evaluó las discrepancias entre los MDE generados por distintos métodos de interpolación con respecto al MDE base obtenido del ráster fotogramétrico; esta actividad permitió determinar que el método de Kriging era el de mejor ajuste al presentar un 98,68% de confiabilidad en los resultados validados. Este trabajo supone un importante aporte a las investigaciones

realizadas por el Departamento de Ingeniería Geodésica y Agrimensura hasta la fecha, ya que promueve el desarrollo de esta área al recomendar que se profundice en este tema al proponer la validación de este tipo de tecnologías emergentes tanto en precisiones verticales como horizontales.

- “Comparación de la data topográfica con la data LIDAR de la quebrada Tacagua para el modelaje de la prolongación de la Avenida Boyacá de Caracas, Distrito Capital” (Cedeño Ángelo y Oropeza Ernesto). (Caracas, Venezuela. 2014).
  - En esta investigación se buscó realizar la comparación entre el modelo digital de elevación elaborado a partir de la nube de puntos suministrada por la empresa AERONAUTICAL SUPPLIES N.V y el levantamiento topográfico de la zona suministrado por la empresa PRECOMPRIMIDOS DE VENEZUELA C.A. Esto se realizó con el fin de evaluar las discrepancias en las elevaciones del terreno entre ambas datas, además se determinaron las precisiones al realizar MDE con modelos matemáticos de correlación en interpolaciones. Al realizar el estudio se determinó que la discrepancia entre ambos conjuntos de información geoespacial fue de 0,80 m para el área de estudio determinada como “zona uno”, y de 0,10 m para la “zona dos”. Este Trabajo Especial de Grado, llevado a cabo por los ingenieros Ángelo Cedeño y Ernesto Oropeza, determina la importancia de este tipo de tecnologías para la obtención de forma expedita de información geoespacial, sin embargo, recomienda el apoyo de esta tecnología con métodos clásicos de topografía. A su vez, promueve el desarrollo de investigaciones en cuanto a la determinación de valores posicionales tanto horizontales como



verticales, así como la determinación de una infraestructura geodésica adecuada para emplear esta tecnología emergente en zonas con relieve complicado.

- “Evaluación de los modelos gravimétricos del satélite Grace a partir de datos de mediciones terrestres de gravedad y generación de modelos ajustados para Venezuela” (Daruiz, Adriana). (Caracas, 2014).
  - Esta investigación se basó en la realización de una evaluación del modelo gravimétrico GGM02 generado por la misión GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) en función de su correlación con datos terrestres. La desviación estándar del modelo de anomalías gravimétricas dio como resultado 30.3601 mgal, concluyendo que estos modelos geoidales globales no consideran los efectos locales producidos por la presencia de masas en determinadas zonas. Para subsanar esta situación se elaboró un modelo Geoidal para Venezuela empleando los datos terrestres para ajustar los valores del modelo global, este modelo se denominó GEOUCV\_2014 que fue validado empleando los puntos de la Red Geodésica de la UCV, obteniendo así una desviación estándar de 0.2584 metros.
  
- “Precisión de la fotogrametría con vehículos aéreos no tripulados en comparación con la red RTK GPS” (P Barry, R. Coakley). (Irlanda, 2013).
  - Este trabajo de investigación se planteó determinar la precisión de data geoespacial obtenida con UAV al emplear puntos de control terrestre medidos con RTK GPS referidos al sistema ITM (Irish Transverse Mercator), con una precisión horizontal de 1cm y vertical de 2,5cm. En primer lugar, se midieron diez (10) estaciones de

control y luego cuarenta y cinco (45) puntos de chequeo en coordenadas referidas al datum Irenet95. Se emplearon 728 fotografías obtenidas con el UAV, con las cuales se generó el ortofotomosaico y el MDE que luego fueron comparados con la data RTK GPS. Este trabajo investigativo proporciona información relevante en cuanto a métodos y procedimientos realizados para la comparación de la data.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Evaluar el requerimiento de la infraestructura geodésica necesaria para validar las tecnologías geoespaciales innovadoras en la adquisición masiva de datos.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Diagnosticar el estado actual de la infraestructura geodésica, así como de la información básica en la ciudad de Caracas.
- Analizar las tecnologías geoespaciales emergentes en cuanto a normas, parámetros estándares y especificaciones técnicas.
- Determinar el espacio geográfico adecuado para realizar el estudio, dentro de los límites de la ciudad de Caracas.
- Establecer el Sistema de Referencia Geodésico para la evaluación.
- Diseñar una metodología para la validación de nuevas tecnologías empleando la infraestructura geodésica.

#### **1.4. Justificación de la investigación**

El presente Trabajo Especial de Grado tiene gran relevancia, ya que permitirá evaluar el impacto de la infraestructura geodésica como soporte en la validación de las tecnologías geoespaciales emergentes, todo esto tomando en cuenta la mejor distribución del Control Geodésico necesario y el sistema de referencia más apropiado para la evaluación del grado de confiabilidad e incertidumbre de los productos presentados.

Además, se plantea profundizar en la importancia y necesidad de la infraestructura geodésica para mejorar los resultados obtenidos al realizar levantamientos topográficos o geodésicos empleando nuevas tecnologías. Proporcionará información suficiente para mejorar la adquisición masiva de datos geoespaciales, y la geometría de los vértices, la cual debe ser homogénea en el área de estudio para establecer un control geodésico confiable.

Los resultados obtenidos permitirán tomar decisiones en cuanto a la mejor forma de garantizar un apoyo geodésico que garantice productos cartográficos o topográficos de calidad. También permitirán tener un espacio geográfico geodésicamente controlado para evaluar nuevos equipos y tecnologías en el área de la Geodesia y la generación de productos cartográficos actuales para la zona de estudio.

#### **1.5. Alcance**

Para la elaboración del presente trabajo de investigación se evalúa cuál resulta el área geodésicamente controlada más adecuada para realizar el estudio, además de determinar la pertinencia de levantar información geoespacial “in situ” de la zona escogida, así como el diseño de una Red Geodésica óptima. Del mismo modo, a través de la aplicación de una metodología para la validación de nuevas

tecnologías geoespaciales y de analizar comparativamente productos planialtimétricos se busca cuantificar en qué medida los nuevos métodos de adquisición masiva de datos mejoran sus exactitudes al emplear una infraestructura geodésica robusta, obtenida al desarrollar mediciones en campo que cumplan los criterios necesarios para garantizar los parámetros estándares.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.**

A continuación, se definen conceptos que son de relevancia para el trabajo investigativo, ya que constituyen la base teórica del presente estudio.

### **2.1. SISTEMAS DE COORDENADAS**

#### **2.1.1. Sistema de Coordenadas Terrestres**

Son sistemas que se utilizan para poder definir coordenadas de puntos sobre la superficie terrestre, por lo general pueden ser sistemas geocéntricos o topocéntricos, dependiendo de determinadas características que diferencia a uno y a otro, los cuales se desarrollan a continuación:

##### **2.1.1.1. Sistemas Geocéntricos**

Es el sistema de coordenadas utilizado para definir los Sistemas de Coordenadas Geodésicos Globales, es decir, un sistema de coordenada universal que es válido para cualquier punto sobre la superficie terrestre (considerando a ésta como un elipsoide revolución). (Infante A., 2015, pág. 30).

Según Furones (2010), se utilizarán unos ejes de coordenadas fijos sobre la Tierra, es decir, que giren con ella, de manera que las coordenadas de un punto, en principio, serán siempre las mismas.

Los convencionalismos que llevan el sistema de referencia a convencional son:

- Origen: Centro de masas terrestres o geocentro, incluyendo la atmósfera y los océanos.
- Eje Z: coincide con el eje de rotación terrestre.
- Plano meridiano: pasa por cualquier punto de la tierra y contiene al eje de rotación.
- Plano ecuador: es perpendicular al eje de rotación y pasa por el geocentro.
- Eje X: se sitúa en la dirección del plano meridiano que pasa por Greenwich y contenido en el plano ecuador. Es considerado internacionalmente como meridiano origen o meridiano cero desde 1891.
- Eje Y: contenido en el plano ecuador y perpendicular al eje X y su sentido será tal que los tres ejes formen una tripleta dextrógira.

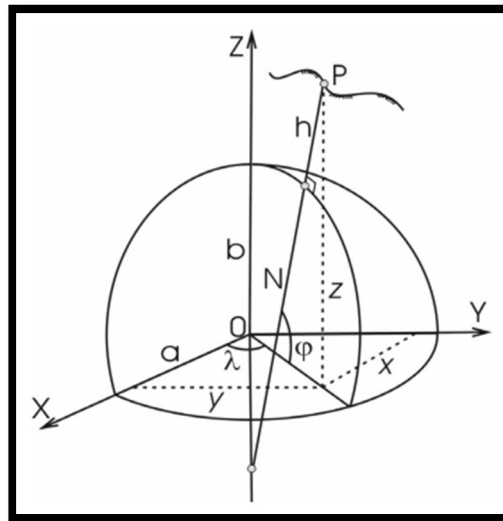


Fig. 1. Sistema de coordenadas geocéntricas. Fuente: <http://www.igac.gov.co/>

### 2.1.1.2. Sistemas Topocéntricos

Es el sistema coordinado usado para definir los Sistemas de Coordenadas Geodésicos Locales o Geodésicos Topocéntricos; un Sistema Local es un sistema de referencia cuyo alcance es un espacio geográfico o región determinada y cuyo origen es cualquier punto sobre la superficie terrestre. (Infante A., 2015, pág. 31). En el punto inicial las coordenadas geodésicas y astronómicas son iguales, siendo el elipsoide tangente al geoide en el punto inicial adoptado. Según Krakiwsky y Wells (1973), los sistemas topocéntricos están definidos por:

- El origen está en un punto cercano a la superficie de la Tierra.
- El plano primario es el plano tangencial a la superficie de la Tierra en ese punto.
- El eje primario es el punto norte.
- Los sistemas son de mano izquierda.

Las dos últimas especificaciones no presentan problema. Sin embargo “La superficie de la Tierra” puede ser interpretado de tres maneras: La superficie física de la Tierra, la superficie equipotencial de la Tierra o la superficie de un elipsoide de referencia.

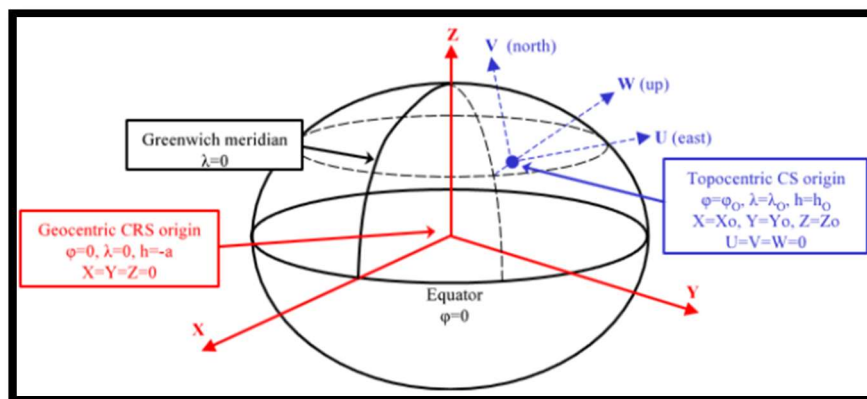


Fig. 2. Sistema de coordenadas topocéntricas. Fuente: ayudaonline.digi21.net

## 2.2. SUPERFICIES DE REFERENCIA

### 2.2.1. Altura Elipsoidal

Se define como la distancia vertical que existe entre un punto cualquiera sobre la superficie terrestre y determinado elipsoide de revolución medida sobre la normal elipsoidal, la magnitud y la dirección de esta altura varían dependiendo del elipsoide de referencia utilizado. A la altura elipsoidal se le denota comúnmente con la letra “h” y por lo general es obtenida a través de mediciones GNSS.

### 2.2.2. Altura Ortométrica

Es la distancia tomada en la dirección normal al geoide entre éste y el punto de medición. La curvatura de esta altura se debe al hecho de que la línea de la plomada coincide con el vector gravedad a medida que atraviesa diferentes superficies equipotenciales, las cuales no son paralelas entre sí (Sánchez y Martínez, 1997). La altura Ortométrica comúnmente es designada con la letra “H”.

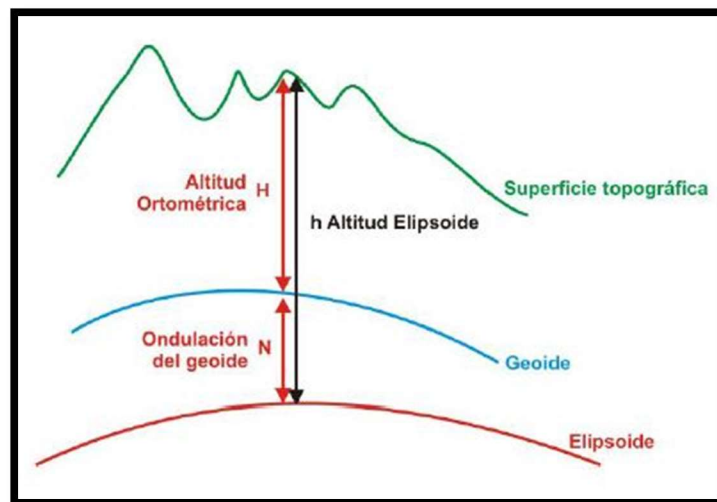


Fig. 3. Altura elipsoidal y ortométrica. Fuente: [unisigzayrao.blogspot.com](http://unisigzayrao.blogspot.com)



### 2.2.3 Ondulación Geoidal

Término que resulta de la diferencia entre la altura elipsoidal  $h$  y la altura ortométrica  $H$ , denominado con la letra  $N$ .

$$N = h - H \quad (\text{Fórmula 1})$$

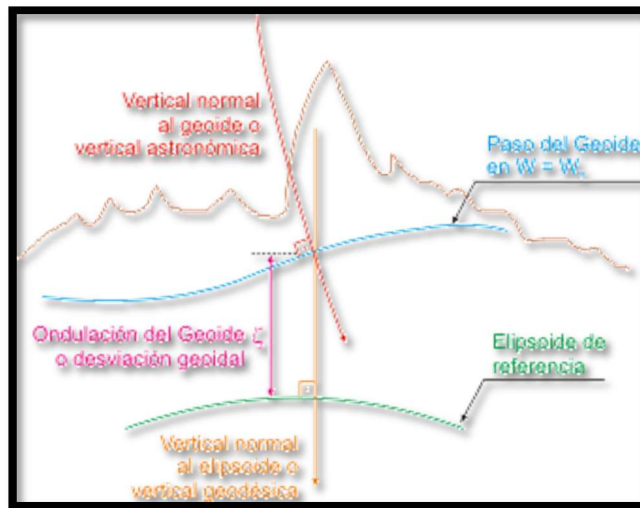


Fig. 4. Ilustración de tipos de altura y ondulación geoidal. Fuente: <http://www.gabrielortiz.com/index.asp?Info=064>

### 2.3. SISTEMAS DE REFERENCIA GEODÉSICOS

Un sistema de referencia se puede definir como el conjunto de convenciones y conceptos teóricos adecuadamente modelados que definen, en cualquier momento, la orientación, ubicación y escala de tres ejes coordenados (X, Y, Z). En este sentido Furones (2011), define al sistema de referencia como “una definición conceptual de teorías, hipótesis y constantes que permiten situar una tripleta de ejes coordenados en el espacio, definiendo su origen y su orientación”.

Según el Instituto de Geografía Nacional (IGN) de España, un sistema de referencia geodésico es “un recurso matemático que permite situar una tripleta de ejes coordenados en el espacio, definiendo su origen y orientación”. Podría definirse entonces un sistema de referencia geodésico, por una superficie de referencia o elipsoide de referencia ajustado al geoide de la zona de un determinado lugar, las coordenadas del datum, y su realización práctica mediante un marco de referencia.

### **2.3.1 Datum**

Es el sistema de referencia geodésico utilizado para relacionar sistemas locales con sistemas de referencias globales; existen Datums tanto horizontales como verticales, para definir las coordenadas geodésicas y las elevaciones respectivamente. Según la Organización Internacional de Hidrografía (1994), define el Datum geodésico como, “un conjunto de parámetros que especifican la superficie de referencia o el sistema de referencia de coordenadas utilizado por el apoyo geodésico en el cálculo de coordenadas de puntos terrestres; comúnmente los Datums se definen separadamente como horizontales y verticales”.

El datum horizontal es un modelo matemático de la Tierra que se usa para calcular las coordenadas geodésicas de los puntos del sistema de referencia. El datum geodésico horizontal está compuesto por un elipsoide, definido por sus semiejes y su achatamiento, y un punto llamado fundamental, en el que el elipsoide y la Tierra son tangentes. Este punto fundamental se le define por sus coordenadas geográficas latitud y longitud, además del acimut de una dirección con origen en el punto fundamental (Fernández-Coppel, s.f.).

Existe un punto de tangencia el cual representa la mejor posibilidad de coincidencia del Geoide con la definición matemática del Elipsoide. Para ubicar

este punto en forma física material se practican mediciones geodésicas-geofísicas de naturaleza gravimétrica. En dicho punto, la deflexión entre la vertical y la normal debe ser mínima y las cotas ortométricas (alturas verticales respecto al nivel de mar) son idénticas y equivalentes a un valor sensiblemente igual al Nivel medio de las aguas del mar, (cercano a 0,000 m). Este punto único recibe el nombre universal de DATUM. (Swanston, 2006).

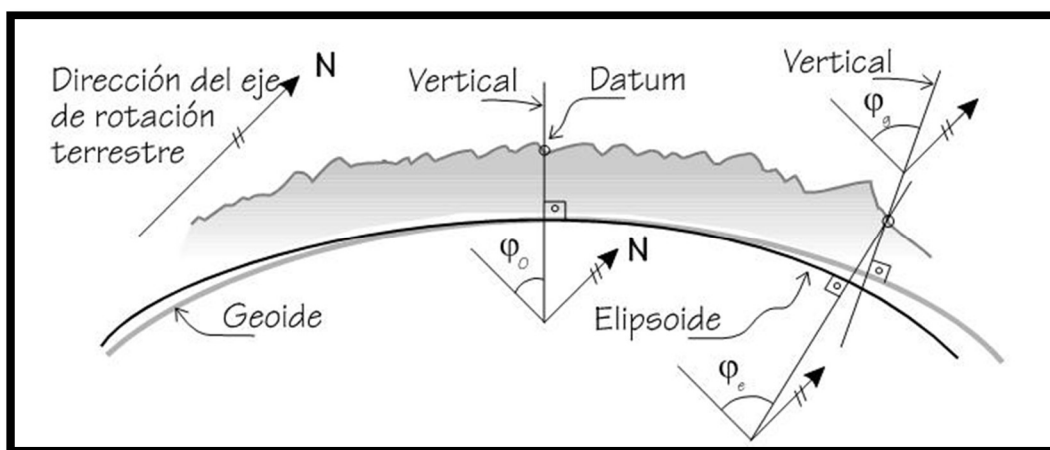


Fig. 5. Relación Geoide-Elipsoide y Datum. Fuente: [detopografia.blogspot.com](http://detopografia.blogspot.com)

## 2.4. Sistemas de Referencia Geodésicos y Datum utilizados en Venezuela.

### 2.4.1. Datum Suramericano Provisional de 1956 (PSAD 56, La Canoa)

El PSAD 56 constituye el sistema de referencia de la Red Geodésica de Triangulación de 1er orden que materializa el control geodésico horizontal en Venezuela. El mismo, fue adoptado como Datum provisional para los países de Suramérica en 1956, y estuvo vigente en Venezuela hasta el 31 de marzo de 1999 con las siguientes características.

- Datum convencional de posición geodésica horizontal: astrogravimétrico y topocéntrico, con origen en la ciudad de La Canoa, Estado Anzoátegui, Venezuela.

- Superficie de referencia: Elipsoide Internacional de 1924.

- Punto fundamental (Origen de coordenadas):

$\phi_0 = 08^\circ 34' 17.170''$  Norte,

$\lambda_0 = -63^\circ 51' 34.880''$  al oeste de Greenwich,

Acimut definido a la estación de Pozo Hondo (AZ) =  $40^\circ 22' 45.96''$

#### **2.4.2. El Datum Loma Quintana de 1911.**

Es un sistema de referencia de coordenadas rectangulares planas de origen local. Posee un datum con el mismo nombre "Loma Quintana" adoptado en 1935, como sustituto del antiguo datum del observatorio Cajigal, Caracas, (Moreau, s.f.). El punto origen para el sistema fue establecido en la ciudad de Caracas en el fraccionamiento El Mirador, parroquia 23 de Enero por presentar mejor visual para la triangulación del mapa físico. Entre sus características, se menciona:

- Punto fundamental (Origen de coordenadas):

Falso Este E: 0,000 m

Falso Norte N: 0,000 m

Altura  $H_0 = 1,077.54$  m sobre el nivel medio del mar en La Guaira.

- Superficie de referencia: Elipsoide Internacional de 1924.

- Punto fundamental (Origen de coordenadas geodésicas):

Latitud  $\phi_0 = 10^\circ 30' 24.274''$  N,

Longitud  $\lambda_0 = -66^\circ 56' 01.076''$  Oeste de Greenwich,

Acimut definido a la estación Volcán (Az) =  $316^\circ 01' 50.30''$ ,

El 23 de diciembre 1986, se obtuvieron los parámetros de transformación de datum entre Loma Quintana y PSAD 56, basada en la transformación de Helmert y en una solución de 79 estaciones ubicación compartida (Mugnier, 2000).

De Loma Quintana a PSAD 56: DX = -43,50 m, DY = 96,14 m, DZ = -15,18 m, Escala = + 16,70x10-6, RX = -1,43", RY = -0,65", RZ = -0,33".
--

*Fig. 6. Parámetros del Transformación Datum Loma Quintana a PSAD 56. Fuente: Mugnier, C; 2000, Pág. 3.*

### **2.4.3. Red Geocéntrica Venezolana (REGVEN).**

La Red Geocéntrica Venezolana REGVEN es la densificación del sistema SIRGAS en Venezuela, y se define como “el conjunto de vértices situados sobre el terreno, dentro del territorio nacional, representados físicamente por medio de monumentos permanentes o marcas geodésicas y cuya posición en la época adoptada es conocida con mucha exactitud. (IGVSB, 2000). En concordancia con lo anterior REGVEN es la materialización de puntos sobre la superficie terrestre de los cuales se conocen sus posiciones a través del tiempo.

La Red Geocéntrica Venezolana (REGVEN) fue asumida como el Sistema Geodésico Nacional en el año 2000 y en ella han de referirse los levantamientos geodésicos y topográficos realizados en el país, según el artículo N° 11 de la Ley de Geografía, Cartografía y Catastro Nacional, Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela número 37.002 del 28 de Julio del año 2000. La misma, se encuentra referida a la solución ITRF 94, época 1995.4 y como elipsoide

asociado el GRS80. Para la transformación de coordenadas del sistema PSAD 56 a REGVEN y viceversa, se utilizarán los parámetros de transformación para Venezuela PATVEN-97/PSAD 56 (IGVSB, 2000)

DX (m) = -270,933	EX (") = -5,266	Coordenadas del punto fundamental
DY (m) = 115,599	EY (") = -1,238	XM = 2464351,59
DZ (m) = -360,226	EZ (") = 2,381	M = -5783466,61
	FE (ppm) = -5,109	ZM = 974809,81

*Fig. 7. Parámetros PATVEN/PSAD 56. Fuente: IGVSB, 2000.*

## 2.5. INFRAESTRUCTURA GEODÉSICA.

Desde los inicios de la fotogrametría aérea los trabajos fueron orientados a seguir determinados procedimientos para la planificación de estos proyectos, dentro de los cuales uno de los más importantes, además de la planificación del vuelo, es el control terrestre.

La infraestructura geodésica, según lo afirmado por la SIRGAS, puede ser entendida como el conjunto de redes geodésicas existentes. De igual manera, el control terrestre también representa la materialización de vértices sobre la superficie de la Tierra de manera que sirvan de apoyo o amarre para vuelos fotogramétricos. Este control necesariamente debe apoyarse de una infraestructura o red geodésica confiable que cumpla con las especificaciones técnicas del proyecto. En muchas bibliografías se definen a las redes geodésicas y se describen los procedimientos para su correcta y precisa medición y materialización sobre la superficie terrestre, sin embargo, existe una discusión

abierta en cuanto a la cantidad y distribución de los vértices. En Venezuela la infraestructura geodésica se ve materializada principalmente por la Red Geocéntrica Venezolana.

### **2.5.1 Control terrestre o puntos de apoyo.**

El Instituto Geográfico del Perú en su norma técnica sobre “Especificaciones Técnicas para la Producción de Cartografía Básica escala 1:5000” menciona que los puntos de control básico constituyen la referencia a partir de la cual se propagan las coordenadas a los puntos de control fotográfico, que a su vez estos son puntos que sirven de control para las operaciones de fotogrametría.

Así mismo, refiriéndose a la distribución de los puntos de control para la aerotriangulación mencionan que es variable y que en general, es recomendable tener una distribución homogénea de los puntos de control por todo el bloque, asegurando preferentemente el perímetro. En líneas generales este Instituto sugiere:

- Un punto de control doble en cada esquina del bloque.
- Un punto de control en las esquinas internas de los enlaces entre líneas de vuelo, asegurando el amarre o enlace adecuado entre las mismas.
- Un punto de control cada cinco modelos, perpendicular a las líneas de vuelo, a los extremos y en las zonas de traslapo de las mismas.

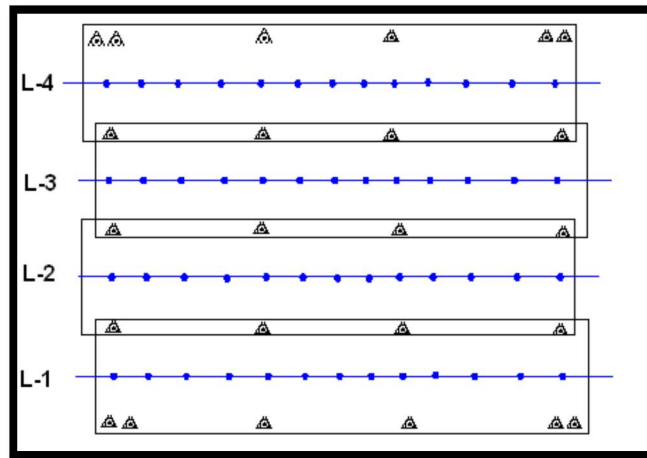


Fig.8. Distribución de puntos de control terrestre. Fuente: Norma Técnica del IGN de Perú 2011.

- Si la precisión de los centros de proyección del vuelo es suficiente se podrá realizar un apoyo de campo más reducido.
- El número de puntos de chequeo será el 10% del total de puntos del bloque.
- En resumen, el número y distribución de los puntos de apoyo será el necesario para la correcta aerotriangulación del proyecto y por consiguiente la obtención de la calidad métrica que conlleva el producto final.

Resulta importante destacar que de la normativa presentada por el IGN del Perú solo se tomaron las recomendaciones que a “grosso modo” realiza acerca de la selección de la ubicación de los puntos de control terrestre, ya que no especifica ni el número total ni la mejor distribución de los mismos.



### **2.5.2. Obtención de Puntos de Control Terrestre.**

Tomando como referencia la norma técnica del IGN de Perú se presentan las siguientes especificaciones para la obtención de los puntos de apoyo:

1. Los puntos de apoyo geodésico, se obtendrán por el método de levantamiento disponible, en el caso de posicionamiento GNSS Estático Diferencial, se deberá tener como fijo un vértice de la Red Geodésica Nacional y/o de puntos determinados previamente para el proyecto u otro que obtenga iguales resultados de precisión.
2. Los puntos de apoyo fotogramétrico se obtendrán a partir de la Red Geodésica Nacional.
3. Se utilizará receptores GNSS geodésicos de una frecuencia L1 o de doble frecuencia L1/L2 y código C/A.
4. Cada sesión de observación se planificará previamente para horas en las que el PDOP (Position Dilution of Precisión) sea inferior a 4, determinándose horas comunes de recepción.
5. El propósito del control vertical consiste en determinar la distancia vertical existente entre puntos del terreno y el nivel medio del mar.

Así mismo, se sugiere que el procesamiento de los datos se haga en función del tipo de levantamiento y que cumplan con los requerimientos de precisión exigidos en el proceso de aerotriangulación.

Las precisiones de los puntos de control terrestre juegan un papel importante puesto que estas pueden variar dependiendo de las especificaciones del proyecto fotogramétrico, y las mismas influyen directamente en la precisión del proceso de aerotriangulación.

## **2.6. FOTOGRAMETRÍA.**

La fotogrametría es una disciplina que se encarga, entre otras cosas, de la generación de modelos en tres dimensiones a partir de fotografías o imágenes en dos dimensiones. Es definida por la ASPRS como *“el arte, la ciencia y la tecnología de obtener información confiable de objetos físicos y su entorno, mediante el proceso de exponer, medir e interpretar tanto imágenes fotográficas como otras, obtenidas de diversos patrones de energía electromagnética y otros fenómenos”*. Emplea sensores remotos, en particular cámaras fotográficas, que captan la luz sin tener contacto físico con los objetos. Ha sido indispensable para la generación de la cartografía base de los países, ya que permite abarcar grandes áreas en poco tiempo en comparación con métodos topográficos o geodésicos convencionales.

Etimológicamente proviene del griego *photos* que significa luz, *gramma* que significa dibujado y *metrón* que significa medir; en otras palabras medir a través de la luz. Esto va en línea con la definición que da la ISPRS, que establece que *“la fotogrametría es la ciencia de realizar mediciones e interpretaciones confiables por medio de las fotografías, para de esa manera obtener características métricas y geométricas (dimensión, forma y posición), del objeto fotografiado”*

### **2.6.1. Fundamentos de la fotogrametría.**

Como lo establece Luis Jauregui (2013), el principio en el que se basa la fotogrametría consiste en proyectar en forma ortogonal sobre un plano de referencia, la imagen registrada en una fotografía, la cual ha sido proyectada sobre el negativo mediante la proyección central, que es la usada por las lentes.

En fotogrametría se asume que la proyección central es perfecta, lo cual implica que:

- No existe desviación de los rayos de luz que atraviesan los lentes de la cámara.
- La imagen se proyecta sobre una superficie perfectamente plana.
- La relación matemática que relaciona el objeto y su imagen se conoce con el nombre de principio de colinealidad.

### **2.6.2. Aerotriangulación fotogramétrica.**

Según el IGN de España “aerotriangulación es el término que se utiliza para describir el proceso de cálculo de coordenadas X, Y, Z (en un sistema de referencia local) de puntos y accidentes del terreno basadas en medidas realizadas sobre bloques de fotogramas”. Fototriangulación es un término más general que abarca su aplicación tanto a fotogramas terrestres como aéreos (Wolf, 1983).

La técnica de Aerotriangulación además de la fase de medida de fotocoordenadas (x, y) de puntos, definidos en el proyecto, incluye la fase de ajuste y compensación en bloque de esas medidas, con el objetivo de densificar el control terrestre que permite la orientación estereoscópica en los procesos de restitución, obtención de Modelos Digitales de Elevaciones, generación de ortofotos, entre otras aplicaciones cartográficas. La aplicación más importante de la aerotriangulación es determinar puntos de control o apoyo, por medio de bandas o bloque de fotogramas, para su posterior aplicación en los procesos fotogramétricos, evitando en todo momento el levantamiento exhaustivo de puntos de campo.

Una primera clasificación de métodos de aerotriangulación tiene en cuenta el tipo de instrumental y método de medida seguido; según este planteamiento los métodos pueden ser analógicos y semianalíticos.

## **2.7. VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS (VANT).**

De acuerdo con Nomani (2007), el Instituto Americano de Aeronáutica y Astronáutica (AIAA, por sus siglas en inglés) define el término VANT (UAV, en inglés) como aeronaves que han sido diseñadas o modificadas, que no llevan un operador humano a bordo y son operadas a través de instrucciones electrónicas dadas por el controlador del vuelo o por un sistema de control de vuelo autónomo a bordo de la aeronave que no requiere la intervención del controlador del vuelo. El término VANT abarca todo vehículo al que se le pueda programar uno o varios planes de vuelos y ser operado sin intervención humana (Eisenbeiss, 2004).

Actualmente el término preferido por la industria militar para referirse a los drones o VANT es UAS (Unmanned Aerial System), este cambio surgió por la necesidad de reconocer que efectivamente se trata de un sistema con distintos componentes: segmento tierra, segmento comunicación y segmento aire (González, Sthefanie 2015).

### **2.7.1. Tipos de Vehículos Aéreos No Tripulados.**

En general los VANT pueden ser clasificados según su funcionalidad en:

- Blanco: simulan un objetivo militar para sistemas de armas aéreas y terrestres.
- Reconocimiento: proveen información de inteligencia en ambientes militares.

- Combate: llevan a cabo misiones peligrosas de ataque en el campo de batalla, suelen llamarUCAV (Unmanned Combat Air Vehicle).
- Investigación y desarrollo: empleados para el desarrollo de tecnologías asociadas con los VANT para mejorar el desempeño en sus misiones.
- Comercial y civil: especialmente diseñados aplicaciones civiles y comerciales.

### 2.7.2. VANT Phantom 4 del fabricante DJI.

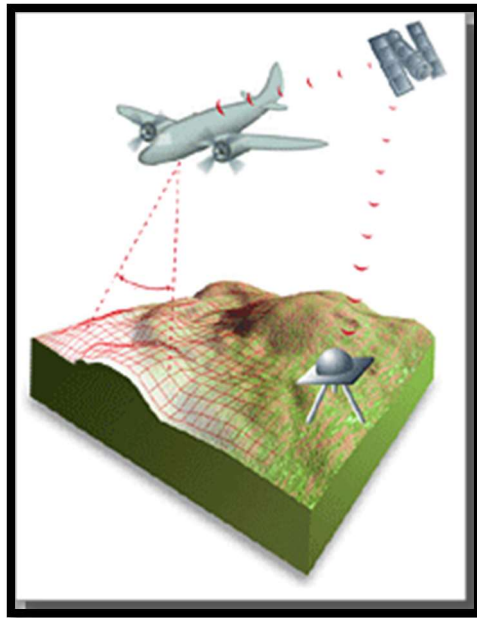
El fabricante DJI es ampliamente conocido por la notoriedad que sus drones han adquirido dentro de las comunidades que emplean esta tecnología. Dentro de los modelos que ha desarrollado la empresa se encuentra el Phantom 4, lanzado al mercado en el mes de marzo del año 2016, a continuación se muestra una tabla que contiene algunas especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante.

Tabla 1. Algunas especificaciones del VANT Phantom 4. Fuente: <http://www.dji.com/es/phantom-4>

<b>Modelo</b>	Phantom 4
<b>Peso</b>	1380gr
<b>Velocidad máxima</b>	20 m/s
<b>Duración Baterías</b>	28 min
<b>Satélites</b>	GPS/GLONASS
<b>Precisión vuelo estacionario vertical</b>	0.1 m - 0.5m
<b>Precisión vuelo estacionario horizontal</b>	0.3 m o -1.5 m
<b>Sensor</b>	1/2.3"
<b>Cámara píxeles</b>	12M
<b>FOV</b>	94°
<b>Distancia focal (f)</b>	20mm a un formato equivalente de 30mm
<b>Tamaño imagen</b>	4000 x 3000
<b>Formato imagen</b>	JPEG, DNG (RAW)
<b>Estabilización</b>	3 ejes
<b>Ancho de sensor</b>	6.16 mm
<b>Alto del sensor</b>	4.62 mm

## 2.8. LIDAR.

Por su acrónimo “Light Detection and Ranging” se podría traducir literalmente como “detección y medición de la luz”, esta es una tecnología que a través de la emisión de pulsos de luz y su medición a distancia puede obtener una nube de puntos con coordenadas X, Y, Z de grandes extensiones de terreno en cuestión de minutos. Podría definirse también como un sistema activo, emplazado normalmente sobre aviones o helicópteros, basado en un sensor que lleva a cabo la emisión de un pulso láser y la medida del tiempo que tarda dicho pulso en llegar a la superficie y volver al punto de emisión (LIDAR México, 2016).



*Fig. 9. Sistema LIDAR en funcionamiento. Fuente: [www.lidar.com.mx/lidar.html](http://www.lidar.com.mx/lidar.html). 2016.*

El sistema LIDAR está compuesto por un emisor/receptor y un escáner láser muy potente, un receptor GPS que proporciona la posición y la altura del avión en cada momento, y un sistema inercial (IMU) que informa de los giros del avión y de su trayectoria.

El elemento principal de un sistema LIDAR es el escáner láser, que va aerotransportado y emite pulsos de luz infrarroja que servirán para determinar la distancia entre el sensor y los puntos del terreno. La longitud de onda de estos pulsos varía entre 500 y 1500 nm, y su energía oscila entre los  $10^{-5}$  y  $10^{-3}$  J. A partir del tiempo que ha tardado cada rayo en ir y venir y de la velocidad de la luz, se deduce con facilidad la distancia a la que está el objeto estudiado. (Gómez, Delgado y Pérez, 2005).

Los componentes del LIDAR son:

- ALS: Escáner Láser Aerotransportado. Emite pulsos de luz infrarroja que sirven para determinar la distancia entre el sensor y el terreno.
- GPS diferencial: Mediante el uso de un receptor en el avión y uno o varios en estaciones de control terrestres (en puntos de coordenadas conocidas), se obtiene la posición y altura del avión.
- INS/IMU: Sistema Inercial de Navegación. Nos informa de los giros y de la trayectoria del avión.
- Cámara de video digital (opcional): que permite obtener una imagen de la zona de estudio, que servirá para la mejor interpretación de los resultados. Ésta puede montarse en algunos sistemas junto al ALS.
- Medio aéreo: Puede ser un avión o un helicóptero. Cuando se quiere primar la productividad y el área es grande se utiliza el avión, y cuando se quiere mayor

densidad de puntos se usa el helicóptero, debido a que éste puede volar más lento y bajo.

Las medidas obtenidas por los tres componentes principales, ALS, GPS e IMU, se toman con una misma etiqueta de tiempos acorde con el GPS. De esta forma después se pueden relacionar fácilmente en el cálculo posterior. Al relacionar estos tres sistemas en el post proceso con el uso de diversos software es posible obtener coordenadas en el sistema de referencia WGS84 y altura elipsoidal de cada punto medido.

El sistema Lidar obtiene también la siguiente información:

- Por cada pulso emitido puede captar 2 o más ecos. Esto permite recoger información a diferentes alturas. Por ejemplo, si se sobrevuela una zona arbolada, el primer eco puede responder a la copa de los árboles y el último a la superficie terrestre.
- La intensidad reflejada puede ser muy útil para la clasificación posterior.

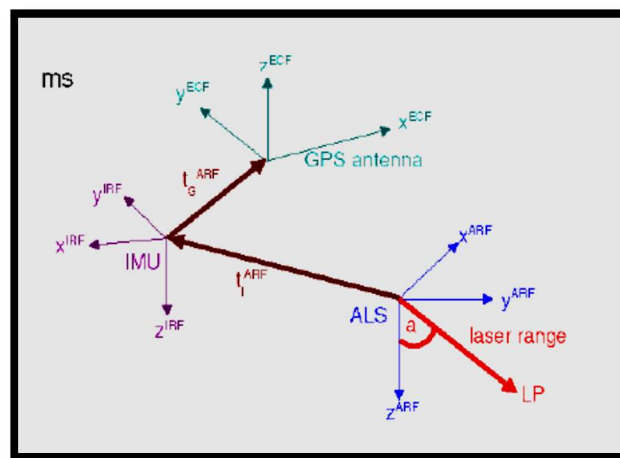


Fig. 10. Esquema de los sistemas de referencia de los tres subsistemas. Fuente: SHAN Jie y CHARLES K. Toth, *Topographic Laser Ranging and Scanning*. CRC, 2007. p76



Una de las principales ventajas de la tecnología Lidar es que no solo se pueden obtener modelos digitales del terreno (MDT) como se obtienen con fotogrametría aérea, sino que permite obtener modelos digitales de superficie (MDS), es decir, que se pueden capturar o cartografiar diversos elementos antrópicos con sus respectivas elevaciones.

## **2.9. SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION (SRTM).**

Como lo establece el documento “Una evaluación de los productos topográficos SRTM” publicado por el “Jet Propulsion Laboratory (JPL)” y la NASA; el SRTM fue una misión conjunta entre la NGA y la NASA. Esta misión recopiló información a través de interferometría de radar la cual ha sido usada por el “Jet Propulsion Laboratory (JPL)” para generar un producto topográfico global para latitudes menores a los 60° en los hemisferios Norte y Sur. Como parte de la misión SRTM una extensa campaña en tierra fue conducida por el NGA y la NASA con el fin de coleccionar data topográfica de la superficie terrestre que permitiera la validación global de la información recopilada por el SRTM. El esfuerzo más extenso fue hecho en coleccionar un conjunto de puntos de control terrestre (GCPs por sus siglas en inglés) globalmente distribuidos empleando el sistema de posicionamiento global cinemático (KGPS por sus siglas en inglés). Esta data KGPS fue coleccionada por vehículos equipados con receptores GPS a lo largo de vías que cruzan las áreas mapeadas, siendo este trabajo ejecutado en su mayoría por la NGA o agencias que cooperaron dentro del país en cuestión según fuera el caso. La data total coleccionada produjo alrededor de 9.4 millones de muestras cubriendo seis continentes con una precisión de aproximadamente 50 cm. Adicionalmente fueron empleados alrededor de 2 millones de puntos de control terrestre. En la tabla resumen que se muestra a continuación se observa la distribución por región.

Tabla 2. Resumen de distribución de data recolectada en tierra. Fuente:  
<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>

Región	N° de rutas KGPS	N° de muestras GPS (x1000)	N° de GCPs
Norteamérica	6	178	402
Suramérica	5	196	328
África	4	143	395
Eurasia	11	192	445
Australia	4	140	381
Nueva Zelanda	2	31	64

El SRTM consiste en un sistema especialmente modificado de radar que voló a bordo del transbordador espacial Endeavour durante los 11 días de la misión STS-99 en el año 2000. Para adquirir los datos de elevación topográfica estereoscópica la SRTM llevaba dos reflectores de antenas de radar. Cada reflector-antena estaba separado del otro por 60 metros gracias a un mástil que extendía la anchura del transbordador en el espacio. A pesar de su gran capacidad de cobertura, los conjuntos de datos de elevación se ven afectados por las áreas vacías en montañas y en desiertos. Aunque la cantidad sin datos no es mayor al 0,2 % del total explorado, es un problema en áreas con intenso relieve. Debido al efecto de sombra orográfica afectan a áreas de relieve intenso, como grandes cadenas montañosas, cañones y desfiladeros.

## 2.10. INTERPOLACIÓN KRIGING.

El Kriging es “una colección de técnicas generalizadas de regresión lineal para minimizar una varianza de estimación definida de un modelo a priori de covarianza” (Olea, 1991).

El Kriging es el mejor estimador lineal insesgado (*Best Linear Unbiased Estimator*, BLUE). Según la Universidad de Chile considera lo siguiente:

- “lineal” porque es una combinación lineal ponderada de los datos.
- “insesgado” porque el error de estimación tendrá una media igual a 0.
- “mejor” en el sentido del error de varianza mínima para un modelo dado de covarianza/variograma.

### 2.10.1 Propiedades del Kriging.

Según la Universidad de Chile entre las propiedades más importantes del Kriging se encuentran:

- **Interpolación exacta:** la estimación en un sitio con dato es igual al valor del dato y la varianza de Kriging en este sitio vale 0.
- **Aditividad:** la estimación de la ley de un bloque es igual al promedio de las estimaciones de leyes puntuales en este bloque.
- **Suavizamiento:** la dispersión de los valores estimados es menor que la dispersión de los valores verdaderos, sobre todo en las zonas donde hay pocos datos. En consecuencia, se tiende a subestimar las zonas de altas leyes y sobreestimar las zonas de bajas leyes. El Kriging es inapropiado para evaluación de procesos donde los valores extremos son importantes.
- **Insesgo y precisión:** por construcción.

- **Sesgo condicional:** el error promedio puede no tener esperanza nula cuando se considera sólo los sitios donde la ley estimada es alta (o baja). En general, el sesgo condicional es pequeño si se usa suficientes datos.

### 2.10.2 Validación del Kriging.

Para validar los parámetros del Kriging (modelo de variograma, vecindad elegida), se puede usar los siguientes métodos:

- **Validación cruzada:** se estima sucesivamente cada dato considerando solamente los datos restantes.
- **Jack-knife:** se divide la muestra inicial en dos partes (por ejemplo, cuando hay dos campañas de sondajes), y se estima una parte a partir de la otra.

Luego, se hace un estudio estadístico de los errores cometidos para saber si el Kriging fue “satisfactorio” (buena precisión, poco sesgo condicional)

Criterios de validación:

- **Medias de los errores y de los errores estandarizados:** deben ser cercanas a cero → estimador sin sesgo.
- **Varianza de los errores:** debe ser la más baja posible → estimador preciso
- **Varianza de los errores estandarizados:** debe ser cercana a 1 → el variograma cuantifica adecuadamente la incertidumbre.
- **Nube de dispersión entre valores reales y estimados:** la regresión debe acercarse a la diagonal.

## **CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.**

### **3.1. Tipo de investigación**

El ser humano siempre ha estado en busca de respuestas a sus interrogantes, por ende, indagar siempre ha sido una condición propia de la humanidad, y buscar solución a los problemas mediante el empleo del método científico es lo que ha permitido en muchos casos dar con la respuesta correcta. Diversos autores están de acuerdo con esta afirmación, algunos definen a la investigación como “una actividad del hombre, orientada a descubrir algo desconocido.” (Sierra Bravo, 1991). Otros la definen como “una actividad encaminada a la solución de problemas, su objetivo consiste en hallar respuesta a preguntas mediante el empleo de procesos científicos.” (Cervo y Bervian, 1989). Queda claro entonces que la investigación requiere de una estructura claramente definida y una metodología determinada que viene dada gracias al empleo del método científico, sin embargo, al ser la investigación un proceso natural del hombre debe ser “un proceso libre y creativo.” (Arias, 1999).

Según Arias (1999) “la investigación documental es aquella que se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos”. En este sentido, la presente investigación se puede definir del tipo documental y de campo, debido a que requiere de recopilación de distintos tipos de información, desde planos fotogramétricos hasta datos LIDAR, para el desarrollo del estudio. A su vez, mediante el análisis de la información geoespacial, se podrá determinar la correlación entre los datos, evaluar y cuantificar el impacto de la infraestructura geodésica como soporte en la aplicación de las tecnologías innovadoras.

### **3.2. Evaluaciones preliminares con datos geospaciales diversos.**

Como parte del trabajo de investigación se decidió realizar evaluaciones preliminares con datos geospaciales que se tenían a disposición (SRTM, datos LIDAR, datos gravimétricos y topografía convencional, entre otros) de distintas zonas del país. La finalidad de estas evaluaciones era la de analizar y definir metodologías para: el tratamiento de los datos y programas para su procesamiento, generación de información y formas de presentación de los productos, entre otras cosas, todo esto previo al inicio de las tareas que conllevan los objetivos específicos del presente T.E.G.

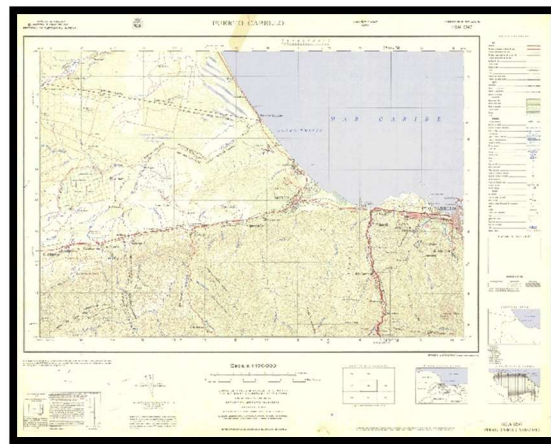
Debido a la existencia de datos gravimétricos y altimétricos recopilados en trabajos especiales de grado y por el propio IGVS, se decidió realizar una evaluación preliminar del MDE generado por el SRTM en los estados Falcón, Lara, Yaracuy y Carabobo. Así mismo, se tenían a disposición datos LIDAR, topografía convencional y modelo SRTM de la Quebrada Tacagua ubicada en la ciudad de Caracas, con lo cual se podían realizar comparaciones entre estos para evaluar las discrepancias entre uno y otros y realizar los respectivos ajustes. El objetivo de esta fase fue el de realizar el procedimiento de validación de estos datos geospaciales heterogéneos, previa verificación de los mismos, para luego poder determinar qué procedimientos o metodologías se deben aplicar para realizar la misma verificación en la ciudad de Caracas.

#### **3.2.1. Recopilación de información geodésica de los estados Falcón, Lara, Yaracuy y Carabobo.**

Con el fin de determinar cuáles son los procedimientos que se deben realizar para ejecutar de manera efectiva la correcta evaluación del MDE generado por el SRTM, se decidió trabajar de manera previa en la región del país comprendida por los estados Falcón, Lara, Yaracuy y Carabobo. Debido a la presencia de datos

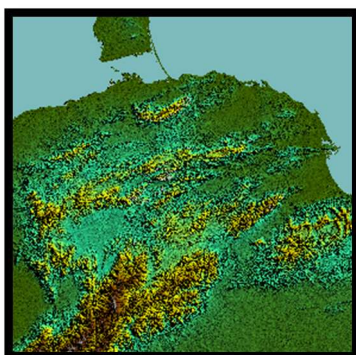
gravimétricos y altimétricos colectados en la tesis de grado “Nivelación y Gravedad” de la ingeniero geodesta Ana Ramírez 1985, se decidió tomar esta área del país como zona de estudio preliminar, ya que contaba con suficiente información geodésica tomada *in situ* y compensada en forma rigurosa. Además, este trabajo especial de grado, contiene información gravimétrica y altimétrica que fue recopilada gracias a la medición de un conjunto de circuitos de nivelaciones y mediciones gravimétricas a lo largo de los estados Falcón, Lara, Yaracuy y Carabobo que permitió hacer una correcta evaluación del MDE generado por el SRTM de resolución 1 segundo de arco, generado en septiembre de 2016.

Se recopiló la cartografía base realizada por la Dirección de Cartografía Nacional, actual IGVS, en el año 1967, esta data estuvo compuesta por las cartas a escala 1:100000 6446, 6447, 6448, 6449, 6450, 6456, 6547, 6548 y 6549 referidas al datum La Canoa; todas fueron proporcionadas por el Prof. Douglas Bravo.



*Fig. 11. Carta 6547 a escala 1:100000 elaborada por la Dirección de Cartografía Nacional. Fuente: Prof. Douglas Bravo*

Haciendo uso del sitio web *earthexplorer.com.usgs.gov* del *U.S Geological Survey* (USGS), se obtuvo el MDE correspondiente a los estados antes mencionados con una resolución de treinta (30) metros.



*Fig. 12. MDE del SRTM de los estados Falcón, Lara, Yaracuy y Carabobo. Fuente: earthexplorer.com.usgs.gov*

Para esta fase se empleó la Tesis de Grado realizada por la Ing. Ana Ramírez, la cual contiene información gravimétrica y altimétrica que fue recopilada gracias a la medición de un conjunto de circuitos de nivelaciones y mediciones gravimétricas a lo largo de los estados Falcón, Lara, Yaracuy y Carabobo.

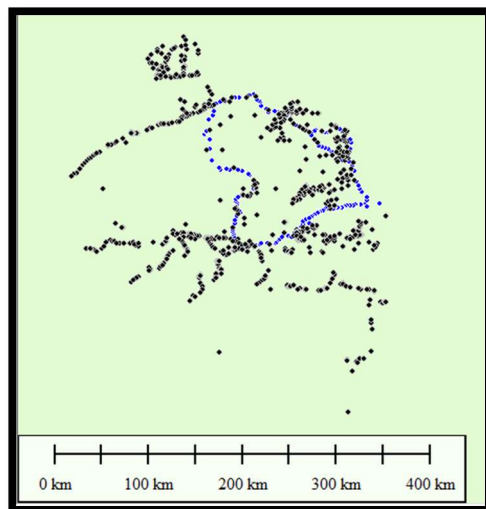
Se obtuvo un listado de puntos extraídos de la cartografía base que indica la latitud, longitud y cota de cada uno. Para tal fin se georreferenciaron las cartas empleando el software Global Mapper v14, luego se ubicó en la cartografía los puntos de interés y finalmente estos fueron exportados en formato ASCII.

Adicionalmente, se recibió de parte del Prof. Douglas Bravo un conjunto de monografías de BM de los estados en estudio, también se recibió un listado en formato ASCII que contenía la latitud, longitud y cota de cada BM.



### 3.2.2. Verificación de coordenadas de puntos recopilados en los estados Falcón, Lara, Yaracuy y Carabobo.

Empleando la lista de vértices BM del IGVS B se validó la cota de cada punto correspondiente al circuito de nivelación malla dos de la tesis de grado “Nivelación y Gravedad”, realizada por la ingeniero Ana Ramírez. A su vez, se emplearon los croquis y descripciones de puntos de las monografías de dichos vértices para validar la ubicación de las estaciones del circuito de nivelación. Esta verificación permitió depurar y validar la data recopilada de manera tal que resultara de utilidad para los objetivos de esta investigación.



*Fig. 13. Distribución final de puntos recopilados. Fuente: captura de pantalla Global Mapper, elaboración propia*

### 3.2.3. Elaboración de MDE empleando puntos recopilados.

Empleando el programa Global Mapper v14 se generó el MDE a partir de todos los puntos colectados en etapas previas empleando como método de interpolación el TIN siendo este el que trae por defecto el software. Para realizar esto se utilizaron

las herramientas que ofrece el programa como se muestra en la figura a continuación.

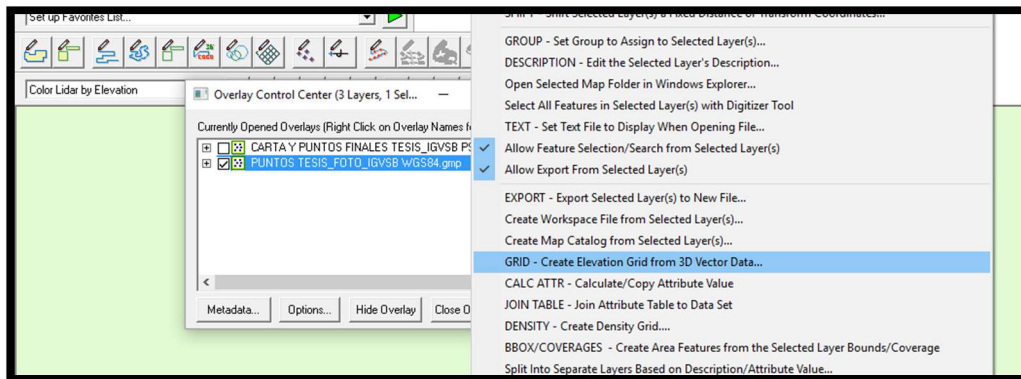


Fig. 14. Herramienta GRID empleada para generar MDE. Fuente: captura de pantalla Global Mapper, elaboración propia.

En vista de las limitaciones de Global Mapper en cuanto a la selección de métodos de interpolación, se decidió emplear el programa Surfer v10 para realizar los MDE empleando el método Kriging. Para esto se generó un “grid data” opción que se muestra en la figura a continuación.

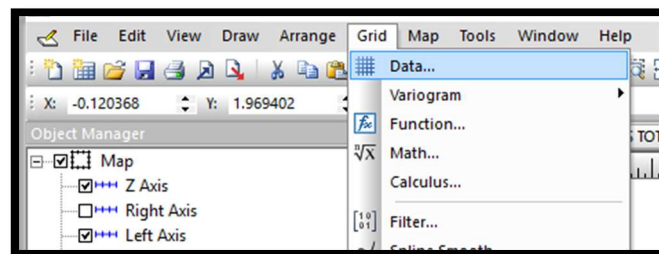


Fig. 15. Proceso de generación del “grid data”. Fuente: captura de pantalla Surfer, elaboración propia.

Esta herramienta permite la selección del método de interpolación que se desea emplear, en este caso fue el método Kriging.

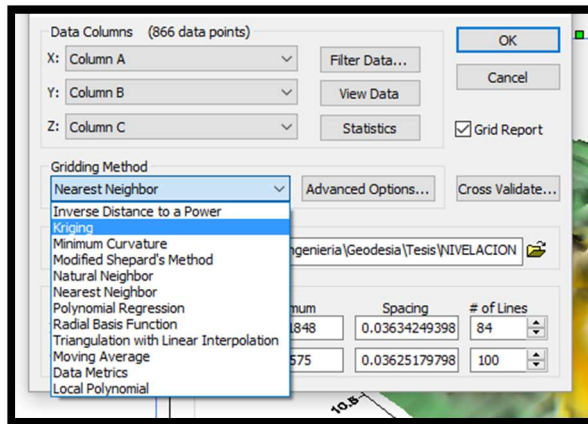


Fig. 16. Selección de método de interpolación Kriging. Fuente: captura de pantalla Surfer, elaboración propia.

Resulta importante destacar que una vez abierto en Global Mapper el archivo .grid que fue generado en Surfer v10 y que contiene la información para generar el MDE, se debe modificar las opciones de remuestreo a fin de que el programa no realice nuevamente otra interpolación, sino que por el contrario utilice el método del vecino más cercano.

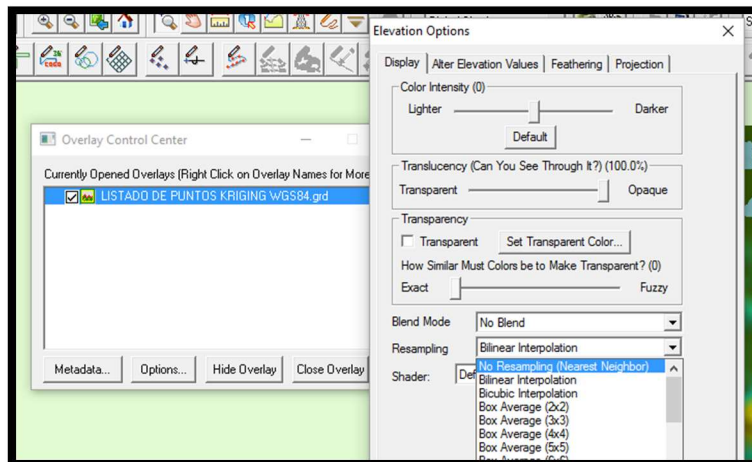


Fig. 17. Procedimiento para indicarle al software que no realice un remuestreo. Fuente: Captura de pantalla Global Mapper, elaboración propia.

### 3.2.4. Comparación del SRTM con el MDE generado por interpolación TIN y Kriging.

Empleando el software Global Mapper v14 se realizó la comparación entre el SRTM y el MDE generado por interpolación TIN, para realizar este procedimiento se empleó la herramienta “*Combine terrain options*” que permite hacer análisis comparativos entre dos capas cargadas en el software que contengan arreglos matriciales con el atributo de elevación. El resultado de este proceso resulta en un MDE que contiene el valor de la sustracción del atributo de elevación de ambas capas comparadas, este MDE es posteriormente empleado para obtener curvas de nivel que permitan apreciar esta información de otra manera.

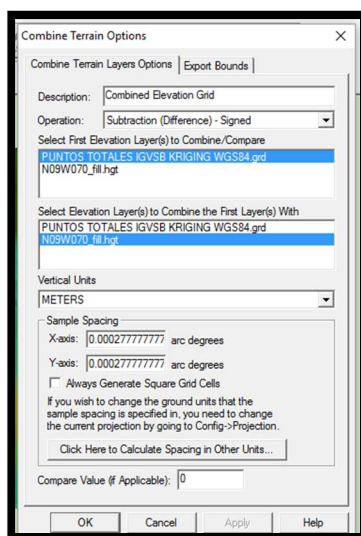


Fig. 18. Proceso de generación de MDE de comparación. Fuente: captura de pantalla Global Mapper, elaboración propia.

Para la comparación empleando el método Kriging, se siguieron los mismos procedimientos realizados en la comparación por TIN, con la diferencia que una de las superficies comparadas fue la generada en el software Surfer v10 con interpolación Kriging.

### 3.2.5. Generación de tabla de discrepancias entre la cota de puntos recopilados y SRTM.

Adicionalmente a los MDE generados previamente se decidió la obtención de una tabla que permitiera apreciar la diferencia entre la cota de cada punto recopilado en la fase inicial de la investigación y la cota del MDE generado por el SRTM. Para este fin se decidió emplear Global Mapper, se cargó el MDE del SRTM y posteriormente todos los puntos recopilados, luego se asignó a cada punto la cota correspondiente a su coordenada en el SRTM tal como se muestra en la figura a continuación.

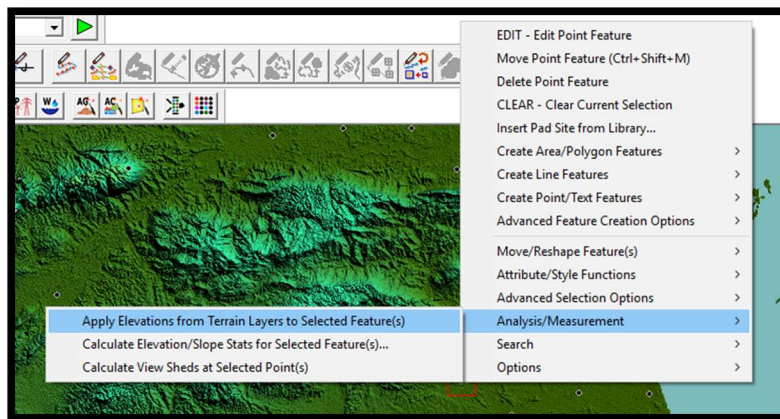


Figura. 19. Proceso de asignación de elevación del SRTM a puntos recopilados. Fuente: captura de pantalla Global Mapper, elaboración propia.

Finalmente se exportó en formato .csv el listado de puntos con la cota del SRTM, luego en Microsoft Excel se realizó una simple resta entre la cota original de cada punto y la cota correspondiente al MDE generado por el SRTM.

### **3.2.6. Corrección del SRTM empleando puntos topográficos recopilados.**

Para esta etapa se exportaron en formato ASCII los puntos que forman parte del MDE original del SRTM, obtenido del sitio web del *USGS*. Se decidió exportar los puntos de manera tal que formaran una grilla espaciada cada 90, 120, 150, 200, 240, y 300 metros; todo esto para evaluar el comportamiento de las medidas de dispersión (varianza, desviación estándar). Posteriormente, al listado exportado se anexaron los puntos correspondientes al listado depurado en el apartado anterior, que contiene tanto los datos recopilados del trabajo especial de grado de la nivelación gravimétrica, como los recopilados del *IGVSB* y obtenidos de las cartas utilizadas; todos estos ordenados en formato longitud, latitud y cota. Este listado final se cargó en *Global Mapper* y se obtuvo el MDE corregido.

### **3.2.7. Generación de grilla regular para validar SRTM corregido.**

En vista de los inconvenientes que resultan de evaluar la exactitud del SRTM corregido empleando puntos medidos en campo distribuidos de forma no uniforme, se decidió elaborar una grilla de puntos cuyas coordenadas fueron extraídas empleando la carta 1:100000. Para este particular se decidió tomar una región de 16 km por 12 km aproximadamente, adyacente a la población de Nirgua. Esta área fue seleccionada en primer lugar porque las discrepancias entre el MDE del SRTM corregido y los puntos topográficos para su validación eran las menores en la totalidad del área de estudio, y en segundo lugar porque esta extensión de aproximadamente 195 km<sup>2</sup> permitió la obtención de una grilla manual espaciada cada 10, 20, 30 segundos y posteriormente cada 1 y 3 minutos de arco.

### **3.2.8. Comparación de datos LIDAR con MDE SRTM de la quebrada Tacagua (Prolongación de la av. Boyacá de Caracas, Dtto. Capital).**

En esta etapa de la investigación se realizó la comparación de datos LIDAR con un Modelo Digital de Elevaciones SRTM de 30 m de una zona específica de la ciudad de Caracas (Quebrada Tacagua). Los datos LIDAR fueron obtenidos del T.E.G **“Comparación de la data topográfica con la data Lidar de la quebrada Tacagua para el modelaje de la prolongación de la avenida Boyacá de Caracas (Distrito Capital)”** mencionado previamente en el marco referencial. La metodología empleada para esta comparación se explica a continuación:

#### **3.2.8.1. Importación de Datos LIDAR al software.**

Para importar los datos LiDAR en Global Mapper se debe seleccionar el menú “File” y luego la opción de “Open Data File(s)...”, en cuanto se abre la ventana “Windows” se debe buscar en el directorio donde están ubicados los archivos, y cuando se encuentren se deben seleccionar y darle clic en “abrir”. Los archivos LiDAR están en formato “.LAS” el cual es un formato de archivo de intercambio de ficheros que mantiene toda la información proveniente del sistema LiDAR y contiene información de una nube de puntos tridimensional, con estos archivos es posible generar un modelo digital de elevaciones (MDE) a través del software Global Mapper v14.2. Para un manejo más organizado de los datos LiDAR se cuenta con una cuadrícula en formato “.KMZ” que está en proyección UTM REGVEN, Huso 19, Datum WGS84, la cual indica el área o cuadrícula que cubre cada archivo “.las”, para el caso de la comparación, es necesario abrir los archivos correspondientes a los índices N33\_E28, N33\_E29, N32\_E28, N32\_E29, N32\_E30, N33\_E30, N34\_E30.

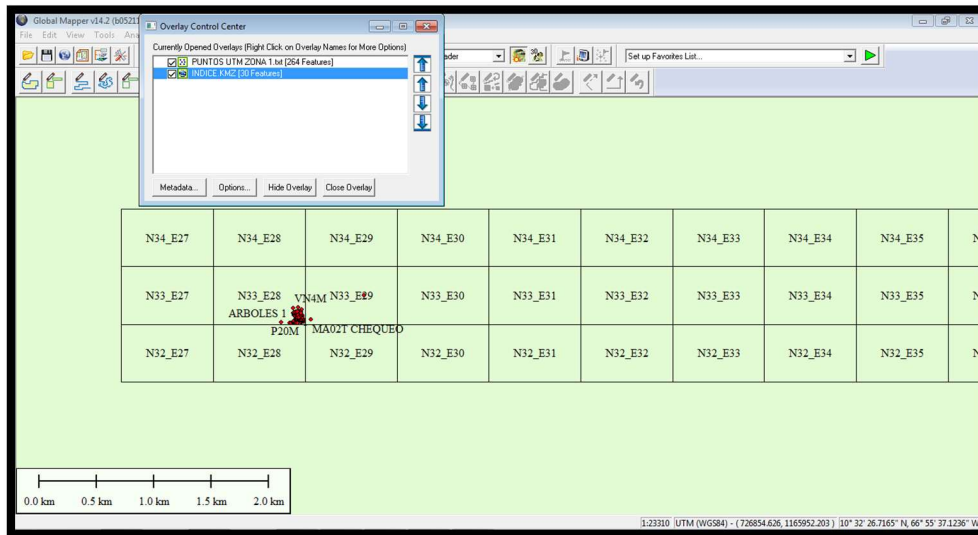


Fig. 20. Cuadrícula de la zona de interés. Fuente: captura de pantalla Global Mapper, elaboración propia.

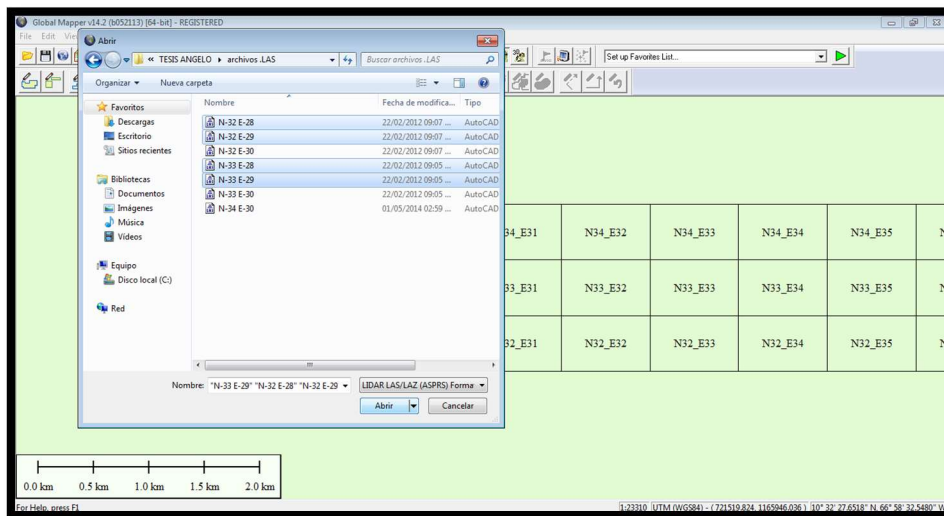


Fig. 21. Importación de archivos LIDAR en formato “.las”. Fuente: captura de pantalla Global Mapper, elaboración propia.

Cuando se abren los archivos LIDAR “.LAS” es necesario configurar en el software los parámetros de proyección, así como también otras opciones para la creación de la cuadrícula de elevación como por ejemplo la selección de la clasificación de



los puntos LIDAR a importar que para este caso solo se selecciona "Ground", es decir, el suelo o terreno.

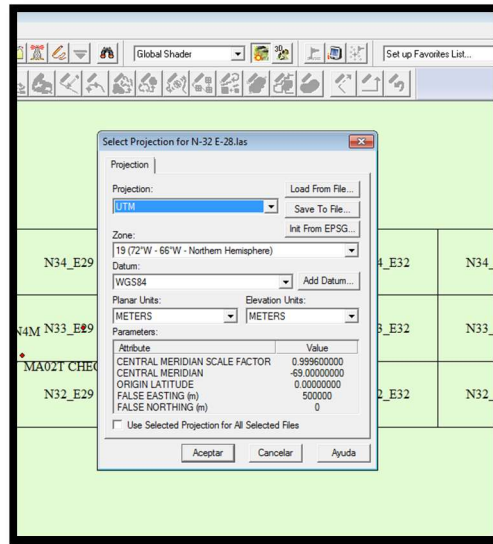


Fig. 22. Selección de parámetros de proyección para los datos LIDAR. Fuente: captura de pantalla Global Mapper, elaboración propia.

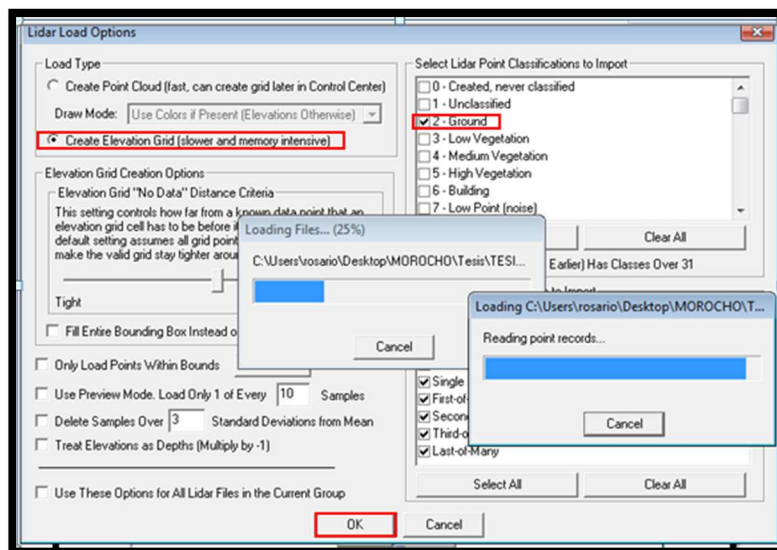


Fig.23. Selección de opciones de importación para los datos LIDAR. Fuente: captura de pantalla Global Mapper, elaboración propia.

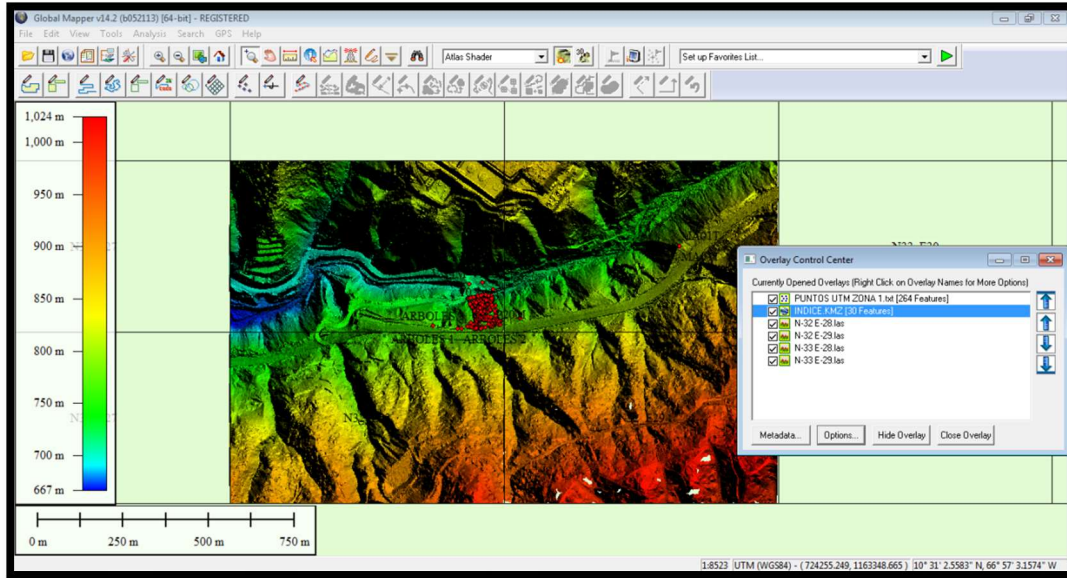


Fig. 24. Vista de planta del modelo LIDAR. Fuente: captura de pantalla Global Mapper, elaboración propia.

### 3.2.8.2. Comparación del modelo SRTM con el modelo LIDAR.

Luego que se tienen los modelos del LIDAR y del SRTM cargados en el software se procede a ingresar al menú de análisis del software para realizar una comparación o combinación de los dos modelos, esto se realiza en la opción “*Combine/Compare Terrain Layers...*”, luego se debe seleccionar cuales son los “*Layers*” o capas a comparar, en este punto se seleccionan las cuadrículas de la zona del modelo Lidar en el cuadro superior, y el modelo SRTM en el cuadro inferior para luego darle clic en ok y esperar a que el software genere el modelo de la comparación.

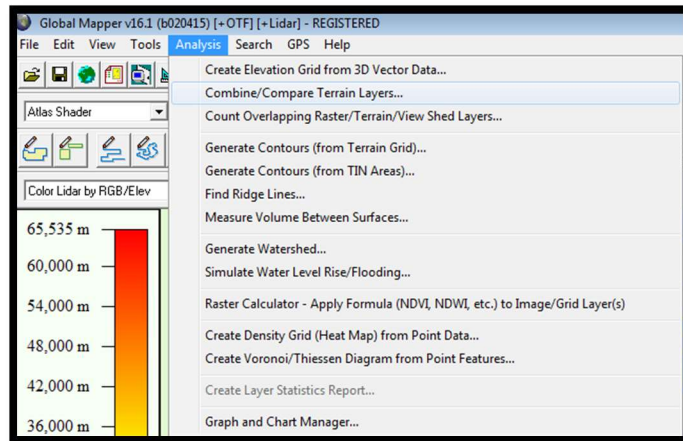


Fig. 25. Menú de Análisis para Combinar o Comparar Capas de terreno. Fuente: captura de pantalla Global Mapper, elaboración propia.

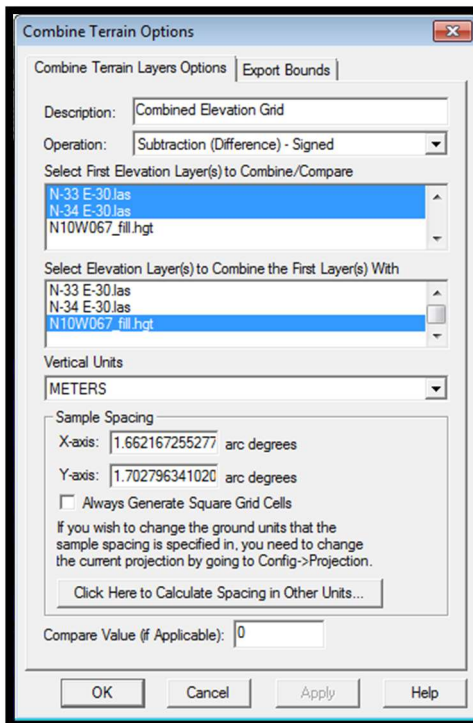


Fig. 26. Configuración de las capas a comparar (modelo Lidar arriba y modelo SRTM abajo). Fuente: captura de pantalla Global Mapper, elaboración propia.

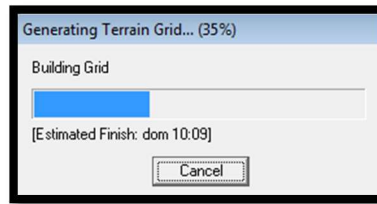


Fig. 27. Proceso de generación de la comparación de los modelos. Fuente: captura de pantalla Global Mapper, elaboración propia.

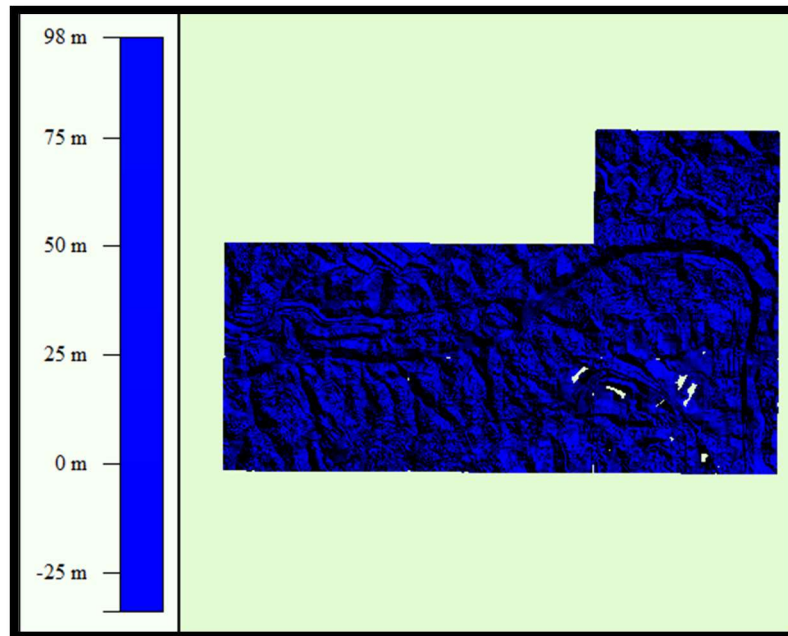


Fig. 28. Modelo de diferencias resultante. Fuente: captura de pantalla Global Mapper, elaboración propia.

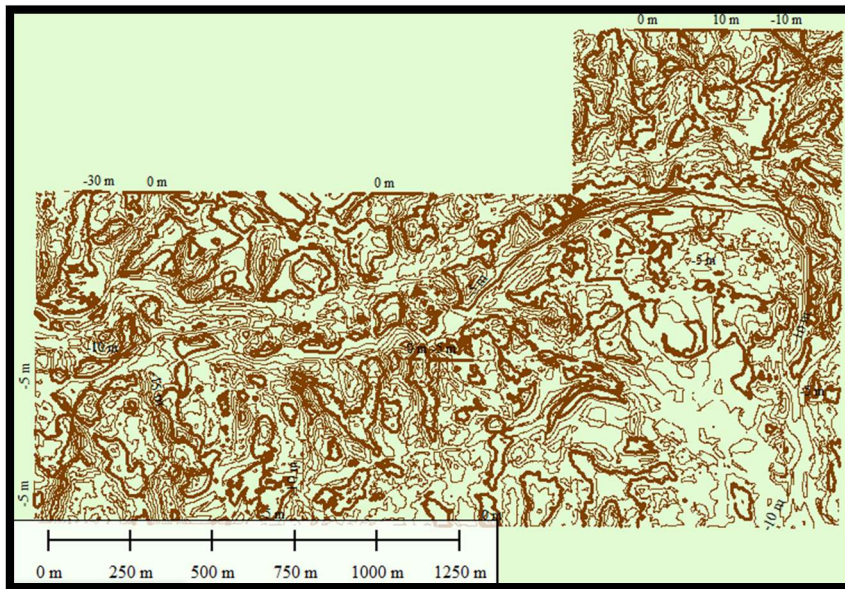


Fig. 29. Mapa de diferencias resultante. Fuente: captura de pantalla Global Mapper, elaboración propia.

### 3.2.8.3. Exportación de cuadrícula de puntos del modelo resultante.

Con el modelo resultante se procede a exportar puntos cada cierto espaciado en forma de grilla. Para ello se debe ingresar al menú “file”, “export” y luego seleccionar la opción “Export Elevation Grid Format...”, es decir, exportar elevación en formato de cuadrícula. Lo siguiente es escoger el formato a exportar el cual debe ser “XYZ Grid”, para luego configurar las opciones de exportación de la cuadrícula, entre estas opciones se configura principalmente la resolución en el eje X y Y, la cual fue de 300 m, 200 m, 150 m, 100 m y 50 m. Adicionalmente también se exportaron solo los puntos de borde de 100 m, 200 m, 250 m y 300 m respectivamente.

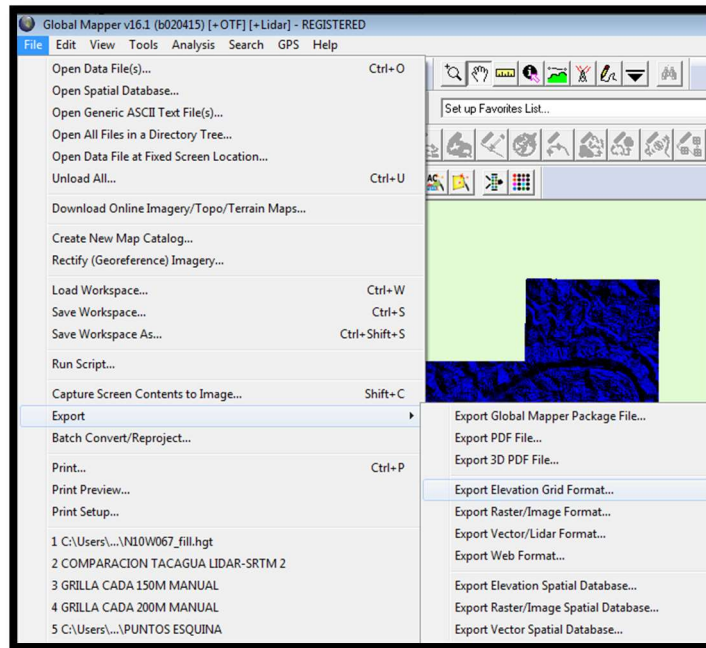


Fig. 30. Selección del menú para exportación de la cuadrícula. Fuente: captura de pantalla Global Mapper, elaboración propia.

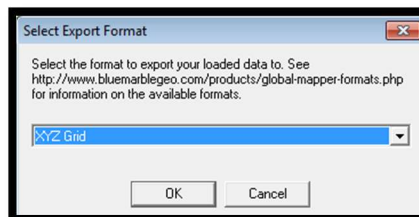


Fig. 31. Selección del formato para exportación. Fuente: captura de pantalla Global Mapper, elaboración propia.

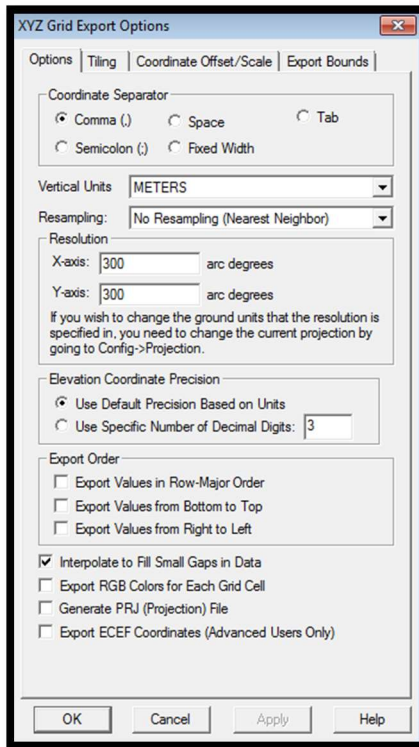


Fig.32. Configuración de opciones para exportación. Fuente: captura de pantalla Global Mapper, elaboración propia.

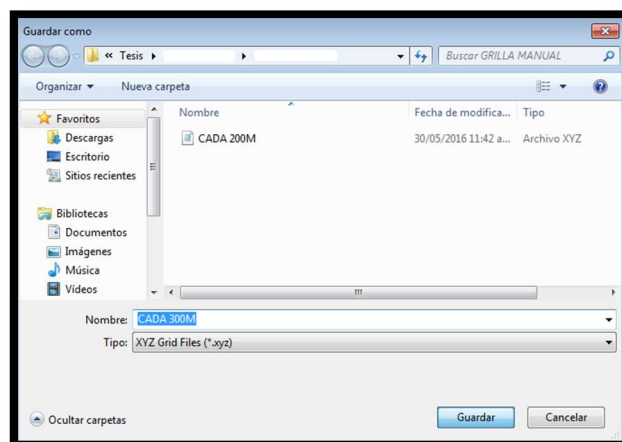


Fig.33. Selección de ubicación para guardar el archivo. Fuente: captura de pantalla Global Mapper, elaboración propia.

### **3.3. Búsqueda y recopilación de información básica de la ciudad de Caracas.**

En esta fase de la investigación se realizó el reconocimiento y recopilación de la información que se consideró necesaria para desarrollar el presente trabajo de investigación. Se recopiló información proveniente de empresas privadas, se consultaron diferentes fuentes en línea además del repositorio de archivos, informes, levantamientos, datos e investigaciones que poseen distintos profesores y egresados del Departamento de Ingeniería Geodésica y Agrimensura. Esta información resultó de vital importancia ya que permitió la ejecución del marco metodológico que se presenta a continuación.

#### **3.3.1. Recopilación de información básica de la ciudad de Caracas.**

Esta fase permitió reunir la información básica necesaria de la ciudad de Caracas para realizar la investigación. Es importante destacar que la mayoría de la información geoespacial recabada fue de la Ciudad Universitaria de Caracas (CUC), esta situación se debió tomar en cuenta para escoger el área geodésicamente controlada que fue objeto de estudio. A continuación se detalla lo recopilado:

##### **3.3.1.1. Plano urbano de la ciudad de Caracas.**

Plano en formato vector (.dwg) de la Ciudad de Caracas, publicado a finales de 2011 y obtenido a través del repositorio en línea de archivos CAD denominado "BiblioCAD". Se encuentra referido al Datum Loma Quintana, con un intervalo entre curvas de nivel de cinco (5) metros.

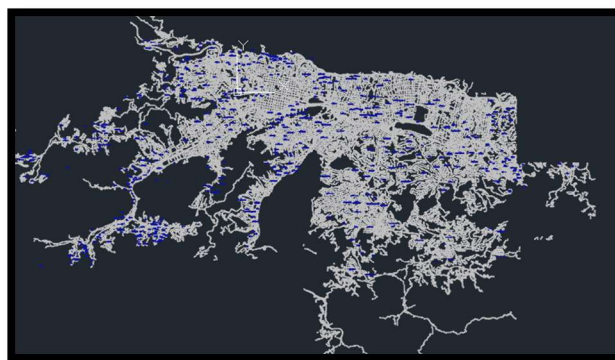




*Fig. 34. Plano urbano de la ciudad de Caracas. Fuente: [http://www.bibliocad.com/biblioteca/plano-de-caracas;-venezuela.-15-de-17.\\_55522](http://www.bibliocad.com/biblioteca/plano-de-caracas;-venezuela.-15-de-17._55522)*

### **3.3.1.2. Plano de vialidad de la ciudad de Caracas.**

Plano en formato vector (.dwg) de la Ciudad de Caracas, obtenido a través del repositorio en línea de archivos CAD denominado “BiblioCAD”. Se encuentra referido al Datum Loma Quintana, sin embargo, no posee información altimétrica.



*Fig. 35. Plano de vialidad de la ciudad de Caracas. Fuente: [http://www.bibliocad.com/biblioteca/caracas\\_61921](http://www.bibliocad.com/biblioteca/caracas_61921)*

### 3.3.1.3. Plano urbano de la Ciudad de Caracas y Litoral.

Plano urbano en formato vector (.dwg) de la Ciudad de Caracas, obtenido a través del repositorio en línea de archivos CAD denominado “BiblioCAD”. Se encuentra en proyección UTM, sin embargo, no posee información altimétrica en absoluto.



*Fig. 36. Plano urbano de la ciudad de Caracas y Litoral. Fuente: [http://www.bibliocad.com/biblioteca/plano-urbano-caracas;-venezuela.\\_80010](http://www.bibliocad.com/biblioteca/plano-urbano-caracas;-venezuela._80010)*

### 3.3.1.4. Plano “Poligonal de protección de la CUC como monumento histórico de la Nación”.

Este plano fue elaborado por el Ministerio del Poder Popular para la Cultura, se encuentra en formato vector (.dwg), referido al Datum La Canoa en proyección UTM Huso 19. No posee información altimétrica y fue elaborada en base a la carta 6847 del Instituto Geográfico Venezolano Simón Bolívar (IGVSB).

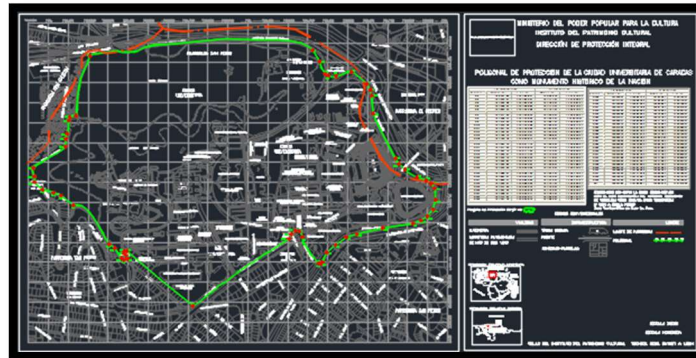


Fig. 37. Plano "Poligonal de protección de la CUC". Fuente: Prof. Douglas Bravo, Geodesia IV (2015).

### 3.3.1.5. Plano topográfico de la Ciudad Universitaria de Caracas a escala 1:1000.

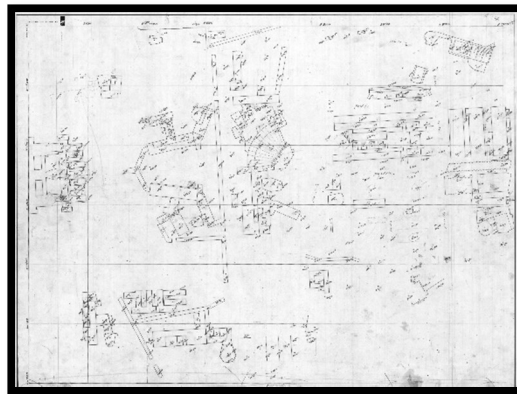
Este plano tiene como origen de coordenadas el Datum Loma Quinta, fue elaborado empleando métodos fotogramétricos en el año 1989 con fotografías tomadas para la fecha, el intervalo de curvas de nivel establecido es de un (1) metro, y se estableció que las distancias estuvieran reducidas a 950 msnmm, se tomó como referencia altimétrica el nivel medio del mar.



Fig. 38. Plano topográfico de la CUC. Fuente: Prof. Douglas Bravo, Geodesia IV (2015). Digitalizado por Prof. Lucy Bolívar.

### 3.3.1.6. Plano de altura de edificios de la UCV.

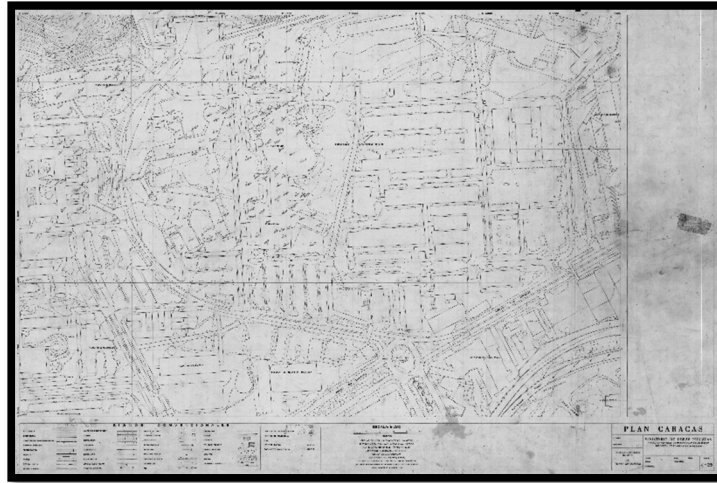
Este plano contiene la información referente a la altura de algunos edificios presentes en la CUC, fue recopilado de los archivos existentes en el Departamento de Ingeniería Geodésica y Agrimensura.



*Fig. 39. Plano de alturas de edificios de la CUC. Fuente: Prof. Luis Liberal, Cátedra Geodesia IV (2015).*

### 3.3.1.7. Plano “Plan Caracas” de la Ciudad Universitaria de Caracas, a escala 1:1000.

Fue elaborado en 1975 a través de métodos estereofotogramétricos empleando fotografías aéreas tomadas en 1974. Elaborado por la empresa Técnica Cartográfica C.A. para el Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Desarrollo Urbanístico, Dirección de Planeamiento Urbano. Se encuentra referido al Datum Loma Quintana, con un Datum altimétrico referido al nivel medio del mar, con distancia reducida a los 950 msnmm y con un intervalo de curvas de un (1) metro.



*Fig. 40. Plano "Plan Caracas" de la CUC. Fuente: Prof. Douglas Bravo, Cátedra Geodesia IV (2015)*

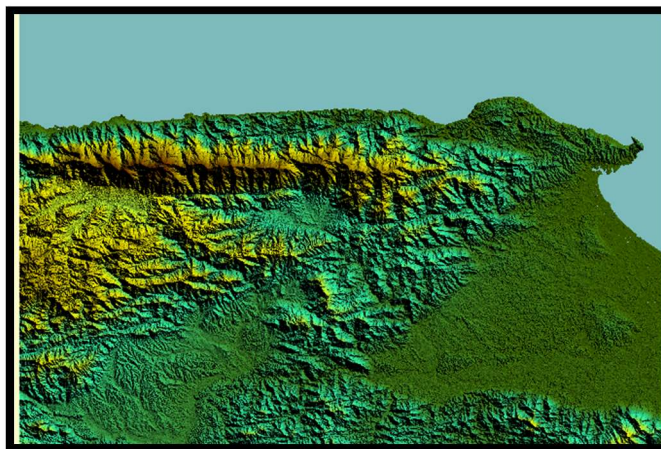
### **3.3.2. Recopilación de data LIDAR.**

A través de la cooperación y el apoyo brindado por la compañía Aeronautical Supplies C.A. se obtuvo la data LIDAR en carácter de donación correspondiente a la Ciudad Universitaria de Caracas y a las zonas aledañas. Sin embargo, el volumen de información que se levanta a través de esta tecnología y los gastos que implica hizo poco viable la obtención de toda la data de la ciudad de Caracas.

La data LIDAR recibida fue en formato ".LAS" resaltando el hecho de que pertenece al levantamiento topográfico mediante sensor láser aerotransportado realizado para el Gobierno del Distrito Capital en el año 2010, que cubrió todo el municipio Libertador a una escala 1:1000. Se adoptó la proyección UTM y el Datum de referencia SIRGAS-REGVEN. De igual forma, el modelo de geoide utilizado para el cálculo de las alturas ortométricas fue el Modelo Geoidal Combinado para Venezuela 2004 (MGCV04).

### 3.3.3. Obtención de MDE para la Ciudad de Caracas.

Haciendo uso del sitio web *earthexplorer.com.usgs.gov* del *U.S Geological Survey* (USGS), se obtuvo el MDE generado por el SRTM correspondiente a la ciudad de Caracas, con una resolución de treinta (30) metros.



*Fig. 41. MDE obtenido del SRTM, ciudad de Caracas. Fuente: Captura de pantalla Global Mapper.*

### 3.3.4. Recopilación de datos obtenidos mediante levantamientos realizados en la Universidad Central de Venezuela.

En esta fase se revisaron los archivos existentes en el Departamento de Ingeniería Geodésica y Agrimensura, se consultó a estudiantes y profesores para la obtención de los datos provenientes de levantamientos topográficos realizados hasta la fecha, esta búsqueda arrojó los siguientes trabajos realizados:

- “Mediciones UCV”. 2011. Cátedra: Geodesia IV.
- “Mediciones Gravimétricas, de GPS y Nivelación de la Red Geodésica de la UCV” (Oriana Caballero, José Blanco, Ernesto Oropeza, Yoreima

Castellanos, Ángelo Cedeño, Adriana Daruiz). Diciembre 2013. Cátedra: Geodesia IV.

- Mediciones en la UCV con GPS-RTK. (Ing. Moisés Araque). 2014.
- “Mediciones UCV” (Abreu Emily, García Carlos, Infante Arleidys, Infante Sergio, Muñoz Jorge, Núñez Keiver, Pereira Ruy, Pineda María, Viloría Nataly). Julio 2015. Cátedra: Geodesia IV.
- Trabajo Especial de Grado: *Aplicación de la metodología GNSS NTRIP a levantamientos topográficos con fines catastrales*. (Ing. Arleidys Infante). Diciembre 2015.

### **3.3.5. Selección de la zona de estudio.**

Una vez hecha la recopilación de información en la Ciudad de Caracas se evaluó la necesidad de tomar a la CUC como zona de estudio por las facilidades que esta decisión aportaría, ya que el transporte de equipos topográficos necesarios para realizar los trabajos de campo se realizaría de manera sencilla y expedita. A su vez, la presencia de numerosos vértices geodésicos y puntos topográficos presentes dentro del campus universitario, harían factible el establecimiento de una zona geodésicamente controlada para garantizar la fiabilidad de la investigación.

A lo expuesto anteriormente también se debe acotar que la escogencia de la CUC como zona de estudio permitiría la obtención de un MDE, MDS y una ortofoto de la UCV como productos finales del T.E.G.

### **3.4. Análisis de normas, parámetros estándares y especificaciones técnicas.**

En concordancia con los objetivos específicos planteados para este trabajo de investigación, se decidió revisar la información a disposición en cuanto a normativas y especificaciones técnicas para tecnologías geoespaciales. En este sentido, se determinó que la normativa de mayor relevancia para productos generados empleando métodos fotogramétricos es la dictada por la ASPRS en el año 2014, ya que toma en cuenta los recientes avances en la fotogrametría y se encuentra orientada a la validación de los productos en base a la resolución de estos. Por esta razón se decidió realizar un resumen de los aspectos más importantes para el T.E.G. presentes en estas especificaciones técnicas. Estas sustituyen a las emitidas por la ASPRS en el año 1990, a las “ASPRS Guidelines” y a “Vertical Accuracy for LIDAR (2004)”; siendo actualizadas por la necesidad de adaptarse a la nueva realidad en el mundo de la fotogrametría, que apunta al uso de VANTs y fotogrametría digital para generar productos cartográficos. Sin embargo, no incluye la evaluación robusta de densidad y distribución de puntos de chequeo ni las metodologías alternas a la interpolación TIN para tres dimensiones. Establece claramente que los puntos de control terrestre y los puntos de chequeo deben seguir los lineamientos del “Federal Geographic Data Committee” establecidos en la publicación STD-007.2-1998.

La confiabilidad de los productos debe ser evaluado tomando como indicador principal el RMS, tanto en sus coordenadas X, Y y Z al momento de contrastar las coordenadas medidas en campo de los puntos de chequeo con las coordenadas de los mismos puntos medidos sobre los productos cartográficos. Es importante destacar de igual forma se deben calcular tanto el error medio como la desviación estándar, tiendo a estos como indicadores estadísticos de relevancia para el



estudio de la bondad de las ortofotos y MDE.

La precisión vertical será estimada por el RMS en la coordenada Z en zonas sin vegetación donde los errores siguen una distribución normal, y por el percentil 95 en zonas con vegetación. Para la evaluación de los RMSE se tomará como error grosero discrepancias mayores a tres veces el RMSE predefinido para el producto a generar, estos errores deben ser investigados y descartados solo si procede.

La ASPRS establece que la clase “X-cm” de los productos en cuanto a su precisión horizontal estará definida por el valor en centímetros de la misma, es decir, que el RMSE<sub>x</sub> y RMSE<sub>y</sub> deberán ser menor o igual a “X cm”; a su vez el RMSE<sub>r</sub> deberá ser menor o igual que 1,414 veces X cm y el 95% de los datos deberá tener un RMSE menor o igual a 2,448 veces X cm. Esto puede apreciarse claramente en las siguientes tablas.

*Tabla 3. Estándares de precisión horizontal para data geoespacial. Fuente: ASPRS (2014)*

Horizontal Accuracy Class	Absolute Accuracy		
	RMSE <sub>x</sub> and RMSE <sub>y</sub> (cm)	RMSE <sub>r</sub> (cm)	Horizontal Accuracy at the 95% Confidence level (cm)
X-cm	≤X	≤1.414*X	≤2.448*X

De igual manera, para la precisión vertical se establece que el 95% de los datos ubicados en zonas sin vegetación deberán tener un RMSE 1.96 veces el valor X establecido como la clase en centímetros del modelo. Para zonas con vegetación el RMSE debe ser 3 veces el valor de X.

*Tabla 4. Estándares de precisión vertical para data geoespacial. Fuente: ASPRS (2014)*

Vertical Accuracy Class	Absolute Accuracy		
	RMSE <sub>z</sub> Non-Vegetated (cm)	NVA <sup>1</sup> at 95% Confidence Level (cm)	VVA <sup>2</sup> at 95 <sup>th</sup> Percentile (cm)
X-cm	X	≤1.96*X	≤3.00*X

En cuanto a la precisión de los puntos de control para aerotriangular en planialtimetría se establece que el RMSE<sub>x</sub> y RMSE<sub>y</sub> deben ser un cuarto del valor del RMSE<sub>x</sub> o RMSE<sub>y</sub> del producto a generar; en el caso de la generación de un MDE, el RMSE<sub>z</sub> de los puntos de control igualmente debe ser un cuarto del RMSE<sub>z</sub> del MDE.

Al respecto de la ubicación de los puntos de validación vertical, la ASPRS recomienda que estos pueden ser colocados en zonas planas abiertas o con pendientes regular de no más de 10%. En cuanto a la densidad de los puntos, se sugiere la necesidad de establecer una metodología para la densidad y ubicación de puntos chequeo, sin embargo, aclara que por ahora debe hacerse de manera empírica de acorde a las características de cada proyecto.

A continuación se muestran tablas con ejemplos de la aplicación de estas normas asignando distintos valores en centímetros para las clases, de igual manera se muestra cómo quedaría cada clase si se evalúa bajo la norma de la ASPRS para el año 1990.

*Tabla 5. Ejemplo de estándares de precisión horizontal para data geoespacial de alta precisión planimétrica. Fuente: ASPRS (2014)*

ASPRS 2014				Equivalent to map scale in	
Horizontal Accuracy Class RMSE <sub>x</sub> and RMSE <sub>y</sub> (cm)	RMSE <sub>r</sub> (cm)	Horizontal Accuracy at the 95% confidence Level (cm)	Approximate GSD of Source Imagery (cm)	ASPRS 1990 Class 1	ASPRS 1990 Class 2
0.63	0.9	1.5	0.31 to 0.63	1:25	1:12.5
1.25	1.8	3.1	0.63 to 1.25	1:50	1:25
2.5	3.5	6.1	1.25 to 2.5	1:100	1:50
5.0	7.1	12.2	2.5 to 5.0	1:200	1:100
7.5	10.6	18.4	3.8 to 7.5	1:300	1:150
10.0	14.1	24.5	5.0 to 10.0	1:400	1:200
12.5	17.7	30.6	6.3 to 12.5	1:500	1:250
15.0	21.2	36.7	7.5 to 15.0	1:600	1:300

17.5	24.7	42.8	8.8to 17.5	1:700	1:350
20.0	28.3	49.0	10.0to 20.0	1:800	1:400
22.5	31.8	55.1	11.3to 22.5	1:900	1:450
25.0	35.4	61.2	12.5to 25.0	1:1000	1:500
27.5	38.9	67.3	13.8to 27.5	1:1100	1:550
30.0	42.4	73.4	15.0to 30.0	1:1200	1:600
45.0	63.6	110.1	22.5to 45.0	1:1800	1:900
60.0	84.9	146.9	30.0to 60.0	1:2400	1:1200
75.0	106.1	183.6	37.5to 75.0	1:3000	1:1500
100.0	141.4	244.8	50.0to 100.0	1:4000	1:2000
150.0	212.1	367.2	75.0to 150.0	1:6000	1:3000
200.0	282.8	489.5	100.0to 200.0	1:8,000	1:4000
250.0	353.6	611.9	125.0to 250.0	1:10,000	1:5000
300.0	424.3	734.3	150.0to 300.0	1:12,000	1:6000
500.0	707.1	1223.9	250.0to 500.0	1:20,000	1:10000
1000.0	1414.2	2447.7	500.0to 1000.0	1:40000	1:20000

*Tabla 6. Ejemplo de estándares de precisión vertical para data geoespacial. Fuente: ASPRS (2014)*

Vertical Accuracy Class	Absolute Accuracy		
	RMSEz Non-Vegetated (cm)	NVA at 95% confidence level (cm)	VVA at 95 <sup>th</sup> Percentile (cm)
1-cm	1.0	2.0	3
2.5-cm	2.5	4.9	7.5
5-cm	5.0	9.8	15
10-cm	10.0	19.6	30
15-cm	15.0	29.4	45
20-cm	20.0	39.2	60
33.3-cm	33.3	65.3	100
66.7-cm	66.7	130.7	200
100-cm	100.0	196.0	300
333.3-cm	333.3	653.3	1000

### **3.5. Selección de programas a emplear para la investigación.**

El haber definido los objetivos y recopilado la información básica facilitó la selección de los programas informáticos que fueron empleados para llevar a cabo el trabajo de investigación, estos fueron:

- Excel 2010 y 2013: Herramienta indispensable para el manejo sencillo y eficiente de numerosas operaciones matemáticas y estadísticas. Empleado para facilitar las operaciones de cambio de datum y proyección.
- Global Mapper v16.1 y v14.2: Programa sumamente versátil para el manejo de información geoespacial por la cantidad de formatos que soporta y que permite transformar, ideal para la unificación de distintas capas de información a un único sistema de referencia geodésico.
- GNSS Solutions v.3.80.8: Empleado para el procesamiento de la data GPS levantada en campo.
- PhotoScan v.1.2.5: Programa utilizado para realizar el procesamiento de imágenes tomadas con el VANT y posterior elaboración del MDE con y sin puntos de control terrestre.
- SRTM Fill: Empleado para realizar la corrección del MDE en formato .hgt descargado del Earth Explorer.
- Surfer v10: Software que cuenta con diversos métodos de interpolación para la generación de curvas de nivel y modelos digitales del terreno.

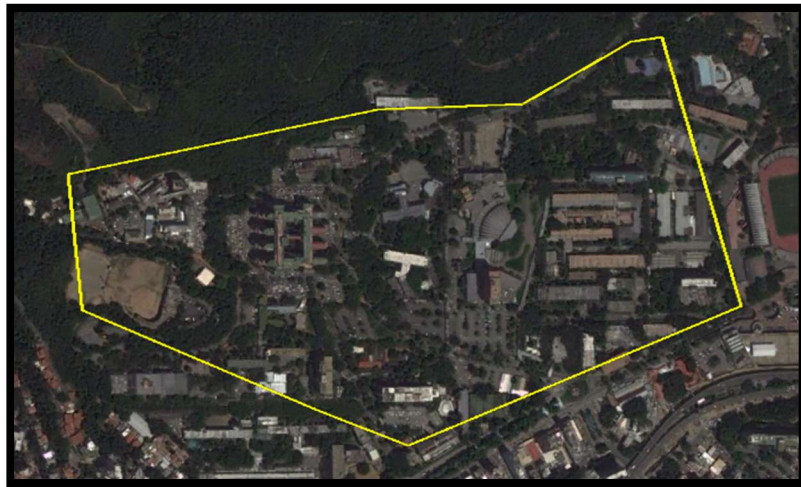
### **3.6. Vuelo de VANT sobre la CUC.**

#### **3.6.1. Planificación de vuelo de VANT sobre la CUC.**

Para esta etapa de la investigación se contó con el apoyo de Geosistemas Lusand, C.A. de la mano de su gerente José Pacheco, esta empresa puso a disposición de los tesisistas el equipo y personal capacitado para realizar el vuelo del VANT, sin embargo, la planificación y logística para su ejecución estuvo bajo la responsabilidad de los autores que presentan este Trabajo Especial de Grado. A continuación se detalla en forma cronológica los procedimientos realizados para la planificación del vuelo:

- En primer lugar se definió el equipo a emplear, este fue el Phantom 4, cuyas características y especificaciones técnicas se encuentran en el Capítulo II. Este VANT fue lanzado al mercado recientemente por el fabricante DJI por lo que presenta mejoras con respecto a versiones anteriores en cuanto a la estabilización durante el vuelo y a la duración de la batería. También estaba a disposición de los investigadores el modelo Phantom 3, sin embargo, se quiso emplear el modelo más reciente en aras de que los resultados y conclusiones al finalizar la investigación estuvieran adaptados a equipos recientemente colocados en el mercado.
- Posteriormente se estableció el área aproximada a levantar, en este caso por ser un trabajo de investigación la extensión y ubicación de la zona de estudio vino determinada por los objetivos que persigue el Trabajo Especial de Grado, sin embargo, es bueno recordar que para fines comerciales o profesionales, el área a levantar viene dada por los requerimientos del cliente o del proyecto a ejecutar. En este sentido, se decidió abarcar un área de 57,8 hectáreas aproximadamente, delimitada al Este por los Estadios Olímpico y Universitario, al Oeste por Sierra Maestra, al Sur por el Edificio de Ingeniería Metalúrgica, y

al Norte por el Jardín Botánico, cubriendo los demás espacios que se muestran en la figura 54. Se decidió no cubrir el Jardín Botánico por la dificultad en el posterior establecimiento de los puntos de control terrestre en la zona, y el riesgo que implica para la seguridad física y patrimonial acceder a esas áreas.



*Fig. 42. Zona aproximada de cobertura del vuelo. Fuente: elaboración propia, captura de .pantalla Google Earth.*

- Definido el equipo a emplear y conocidas sus especificaciones se procedió a establecer los parámetros del vuelo, tales como: altura de vuelo, huella de la fotografía, resolución del píxel, solape, traslape, área aproximada de cobertura, número de fotos, tiempo aproximado de procesamiento, entre otros.
- En primer lugar se estableció una altura de vuelo de 100 metros sobre el suelo, esta distancia se determinó en base a experiencias previas de vuelos con VANT en la CUC. Esta altura garantiza que no se colisione con edificios altos dentro del campus universitario, además, la huella de la fotografía a esta distancia del suelo garantiza un volumen de fotografías manejable para la memoria interna del VANT y para su posterior procesamiento.

- Para la definición del GSD se debió determinar tanto el valor de la distancia focal teórica de la cámara instalada en el VANT como el tamaño del sensor que permite registrar las fotografías. Conocidos estos valores se empleó la siguiente fórmula para conocer el ancho de la huella de la fotografía en el terreno.

$$\frac{H}{f} = \frac{D/2}{d/2} \quad (\text{Fórmula 2})$$

Siendo:

H: altura de vuelo

f: distancia focal

d/2: la mitad del ancho del sensor en milímetros

D/2: la mitad del ancho de la huella de la fotografía en metros.

- Empleando la fórmula anterior se puede conocer el ancho total de la huella de la fotografía, luego, dividiendo este valor entre la cantidad de columnas de pixeles que registra la cámara en cada fotografía se puede conseguir el valor del GSD teórico para una altura determinada de vuelo.

- Posteriormente se determinó el valor del solape y del traslape, siendo de 80% y 60% respectivamente. Estos valores fueron establecidos de manera tal que permitieran tener la mayor cantidad de información redundante para generar el MDE sin que esto significase un exceso de información que hiciera imposible el procesamiento de las imágenes posterior al vuelo.

- Ingresando los parámetros calculados en pasos anteriores y haciendo uso de la herramienta Point Estimator en el sitio web [www.mapsmadeeasy.com](http://www.mapsmadeeasy.com), fue

posible realizar una estimación de la cantidad de fotografías, tiempo de vuelo y memoria requerida para llevar a cabo el plan de vuelo.

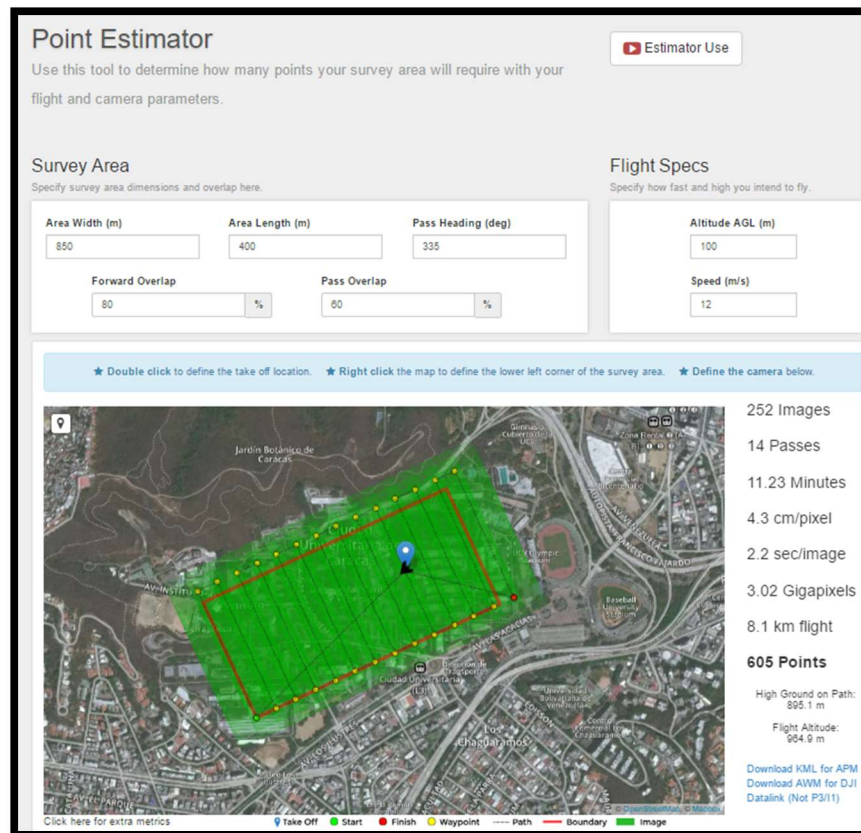


Fig. 43. Herramienta "Point Estimator". Fuente: elaboración propia, captura de pantalla.

- Se planificó la ejecución de un vuelo previo con el VANT para hacer el reconocimiento de la zona y determinar los lugares más apropiados para pilotar el drone y realizar su despegue y aterrizaje. Así mismo, con ese vuelo previo se pudo determinar cuál era el tamaño y diseño más apropiado para la señalización de los puntos de control terrestre.
- Finalmente, se entregaron comunicaciones a Seguridad Central de la UCV y a la Seguridad de la Facultad de Ingeniería, esto en aras de informar de las



actividades que se realizarían en el campus universitario. De igual forma, fue solicitado un permiso a la COPRED para tener acceso a la terraza del piso 12 del edificio de la Biblioteca Central.

### **3.6.2. Selección y ubicación de puntos de control terrestre.**

Para el proceso de selección y ubicación de puntos de control se revisaron diversas referencias relacionadas a la planificación del control terrestre en los vuelos fotogramétricos. Unas de las bases teóricas consultadas fueron las especificaciones técnicas del IGN de Perú y las emitidas por la ASPRS en el año 2014, en ellas se sugieren cuáles deben ser las consideraciones técnicas a tener en cuenta para el establecimiento del control terrestre. Uno de los criterios más importantes fue el de la ubicación de puntos de control en las zonas límites de captura de fotografías, esto con el fin de garantizar el mejor ajuste del modelo. A su vez también se tomó en cuenta la homogeneidad en la disposición de los puntos teniendo en consideración los criterios para el establecimiento de las redes geodésicas con GPS. Se empleó la cartografía base y demás información geodésica recopilada en fases iniciales de la investigación para analizar la configuración y cobertura del modelo a generar luego del procesamiento de las fotos.

En total se seleccionaron 18 puntos de control a lo largo de la CUC, ubicados como se mencionó previamente lo más homogéneamente posible. Se tomaron puntos de la red geodésica existente en la UCV, así como otros vértices medidos para trabajos de la cátedra Geodesia IV y otros Trabajos Especiales de Grado. De la misma manera se monumentaron nuevos puntos en la zona del Hospital Clínico Universitario y sus adyacencias, adicionalmente también se midieron puntos en

zonas fácilmente reconocibles en las fotografías destacando las canchas ubicadas a lo largo de la Ciudad Universitaria.



Fig. 44. Distribución de puntos de control terrestre. Fuente: captura de pantalla Google Earth. Elaboración propia.

### 3.6.3. Selección del Sistema de Referencia para la evaluación.

En esta fase de la investigación se realizó la selección del sistema de referencia pertinente para la evaluación, tomando en consideración los equipos, softwares y procedimientos realizados. En primer lugar el vehículo utilizado para realizar el vuelo y adquisición de las fotografías (VANT) cuenta internamente con un GPS navegador, el cual realiza mediciones con respecto al elipsoide WGS84 por lo tanto las coordenadas del centro de cada fotografía son coordenadas geodésicas (Latitud, Longitud y Altura elipsoidal). En este orden de ideas, el GPS utilizado para realizar la medición de los puntos de control terrestre también realiza sus mediciones con respecto al elipsoide WGS84 y las coordenadas resultantes también son coordenadas geodésicas. En este sentido se decidió seleccionar este

sistema de referencia geodésico (coordenadas geodésicas referidas al elipsoide WGS84) para realizar el procesamiento de las fotografías con el software PhotoScan.

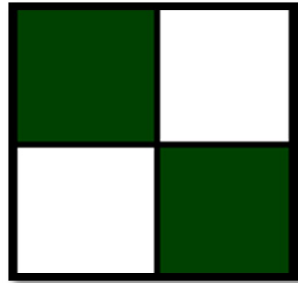
Por otra parte para realizar las comparaciones y evaluaciones de los productos generados se decidió trabajar en un sistema de proyección plano, principalmente para realizar las evaluaciones planimétricas de las ortofotos, por tal motivo se seleccionó el sistema UTM, hemisferio norte, zona 19 (72°W – 66°W), meridiano central 69, con datum WGS84. El software seleccionado para realizar las evaluaciones fue el Global Mapper v16.1, puesto que admite una amplia gama de formatos para manejo de datos geoespaciales, además de poder trabajar con datos LIDAR, y a su vez contar con una librería de sistemas de referencias globales amplia, por estas razones fue con este software con el que se realizaron las transformaciones de coordenadas y reproyecciones de las ortofotos y MDT, para así evitar desmejorar la precisión y exactitud en los resultados al usar otros programas o software diferentes.

#### **3.6.4. Ejecución de vuelo en los espacios de la CUC.**

Contando con el apoyo de Geosistemas Lusand, C.A. se realizó el vuelo sobre la Ciudad Universitaria de Caracas. A continuación se especifican las actividades realizadas durante esta etapa de la investigación:

- El día 12 de julio del 2016 se realizó un vuelo preliminar para determinar la mejor ubicación del piloto para evitar interferencias de edificios y una vez procesadas las imágenes conocer el tamaño y diseño apropiado de las marcas para los puntos de control.
- Antes de dar inicio a la captura de fotografías por parte del VANT se señalaron los puntos de control terrestre empleando el diseño que se

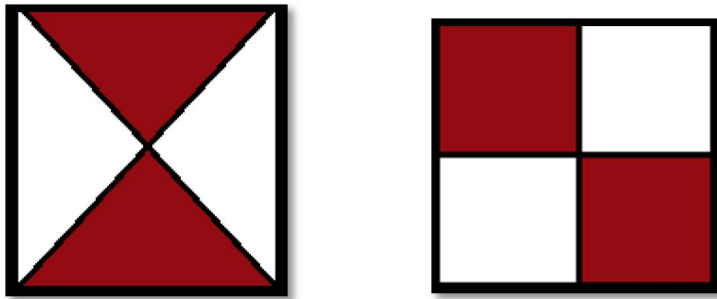
muestra en la siguiente figura con un tamaño de 60cm de ancho por 60cm de largo.



*Fig. 45. Diseño de las marcas para señalar los puntos de control terrestre. Fuente: Elaboración propia.*

- Se ejecutó el vuelo con el VANT Phantom 4 ingresando en el control remoto los parámetros del vuelo definidos, pilotando desde las adyacencias de la Facultad de Farmacia.
- Posteriormente se analizaron las imágenes para determinar si los parámetros de vuelo y el tamaño de las marcas de los puntos de control terrestre cumplen con los requisitos de la investigación.
- Para el día 20 de julio de 2016 se planificó la ejecución del vuelo definitivo de sobre la CUC, para esta ocasión se tomaron en cuenta las experiencias tenidas durante el vuelo preliminar y el resultado del análisis de las fotografías registradas para esa fecha.
- Nuevamente se colocaron las marcas sobre los puntos de control terrestre, siendo estas modificadas en su diseño preliminar por el que se muestra en la figura anterior conservando sus dimensiones originales. Es importante destacar que el tamaño para las marcas de los puntos de apoyo recomendado por compañías de procesamiento de imágenes capturadas con VANT, tal como Pix4D lo indica, debe ser entre 5 y 10 veces el tamaño del GSD teórico para los productos generados con las fotografías, sin embargo, para este trabajo de investigación se emplearon dimensiones 15 veces mayores para asegurar la

correcta ubicación de los puntos al momento del procesamiento digital. No hay que perder de vista el hecho de que el tamaño de las marcas está intrínsecamente relacionado con la altura del vuelo y la resolución de la cámara, por esta razón el parámetro que se utiliza para recomendar un tamaño para las marcas es el GSD.



*Fig. 46. Diseño final de las marcas para señalar los puntos de control terrestre. Fuente: elaboración propia.*

- En base a las experiencias previas se decidió despegar el VANT desde los espacios de Tierra de Nadie y pilotarlo desde el piso 12 de la Biblioteca Central en los espacios de la terraza de COPRED para tener visión hacia todo el campus y no perder señal entre el mando y el dron; e igualmente se emplearon los parámetros del vuelo especificados para esta investigación. En la siguiente figura se aprecia la pantalla principal del software empleado para la asignación de los parámetros del vuelo al control remoto del VANT para un área que sirve como ejemplo.

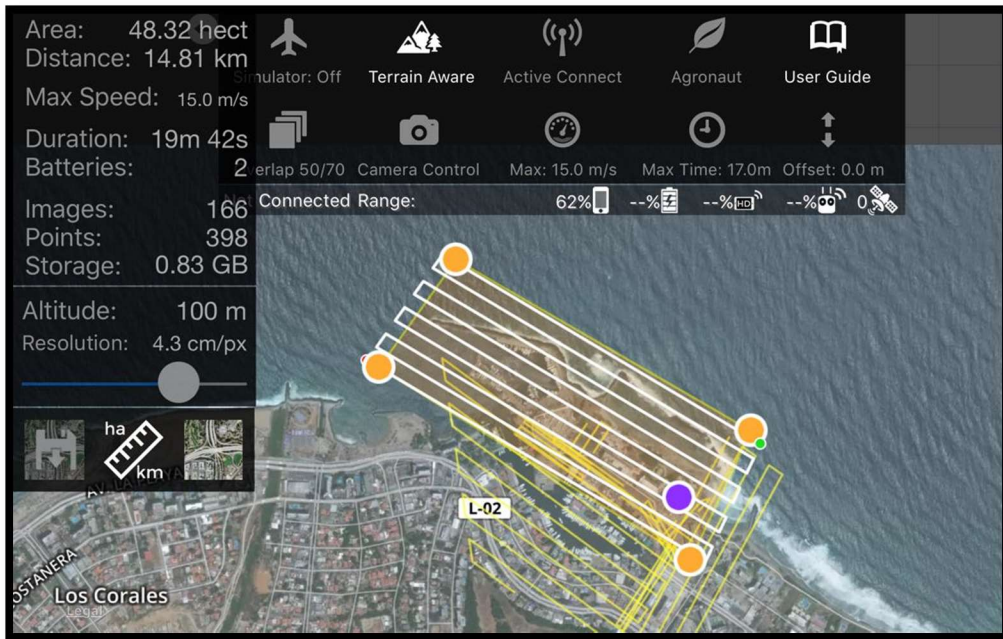


Fig. 47. Pantalla principal de asistente del vuelo "Map Pilot". Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.5. Medición de puntos de control terrestre.

Una vez seleccionados los puntos de control terrestre se procedió a realizar la medición de estos. Para tal fin se decidió realizar dos jornadas de medición empleando equipos GPS facilitados por el Departamento de Ingeniería Geodésica y Agrimensura de la Escuela de Ingeniería Civil. A continuación se detalla el procedimiento seguido para realizar la medición:

- **Determinación de precisión del levantamiento:** conocido el valor del GSD teórico y en base a las especificaciones de la ASPRS del 2014 que establecen que el control terrestre debe tener un RMSE de un cuarto del RMSE del producto a generar tanto en las coordenadas X, Y y Z para planialtimetría; se estableció el RMSE máximo para los puntos de control terrestre en 7,5 cm.

- **Selección de equipos y técnicas de medición:** los equipos de medición a disposición fueron dos (2) GPS Promark 3, de 1 frecuencia (L1), facilitados por el DIGA. Estos equipos presentan precisiones de acuerdo al fabricante de: 5 milímetros + 1ppm en horizontal y 10 milímetros +2ppm en Vertical en modo de medición Estático Rápido. En base a la siguiente figura, se establecieron los tiempos de medición entre 15 a 20 minutos en cada vértice, recordando que la distancia promedio hasta el punto base **REMOS Caracas 1** es de 3,8 km aproximadamente.

Método de Observación	Núm. de sats.GDOP ≤ 8	Longitud de Línea Base	Tiempo de Observación aprox.	
			de día	de noche
<b>Estático Rápido</b>	4 o más	Hasta 5 km	5 a 10 min	5 min
	4 o más	5 a 10 km	10 a 20 min	5 a 10 min
	5 o más	10 a 15 km	20 min o más	5 a 20 min
<b>Estático</b>	4 o más	15 a 30 km	1 a 2 horas	1 hora
	4 o más	Más de 30 km	2 a 3 horas	2 horas

Fig. 48. Tiempos de observación aproximados para diferentes longitudes de línea base. Fuente: Diseño de una Red Geodésica con GPS de la Universidad Nacional de Córdoba.

En cuanto al método de medición seleccionado fue el de levantamiento radial, que según la Universidad Nacional de Córdoba en su publicación “Verificación y Densificación de la Red de Catastro de la Provincia de Córdoba” específicamente en el capítulo 5, página 70, es generalmente utilizado para aumentar la densidad de redes existentes o, como en el caso del presente T.E.G, para establecer control terrestre. A fin de poder utilizar este método para medir una red, es necesario contar, por lo menos, con dos estaciones de referencia y utilizar un móvil para ocupar los puntos a medir (estableciendo un mínimo de tres equipos), tal como se muestra en la siguiente figura.

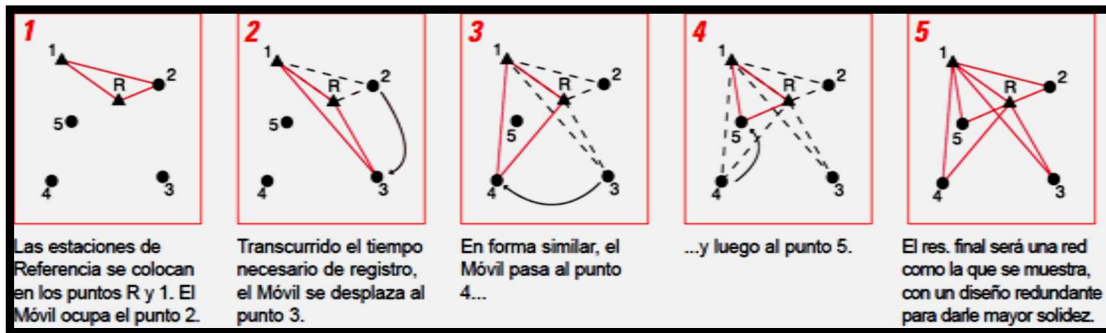


Fig. 49. Tiempos de observación aproximados para diferentes longitudes de línea base. Fuente: Diseño de una Red Geodésica con GPS de la Universidad Nacional de Córdoba.

**Procesamiento de la data GPS:** el procesamiento de la data GPS se realizó con el software GNSS Solutions v.3.80.8 siguiendo la metodología empleada en el trabajo final de la cátedra Geodesia IV (Julio, 2015) “Mediciones UCV” (Abreu Emily, García Carlos, Infante Arleidys, Infante Sergio, Muñoz Jorge, Núñez Keiver, Pereira Ruy, Pineda María, Viloria Nataly).

### 3.7. Determinación de la distribución de los GCP para el procesamiento de las imágenes.

La selección de los puntos de control terrestre es un tema muy importante a la hora de generar productos con VANT, dependiendo de la ubicación y calidad de los mismos se obtendrán los productos finales con las especificaciones y criterios de calidad requeridos.

Para esta fase se decidió realizar distintos procesamientos de las imágenes tomadas con el VANT empleando 10 combinaciones distintas de los puntos de control terrestre medidos, esto para cuantificar el efecto que tiene la ubicación de los puntos de control en la calidad del producto.



Estas combinaciones fueron establecidas basándose en lo investigado por los profesores Ackermann y Ebner, quienes evaluaron la distribución de puntos de control en base a la cantidad de modelos y franjas del bloque fotogramétrico. Ellos determinaron que los mayores errores se encuentran teóricamente en los bordes de los bloques fotogramétricos, como se muestra en la figura a continuación.

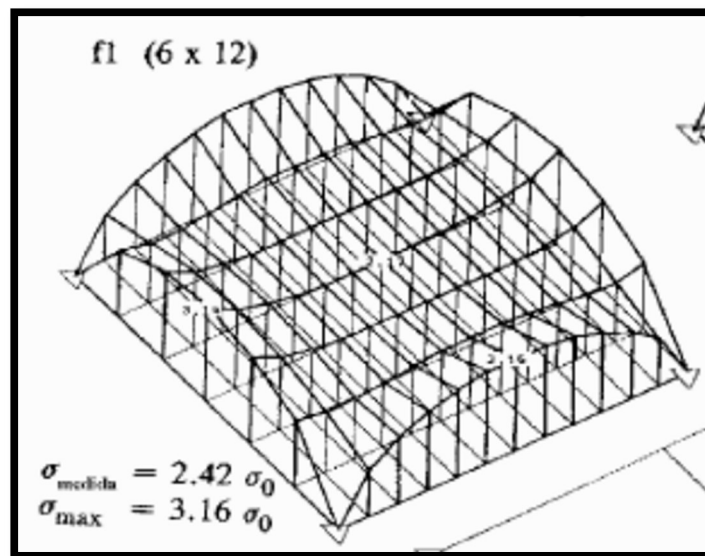


Fig. 50. Precisión planimétrica con 4 puntos en las esquinas del bloque según Ackermann. Fuente: <http://redgeomatca.rediris.es/cartoprofesores/Fotogrametria/ApuntesFotogrametria3.pdf>

De igual manera determinaron que la presencia de puntos de control en el centro del bloque no representa mayores mejoras en cuanto a la precisión general de los productos. Sin embargo, dentro de las combinaciones realizadas para esta investigación se decidió tomar para algunas de éstas al menos un punto de control en el centro del bloque para comprobar o no que en efecto no se mejoran las precisiones, tomando lo dicho por Ackermann y Ebner como hipótesis.

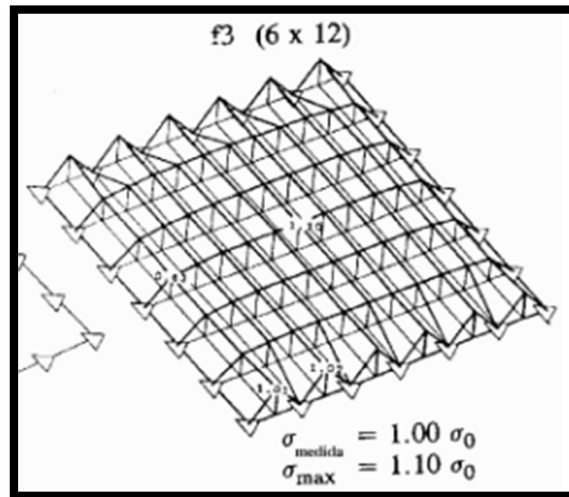


Fig. 51. Precisión planimétrica con puntos de control en los bordes del bloque según Ackermann.  
 Fuente: <http://redgeomatica.rediris.es/cartoprofesores/Fotogrametria/ApuntesFotogrametria3.pdf>

A continuación se muestran distintas figuras que explican cuáles fueron los puntos empleados para cada combinación y su ubicación.



Fig. 52. Combinación n° 1 de GCP. Fuente: elaboración propia, captura de pantalla Google Earth



Fig. 53. Combinación n° 2 de GCP. Fuente: elaboración propia, captura de pantalla Google Earth



Fig. 54. Combinación n° 3 de GCP. Fuente: elaboración propia, captura de pantalla Google Earth



Fig. 55. Combinación n° 4 de GCP. Fuente: elaboración propia, captura de pantalla Google Earth



Fig. 56. Combinación n° 5 de GCP. Fuente: elaboración propia, captura de pantalla Google Earth



Fig. 57. Combinación n° 6 de GCP. Fuente: elaboración propia, captura de pantalla Google Earth



Fig. 58. Combinación n° 7 de GCP. Fuente: elaboración propia, captura de pantalla Google Earth



Fig. 59. Combinación n° 8 de GCP. Fuente: elaboración propia, captura de pantalla Google Earth



Fig. 60. Combinación n° 9 de GCP. Fuente: elaboración propia, captura de pantalla Google Earth



Fig. 61. Combinación n° 10 de GCP. Fuente: elaboración propia, captura de pantalla Google Earth

### **3.8. Procesamiento digital de las imágenes.**

Para esta fase de la investigación se utilizó el software fotogramétrico PhotoScan v.1.2.5 de la compañía Agisoft. En la página del fabricante se pueden descargar manuales acerca de cómo realizar diversos procesamientos con imágenes, con o sin puntos de control terrestre, lo que permite tener una noción de cómo manejar el software, a continuación se describirán los procedimientos realizados para el procesamiento digital de las imágenes del vuelo utilizando dicho software:

#### **3.8.1. Metodología de procesamiento con GCP (Puntos de Control Terrestre).**

Lo primero que se debe hacer luego de abrir el software es buscar el menú “Workflow” (Flujos de trabajo) y darle clic a la opción “Add Photos...” (Agregar fotos). Se debe buscar el directorio en el cual se encuentran las imágenes del vuelo, seleccionarlás y darle clic en “Abrir”. Aparecerá en pantalla el proceso de carga de las imágenes e inmediatamente después que termine aparecerán unos

círculos azules que representan los centros de las fotografías tomadas ya orientadas.

- **Agregar fotos al software.**

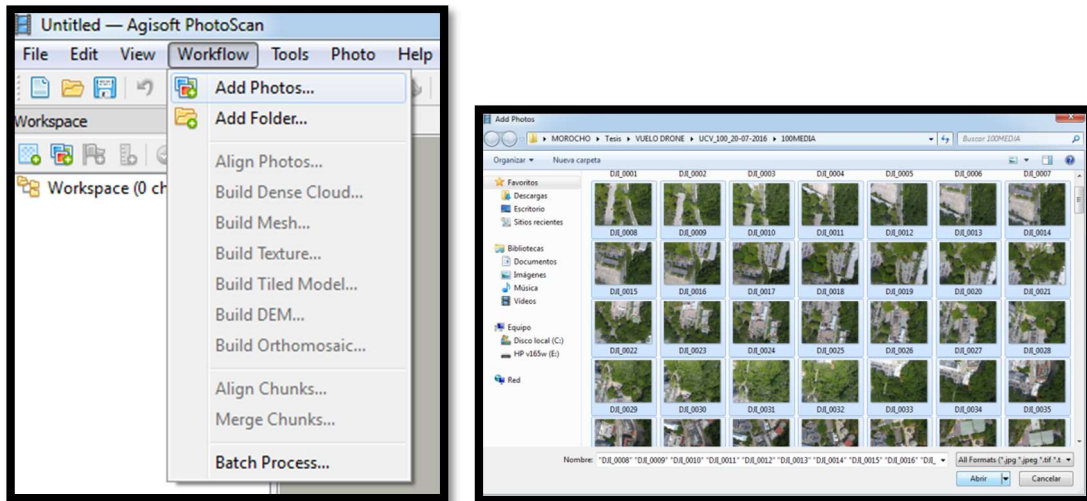


Fig. 62. Menú Flujo de trabajo para cargar las imágenes al software. Fuente: captura de pantalla PhotoScan elaboración propia.

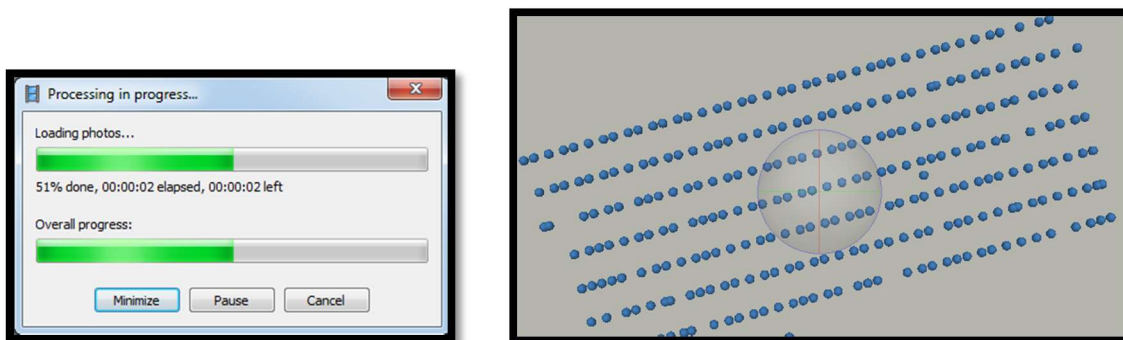
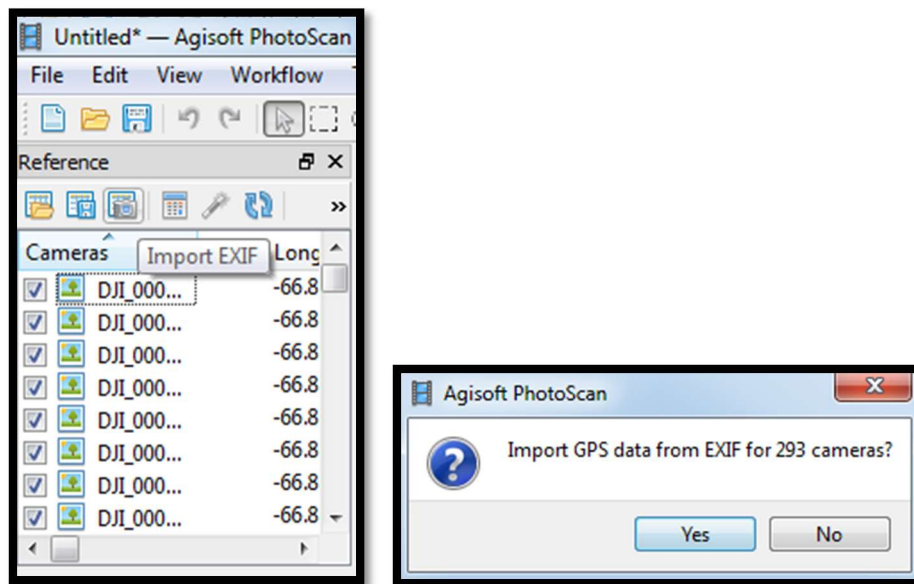


Fig. 63. Proceso de carga de las imágenes al software y centros de proyección de las fotografías ya cargadas y orientadas. Fuente: captura de pantalla PhotoScan elaboración propia.



- **Importación de archivo EXIF.**

En el panel de “Reference” (Referencia) se debe importar el archivo “EXIF”, el cual es el archivo que contiene las posiciones de las cámaras al momento de la toma de las fotografías.



*Fig. 64. Carga del archivo EXIF con la posición de las cámaras al momento de las fotografías.  
Fuente: captura de pantalla PhotoScan elaboración propia.*

- **Configuración del Sistema de Referencia de Coordenadas.**

En el mismo panel de “Reference” en el menú “Settings” se debe configurar el sistema de referencia de coordenadas que para el caso de la presente investigación se usó el WGS84 en coordenadas geodésicas latitud, longitud y altitud.

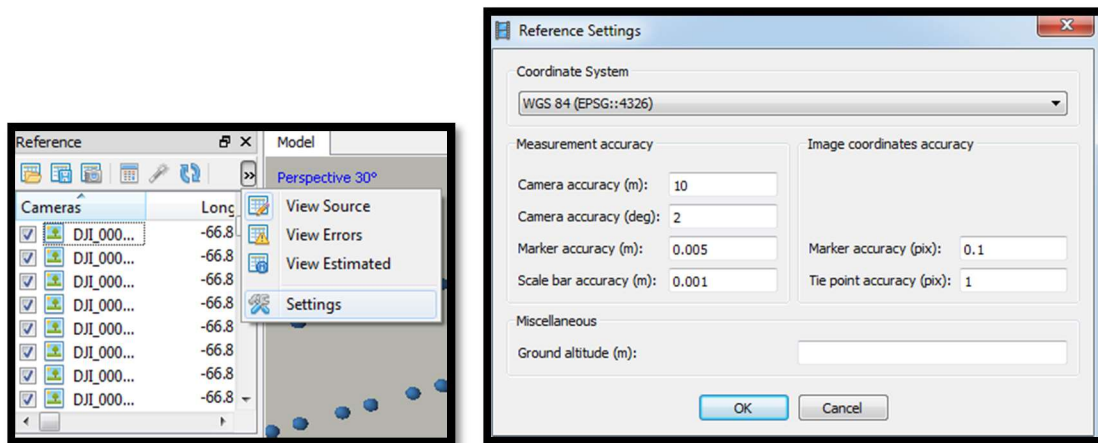


Fig. 65. Configuración del sistema de referencia y precisiones de la medición. Fuente: captura de pantalla PhotoScan elaboración propia.

- **Verificación de los parámetros de Calibración de la Cámara.**

Seguidamente se debe ir al menú “Tools” (Herramientas) y seleccionar la opción de “Camera Calibration” (Calibración de la cámara), en este punto el software estima los parámetros de calibración de la cámara durante el alineamiento de las fotografías y el proceso de optimización basado en los valores iniciales que se derivan desde el archivo EXIF.

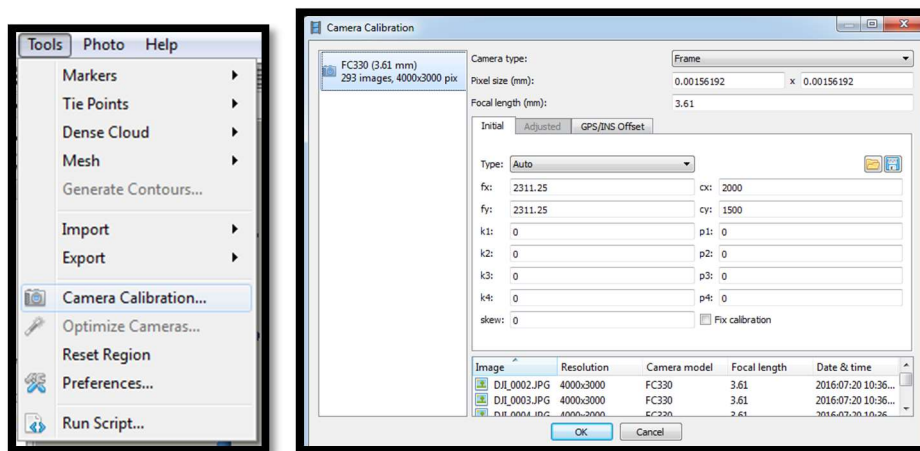
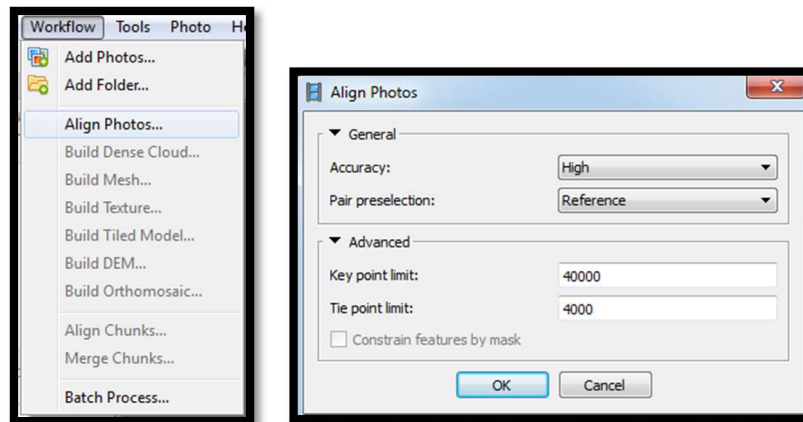


Fig. 66. Proceso de estimación de los parámetros de calibración de la cámara. Fuente: captura de pantalla PhotoScan elaboración propia.

- **Alineamiento de Fotografías.**

Luego se debe ingresar nuevamente en el menú “Workflow” y seleccionar el menú de “Align Photos...” (Alinear Fotografías) en donde se debe configurar el grado de precisión del procesamiento, la preselección de los pares y en las opciones avanzadas si se quieren cambiar los puntos límites de paso y puntos clave.



*Fig. 67. Proceso de alineamiento de las fotografías. Fuente: captura de pantalla PhotoScan elaboración propia.*

- **Creación de marcadores o Puntos de Control Terrestre (GCP).**

Para asignar los “markers” o marcadores, es decir, puntos de control terrestre, se debe ingresar al panel “Reference” (Referencia), luego se debe seleccionar la fotografía en la que aparezca la marca que se colocó como referencia en campo, darle clic derecho y seleccionar la opción “Create Marker” (Crear Marcador), aparecerá una bandera con un punto abajo y la etiqueta con el nombre asignado por defecto, esta bandera se debe mover hacia el lugar en donde esté el punto de control terrestre.

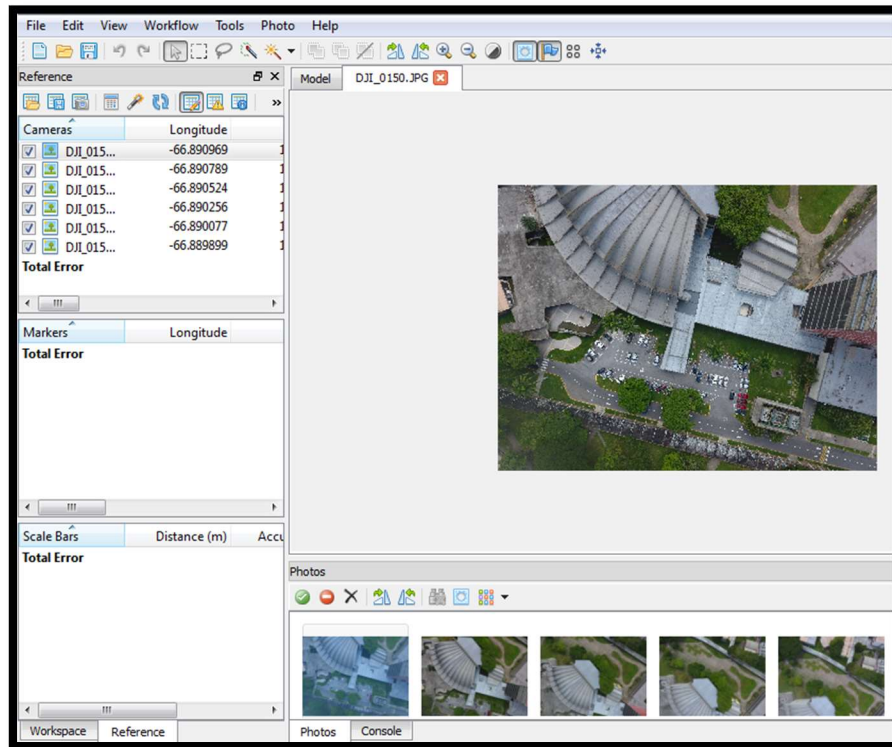


Fig. 68. Proceso de asignación de marcas en el software. Fuente: captura de pantalla de PhotoScan, elaboración propia.

Luego de este paso el software reconoce en cual otras fotografías aparece la misma marca, y la coloca con un color azul, lo que indica que la marca no ha sido colocada en la posición adecuada, por ende debe moverse hacia donde

corresponde y una vez hecho este procedimiento la marca cambiará de color a verde.

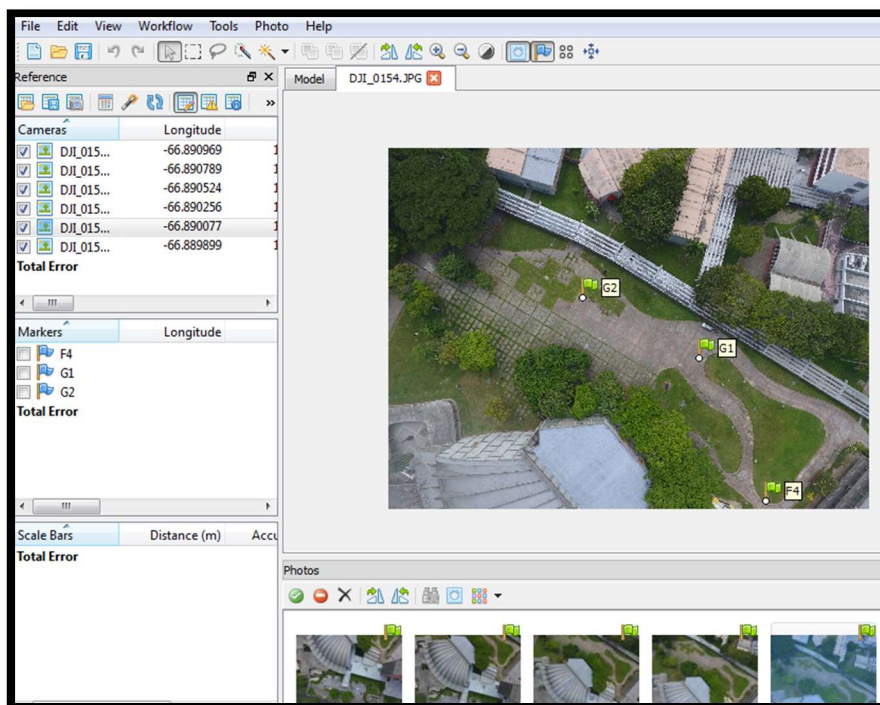
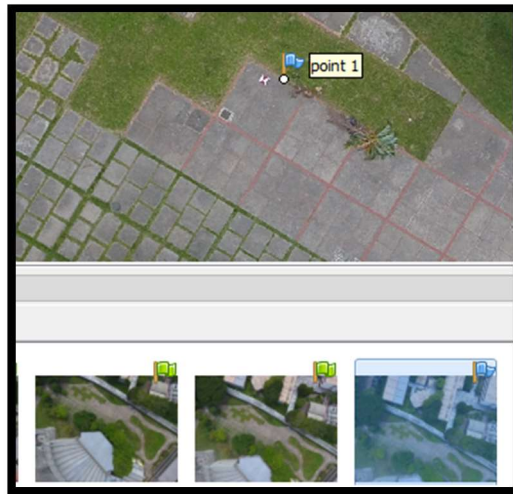


Fig. 69. Proceso de asignación de marcas en el software. Fuente: captura de pantalla de PhotoScan elaboración propia.

Este procedimiento se debe realizar para cada uno de los puntos de control terrestre señalizados. Adicionalmente se le puede cambiar el nombre a estas marcas y colocarle el nombre del vértice que corresponda en la realidad, ejemplo, G2, Cancha, F1, entre otros.

- **Importación de archivo de coordenadas de los marcadores.**

Una vez que se ya se tienen todos los puntos de control asignados con marcas en el software se deben ingresar las coordenadas en el sistema de referencia preestablecido por el usuario, para ello en el panel de referencia se ingresa en la opción "Import" (Importar) y se busca el archivo que contiene las coordenadas de los vértices, este archivo debe ser de tipo txt o csv.

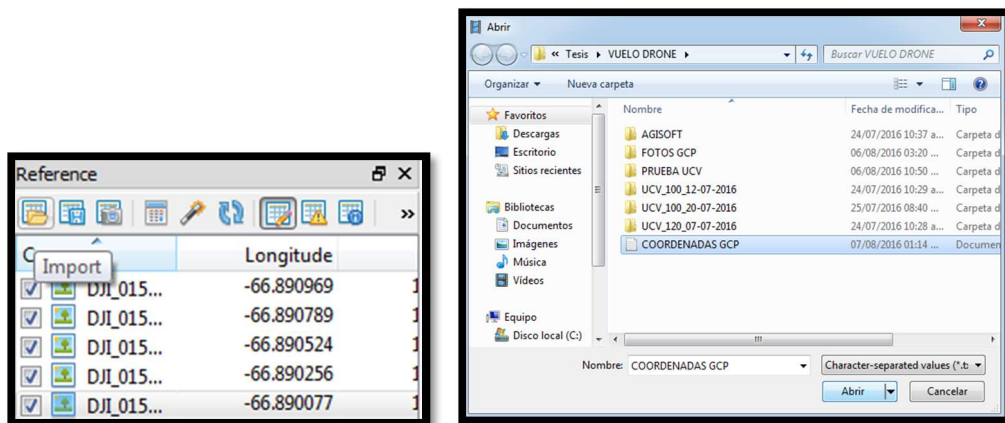


Fig. 70. Importación del archivo de coordenadas de los vértices de control terrestre al software.  
Fuente: captura de pantalla de PhotoScan elaboración propia.

Aparecerá una ventana en la cual se mostrará una vista previa del archivo por columnas, se debe indicar al software cómo está delimitado el archivo (coma, espacio, tabulación, entre otros) y además se debe asignar el número de columna a la que corresponde cada coordenada, ejemplo: columna 1 = Label (Etiqueta), columna 2 = Latitud, y así sucesivamente. Una vez que ya ha sido cargado el archivo en el panel aparecerán al lado de cada marca las coordenadas ingresadas

y el error en metros y en pixeles que calcula el software para cada marca. Es importante que el nombre de cada marca en el archivo txt o csv sea igual al asignado a la marca en el software para que pueda existir la correlación automática de asignación de coordenada.

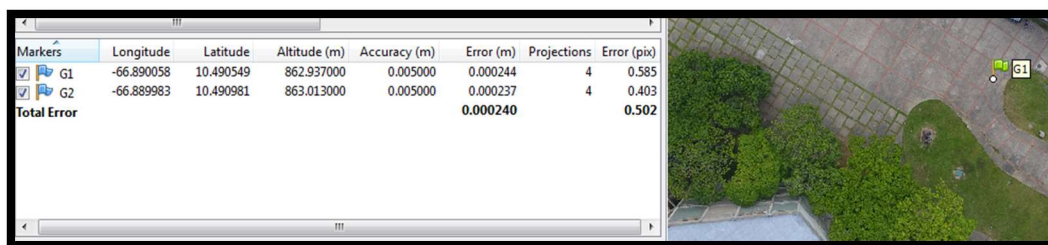
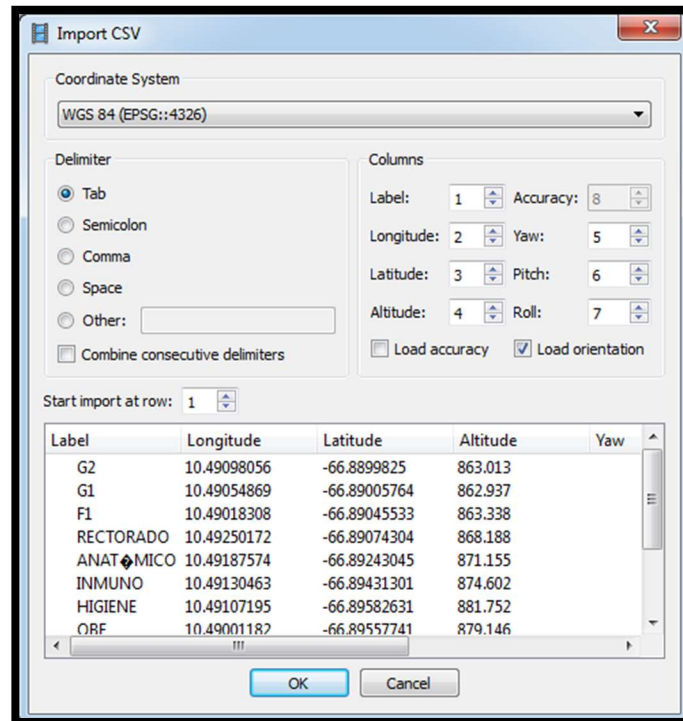


Fig. 71. Configuración del archivo de coordenadas de los vértices de control terrestre al software y visualización de coordenadas en el panel para cada marca. Fuente: captura de pantalla de PhotoScan elaboración propia.

- **Optimización de la cámara.**

Uno de los pasos de gran relevancia para garantizar productos con altas precisiones es la optimización de la cámara, la cual se debe hacer antes de la creación de la nube de puntos densa, puesto que esta garantiza la corrección de posibles distorsiones en la cámara y el cálculo preciso de los parámetros internos y externos del sensor. La importancia de este paso queda demostrado mediante la siguiente tabla, que muestra los errores en la posición de los GCP antes y después del proceso de optimización en uno de los procesamientos realizados para esta investigación con siete puntos de control terrestre.

*Tabla 7. Errores totales en la posición de los GCP antes y después del proceso de optimización de cámaras. Fuente: elaboración propia.*

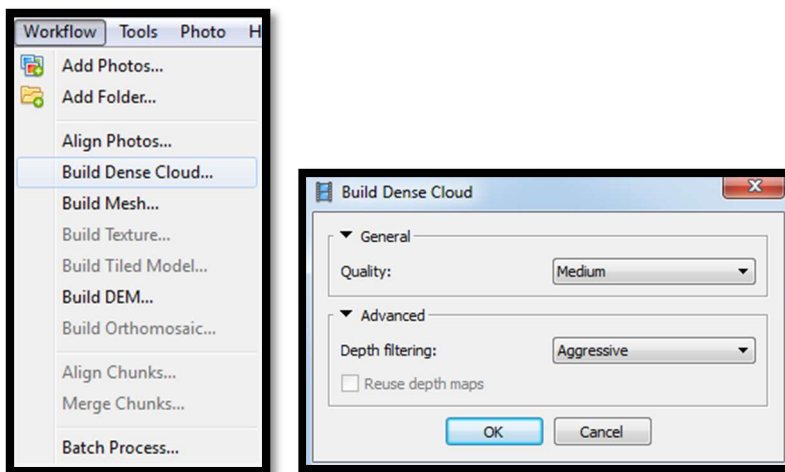
NOMBRE DEL GCP	ERROR TOTAL (m)	
	SIN OPTIMIZAR	OPTIMIZADAS
CANCHA ODONTOLOGÍA	0.476	0.0006
CANCHA PERIODISMO	1.328	0.0003
CANCHA TRASBORDO	1.380	0.0003
ESTAC BIBLIO CENTRAL	1.780	0.0019
HIGIENE	1.605	0.0005
OBE	0.575	0.0005
RECTORADO	1.321	0.0018
	<b>1.203</b>	<b>0.001</b>

Para realizar este procedimiento de optimización se debe hacer clic en el botón “Optimize Cameras” del panel “Reference” y luego seleccionar los parámetros que se desean optimizar.



- **Creación de la Nube de Puntos Densa.**

Seguidamente en el menú “Workflow” se debe seleccionar el menú de “Build Dense Cloud...” (Construir Nube de Puntos Densa) en donde se podrá configurar el parámetro de calidad del procesamiento y en las opciones avanzadas el grado de filtrado de profundidad.



*Fig. 72. Proceso de creación de la nube de puntos densa. Fuente: captura de pantalla PhotoScan elaboración propia.*

- **Construcción de la Malla.**

El proceso que sigue es el de creación de la malla, para ello se debe seleccionar el menú “Workflow” y entrar al menú “Build Mesh” (Construir Malla), en él se puede configurar el tipo de superficie a utilizar, los datos, las caras a contar y el tipo de interpolación.

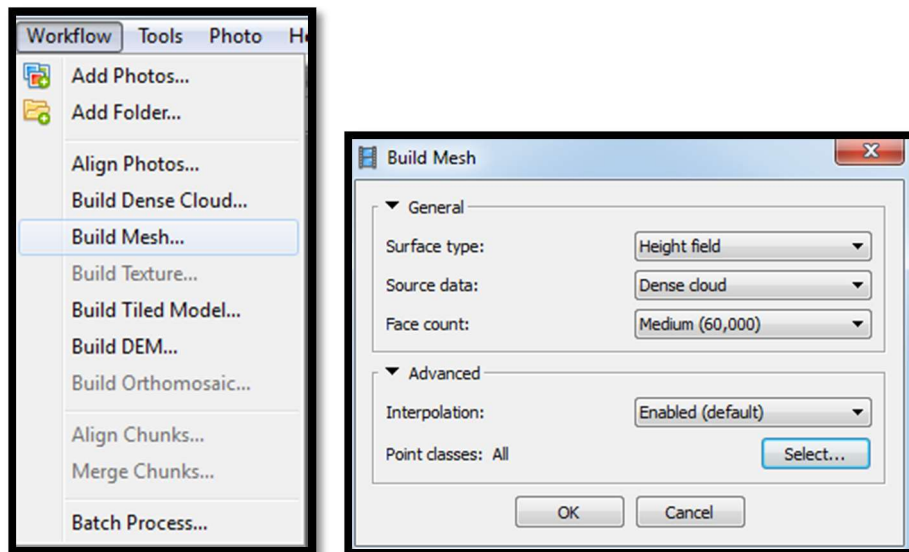


Fig. 73. Proceso de creación de la malla. Fuente: captura de pantalla PhotoScan elaboración propia.

- **Construcción de la Textura.**

El proceso continúa siguiendo en el menú “Workflow” y luego seleccionando el menú “Build Texture”, para configurar las opciones de creación de textura del modelo.

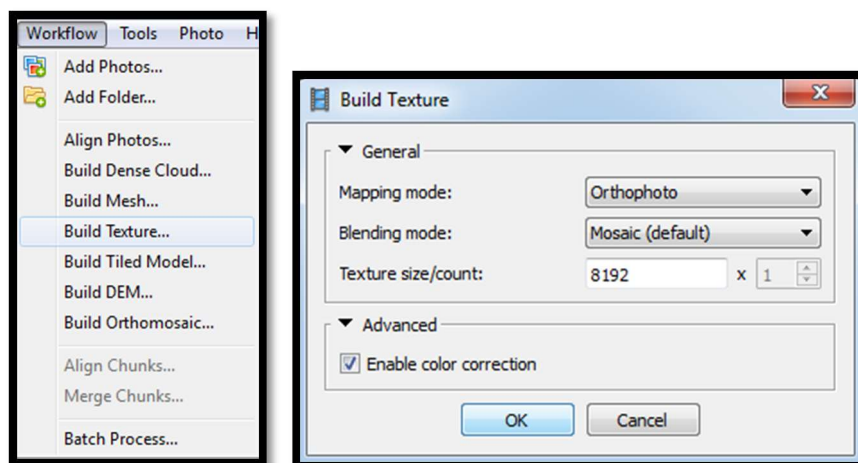


Fig. 74. Proceso de construcción de textura. Fuente: captura de pantalla PhotoScan elaboración propia.

- **Construcción del Modelo Digital de Elevaciones.**

El siguiente paso es la creación del MDE, para ello hay que ingresar en el menú “Workflow” y seleccionar “Build DEM...” (Construir MDE), luego se debe configurar el sistema de coordenadas del modelo, y adicionalmente el tipo de fuente de los datos e interpolación. Por defecto el software asigna los valores de resolución y el tamaño del MDE, esto con base al tipo de fuente de los datos, si es “Dense Cloud” o “Sparse Cloud”. De igual manera es posible seleccionar qué clase de puntos clasificados en la nube de puntos densa se desean utilizar para generar el MDE, de esta forma se puede seleccionar únicamente los puntos clasificados como terreno o la totalidad de los puntos para generación de Modelos Digitales de Superficie.

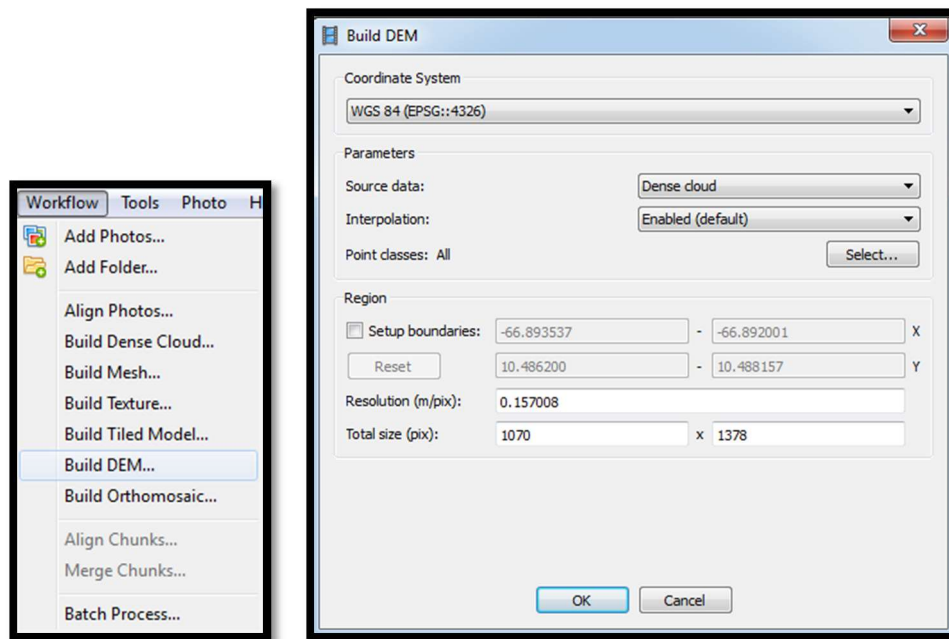
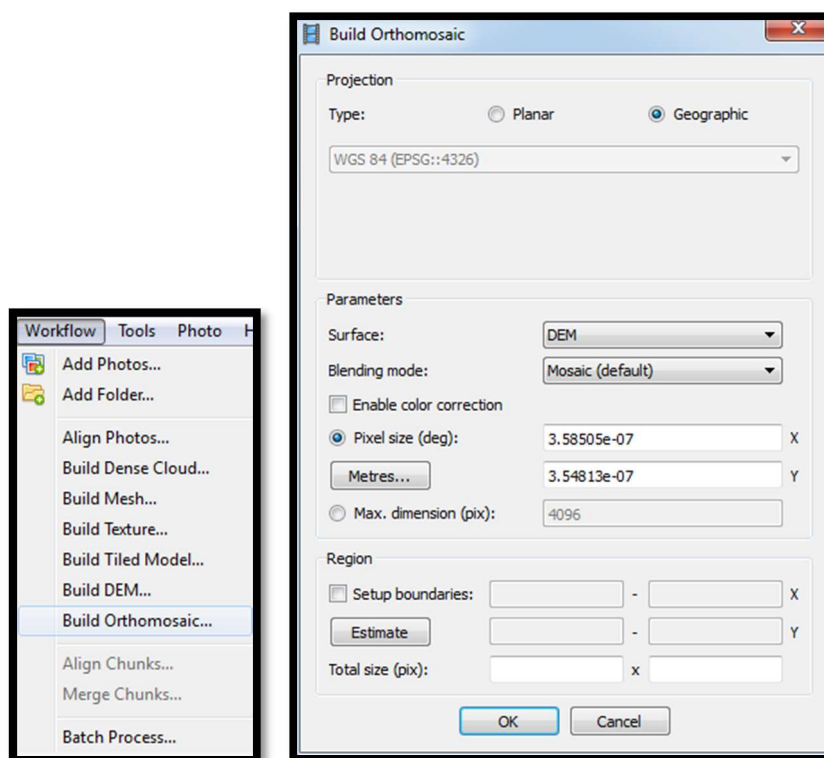


Fig. 75. Proceso de construcción del MDE. Fuente: captura de pantalla PhotoScan elaboración propia.

- **Construcción del Ortomosaico.**

Una vez que ya está creado el MDE es posible construir el Ortomosaico, entrando en el menú "Workflow" y seleccionando "Build Orthomosaic..." (Construir Ortomosaico). Se puede seleccionar si el ortomosaico es de tipo de proyección plana o geográfica y además configurar los parámetros del tipo de superficie a usar y el modo de mezcla.



*Fig. 76. Proceso de construcción del Ortomosaico. Fuente: captura de pantalla PhotoScan elaboración propia.*

- **Exportación del MDE y el Ortomosaico.**

Ya creados el MDE y el Ortomosaico el paso siguiente es exportar estos en formato GeoTiff para poder ser manejados en otro software externo y realizar las comparaciones correspondientes. Se debe configurar la proyección, el tamaño del

pixel y adicionalmente definir los límites de exportación tanto del DEM como del Ortomosaico.

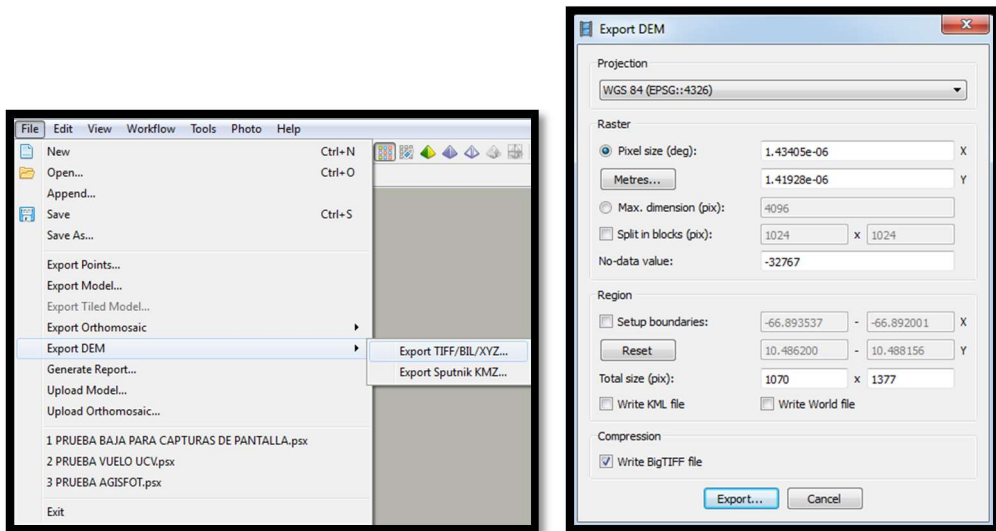


Fig. 77. Proceso de exportación del MDE. Fuente: captura de pantalla PhotoScan elaboración propia.

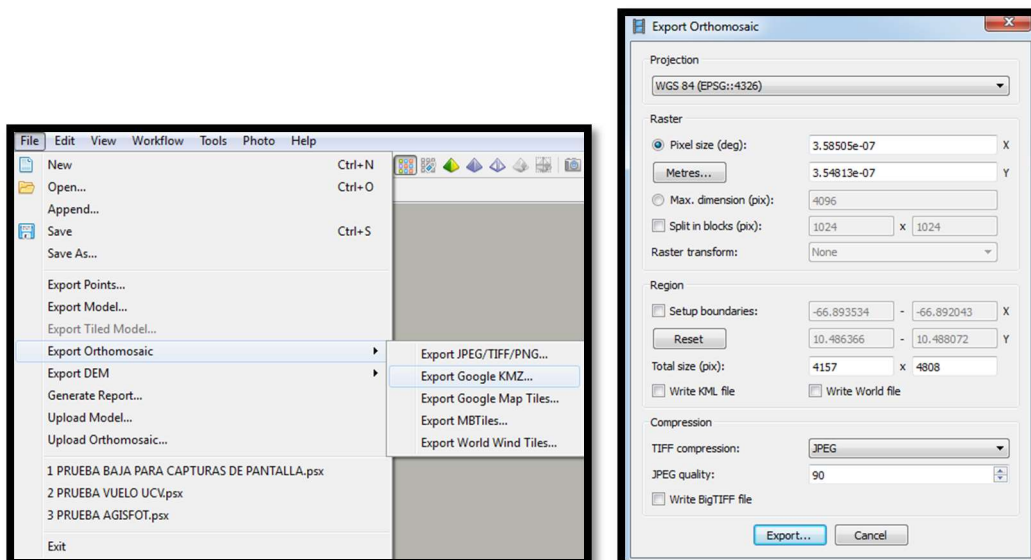
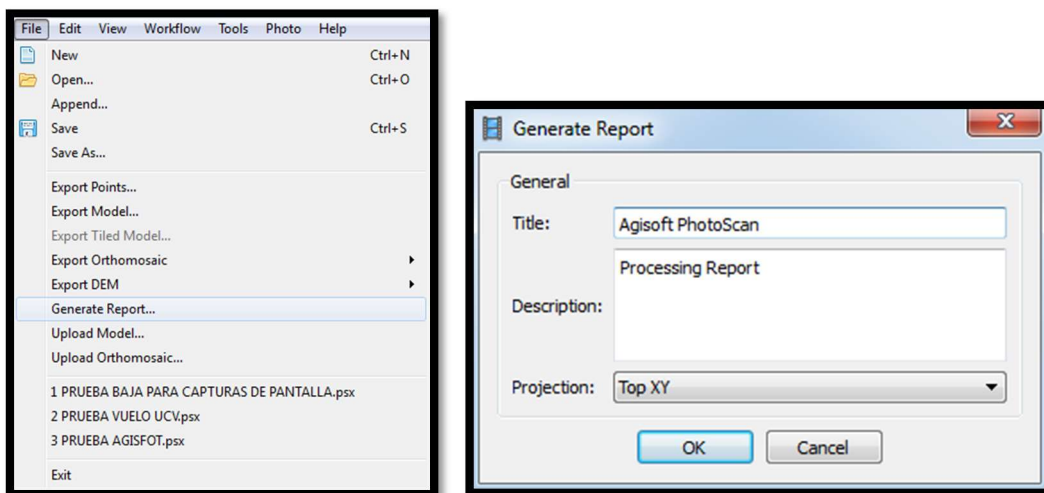


Fig. 78. Proceso de exportación del Ortomosaico. Fuente: captura de pantalla PhotoScan elaboración propia.

- **Generación del Reporte del procesamiento.**

Como paso final para obtener y evaluar los resultados y precisiones de los procedimientos realizados se puede generar el reporte del software en el cual se detallan desde las posiciones de las cámaras y el solapamiento de imágenes, hasta los parámetros de calibración de la cámara, el MDE y todos los parámetros del procesamiento.



*Fig. 79. Generación del reporte del software de los procesos realizados. Fuente: captura de pantalla PhotoScan elaboración propia.*



*Fig. 80. Archivo del Reporte del software de los procesos realizados. Fuente: captura de pantalla PDF elaboración propia.*

### **3.8.2. Generación de MDE, MDS y ortofotos en los distintos niveles de procesamiento sin puntos de control terrestre.**

El software utilizado para el procesamiento de las imágenes y posterior generación de los MDE y ortofotos permite al usuario definir distintos niveles de procesamiento, y de estas combinaciones depende la resolución final del producto generado, bien sea un MDE o una ortofoto. Es importante destacar que a través del procesamiento no se mejora la resolución de las fotografías obtenidas con el VANT, por ende, lo que se busca es la obtención de productos con resoluciones similares a la obtenida en la captura de las fotografías (GSD).

El objetivo de esta etapa de la investigación es definir la combinación que efectivamente cumpla con lo expuesto anteriormente, buscando economizar los tiempos de procesamiento de las imágenes sin que esto signifique una desmejora en la calidad del producto, permitiendo determinar la combinación de niveles de procesamiento más eficiente. Una vez obtenidas las mejores combinaciones, éstas se emplearon para el procesamiento de las imágenes utilizando los puntos de control terrestre medidos en campo.

### **3.8.3. Generación de MDE, MDS y ortofotos con puntos de control terrestre en sus diferentes distribuciones.**

Debido a la cantidad de combinaciones a realizar y el área total de vuelo, los tiempos de procesamiento son extensos con los computadores a disposición, por esta razón se decidió procesar las imágenes con las distintas combinaciones de GCP empleando un nivel de procesamiento bajo para reducir los tiempos. El hecho de aplicar el mismo nivel de procesamiento para las distintas distribuciones

de puntos de control terrestre garantiza que sólo este último factor (la distribución) influya en las exactitudes de los productos generados.

En el apartado anterior de la investigación se determinó que la combinación óptima era un alineamiento de las fotografías en nivel medio y generación de nube de puntos en nivel alto, sin embargo, esta recomendación de procesamiento se empleó únicamente para la generación del MDE, el MDS y la ortofoto definitiva.

#### **3.8.4. Generación de productos finales: MDE, MDS y ortofoto.**

Luego de analizados los resultados de las diferentes ortofotos y MDE generados en los diferentes escenarios planteados, se realizó un único procesamiento de las imágenes captadas por el VANT con la distribución de GCP que arrojó mejores resultados en los indicadores de dispersión. Este último procesamiento garantiza la obtención de un MDE y MDS con una mejor resolución al emplearse la combinación óptima de niveles de procesamiento, sin embargo, esto tal vez puede no replicarse en cuanto a la ortofoto. Por esta razón se decidió validar, como puede apreciarse en el capítulo IV en los apartados 4.7, 4.8 y 4.9, el ortofotomosaico generado.

#### **3.9. Validación de MDE y ortofotos generados con el VANT.**

Se realizó la validación de los productos generados, siendo evaluados en primer lugar la ortofoto y el MDE obtenido luego del procesamiento en los distintos niveles sin puntos de control.



### 3.9.1. Validación de ortofotos generadas sin GCP.

En esta etapa se evaluó la diferencia entre la coordenada de los puntos de control medidos en campo y la coordenada de los mismos puntos ubicados en la ortofoto exportada en formato GeoTIFF. La metodología empleada para esta etapa fue la siguiente:

- En primer lugar se abrió la ortofoto en Global Mapper y se proyectó en coordenadas UTM, esto con la finalidad de poder determinar las discrepancias en unidades métricas.
- Se marcaron los puntos de chequeo en la ortofoto y luego se exportaron sus coordenadas en formato texto.
- Se transformaron las coordenadas de los GCP medidos en campo con métodos GNSS de geodésicas a UTM empleando el “Coordinate Convertor de Global Mapper” para emplear el mismo algoritmo que emplea el software cuando reproyecta la ortofoto a UTM y así garantizar la misma precisión.
- Finalmente se evaluaron las discrepancias en Norte y en Este empleando Excel, luego se generó una tabla resumen con los indicadores estadísticos de dispersión que corresponden.



*Figura 81. Validación de la Ortofoto generada sin GCP. Fuente: Captura de pantalla de Global Mapper. Elaboración propia.*

### 3.9.2. Validación de MDE generados sin GCP empleando los puntos de control medidos en campo.

Una vez generado el MDE se procedió a plotear cada uno de los puntos medidos en campo sobre el modelo, de esta forma fue posible asignarle la altura del MDE a cada punto. Es importante recordar que el hecho de no haber empleado puntos de control terrestre para la generación del MDE implica que la altura que él refleja no es más que la obtenida por el navegador GPS del VANT, esto quiere decir que la altura representada en el modelo es una referida al elipsoide WGS84 sin corregir por ondulación geoidal. Por esta razón, al momento de validar el MDE se comparó la altura elipsoidal de los puntos de control terrestre con la altura del MDE en cada una de las coordenadas de los GCP.

Este procedimiento buscó hacer visible la necesidad de emplear puntos de control terrestre para asegurar la generación de un MDE con valores precisos tanto en coordenadas Este y Norte como en la coordenada Z.

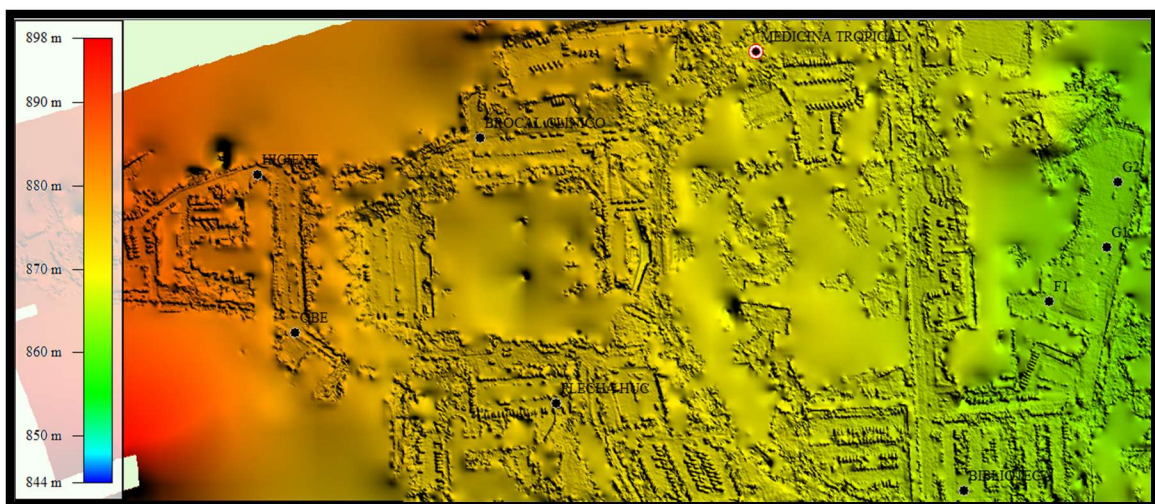
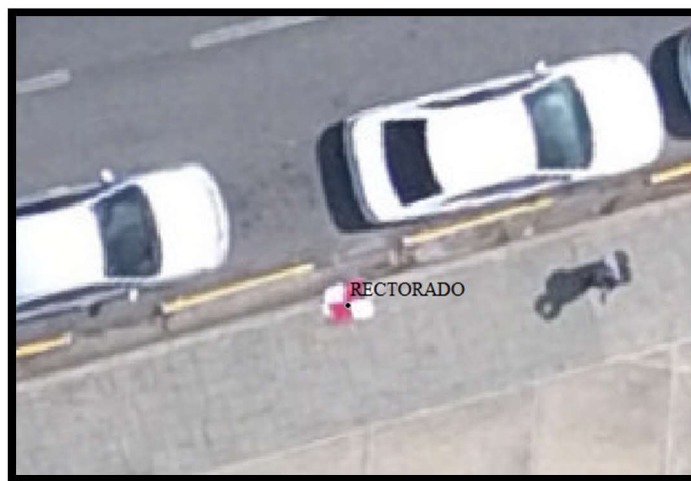


Figura 82. Validación MDE del VANT sin GCP. Fuente: Captura de pantalla de Global Mapper. Elaboración propia.

### 3.9.3. Validación de ortofotos generadas con GCP.

Se validaron las distintas ortofotos generadas empleando las combinaciones de diferentes distribuciones de GCP especificadas en los apartados anteriores. Mediante estas evaluaciones se determinaron las mejores distribuciones de puntos de control terrestre. El procedimiento para realizar estas validaciones fue el mismo ejecutado para el caso de las ortofotos generadas sin GCP, generándose al final una tabla resumen con los resultados obtenidos que es posible observar en el Capítulo IV en la Tabla 40.



*Figura 83. Validación de Ortofoto del VANT generada con GCP. Fuente: Captura de pantalla de Global Mapper. Elaboración propia.*

### 3.9.4. Validación de MDE generados con GCP.

Una vez realizada la validación planimétrica de los productos generados se procedió a validar la componente altimétrica de los mismos, y para tal fin se validó la bondad de los MDE empleando los puntos de control terrestre establecidos previamente, puntos existentes de la Red Geodésica de la UCV, y una grilla regular extraída de un modelo generado a partir de métodos fotogramétricos.

#### **3.9.4.1. Validación de MDE empleando los GCP.**

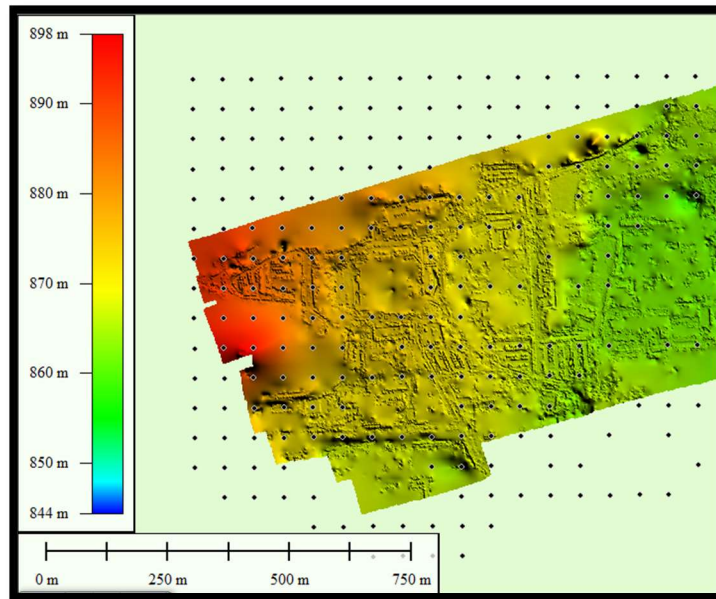
Luego de generados los MDE con los puntos de control definidos, estos fueron evaluados empleando los dieciocho puntos medidos en campo para luego calcular los indicadores estadísticos correspondientes.

Al momento de procesar las fotografías con puntos de control terrestre el MDE muestra valores de cota de terreno, a diferencia del procesamiento sin GCP que arrojaba valores de altura elipsoidal. El procedimiento seguido para realizar esta actividad fue el mismo descrito para la validación de los MDE sin puntos de control.

#### **3.9.4.2. Validación de MDE empleando una grilla regular extraída del modelo fotogramétrico.**

Utilizando las curvas de nivel digitalizadas de la carta a escala 1:1000 de la Ciudad Universitaria de Caracas, información extraída del Trabajo Especial de Grado de la Ing. Sthefanie González, se generó un MDE empleando interpolación Kriging, siendo este método el que mejores resultados arrojó en dicha investigación. Una vez obtenido el MDE generado a partir de la carta 1:1000 se extrajo de este una grilla regular de puntos con espaciados cada 2 segundos de arco (aproximadamente 60m).

Para realizar la validación se ploteó la grilla extraída del modelo fotogramétrico sobre el MDE generado por el VANT empleando la mejor distribución de GCP y la combinación de niveles de procesamientos óptima, para luego evaluar punto a punto haciendo uso de la herramienta Excel. De esta manera se evaluó desde el punto de vista altimétrico el MDE del VANT y se determinó la influencia de la distribución y correcta medición de los GCP en la precisión altimétrica de los modelos.



*Figura 84. Validación MDE con grilla regular extraída del modelo fotogramétrico. Fuente: Captura de pantalla de Global Mapper. Elaboración propia.*

### **3.9.4.3. Validación de MDE empleando Red Geodésica existente en la UCV.**

La Ciudad Universitaria de Caracas cuenta con una importante cantidad de vértices geodésicos y puntos topográficos a lo largo de su territorio, esta situación resultó favorable para el desarrollo de la presente investigación, y es una de las razones por la que fue tomada como zona de estudio.

La información correspondiente a esta infraestructura geodésica existente reposa en los archivos del Departamento de Ingeniería Geodésica y Agrimensura, estos fueron consultados en la fase correspondiente a la recopilación de información básica. Producto de esa consulta se obtuvo un listado de puntos topográficos ubicados dentro de la CUC, de los cuales se seleccionaron ocho, estos puntos fueron ploteados sobre el MDE generado por el VANT para extraer la cota correspondiente a este modelo en las coordenadas de cada vértice.

Posteriormente se realizó una evaluación punto a punto que permitió conocer las discrepancias entre la cota medida en campo de cada vértice, con la cota del MDE del VANT. El resultado de esta validación y análisis de los mismos puede consultarse en el Capítulo IV en la Tabla 48.

*Tabla 8. Vértices de la Red Geodésica existente en la UCV utilizados para la validación del MDE.  
Fuente: Elaboración Propia.*

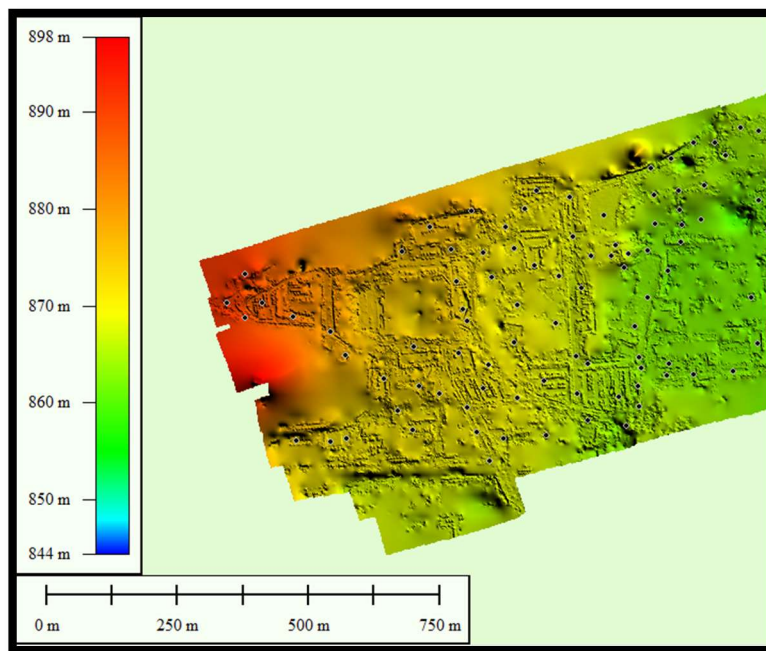
NOMBRE DEL PUNTO	MEDIDOS EN CAMPO		COTA MEDIDA
	LATITUD (°)	LONGITUD (°)	(m)
MANT	10.488508	-66.890126	864.097
T28	10.489454	-66.889887	862.516
ICU118	10.492411	-66.888268	862.622
HUC-2	10.490566	-66.893429	873.530
COM01	10.492098	-66.887986	861.759
F4	10.490104	-66.890129	863.225
RELOJ	10.492532	-66.890334	867.354
UCV3	10.489334	-66.888178	862.183

### **3.9.5 Comparación del MDE generado por el VANT con el MDE obtenido de la data LIDAR.**

Como parte fundamental del proceso de validación de información geoespacial, se encuentra la selección de fuentes distintas de datos para la evaluación de los productos generados. Estas fuentes deben ser independientes a las empleadas en la generación de los productos, por esta razón se decidió realizar una evaluación altimétrica entre el MDE generado por el VANT, con aquel generado a partir de la tecnología LIDAR.

En un principio se extrajo del MDE generado por LIDAR una grilla regular espaciada cada 2", siendo luego ploteada sobre el MDE del VANT para extraer la cota en dicho modelo y realizar la evaluación punto a punto.

Posteriormente se realizó otra validación empleando 106 puntos seleccionados sobre el modelo LIDAR de manera arbitraria, haciendo coincidir la ubicación de los mismos en zonas de pendiente regular, sin vegetación y en espacios abiertos (vías, plazas, canchas, entre otros). Con este paso se buscó la ubicación óptima de los puntos de chequeo vertical, aspecto menos flexible al emplear una grilla regular en donde la ubicación de cada punto de chequeo está restringida. Con esta validación se buscó evaluar el impacto de la correcta ubicación de puntos de verificación vertical para la validación del MDE generado por el VANT.



*Figura 85. Puntos ploteados seleccionados aleatoriamente para comparación. Fuente: Captura de pantalla de Global Mapper. Elaboración propia.*

### **3.10. Validación del MDS generado por el VANT**

Para poder detallar las alturas de elementos que se encuentran por encima del nivel del terreno natural, tales como: edificaciones, vegetación, entre otros; es necesario generar un Modelo Digital de Superficie. Como se explicó en apartados anteriores, con las fotografías adquiridas por el VANT se generó un MDS, el cual se necesitó validar para cumplir con los objetivos de esta investigación, para ello se utilizó como base de referencia para la evaluación el plano fotogramétrico de alturas de edificaciones de la UCV. Posteriormente se realizó otra validación del MDS generado por el VANT empleando otra fuente distinta de datos, estos fueron los datos LIDAR. Finalmente, el resultado de las cotas extraídas de los edificios y las discrepancias entre éstas, fueron presentados en una tabla resumen que facilitará la lectura de estos valores.

#### **3.10.1. Validación empleando el plano de alturas de edificios de la UCV.**

Para realizar esta validación se utilizó el software Global Mapper v.16.0, en el cual fue insertado el MDS generado por el VANT, en el mismo espacio de trabajo se seleccionaron las edificaciones a validar, las cuales fueron las siguientes:

- Aula Magna.
- Edificio Anatómico.
- Hospital Clínico Universitario.
- Biblioteca Central.
- Edificio de Rectorado.

Una vez seleccionadas las edificaciones lo siguiente fue extraer, del plano de alturas de edificaciones de la UCV, la cota del techo de cada edificación, para luego extraer la cota de estas mismas edificaciones del MDS.



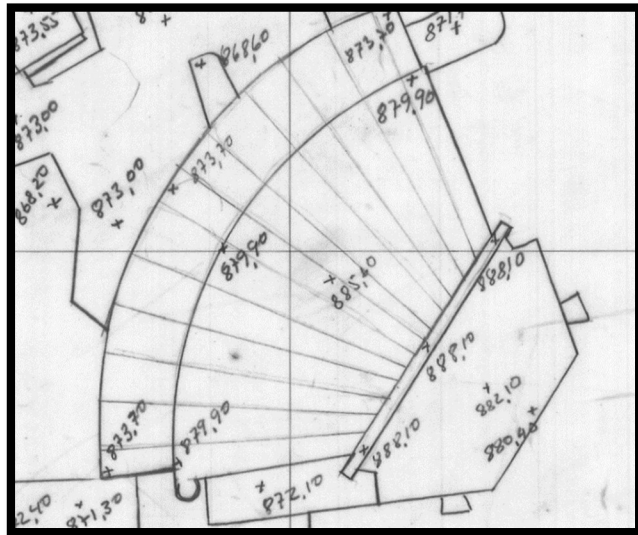


Figura 86. Ubicación de altura del Aula Magna sobre el plano de alturas de edificaciones de la UCV. Fuente: Captura de pantalla plano de alturas de edificaciones de la UCV.



Figura 87. Ubicación de altura del Hospital Clínico Universitario sobre el MDS generado por el VANT. Fuente: Captura de pantalla de Global Mapper.

Una vez extraídas las cotas se generó una tabla comparativa en Excel de cada edificio a la cual se le aplicaron los indicadores estadísticos.

### 3.10.2. Validación empleando el MDS obtenido por LIDAR.

Para realizar esta validación el procedimiento realizado fue similar al del apartado anterior, solo que esta vez se insertó la nube de puntos LIDAR, de la cual se extrajeron las cotas de las edificaciones ya mencionadas.



Figura 88. Nube de puntos LIDAR sobre el Hospital Clínico Universitario para extracción de altura.  
Fuente: Captura de pantalla de Global Mapper.

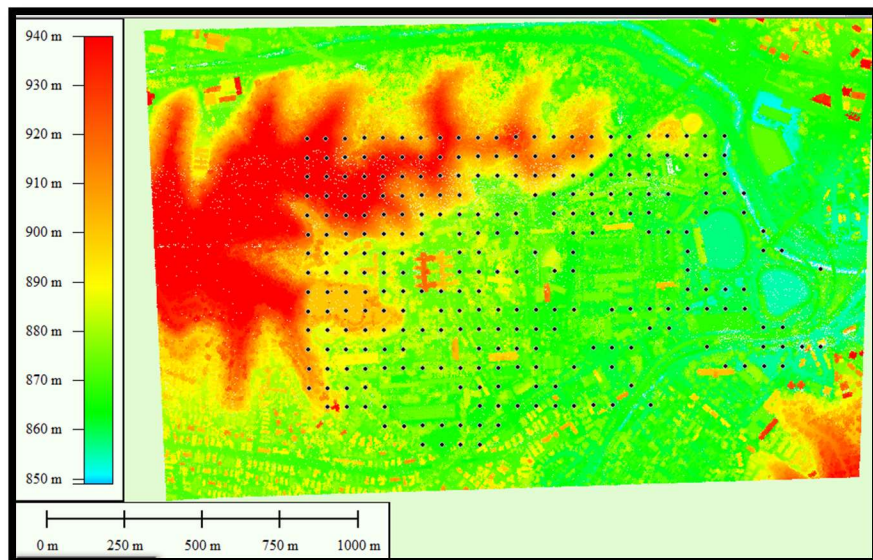
Los resultados de estas alturas fueron agrupados en una tabla elaborada en Excel que hiciera fácil su comprensión y análisis como se puede consultar en el Capítulo IV en la Tabla 58.

### 3.11. Validación del MDE obtenido por LIDAR empleando el modelo fotogramétrico.

Como resultado del proceso de recopilación de información, se obtuvo la data LIDAR que abarca a la CUC, esta información fue de utilidad porque garantizó el acceso a una fuente independiente que permitiera validar y contrastar los productos generados empleando el plano fotogramétrico de la Universidad Central de Venezuela.

Para realizar la validación se utilizó la misma grilla espaciada cada 2" empleada en apartados previos, estos puntos espaciados uniformemente fueron ploteados sobre el MDE generado a partir de LIDAR y luego se extrajo la cota del mismo. El valor de elevación de cada punto de la grilla fue evaluado con respecto a la cota de cada uno de los mismos en el MDE generado a partir del plano fotogramétrico.

El análisis de los valores de las discrepancias halladas permitió conocer las zonas donde estas fueron mayores, de igual manera, permitió determinar el error medio y comparar a este con respecto a las precisiones de la tecnología LIDAR.



*Figura 89. Evaluación del MDE obtenido con LIDAR empleando el modelo fotogramétrico. Fuente: Captura de pantalla de Global Mapper. Elaboración propia.*

### **3.12. Evaluación del requerimiento de infraestructura geodésica.**

Como parte importante en el desarrollo de la metodología se presenta la necesidad de comparar el impacto de la utilización de una infraestructura geodésica robusta en el uso de tecnologías de adquisición de datos geoespaciales, es por ello, que en esta fase de la investigación se evaluaron directamente los resultados obtenidos de los indicadores estadísticos de los productos geoespaciales (MDE, MDS y Ortofoto) generados con el uso de GCP y sin el uso de los mismos. De igual manera, tomando como referencia los parámetros establecidos por la ASPRS, se clasificaron estos productos en clases específicas de precisión tanto horizontal como vertical, buscando visibilizar la manera en la que la infraestructura geodésica influye en el mejoramiento de las exactitudes de productos geoespaciales.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 4.1. Evaluaciones preliminares de datos geoespaciales

#### 4.1.1 Validación del SRTM en los estados Falcón, Lara, Yaracuy y Carabobo.

En esta etapa se calcularon los valores de varianza, desviación estándar y error límite para los datos de discrepancias presentados en el apéndice 1, obteniendo los siguientes resultados.

*Tabla 9. Valores de varianza, desviación estándar y error límite para los resultados de discrepancias obtenidos. Fuente: elaboración propia*

<b>Varianza (m<sup>2</sup>)</b>	3673.377
<b>Desv. Estándar (m)</b>	60.608
<b>Error límite (m)</b>	151.521

Una vez obtenidos estos indicadores se procedió a eliminar los puntos que excedieran el error límite, establecido como 2,5 veces la desviación estándar. En total se eliminaron 8 puntos del apéndice 1.

Se calculó nuevamente la varianza, desviación estándar y error límite para la nueva tabla de puntos, obteniendo los siguientes resultados.

*Tabla 10. Valores de varianza, desviación estándar y error límite. Fuente: Elaboración propia*

<b>Varianza (m<sup>2</sup>)</b>	333.178
<b>Desv. Estándar (m)</b>	±18.253
<b>Error límite (m)</b>	±45.633

Se logró una disminución significativa en los parámetros estadísticos, cuantificada en una reducción de 42.35 m en el valor de la desviación estándar, lo que representa un 70.58% con respecto a la desviación estándar de los valores del apéndice 1.

Los datos de los puntos topográficos empleados para generar los modelos digitales de elevación en este trabajo se pueden diferenciar en tres tipos: datos recopilados mediante observaciones gravimétricas, mediante nivelaciones, y obtenidos de las cartas empleadas en esta parte de la investigación. En este sentido se evaluó la desviación estándar de las discrepancias entre la cota del SRTM y la cota del punto para cada tipo arrojando los siguientes resultados.

*Tabla 11. Medidas de dispersión para las discrepancias entre los puntos recopilados y el SRTM.  
Fuente: Elaboración propia*

<b>Indicador</b>	<b>Datos colectados de mediciones gravimétricas</b>	<b>Datos colectados del IGVSB</b>	<b>Datos obtenidos de las cartas</b>
Varianza (m <sup>2</sup> )	917.495	203.266	115.819
Desv. Estándar (m)	±30.290	±14.257	±10.7619
Error límite (m)	±75.725	±35.643	±26.905

Finalmente se evaluó para cada uno de los tres tipos de puntos el impacto que tendría la reducción del número de vértices que se tomarían en cuenta para la determinación de los indicadores estadísticos. Para este estudio se tomó en cuenta en primer lugar la totalidad de puntos que componen cada conjunto de datos y se fueron eliminando vértices de cinco en cinco para evaluar el comportamiento del valor de la desviación estándar.

Tabla 12. Cálculo de las medidas de dispersión para las discrepancias variando el número de vértices. Fuente: Elaboración propia

Métodos gravimétricos		Obtenidos del IGVS		Obtenidos de las cartas	
PUNTOS	$\sigma (\pm m)$	PUNTOS	$\sigma (\pm m)$	PUNTOS	$\sigma (\pm m)$
180	30.2901771	401	14.2571436	270	10.76194
175	30.6699456	396	14.3434685	265	10.8116264
170	30.9407029	391	14.4228106	260	10.8718068
165	31.3790253	386	14.4641911	255	10.9719095
160	31.8387965	381	14.5131809	250	11.0329552
155	32.3346646	376	14.4621222	245	11.1407488
150	32.8622086	371	14.554808	240	11.2372917
145	33.419282	366	14.6441292	235	11.3349931
140	34.0025892	361	14.7297383	230	11.4039947
135	34.6184846	356	14.8270739	225	11.5022909
130	35.2316201	351	14.8888659	220	11.5670864

Adicionalmente se elaboró un conjunto de gráficas que se muestran a continuación con los datos de la tabla anterior.

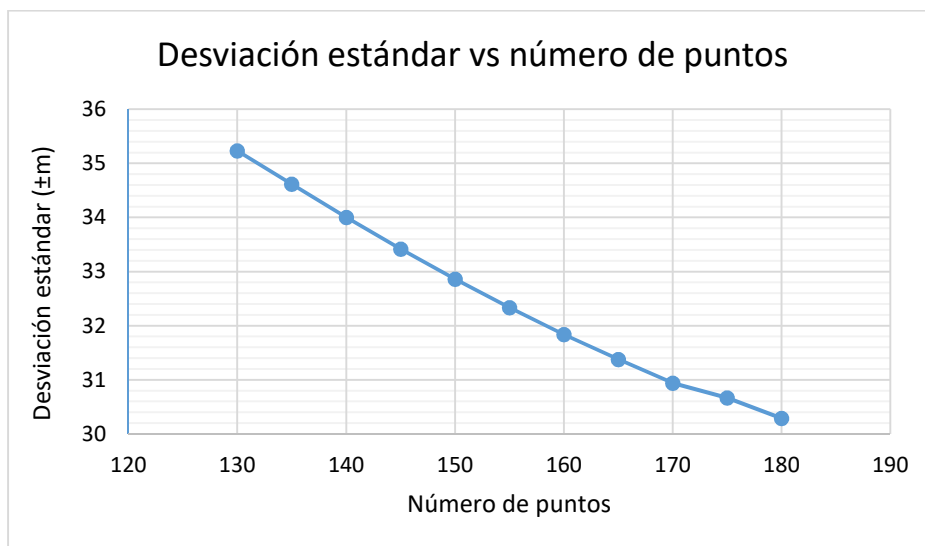


Fig. 90. Gráfico de desviación estándar vs número de puntos recopilados por métodos gravimétricos. Fuente: Elaboración propia.

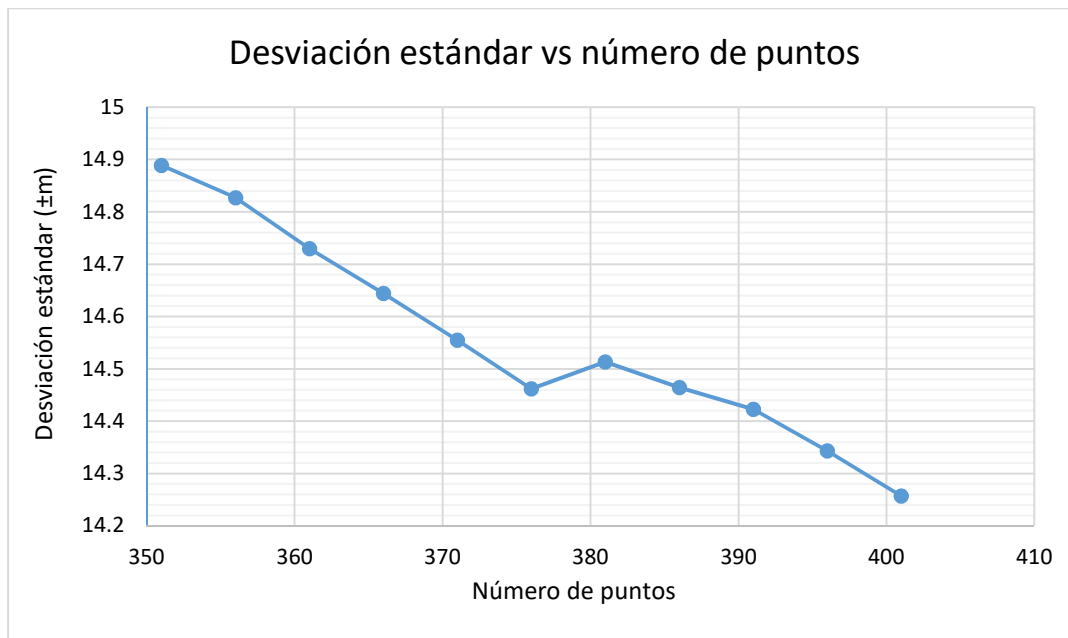


Fig. 91. Gráfico de desviación estándar vs número de puntos recopilados del listado de BM del IGVS. Fuente: Elaboración propia.



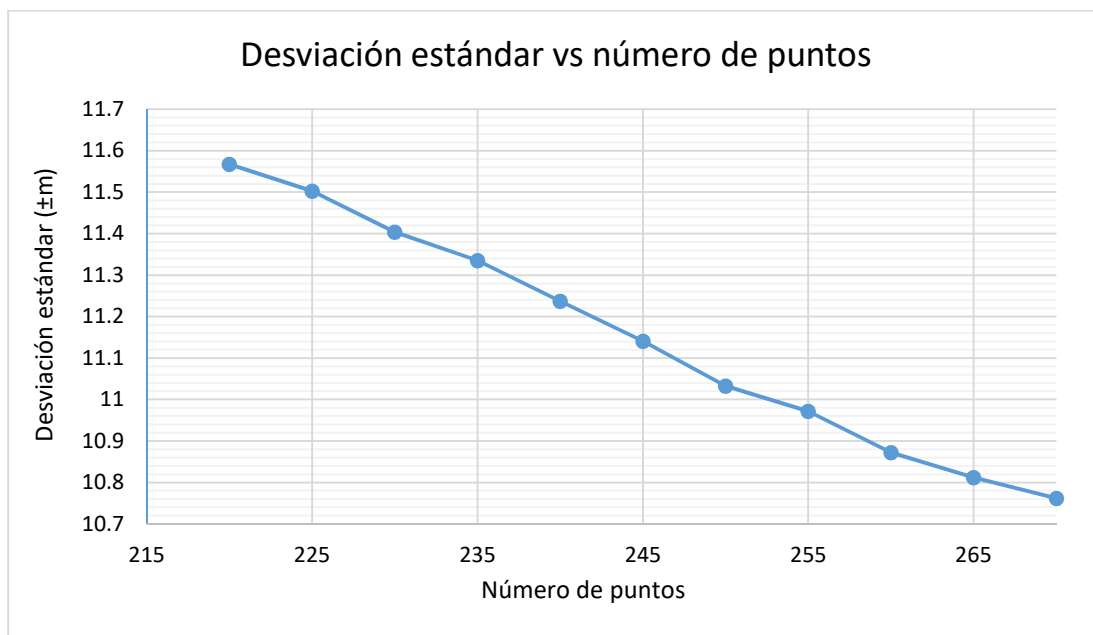
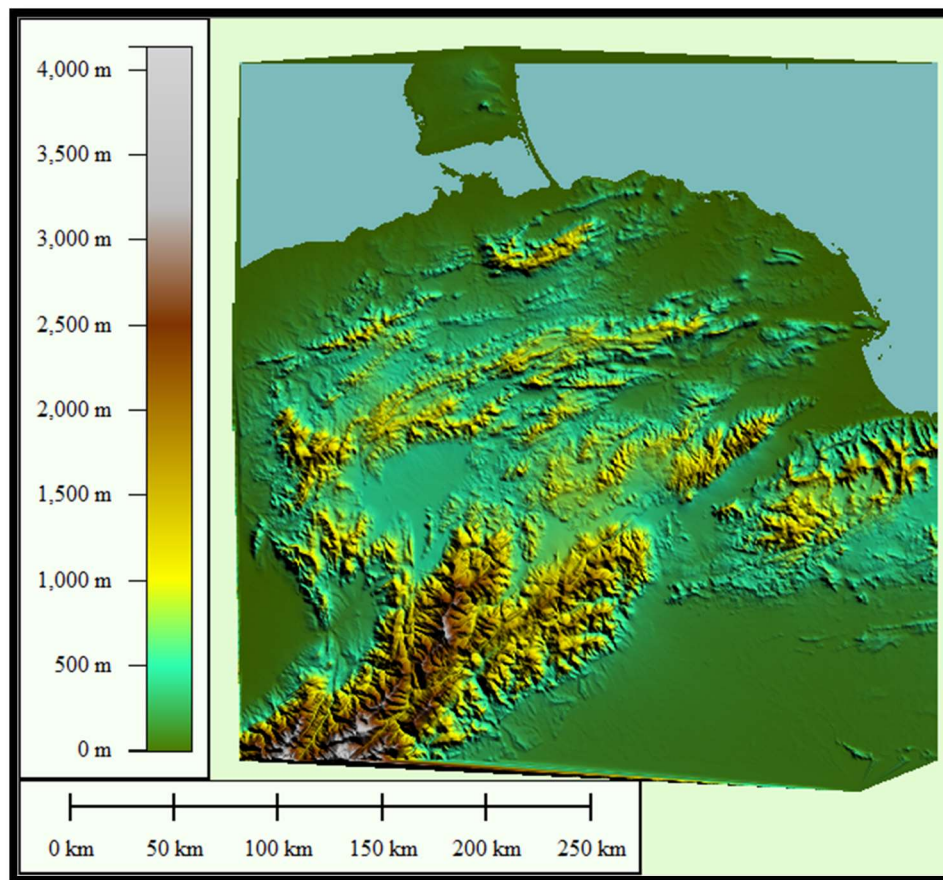


Fig. 92. Gráfico de desviación estándar vs número de puntos recopilados de las cartas a escala 1:100000 empleadas. Fuente: Elaboración propia.

Como análisis a estos valores obtenidos, se puede señalar que la variación al eliminar vértices de la totalidad del conjunto de datos es distinta según su fuente de recopilación, observándose una mayor desmejora de la desviación estándar en el caso de los puntos obtenidos de la tesis de nivelación y gravedad, sin embargo, es importante resaltar que estos valores fueron eliminados de manera aleatoria, si se hubieran suprimido en primer lugar aquellos valores con mayores discrepancias, la desviación estándar hubiera resultado menor. Además, al no resultar la zona de estudio completamente plana se debe tomar en cuenta la ubicación geográfica de los puntos eliminados, debido a que las mayores diferencias se observaron en las zonas montañosas del área evaluada.

#### 4.1.2. Corrección del SRTM empleando puntos topográficos recopilados.

Una vez generado el MDE que se muestra en la siguiente figura, se decidió evaluar las discrepancias entre el SRTM y los MDE generados empleando el método de interpolación TIN y Kriging, con espaciados en la cuadrícula de puntos cada 90, 120, 150, 200, 240, 300, 900 y 1800 m; obteniendo los siguientes resultados que se muestran en la tabla a continuación.



*Fig. 93. SRTM corregido empleando puntos topográficos colectados para la investigación. Fuente: Elaboración propia, captura de pantalla Global Mapper.*

Tabla 13. Medidas de dispersión en la validación de los SRTM corregidos con interpolación TIN.  
Fuente: Elaboración propia

	ESPACIADO DE LA GRILLA (TIN)							
	90m	120m	150m	200m	240m	300m	900m	1800m
<b>Varianza (m<sup>2</sup>)</b>	163.016	193.699	176.186	275.374	286.359	345.054	594.158	1380.444
<b>D. Estándar (±m)</b>	12.768	13.918	13.274	16.594	16.922	18.576	24.375	37.154
<b>Error límite (±m)</b>	31.919	34.794	33.184	41.486	42.305	46.439	60.938	92.886

Tabla 14. Medidas de dispersión en la validación de los SRTM corregidos con interpolación Kriging. Fuente: elaboración propia.

	ESPACIADO DE LA GRILLA (KRIGING)					
	150m	200m	240m	300m	900m	180m
<b>Varianza (m<sup>2</sup>)</b>	5601.973	5817.127	5940.507	5972.294	5455.336	3896.478
<b>D. Estándar (±m)</b>	74.846	76.270	77.075	77.281	73.860	62.422
<b>Error límite (±m)</b>	187.116	190.675	192.687	193.202	184.651	156.054

Adicionalmente se realizaron dos gráficas que permitieran visualizar el comportamiento de la desviación estándar con respecto al espaciado de la grilla, estas gráficas se muestran a continuación.

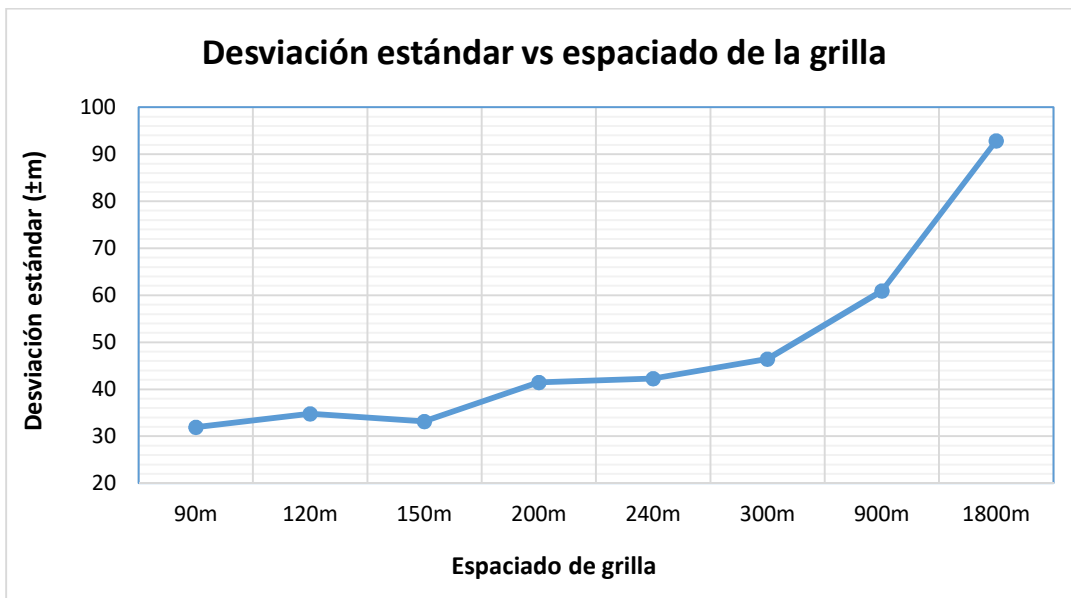


Fig. 94. Gráfico de desviación estándar vs espaciado de la grilla con interpolación TIN. Fuente: Elaboración propia.

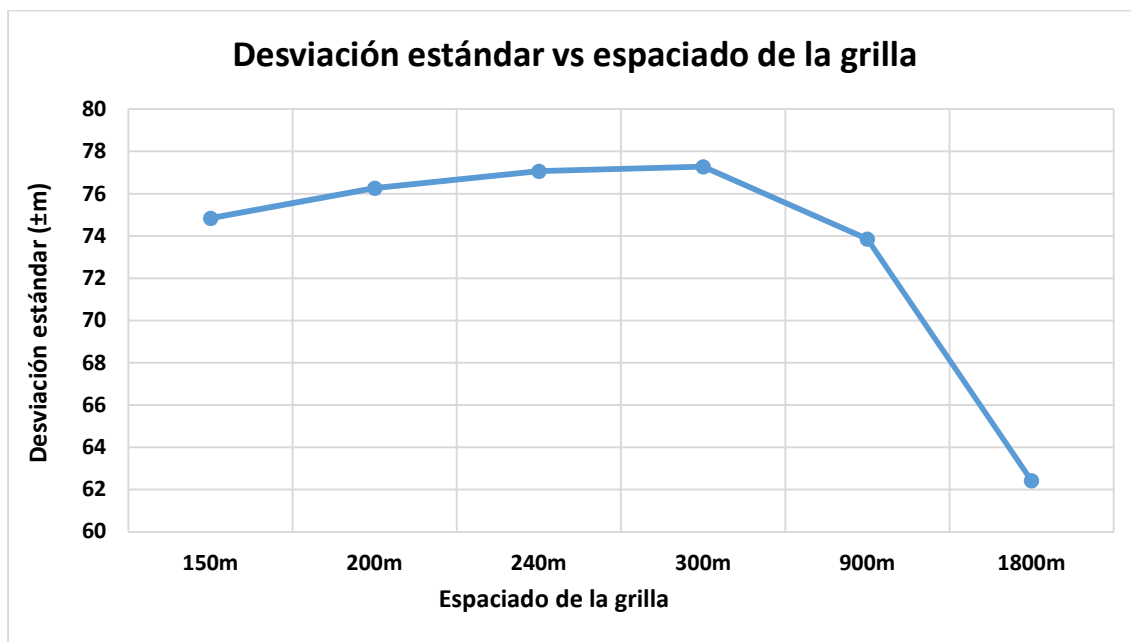


Fig. 95. Gráfico de desviación estándar vs espaciado de la grilla con interpolación Kriging. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos luego de realizar las evaluaciones para cada método de interpolación permiten llegar al análisis que el método Kriging resulta en mayores discrepancias con respecto al método TIN. Las diferencias en las desviaciones estándar obtenidas determinan que los valores calculados mediante la interpolación Kriging resultaron en promedio 5,3 veces menos exactos que los generados por la interpolación TIN. Adicionalmente a esto se aprecia un comportamiento opuesto entre ambos métodos de interpolación, ya que mientras la interpolación Kriging arroja mejores resultados a medida que el espaciado de la grilla es mayor, la interpolación TIN arroja resultados más desfavorables, siendo esto perfectamente apreciable en las figuras mostradas previamente.

#### 4.1.3. Grilla regular para validar SRTM corregido.

Este procedimiento permitió determinar el comportamiento de la desviación estándar al eliminar puntos de validación distribuidos de forma regular en forma de cuadrícula, obteniendo los siguientes resultados que se muestran en la siguiente gráfica.

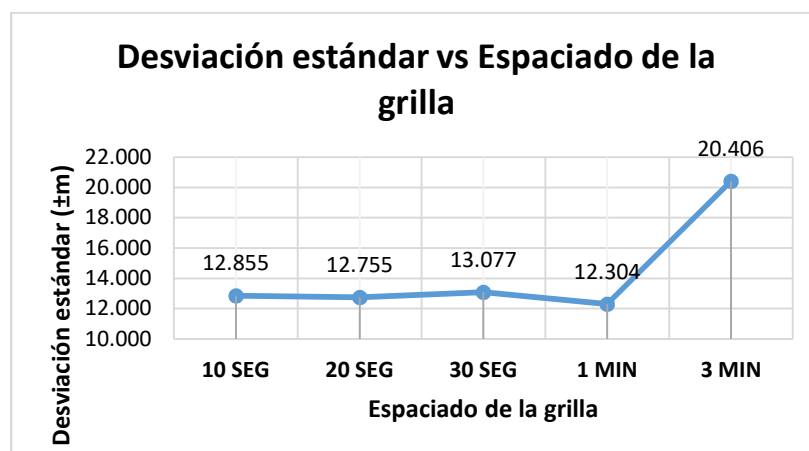


Fig. 96. Comportamiento de la desviación estándar según el espaciado de la grilla de validación.  
Fuente: elaboración propia.

Estos resultados permiten afirmar que no fueron necesarios los 2120 puntos de validación para los 195 km<sup>2</sup> estudiados, ya que solo se requerían aproximadamente 63 puntos, lo que representa una densidad de 3 puntos de validación por cada 10 km<sup>2</sup>, destacando siempre que la escala manejada para estos resultados era de 1:100000.

Resulta evidente que los valores de desviación estándar obtenidos con una densidad mayor de puntos no mejoran, por el contrario, derivan en ruido y en el empleo de tiempo y otros recursos de manera redundante. Estos valores obtenidos van en concordancia con lo recomendado por la ASPRS en su última norma publicada en el año 2014, esta establece que para áreas menores de 500 km<sup>2</sup> se debe tener al menos 25 puntos de validación distribuidos entre áreas con y sin vegetación.

#### 4.2. Comparación de data LIDAR con SRTM en quebrada Tacagua.

De acuerdo a los procedimientos realizados como trabajo preliminar en la quebrada Tacagua, se obtuvieron los resultados que se muestran en las tablas correspondientes en el apéndice 2. El análisis de estos datos se deriva al aplicarse los indicadores estadísticos, para ello se calcularon los valores de varianza, desviación estándar y error límite para los valores de las discrepancias presentadas en las tablas anteriores, obteniendo los siguientes resultados.

*Tabla 15. Valores de varianza, desviación estándar y error límite para los resultados de discrepancias obtenidos. Fuente: elaboración propia*

<b>Espaciado de Grilla (m)</b>	<b>Varianza (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Desv. Estándar (m)</b>	<b>Error Límite (m)</b>
300	47,16538	6,86771	17,16926
250	58,52315	7,65004	19,12511
200	42,17714	6,49439	16,23598
150	46,92932	6,8505	17,12624

<b>Espaciado de Grilla (m)</b>	<b>Varianza (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Desv. Estándar (m)</b>	<b>Error Límite (m)</b>
100	42,4742	6,51722	16,29306
50	45,93123	6,77726	16,94315
Borde 250	60,30768	7,7658	19,41451
Borde 200	56,22206	7,49814	18,74534
Borde 100	45,53417	6,7479	16,86975

Con los datos exportados de diferencia de elevaciones de cada grilla, se procedió a generar un MDE, y luego en cada uno de ellos se ploteó una cuadrícula de puntos cada 200 m. Este procedimiento se realizó para cada grilla (300 m, 250 m, 200 m, 150 m, 100 m, 50 m, y con los bordes 250 m, 200 m y 100 m). Como resultado se obtuvo de cada MDE la diferencia de elevación para cada punto espaciado cada 200m como se mencionó anteriormente. Los indicadores estadísticos fueron aplicados a cada grupo de puntos exportados de los MDE y se compararon con los valores de la tabla de la primera grilla exportada del modelo original cada 200 m. Esto se hizo para evaluar las diferencias entre los modelos con respecto al modelo original, para poder determinar si la cantidad de puntos y el espaciado de la grilla es determinante a la hora de comprobar la bondad de los resultados.

Las diferencias encontradas se muestran a continuación:

*Tabla 16. Diferencia entre indicadores estadísticos de puntos espaciados cada 200m extraídos del MDE generado con grilla de 300m con respecto a estos mismos puntos extraídos del modelo original. Fuente: elaboración propia*

<b>DEM con Grilla de 300m</b>	<b>Grilla 200m Modelo Original</b>	<b>Diferencia</b>
Varianza (m <sup>2</sup> )	24,11603	42,17714
Desv. Estándar (m)	4,91081	6,49439
Error Límite (m)	12,27702	16,23598
Media	-4,39972	-4,37472

Tabla 17. Diferencia entre indicadores estadísticos de puntos espaciados cada 200m extraídos del MDE generado con grilla de 250m con respecto a estos mismos puntos extraídos del modelo original. Fuente: elaboración propia

<b>DEM con Grilla de 250m</b>		<b>Grilla 200m Modelo Original</b>		<b>Diferencia</b>
Varianza (m <sup>2</sup> )	30,193	Varianza (m <sup>2</sup> )	42,177	11,984
Desv. Estándar (m)	5,495	Desv. Estándar (m)	6,494	0,999
Error Límite (m)	13,737	Error Límite (m)	16,236	2,499
Media	-3,320	Media	-4,375	-1,054

Tabla 18. Diferencia entre indicadores estadísticos de puntos espaciados cada 200m extraídos del MDE generado con grilla de 200m con respecto a estos mismos puntos extraídos del modelo original. Fuente: elaboración propia

<b>DEM con Grilla de 200m</b>		<b>Grilla 200m Modelo Original</b>		<b>Diferencia</b>
Varianza (m <sup>2</sup> )	38,44815	Varianza (m <sup>2</sup> )	42,17714	3,72899
Desv. Estándar (m)	6,20066	Desv. Estándar (m)	6,49439	0,29374
Error Límite (m)	15,50164	Error Límite (m)	16,23598	0,73434
Media	-4,61449	Media	-4,37472	0,23976

Tabla 19. Diferencia entre indicadores estadísticos de puntos espaciados cada 200m extraídos del MDE generado con grilla de 150m con respecto a estos mismos puntos extraídos del modelo original. Fuente: elaboración propia

<b>DEM con Grilla de 150m</b>		<b>Grilla 200m Modelo Original</b>		<b>Diferencia</b>
Varianza (m <sup>2</sup> )	24,56580	Varianza (m <sup>2</sup> )	42,17714	17,61134
Desv. Estándar (m)	4,95639	Desv. Estándar (m)	6,49439	1,53800
Error Límite (m)	12,39098	Error Límite (m)	16,23598	3,84501
MEDIA	-4,87187	MEDIA	-4,37472	0,49714



Tabla 20. Diferencia entre indicadores estadísticos de puntos espaciados cada 200m extraídos del MDE generado con grilla de 100m con respecto a estos mismos puntos extraídos del modelo original. Fuente: elaboración propia

DEM con Grilla de 100m		Grilla 200m Modelo Original		Diferencia
Varianza (m <sup>2</sup> )	35,49100	Varianza (m <sup>2</sup> )	42,17714	6,68615
Desv. Estándar (m)	5,95743	Desv. Estándar (m)	6,49439	0,53696
Error Límite (m)	14,89358	Error Límite (m)	16,23598	1,34240
MEDIA	-4,57292	MEDIA	-4,37472	0,19820

Tabla 21. Diferencia entre indicadores estadísticos de puntos espaciados cada 200m extraídos del MDE generado con grilla de 50m con respecto a estos mismos puntos extraídos del modelo original. Fuente: elaboración propia

DEM con Grilla de 100m		Grilla 200m Modelo Original		Diferencia
Varianza (m <sup>2</sup> )	34,27786	Varianza (m <sup>2</sup> )	42,17714	7,89928
Desv. Estándar (m)	5,85473	Desv. Estándar (m)	6,49439	0,63966
Error Límite (m)	14,63682	Error Límite (m)	16,23598	1,59916
MEDIA	-4,44851	MEDIA	-4,37472	0,07378

En las figuras siguientes se pueden observar de forma más gráfica los resultados mostrados en las tablas anteriores.

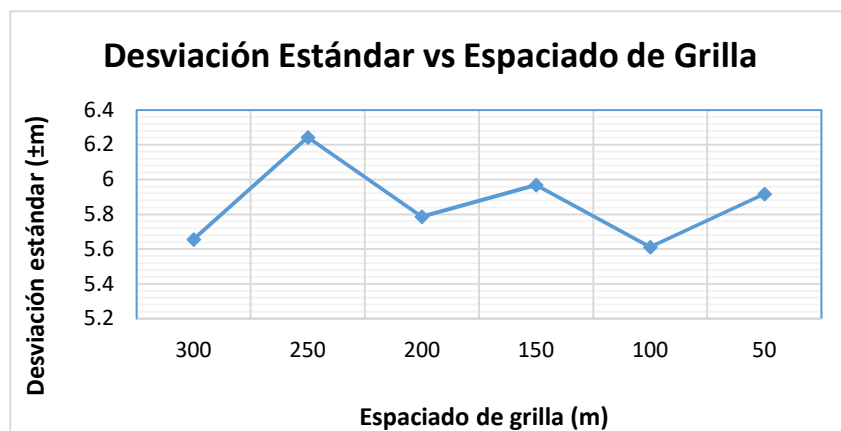


Fig. 97. Comportamiento de la desviación estándar según el espaciado de la grilla. Evaluación punto a punto. Fuente: Elaboración propia.

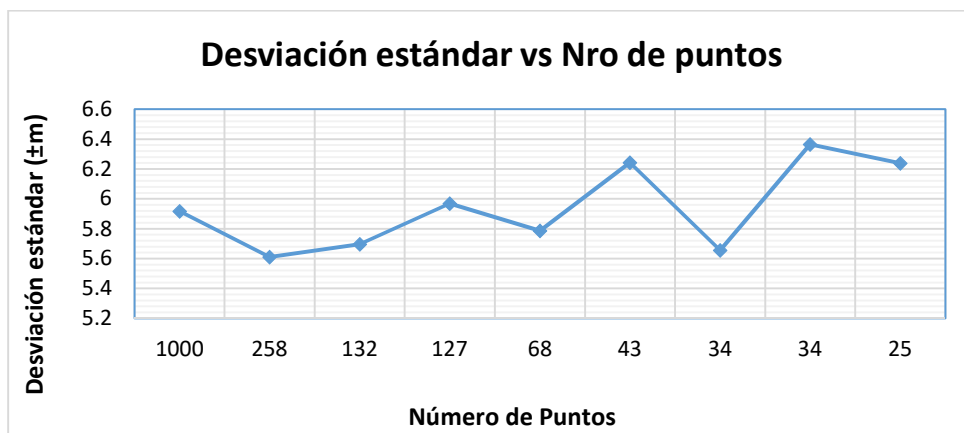


Fig. 98. Comportamiento de la desviación estándar según el número de puntos. Evaluación punto a punto. Fuente: Elaboración propia.

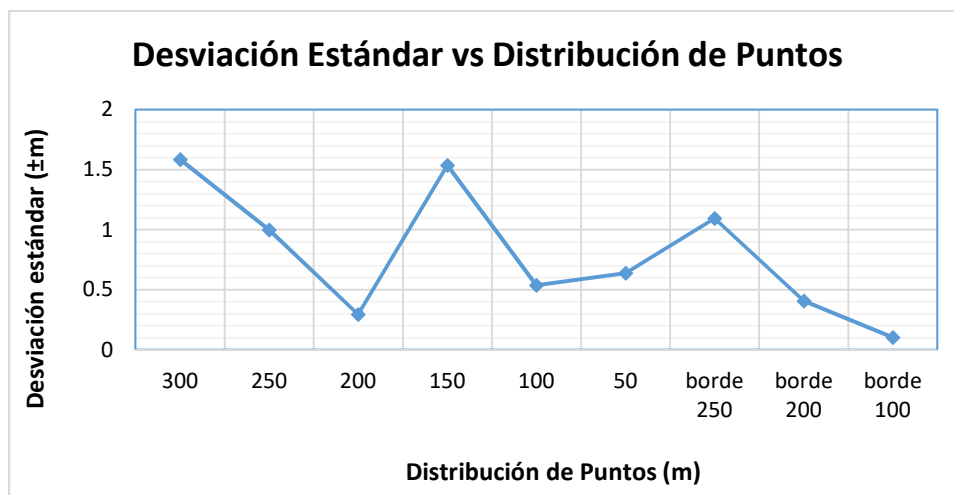


Fig. 99. Comportamiento de la desviación estándar según la distribución de puntos. Evaluación con los MDE generados. Fuente: Elaboración propia.

Es de notar que la menor diferencia entre los MDE generados con las distintas distribuciones de puntos, tanto en espaciado de grilla como con solo los puntos de los bordes y el modelo original para la cuadrícula de puntos cada 200m es el MDE generado con los puntos del borde de la grilla de 100m. Sin embargo, si se toma

como referencia las evaluaciones realizadas y los resultados que se esperaban el comportamiento de los mismos es totalmente diferente, puesto que al aumentar el número de puntos en las grillas las diferencias con el modelo original deberían ser menores, pero como se observa en los gráficos esto no se cumple, ya que el comportamiento es variable.

Al analizar con detalle cada gráfico y de acuerdo a los procedimientos realizados para la evaluación, se determinó que es necesario dividir el área a evaluar en regiones, tomando en consideración las diferencias de elevación de las mismas, de tal modo que se puedan extraer puntos de todas las zonas sin que alguna se quede desprovista de ellos. Así mismo también se evidenció que es necesario generar una grilla uniforme del modelo original (con un espaciamiento que va a depender del tamaño del área a evaluar) que sirva para comparar los diversos modelos generados.

### **4.3. Vuelo de VANT sobre la CUC.**

Como se detalló en el capítulo metodológico de esta investigación, se decidió volar a una altura de 100 metros sobre el nivel del terreno, obteniéndose que para esta altura de vuelo y una distancia focal teórica de 3.61 mm se obtendría un ancho de la huella de la fotografía de 172.85 m, este último valor dividido entre los 4000 píxeles que conforman el ancho de la fotografía arroja un valor del GSD de 4.32 cm por píxel; el mismo resultado se hubiese obtenido si se hubiese calculado el GSD con el alto de la huella de la fotografía, el cual sería de 129.64 m y se dividiera este valor entre los 3000 píxeles del alto de la fotografía.

La planificación del vuelo resulta una etapa fundamental para la consecución exitosa del vuelo, esto quiere decir que se debe tener especial cuidado al momento de establecer los parámetros del vuelo y vigilar que estén de acorde con los requerimientos del tipo de productos a generar y las precisiones requeridas.

Durante la ejecución del vuelo, específicamente el vuelo preliminar, se detectó interferencia del Edificio de la Biblioteca Central obstaculizando éste la señal que emite el control remoto estando el operador ubicado en el Edificio de Farmacia y el VANT siendo despegado desde el estacionamiento de la misma Facultad. Debido a esta situación presentada en el vuelo preliminar se decidió que el vuelo definitivo realizado el día 20 de julio se realizaría ubicando el operador en la terraza del piso 12 de la Biblioteca Central y el VANT despegando desde los espacios de Tierra de Nadie; desde esta ubicación el operador tendría visual a todo el campus. Adicionalmente se determinó que la hora más adecuada para llevar a cabo la misión fotogramétrica era en las horas de la mañana, evitando la refracción cercana la superficie producto de la incidencia del Sol; a su vez en horas de la mañana era evidente la ausencia de aves en los espacios de la CUC.

Luego del análisis de las imágenes tomadas en el vuelo preliminar se pudo determinar que para la altura de vuelo determinada era suficiente el tamaño de 60 cm por 60 cm establecido para las marcas de los puntos de control terrestre, sin embargo, era evidente la necesidad de cambiar el color con el que se pintaron las marcas, por este sentido las empleadas para el vuelo definitivo fueron de color rojo y pasaron a tener otro diseño.

La misión fotogramétrica arrojó un total de 288 fotografías capturadas, con una altura media de vuelo de 102 m sobre la superficie del terreno, obteniendo una superficie cubierta de 674000 m<sup>2</sup>, con un tamaño final del GSD estimado en 3,74

cm/píxel. Estos resultados demuestran que se obtuvo valores más precisos que los esperados, además de un área de cobertura mayor a la calculada.

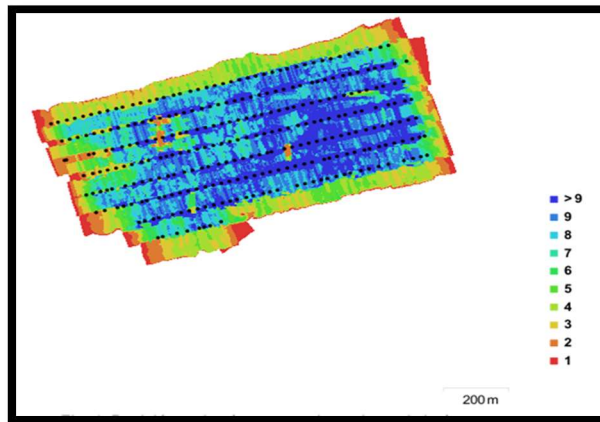


Fig. 100. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes. Fuente: Elaboración propia, reporte de procesamiento en PhotoScan.

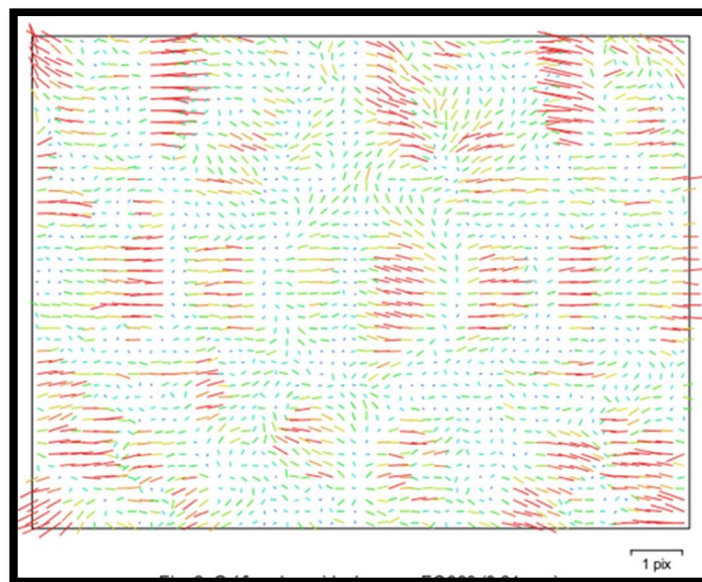


Fig. 101. Posiciones de cámaras y estimaciones de errores. Fuente: Elaboración propia, reporte de procesamiento en PhotoScan.



Fig. 102. Posiciones de cámaras y estimaciones de errores. Fuente: Elaboración propia, reporte de procesamiento en PhotoScan.

Tabla 22. Errores medios por coordenadas y error compuesto de las posiciones de las cámaras. Fuente: Elaboración propia, reporte de procesamiento en PhotoScan.

Error en X (m)	Error en Y (m)	XY Error (m)	Error en Z (m)	Error compuesto (m)
3.38	0.9374	3.5056	0.73667	3.5822

De igual manera se realizó en días posteriores a la ejecución del vuelo del VANT la medición de los GCP, por ende se muestra una tabla resumen con las coordenadas de los puntos de control terrestres medidos.

Tabla 23. Coordenadas de puntos de control terrestre referidas al elipsoide WGS84, modelo geoidal GeoUCV14. Fuente: Elaboración propia.

PUNTO	LATITUD			LONGITUD			ALTURA h (m)	N GeoUCV14 (m)	COTA (m)
	°	'	"	°	'	"			
G2	10	29	27,53000	-66	53	23,9370	845,465	-17,548	863,013
G1	10	29	25,97530	-66	53	24,2075	845,389	-17,548	862,937
F1	10	29	24,6591	-66	53	25,6392	845,790	-17,548	863,338
RECTORADO	10	29	33,00619	-66	53	26,674950	850,627	-17,561	868,188
ANATÓMICO	10	29	30,75266	-66	53	32,74961	853,616	-17,539	871,155
INMUNO	10	29	28,69665	-66	53	39,52685	857,063	-17,539	874,602
HIGIENE	10	29	27,85901	-66	53	44,97471	864,213	-17,539	881,752
OBE	10	29	24,04254	-66	53	44,07866	861,607	-17,539	879,146
MEDICINA	10	29	22,29235	-66	53	37,69664	855,448	-17,539	872,987
CANCHA FACES	10	29	30,07338	-66	53	15,25433	843,780	-17,561	861,341
CANCHA TENIS	10	29	36,55041	-66	53	15,77998	846,594	-17,563	864,157
CANCHA ODONTO	10	29	17,30587	-66	53	37,41806	852,054	-17,500	869,554
BROCAL TAMANACO	10	29	35,8522	-66	53	21,06209	851,151	-17,561	868,712
BIOANALISIS	10	29	32,58819	-66	53	12,06037	843,967	-17,553	861,520
ARQ01	10	29	23,06512	-66	53	12,45333	843,385	-17,541	860,926
TRASBORDO	10	29	17,42914	-66	53	43,5553	854,028	-17,500	871,528
BIBLIOTECA	10	29	20,1215	-66	53	27,73749	848,368	-17,536	865,904
CANCHA TS	10	29	36,49415	-66	53	18,05718	846,625	-17,563	864,188
FACES	10	29	29,68372	-66	53	22,41746	845,769	-17,561	863,330

El procesamiento de los datos GPS permitió determinar que todos los puntos medidos cumplieron con los criterios de precisión establecidos por la ASPRS para productos clase 5-cm.

#### 4.4. Generación de MDE a distintos niveles de procesamiento sin GCP.

De acuerdo a la evaluación de las combinaciones realizadas se tuvo como resultado la tabla que se muestra a continuación.

Tabla 24. Combinaciones de niveles de procesamiento realizadas y la resolución del MDE generado. Fuente. Elaboración propia.

	<b>Alineamiento de imágenes</b>	<b>Nube de puntos</b>	<b>Resolución MDE (cm/pix)</b>
<b>Niveles de procesamiento</b>	Alto	Bajo	30.3
	Alto	Medio	15.2
	Alto	Alto	7.5
	Medio	Bajo	29.9
	Medio	Medio	14.9
	Medio	Alto	7.6
	Bajo	Bajo	15
	Bajo	Medio	14.4
	Bajo	Alto	8.5

Estos resultados muestran que la combinación más eficiente y la que se recomienda para el procesamiento con GCP es un procesamiento con alineamiento de imágenes en nivel medio y nube de puntos en nivel alto. Tanto la ortofoto como el MDE se generan a partir de la densidad de la nube de puntos, por esta razón resulta importante realizar un procesamiento con la combinación que disminuya el tiempo de trabajo sin perder la calidad del producto.

Es evidente que el procesamiento que tiene un mayor peso en la obtención de un MDE con mayor resolución es la creación de la nube de puntos densa, manteniendo un comportamiento prácticamente lineal en la que la resolución del MDE mejora el doble a medida que se sube en el nivel del procesamiento.



#### 4.5. Validación de ortofotos y MDE generados sin GCP.

Cuando se requiere evaluar o validar la confiabilidad de algún equipo, técnica de adquisición de datos o software, es necesario conocer a priori como es el comportamiento de estos, es decir, conocer sus bondades sin que algún factor externo interfiera en sus mediciones y/o procesos. El objetivo de esta fase de la investigación fue el de evaluar las precisiones del software y del VANT utilizados para el procesamiento y adquisición datos geoespaciales respectivamente bajo los parámetros de vuelo especificados, y así mismo verificar la exactitud de los productos generados.

##### 4.5.1. Evaluación de la ortofoto generada sin GCP.

Luego de la validación de los puntos de chequeo medidos en campo con su homólogo en la ortofoto, siendo esta generada en nivel medio-alto, se obtuvieron los siguientes resultados.

*Tabla 25. Discrepancias en la validación de ortofoto generada sin GCP. Fuente: elaboración propia.*

NOMBRE DEL PUNTO	ORTOFOTO		MEDIDOS EN CAMPO		$\Delta$ ESTE	$\Delta$ NORTE	$\Delta$ TOTAL
	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTE (m)	NORTE (m)	(m)	(m)	(m)
BROCAL_TAMANACO	731027,307	1160727,888	731027,659	1160728,737	0,352	0,849	0,919
CANCHA_PERIODISMO	731119,366	1160750,130	731118,922	1160749,079	-0,444	-1,051	1,141
CANCHA_TENIS	731188,629	1160752,435	731188,173	1160751,274	-0,456	-1,161	1,247
CANCHA_FACES	731205,757	1160553,912	731205,498	1160552,324	-0,259	-1,588	1,609
ESTAC_BIBLIO_CENTRAL	730827,607	1160245,916	730827,865	1160243,929	0,258	-1,987	2,003
F1	730891,253	1160383,012	730890,751	1160383,809	-0,502	0,797	0,942
G1	730934,350	1160424,039	730934,026	1160424,551	-0,324	0,512	0,606
G2	730942,038	1160471,833	730941,933	1160472,387	-0,105	0,554	0,564
RECTORADO	730858,032	1160641,204	730857,527	1160640,126	-0,505	-1,078	1,190
MED_TROPICAL	730673,575	1160570,808	730673,227	1160569,630	-0,348	-1,178	1,228

NOMBRE DEL PUNTO	ORTOFOTO		MEDIDOS EN CAMPO		$\Delta$ ESTE	$\Delta$ NORTE	$\Delta$ TOTAL
	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTE (m)	NORTE (m)	(m)	(m)	(m)
BROCAL_CLINICO	730467,712	1160506,148	730467,517	1160505,064	-0,195	-1,084	1,102
HIGIENE	730301,393	1160479,003	730301,988	1160478,212	0,595	-0,791	0,990
OBE	730329,967	1160362,281	730330,026	1160361,105	0,059	-1,176	1,178
FLECHA_HUC	730524,475	1160310,210	730524,501	1160308,615	0,026	-1,595	1,595
CANCHA_ODONTOLOGIA	730533,490	1160157,333	730534,000	1160155,425	0,510	-1,908	1,975
CANCHA_TRASBORDO	730346,621	1160159,792	730347,305	1160157,964	0,684	-1,828	1,951

Empleando los datos de la tabla anterior se generó un modelo 3D donde se pudiesen observar las diferencias entre los GCP medidos en campo y su homólogo en la ortofoto. Se puede notar que los vértices ubicados en el centro del bloque fotogramétrico (G2, G1, F1) son los que presentan unas menores discrepancias planimétricas en cuanto al resto de los puntos de control terrestre, pudiendo corroborar a priori la hipótesis de los profesores Ackermann y Ebner.

En la figura siguiente se muestra un modelo 3D en donde se puede apreciar las diferencias planimétricas presentes en la tabla anterior.

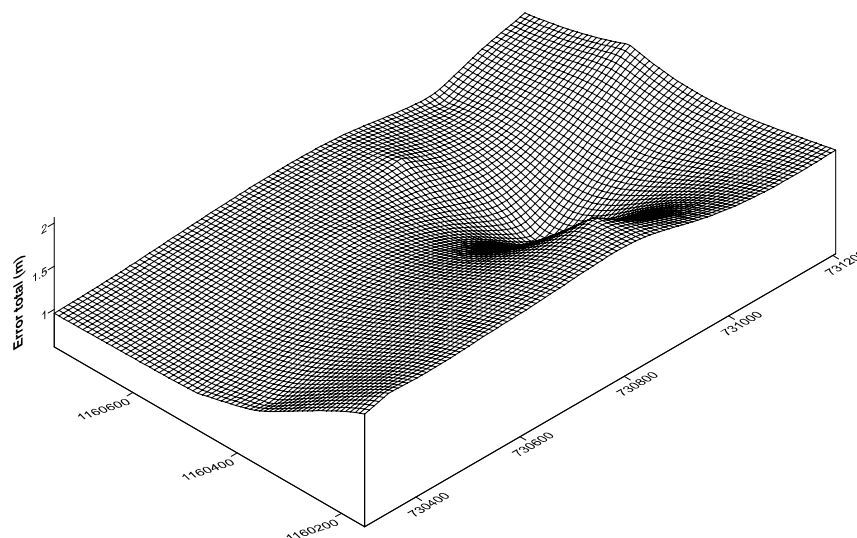


Fig. 103. Modelo 3D de discrepancias totales en X y Y de la ortofoto generada sin GCP. Fuente: elaboración propia.

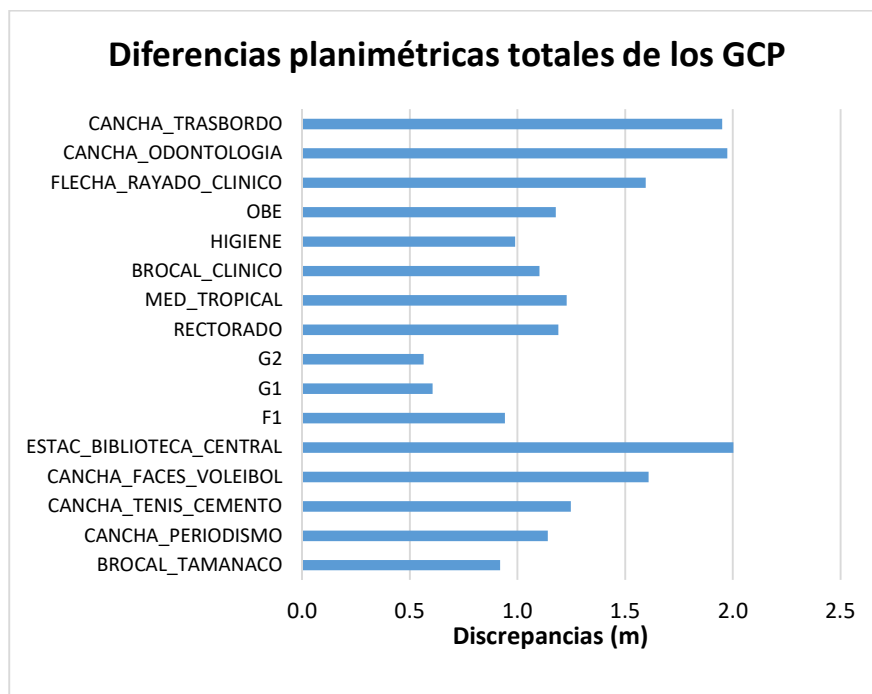


Fig. 104. Gráfico de error total en XY por GCP evaluado en la ortofoto. Fuente: elaboración propia.

Luego se calcularon los parámetros estadísticos de dispersión, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 26. Indicadores estadísticos obtenidos en la evaluación de la ortofoto sin GCP. Fuente: elaboración propia.

	$\Delta$ ESTE	$\Delta$ NORTE	$\Delta$ TOTAL
	(m)	(m)	(m)
<b>ERROR MEDIO</b>	-0,041	-0,857	1,265
<b>RMSE</b>	0,398	1,277	1,338
<b>DESV EST</b>	0,409	0,978	0,449

En base a la tabla anterior se puede determinar que el error promedio procesando las imágenes sin puntos de control terrestre es de 1,265 m, apreciando una mayor diferencia en la coordenada Norte, donde se obtuvo en promedio -0.857 m, en contraste con la coordenada Este, en la cual se obtuvo -0.041 m.

El RMSE total obtenido resultó en 1,338 m, siendo muy similar al RMSE obtenido en las coordenadas Norte (1,277 m). Por otro lado, el RMSE en Este resultó de 0,398 m, razón por la cual es evidente que las mejores precisiones se encontraron en las coordenadas Este.

Los resultados presentan un comportamiento esperado en cuanto a la ubicación de los puntos con mayores discrepancias, siendo estos los ubicados en las zonas límites de la ortofoto donde el solape y traslape entre las fotografías resulta menor, esto se puede apreciar en la figura que muestra la posición de las cámaras y el solape de las fotografías.

De igual manera se evaluó en cuál clase debe clasificarse a la ortofoto según las especificaciones de la ASPRS, en este sentido se determinó que la ortofoto sin GCP debe ser clasificada como clase 130 cm. Para dejar más claro este particular, se presenta la siguiente tabla que indica cuáles deben ser los valores estadísticos máximos de RMSE y el valor tope de discrepancia por debajo del cual deben estar al menos el 95% de los puntos evaluados.

*Tabla 27. Valores de indicadores estadísticos máximos para la clase 130 cm. Fuente: elaboración propia.*

<b>CLASE ASPRS 2014 (cm)</b>	130
<b>RMSE<sub>x</sub> MÁXIMO (cm)</b>	130
<b>RMSE<sub>y</sub> MÁXIMO (cm)</b>	130
<b>RMSE<sub>r</sub> MÁXIMO (cm)</b>	183,82
<b>95% nivel de confianza (cm)</b>	318,24

El producto generado sin GCP cumple con todos los requisitos para poder ser clasificado como un producto clase 130 cm, se aprecia que el RMSE tanto en Este como en Norte están por debajo del RMSE máximo, de igual manera el RMSE total de la ortofoto es menor al RSME total máximo especificado en la tabla

anterior. En cuanto a la evaluación del nivel de confianza del 95% de los datos, todos los puntos de chequeo se encuentran por debajo de los 318,24 cm que limitan dicho porcentaje. De igual manera es importante destacar que estos resultados se obtuvieron para las condiciones de vuelo especificadas en esta investigación, si se modifican estos parámetros los resultados pueden variar.

Los resultados obtenidos en esta etapa, en la cual se empleó la mejor combinación de niveles de procesamiento para la generación de una ortofoto sin emplear GCP y los parámetros de vuelo definidos previamente, hacen evidente la necesidad de emplear una infraestructura geodésica que permita mejorar las exactitudes y garantizar el uso del producto generado.

#### 4.5.2. Evaluación del MDE generado sin GCP.

Una vez generado el MDE sin el uso de puntos de control terrestre, fue evaluado empleando los puntos medidos en campo y como resultado de la validación se obtuvieron los resultados que se muestran en la siguiente tabla.

*Tabla 28. Evaluación del MDE generado sin puntos de control terrestre. Fuente: Elaboración propia.*

VERTICE	h MDE (m)	h Medida (m)	$\Delta h$ (m)
G2	823.785	845.465	21.680
G1	823.607	845.389	21.782
F1	824.125	845.790	21.665
RECTORADO	828.411	850.627	22.216
ANATÓMICO	831.567	853.616	22.049
INMUNO	835.284	857.063	21.779
HIGIENE	840.939	864.213	23.274
OBE	839.724	861.607	21.883
MEDICINA	833.144	855.448	22.304
CANCHA FACES	821.281	843.780	22.499
CANCHA TENIS	824.054	846.594	22.540

VERTICE	h MDE (m)	h Medida (m)	$\Delta h$ (m)
CANCHA ODONTO	829.528	852.054	22.526
BROCAL TAMANACO	825.379	851.151	25.772
TRASBORDO	831.725	854.028	22.303
BIBLIOTECA	825.943	848.368	22.425
CANCHA TS	824.118	846.625	22.507

Se puede notar que las discrepancias oscilan entre 21 y 25 m, esto debido principalmente a que el VANT posee un GPS navegador, que no garantiza valores precisos en la componente Z de las coordenadas geodésicas que se miden y se asignan como el centro de cada fotografía tomada. Estas diferencias no corresponden a la ondulación geoidal en la zona de estudio, ya que estas discrepancias se obtuvieron al comparar la altura geoidal de los puntos medidos en campo con las alturas elipsoidales obtenidas del MDE.

Empleando los datos de la tabla anterior se generó un modelo 3D donde se pudiesen observar las diferencias en elevación entre los GCP medidos en campo y su homólogo en el MDE.

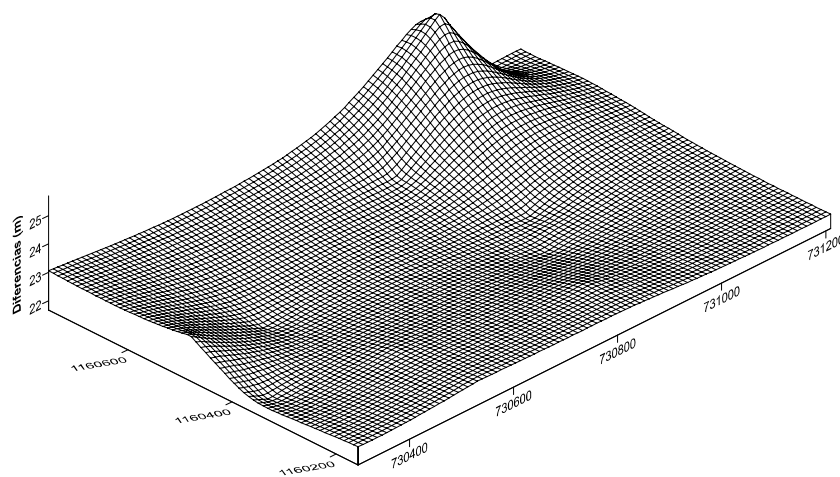


Fig. 105. Modelo 3D de discrepancias en altura elipsoidal. Fuente: elaboración propia.

Al calcular los valores de error medio, RMSE y desviación estándar para evaluar las bondades de esta validación, se obtuvieron los siguientes resultados.

*Tabla 29. Indicadores estadísticos obtenidos en la validación altimétrica del MDE generado sin GCP. Fuente: elaboración propia.*

<b>ERROR MEDIO (m)</b>	<b>22.450</b>
<b>RMSE<sub>z</sub> (m)</b>	<b>22.470</b>
<b>DESV EST (m)</b>	<b>23.207</b>

Como se mencionó anteriormente, el hecho de que el VANT asigne el valor de la coordenada Z del centro de las fotografías empleando un GPS navegador, es la principal razón por la cual se obtiene una discrepancia elevada que sobrepasa los 20 m en elevación.

Por lo general, el Sistema de Posicionamiento Global presenta resultados menos precisos en la componente altimétrica, y esta afirmación se encuentra soportada en los resultados obtenidos en esta validación, en donde los valores correspondientes a la planimetría presentan discrepancias entre los 0,5 y 2 m, valores mucho menores a los obtenidos en la validación altimétrica presentes en la tabla 28.

Se empleó de manera intencionada la altura elipsoidal para la evaluación del MDE, ya que el navegador GPS con el cual se encuentra equipado el VANT registra en la metadata de las fotografías la altura elipsoidal al momento de realizar la captura de las imágenes. El VANT no se encuentra programado para la utilización de un modelo geoidal que permita la obtención de la cota de las coordenadas que este mide, por ende, este procedimiento queda por cuenta del usuario de igual manera que la elección de cuál modelo geoidal emplear.

En vista de los resultados obtenidos en esta validación los valores de elevación del MDE resultan poco confiables. Por esta razón, queda de manera explícita la necesidad de emplear la infraestructura geodésica apropiada para la corrección y mejoramiento del MDE generado.

#### **4.6. Evaluación de la distribución de los GCP.**

Como parte fundamental del trabajo de investigación era necesario definir la mejor distribución de puntos de control terrestre para la aerotriangulación de las fotografías y posterior generación de los productos, esta distribución debía cumplir con los parámetros establecidos por la ASPRS (2014) en cuanto a criterios de precisión posicional. El objetivo primordial de esta fase fue determinar la cantidad mínima de puntos con la distribución óptima, teniendo en cuenta que en los proyectos fotogramétricos se busca simplificar los trabajos de medición de campo.

En las tablas siguientes se observan las discrepancias obtenidas al realizar las validaciones de las ortofotos generadas con las diez combinaciones de GCP establecidas. De igual manera se muestran figuras con los modelos 3D que representan las diferencias planimétricas encontradas.

- **Combinación N° 1:**

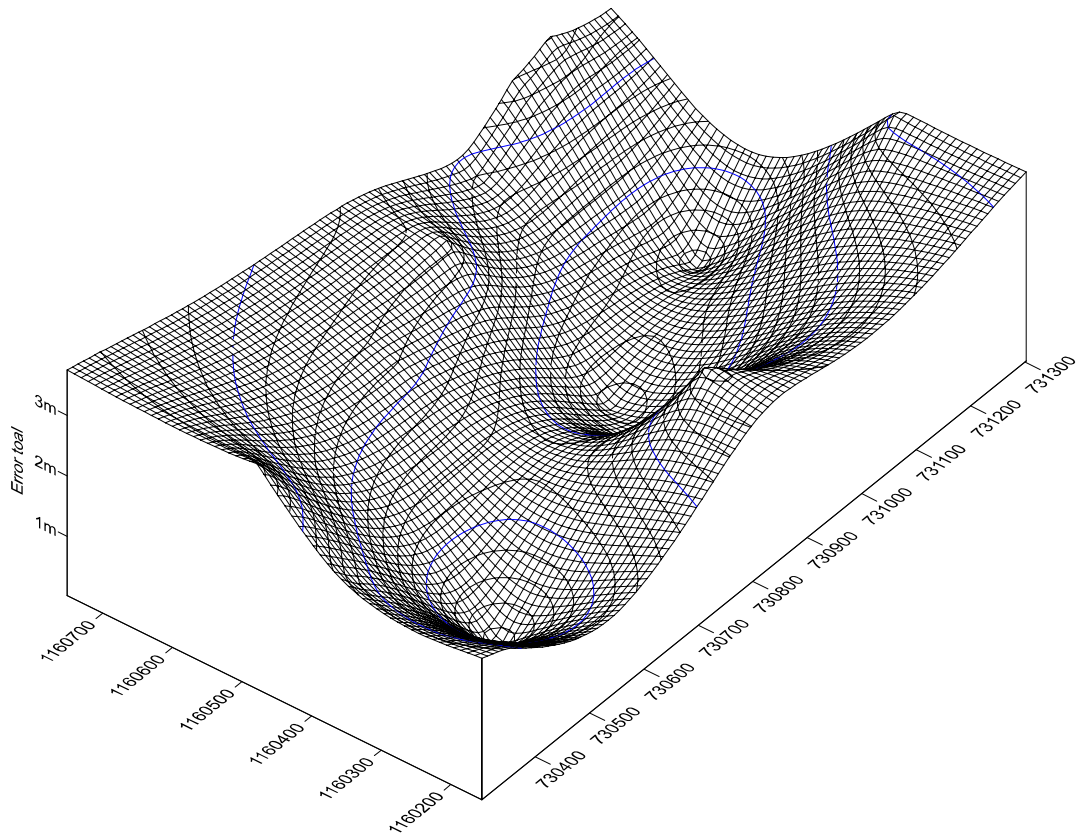
Se emplearon en principio 3 puntos de control terrestre, los mínimos necesarios para realizar la orientación externa de un bloque fotogramétrico. Además, estos fueron ubicados alineados en el sentido de las franjas de vuelo a la mitad de la ortofoto ubicándose uno a cada extremo del bloque y otro en el centro.



Tabla 30. Diferencias en Este y en Norte de los puntos de control terrestre y de chequeo para la combinación n°1. Fuente: elaboración propia.

NOMBRE DEL PUNTO	ORTOFOTO		MEDIDOS EN CAMPO		$\Delta$ ESTE	$\Delta$ NORTE	$\Delta$ TOTAL
	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTE (m)	NORTE (m)	(m)	(m)	(m)
BROCAL_TAMANACO	731029.357	1160728.247	731027.659	1160728.737	-1.698	0.490	1.767
CANCHA_PERIODISMO	731121.496	1160749.131	731118.922	1160749.079	-2.574	-0.052	2.574
CANCHA_TENIS	731188.081	1160748.443	731188.173	1160751.274	0.092	2.831	2.832
CANCHA_FACES*	731205.508	1160552.332	731205.498	1160552.324	-0.010	-0.008	0.013
ESTAC_BIBLIO_CENTRAL	730827.875	1160246.817	730827.865	1160243.929	-0.010	-2.888	2.888
F1	730891.101	1160383.748	730890.751	1160383.809	-0.350	0.061	0.355
G1	730934.180	1160424.671	730934.026	1160424.551	-0.154	-0.120	0.195
G2*	730941.952	1160472.434	730941.933	1160472.387	-0.019	-0.047	0.050
RECTORADO	730858.275	1160642.507	730857.527	1160640.126	-0.748	-2.381	2.496
MED_TROPICAL	730672.603	1160571.759	730673.227	1160569.630	0.624	-2.129	2.218
BROCAL_CLINICO	730465.321	1160505.566	730467.517	1160505.064	2.196	-0.502	2.252
HIGIENE	730298.564	1160476.700	730301.988	1160478.212	3.424	1.512	3.743
OBE	730328.305	1160359.638	730330.026	1160361.105	1.721	1.467	2.261
FLECHA_HUC*	730524.501	1160308.615	730524.501	1160308.615	0.000	0.000	0.000
CANCHA_ODONTOLOGIA	730535.208	1160155.910	730534.000	1160155.425	-1.208	-0.485	1.301
CANCHA_TRASBORDO	730348.596	1160156.198	730347.305	1160157.964	-1.291	1.766	2.188
ARQ01	731289.436	1160339.082	731292.140	1160337.514	2.704	-1.568	3.125
BIOANALISIS	731302.505	1160628.804	731302.125	1160630.264	-0.380	1.460	1.509

\*Empleado como punto de control terrestre.



*Fig. 106. Modelo 3D de diferencias planimétricas de la combinación 1 de la ortofoto. Fuente: Surfer v.10. Elaboración propia.*

Los valores obtenidos permiten determinar en donde se encuentran las mayores diferencias, así mismo, se puede observar en la figura el comportamiento de las diferencias del bloque, en donde el área en la que se encuentran los GCP las diferencias son menores que en las que se encuentran desprovistos de estos, lo que es de esperarse ya que el ajuste se realiza anclándose con estos puntos en el área central y dejando con más grados de libertad las zonas externas a ella.

- **Combinación N° 2:**

Tabla 31. Diferencias en Este y en Norte de los puntos de control terrestre y de chequeo para la combinación n°2. Fuente: elaboración propia.

NOMBRE DEL PUNTO	ORTOFOTO		MEDIDOS EN CAMPO		Δ ESTE	Δ NORTE	Δ TOTAL
	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTE (m)	NORTE (m)	(m)	(m)	(m)
BROCAL_TAMANACO	731027.039	1160726.399	731027.659	1160728.737	0.620	2.338	2.419
CANCHA_PERIODISMO*	731118.922	1160749.079	731118.922	1160749.079	0.000	0.000	0.000
CANCHA_TENIS	731187.688	1160751.134	731188.173	1160751.274	0.485	0.140	0.505
CANCHA_FACES	731205.938	1160552.337	731205.498	1160552.324	-0.440	-0.013	0.440
ESTAC_BIBLIO_CENTRAL	730827.469	1160244.412	730827.865	1160243.929	0.396	-0.483	0.624
F1	730891.214	1160381.455	730890.751	1160383.809	-0.463	2.354	2.399
G1	730934.351	1160422.474	730934.026	1160424.551	-0.325	2.077	2.103
G2	730942.047	1160470.246	730941.933	1160472.387	-0.114	2.141	2.144
RECTORADO	730858.155	1160639.593	730857.527	1160640.126	-0.628	0.533	0.823
MED_TROPICAL	730673.893	1160569.325	730673.227	1160569.630	-0.666	0.305	0.733
BROCAL_CLINICO	730467.935	1160505.002	730467.517	1160505.064	-0.418	0.062	0.423
HIGIENE*	730301.977	1160478.182	730301.988	1160478.212	0.011	0.030	0.032
OBE	730330.146	1160361.5	730330.026	1160361.105	-0.120	-0.395	0.413
FLECHA_HUC	730524.658	1160308.756	730524.501	1160308.615	-0.157	-0.141	0.211
CANCHA_ODONTOLOGIA	730533.857	1160155.964	730534.000	1160155.425	0.143	-0.539	0.557
CANCHA_TRASBORDO*	730347.305	1160157.964	730347.305	1160157.964	0.000	0.000	0.000
ARQ01*	731292.146	1160337.47	731292.140	1160337.514	-0.006	0.044	0.045
BIOANALISIS	731302.652	1160630.304	731302.1251	1160630.264	-0.527	-0.040	0.528

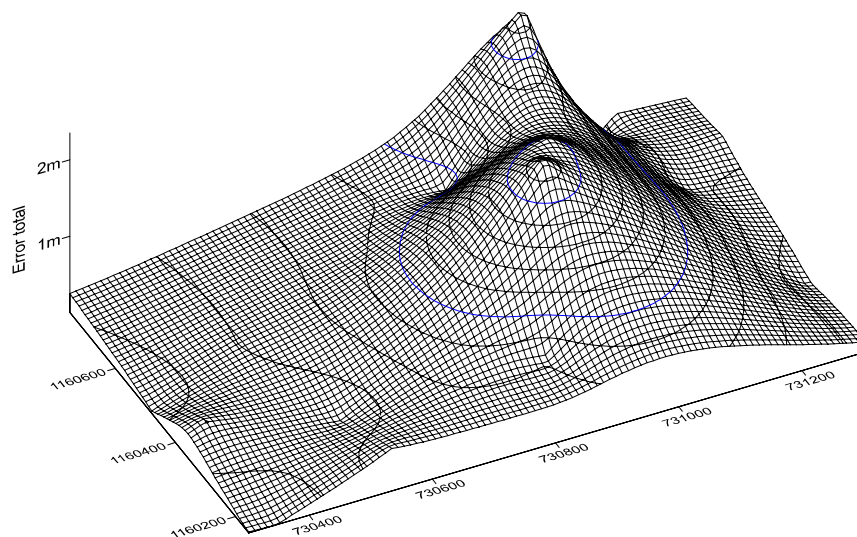


Fig. 107. Modelo 3D de diferencias planimétricas de la combinación 2 de la ortofoto. Fuente: Surfer v.10. Elaboración propia.

- **Combinación N° 3:**

Tabla 32. Diferencias en Este y en Norte de los puntos de control terrestre y de chequeo para la combinación n°3. Fuente: elaboración propia.

NOMBRE DEL PUNTO	ORTOFOTO		MEDIDOS EN CAMPO		Δ ESTE (m)	Δ NORTE (m)	Δ TOTAL (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTE (m)	NORTE (m)			
BROCAL_TAMANACO	731028.531	1160727.662	731027.659	1160728.737	-0.872	1.075	1.384
CANCHA_PERIODISMO	731119.657	1160749.152	731118.922	1160749.079	-0.735	-0.073	0.739
CANCHA_TENIS*	731188.072	1160751.180	731188.173	1160751.274	0.101	0.094	0.138
CANCHA_FACES	731205.817	1160553.807	731205.498	1160552.324	-0.319	-1.483	1.517
ESTAC_BIBLIO_CENTRAL	730827.008	1160247.023	730827.865	1160243.929	0.857	-3.094	3.210
F1	730890.799	1160383.794	730890.751	1160383.809	-0.048	0.015	0.050
G1	730934.035	1160424.632	730934.026	1160424.551	-0.009	-0.081	0.081
G2*	730941.906	1160472.431	730941.933	1160472.387	0.027	-0.044	0.051
RECTORADO	730858.531	1160642.327	730857.527	1160640.126	-1.004	-2.201	2.419
MED_TROPICAL	730673.304	1160572.128	730673.227	1160569.630	-0.077	-2.498	2.499
BROCAL_CLINICO	730466.546	1160506.981	730467.517	1160505.064	0.971	-1.917	2.149
HIGIENE*	730301.988	1160478.212	730301.988	1160478.212	0.000	0.000	0.000
OBE	730330.463	1160362.630	730330.026	1160361.105	-0.437	-1.525	1.587
FLECHA_HUC	730524.216	1160310.571	730524.501	1160308.615	0.285	-1.956	1.976
CANCHA_ODONTOLOGIA	730534.265	1160157.527	730534.000	1160155.425	-0.265	-2.102	2.118
CANCHA_TRASBORDO*	730347.305	1160157.964	730347.305	1160157.964	0.000	0.000	0.000
ARQ01*	731292.145	1160337.483	731292.140	1160337.514	-0.005	0.031	0.032
BIOANALISIS	731301.893	1160631.907	731302.1251	1160630.264	0.232	-1.643	1.659

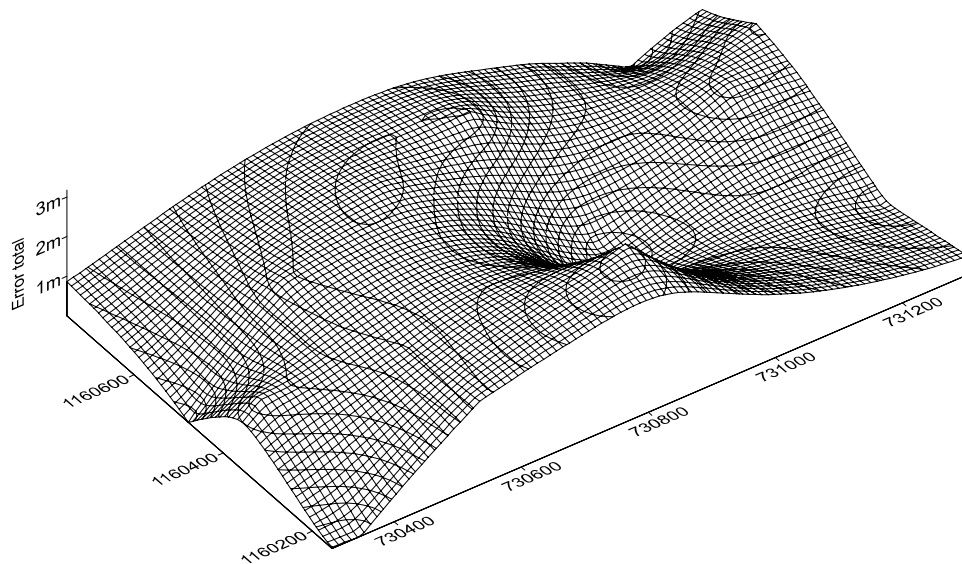


Fig. 108. Modelo 3D de diferencias planimétricas de la combinación 3 de la ortofoto. Fuente: Surfer v.10. Elaboración propia.

- **Combinación N° 4:**

*Tabla 33. Diferencias en Este y en Norte de los puntos de control terrestre y de chequeo para la combinación n°4. Fuente: elaboración propia.*

NOMBRE DEL PUNTO	ORTOFOTO		MEDIDOS EN CAMPO		Δ ESTE (m)	Δ NORTE (m)	Δ TOTAL (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTE (m)	NORTE (m)			
BROCAL_TAMANACO	731027.405	1160726.800	731027.659	1160728.737	0.254	1.937	1.953
CANCHA_PERIODISMO	731119.056	1160748.923	731118.922	1160749.079	-0.134	0.156	0.206
CANCHA_TENIS*	731188.028	1160751.106	731188.173	1160751.274	0.145	0.168	0.222
CANCHA_FACES	731205.804	1160552.635	731205.498	1160552.324	-0.306	-0.311	0.436
ESTAC_BIBLIO_CENTRAL*	730827.869	1160243.883	730827.865	1160243.929	-0.004	0.046	0.047
F1	730891.267	1160381.337	730890.751	1160383.809	-0.516	2.472	2.525
G1	730934.312	1160422.463	730934.026	1160424.551	-0.286	2.088	2.108
G2	730941.959	1160470.330	730941.933	1160472.387	-0.026	2.057	2.058
RECTORADO*	730857.512	1160640.115	730857.527	1160640.126	0.015	0.011	0.019
MED_TROPICAL	730673.055	1160568.953	730673.227	1160569.630	0.172	0.677	0.699
BROCAL_CLINICO	730467.676	1160504.188	730467.517	1160505.064	-0.159	0.876	0.890
HIGIENE*	730301.985	1160478.188	730301.988	1160478.212	0.003	0.024	0.024
OBE	730329.759	1160361.091	730330.026	1160361.105	0.267	0.014	0.268
FLECHA_HUC	730524.458	1160308.065	730524.501	1160308.615	0.043	0.550	0.552
CANCHA_ODONTOLOGIA	730533.475	1160155.329	730534.000	1160155.425	0.525	0.096	0.534
CANCHA_TRASBORDO*	730347.322	1160157.970	730347.305	1160157.964	-0.017	-0.006	0.018
ARQ01*	731292.149	1160337.474	731292.140	1160337.514	-0.009	0.040	0.041
BIOANALISIS	731302.160	1160630.834	731302.1251	1160630.264	-0.035	-0.570	0.571

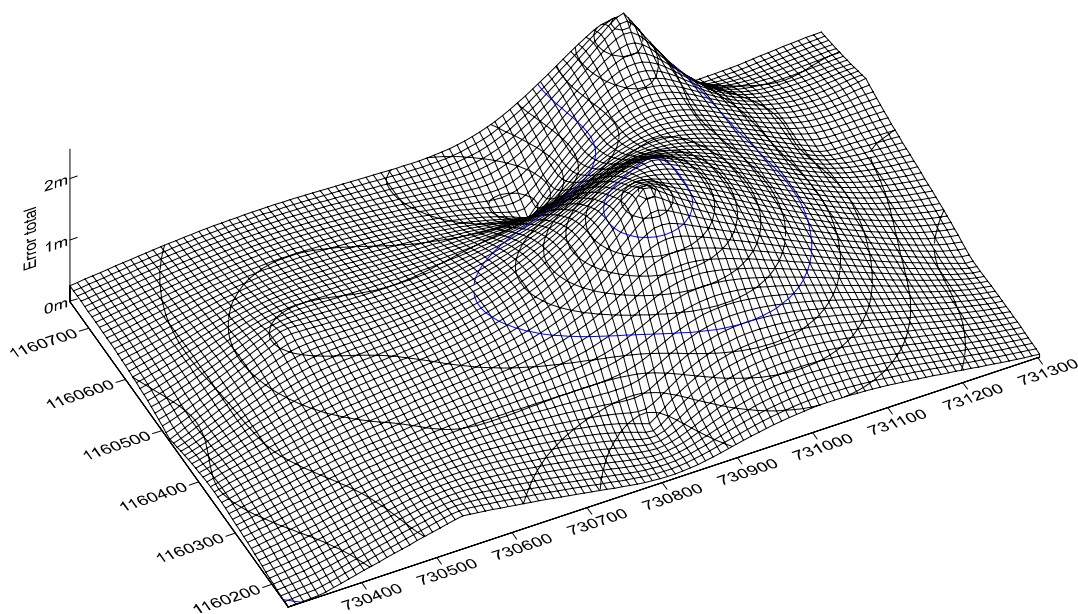


Fig. 109. Modelo 3D de diferencias planimétricas de la combinación 4 de la ortofoto. Fuente: Surfer v.10. Elaboración propia.

- **Combinación N° 5:**

Tabla 34. Diferencias en Este y en Norte de los puntos de control terrestre y de chequeo para la combinación n°5. Fuente: elaboración propia.

NOMBRE DEL PUNTO	ORTOFOTO		MEDIDOS EN CAMPO		$\Delta$ ESTE (m)	$\Delta$ NORTE (m)	$\Delta$ TOTAL (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTE (m)	NORTE (m)			
BROCAL_TAMANACO	731027.603	1160728.465	731027.659	1160728.737	0.056	0.272	0.278
CANCHA_PERIODISMO*	731118.922	1160749.079	731118.922	1160749.079	0.000	0.000	0.000
CANCHA_TENIS	731186.245	1160752.432	731188.173	1160751.274	1.928	-1.158	2.249
CANCHA_FACES	731207.016	1160554.351	731205.498	1160552.324	-1.518	-2.027	2.532
ESTAC_BIBLIO_CENTRAL*	730827.858	1160243.864	730827.865	1160243.929	0.007	0.065	0.066
F1	730891.317	1160382.917	730890.751	1160383.809	-0.566	0.892	1.056
G1	730934.415	1160424.329	730934.026	1160424.551	-0.389	0.222	0.448
G2*	730941.955	1160472.424	730941.933	1160472.387	-0.022	-0.037	0.043
RECTORADO*	730857.493	1160640.122	730857.527	1160640.126	0.034	0.004	0.035
MED_TROPICAL	730673.313	1160570.662	730673.227	1160569.630	-0.086	-1.032	1.035
BROCAL_CLINICO	730465.553	1160506.290	730467.517	1160505.064	1.964	-1.226	2.315
HIGIENE*	730301.988	1160478.212	730301.988	1160478.212	0.000	0.000	0.000
OBE	730329.426	1160362.814	730330.026	1160361.105	0.600	-1.709	1.812
FLECHA_HUC	730522.780	1160308.894	730524.501	1160308.615	1.721	-0.279	1.744
CANCHA_ODONTOLOGIA	730532.044	1160155.591	730534.000	1160155.425	1.956	-0.166	1.963

NOMBRE DEL PUNTO	ORTOFOTO		MEDIDOS EN CAMPO		$\Delta$ ESTE	$\Delta$ NORTE	$\Delta$ TOTAL
	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTE (m)	NORTE (m)	(m)	(m)	(m)
CANCHA_TRASBORDO*	730347.305	1160157.964	730347.305	1160157.964	0.000	0.000	0.000
ARQ01*	731292.148	1160337.459	731292.140	1160337.514	-0.008	0.055	0.056
BIOANALISIS	731304.178	1160632.766	731302.1251	1160630.264	-2.053	-2.502	3.236

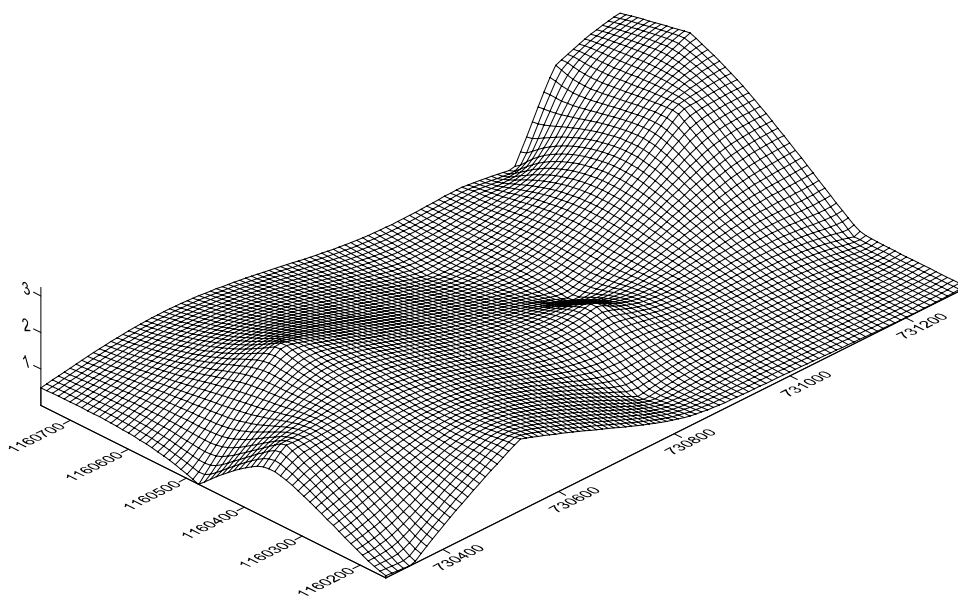


Fig. 110. Modelo 3D de diferencias planimétricas de la combinación 5 de la ortofoto. Fuente: Surfer v.10. Elaboración propia.

- **Combinación N°6:**

Tabla 35. Diferencias en Este y en Norte de los puntos de control terrestre y de chequeo para la combinación n°6. Fuente: elaboración propia.

NOMBRE DEL PUNTO	ORTOFOTO		MEDIDOS EN CAMPO		$\Delta$ ESTE	$\Delta$ NORTE	$\Delta$ TOTAL
	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTE (m)	NORTE (m)	(m)	(m)	(m)
BROCAL_TAMANACO	731026.974	1160726.659	731027.659	1160728.737	0.685	2.078	2.188
CANCHA_PERIODISMO*	731118.922	1160749.079	731118.922	1160749.079	0.000	0.000	0.000
CANCHA_TENIS	731188.236	1160751.478	731188.173	1160751.274	-0.063	-0.204	0.214
CANCHA_FACES*	731205.498	1160552.324	731205.498	1160552.324	0.000	0.000	0.000
ESTAC_BIBLIO_CENTRAL*	730827.863	1160243.894	730827.865	1160243.929	0.002	0.035	0.035
F1	730891.176	1160381.272	730890.751	1160383.809	-0.425	2.537	2.572
G1	730934.224	1160422.363	730934.026	1160424.551	-0.198	2.188	2.197

NOMBRE DEL PUNTO	ORTOFOTO		MEDIDOS EN CAMPO		$\Delta$ ESTE	$\Delta$ NORTE	$\Delta$ TOTAL
	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTE (m)	NORTE (m)	(m)	(m)	(m)
G2	730941.865	1160470.200	730941.933	1160472.387	0.068	2.187	2.188
RECTORADO*	730857.530	1160640.118	730857.527	1160640.126	-0.003	0.008	0.008
MED_TROPICAL	730672.774	1160568.974	730673.227	1160569.630	0.453	0.656	0.797
BROCAL_CLINICO	730467.273	1160503.927	730467.517	1160505.064	0.244	1.137	1.163
HIGIENE*	730301.988	1160478.212	730301.988	1160478.212	0.000	0.000	0.000
OBE*	730330.026	1160361.105	730330.026	1160361.105	0.000	0.000	0.001
FLECHA_HUC	730524.108	1160307.709	730524.501	1160308.615	0.393	0.906	0.988
CANCHA_ODONTOLOGIA	730533.294	1160154.834	730534.000	1160155.425	0.706	0.591	0.921
CANCHA_TRASBORDO*	730347.303	1160157.996	730347.305	1160157.964	0.002	-0.032	0.032
ARQ01*	731292.162	1160337.479	731292.140	1160337.514	-0.022	0.035	0.042
BIOANALISIS	731302.159	1160630.036	731302.1251	1160630.264	-0.034	0.228	0.230

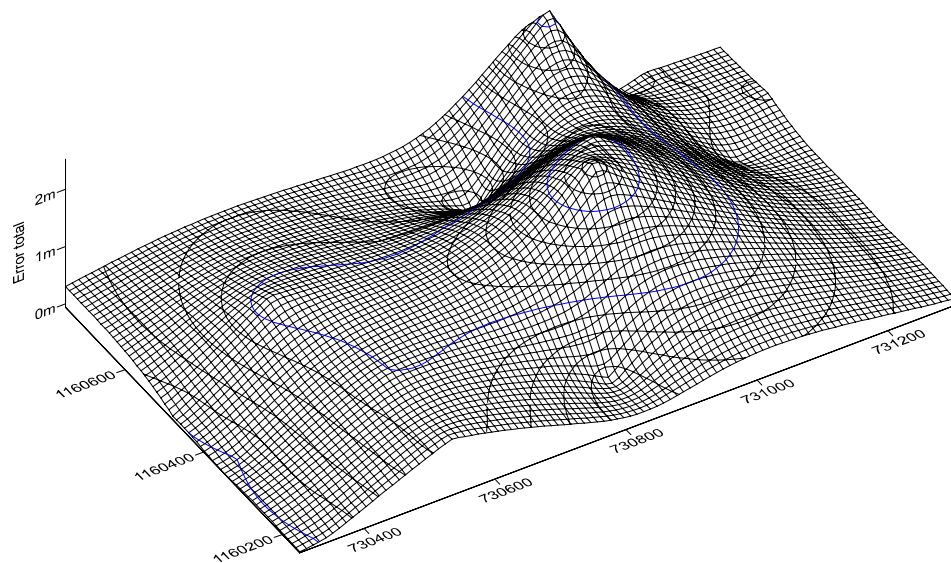


Fig. 111. Modelo 3D de diferencias planimétricas de la combinación 6 de la ortofoto. Fuente: Surfer v.10. Elaboración propia.



- **Combinación N° 7:**

*Tabla 36. Diferencias en Este y en Norte de los puntos de control terrestre y de chequeo para la combinación n°7. Fuente: elaboración propia.*

NOMBRE DEL PUNTO	ORTOFOTO		MEDIDOS EN CAMPO		Δ ESTE	Δ NORTE	Δ TOTAL
	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTE (m)	NORTE (m)	(m)	(m)	(m)
BROCAL_TAMANACO	731027.909	1160727.645	731027.659	1160728.737	-0.250	1.092	1.120
CANCHA_PERIODISMO	731119.455	1160748.552	731118.922	1160749.079	-0.533	0.527	0.750
CANCHA_TENIS*	731188.219	1160751.343	731188.173	1160751.274	-0.046	-0.069	0.083
CANCHA_FACES*	731205.498	1160552.324	731205.498	1160552.324	0.000	0.000	0.000
ESTAC_BIBLIO_CENTRAL*	730827.865	1160243.929	730827.865	1160243.929	0.000	0.000	0.000
F1	730891.223	1160382.969	730890.751	1160383.809	-0.472	0.840	0.963
G1	730934.317	1160424.307	730934.026	1160424.551	-0.291	0.244	0.380
G2*	730941.930	1160472.406	730941.933	1160472.387	0.003	-0.019	0.019
RECTORADO*	730857.521	1160640.096	730857.527	1160640.126	0.006	0.030	0.031
MED_TROPICAL	730673.251	1160570.179	730673.227	1160569.630	-0.024	-0.549	0.549
BROCAL_CLINICO	730466.354	1160505.317	730467.517	1160505.064	1.163	-0.253	1.190
HIGIENE*	730301.976	1160478.190	730301.988	1160478.212	0.012	0.022	0.025
OBE*	730330.024	1160361.120	730330.026	1160361.105	0.002	-0.015	0.016
FLECHA_HUC	730523.635	1160309.080	730524.501	1160308.615	0.866	-0.465	0.983
CANCHA_ODONTOLOGIA	730532.624	1160155.988	730534.000	1160155.425	1.376	-0.563	1.487
CANCHA_TRASBORDO*	730347.305	1160157.964	730347.305	1160157.964	0.000	0.000	0.000
ARQ01*	731292.152	1160337.467	731292.140	1160337.514	-0.012	0.047	0.049
BIOANALISIS	731302.194	1160629.914	731302.1251	1160630.264	-0.069	0.350	0.357

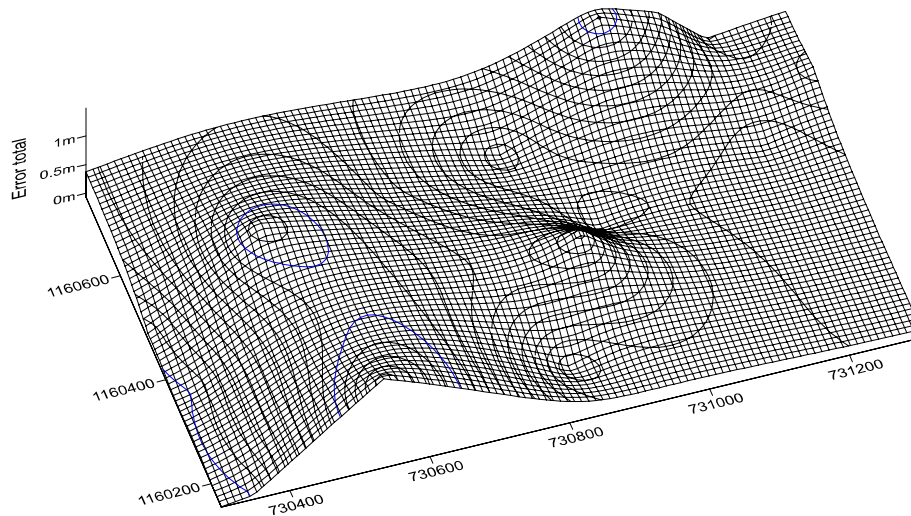


Fig. 112. Modelo 3D de diferencias planimétricas de la combinación 7 de la ortofoto. Fuente: Surfer v.10. Elaboración propia.

- **Combinación N° 8:**

Tabla 37. Diferencias en Este y en Norte de los puntos de control terrestre y de chequeo para la combinación n°8. Fuente: elaboración propia.

NOMBRE DEL PUNTO	ORTOFOTO		MEDIDOS EN CAMPO		Δ ESTE	Δ NORTE	Δ TOTAL
	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTE (m)	NORTE (m)	(m)	(m)	(m)
BROCAL_TAMANACO	731027.250	1160727.353	731027.659	1160728.737	0.409	1.384	1.443
CANCHA_PERIODISMO*	731118.927	1160749.054	731118.922	1160749.079	-0.005	0.025	0.026
CANCHA_TENIS	731187.561	1160752.276	731188.173	1160751.274	0.612	-1.002	1.174
CANCHA_FACES*	731205.506	1160552.358	731205.498	1160552.324	-0.008	-0.034	0.035
ESTAC_BIBLIO_CENTRAL*	730827.868	1160243.886	730827.865	1160243.929	-0.003	0.043	0.044
F1	730891.214	1160383.018	730890.751	1160383.809	-0.463	0.791	0.916
G1	730934.327	1160424.351	730934.026	1160424.551	-0.301	0.200	0.362
G2*	730941.962	1160472.426	730941.933	1160472.387	-0.029	-0.039	0.048
RECTORADO*	730857.516	1160640.128	730857.527	1160640.126	0.011	-0.002	0.012
MED_TROPICAL	730673.425	1160570.478	730673.227	1160569.630	-0.198	-0.848	0.870
BROCAL_CLINICO	730465.697	1160505.578	730467.517	1160505.064	1.820	-0.514	1.891
HIGIENE*	730301.973	1160478.207	730301.988	1160478.212	0.015	0.005	0.016
OBE*	730330.042	1160361.092	730330.026	1160361.105	-0.016	0.013	0.020
FLECHA_HUC	730523.144	1160308.799	730524.501	1160308.615	1.357	-0.184	1.370
CANCHA_ODONTOLOGIA	730532.311	1160155.648	730534.000	1160155.425	1.689	-0.223	1.704
CANCHA_TRASBORDO*	730347.311	1160157.984	730347.305	1160157.964	-0.006	-0.020	0.021
ARQ01*	731292.148	1160337.490	731292.140	1160337.514	-0.008	0.024	0.026
BIOANALISIS	731302.486	1160629.035	731302.1251	1160630.264	-0.361	1.229	1.281

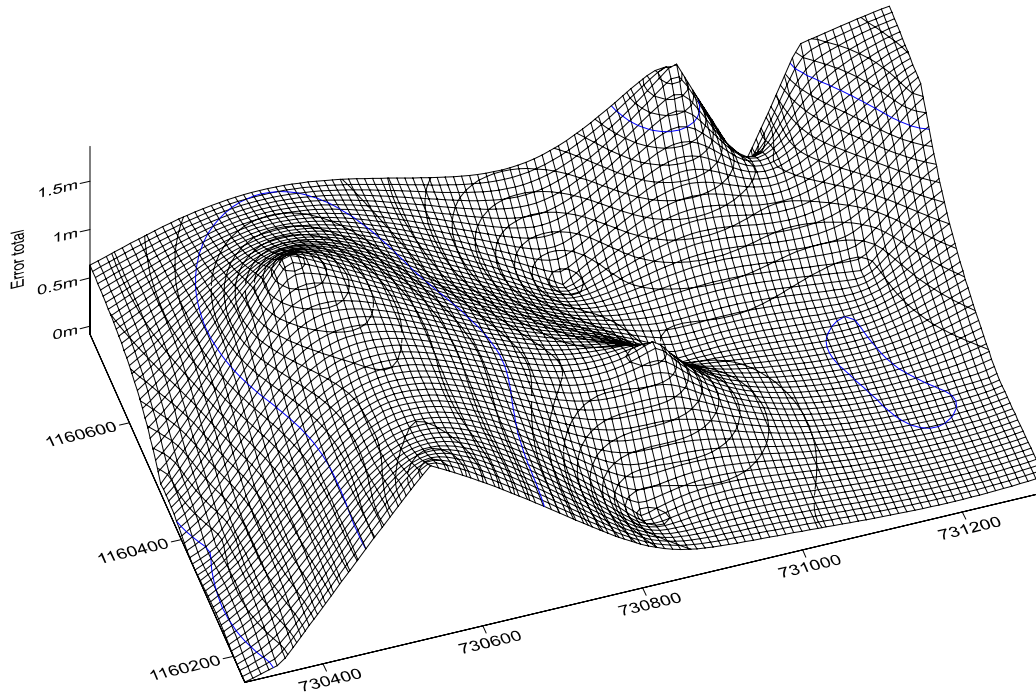


Fig. 113. Modelo 3D de diferencias planimétricas de la combinación 8 de la ortofoto. Fuente: Surfer v.10. Elaboración propia.

- **Combinación N° 9:**

Tabla 38. Diferencias en Este y en Norte de los puntos de control terrestre y de chequeo para la combinación n°9. Fuente: elaboración propia

NOMBRE DEL PUNTO	ORTOFOTO		MEDIDOS EN CAMPO		Δ ESTE (m)	Δ NORTE (m)	Δ TOTAL (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTE (m)	NORTE (m)			
BROCAL_TAMANACO	731027.000	1160726.654	731027.659	1160728.737	0.659	2.083	2.185
CANCHA_PERIODISMO*	731118.922	1160749.079	731118.922	1160749.079	0.000	0.000	0.000
CANCHA_TENIS	731188.461	1160751.756	731188.173	1160751.274	-0.288	-0.482	0.562
CANCHA_FACES*	731205.498	1160552.324	731205.498	1160552.324	0.000	0.000	0.000
ESTAC_BIBLIO_CENTRAL*	730827.853	1160243.890	730827.865	1160243.929	0.012	0.039	0.041
F1	730891.186	1160381.334	730890.751	1160383.809	-0.435	2.475	2.513
G1	730934.248	1160422.429	730934.026	1160424.551	-0.222	2.122	2.134
G2	730941.888	1160470.246	730941.933	1160472.387	0.045	2.141	2.142
RECTORADO*	730857.514	1160640.109	730857.527	1160640.126	0.013	0.017	0.022
MED_TROPICAL	730673.253	1160569.382	730673.227	1160569.630	-0.026	0.248	0.250
BROCAL_CLINICO*	730467.541	1160505.033	730467.517	1160505.064	-0.024	0.031	0.039
HIGIENE*	730301.979	1160478.187	730301.988	1160478.212	0.009	0.025	0.026

NOMBRE DEL PUNTO	ORTOFOTO		MEDIDOS EN CAMPO		$\Delta$ ESTE (m)	$\Delta$ NORTE (m)	$\Delta$ TOTAL (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTE (m)	NORTE (m)			
OBE*	730330.024	1160361.109	730330.026	1160361.105	0.002	-0.004	0.005
FLECHA_HUC	730524.557	1160308.230	730524.501	1160308.615	-0.056	0.385	0.389
CANCHA_ODONTOLOGIA*	730534.000	1160155.425	730534.000	1160155.425	0.000	0.000	0.000
CANCHA_TRASBORDO*	730347.299	1160157.991	730347.305	1160157.964	0.006	-0.027	0.027
ARQ01*	731292.148	1160337.474	731292.140	1160337.514	-0.008	0.040	0.041
BIOANALISIS	731302.178	1160629.995	731302.125	1160630.264	-0.053	0.269	0.274

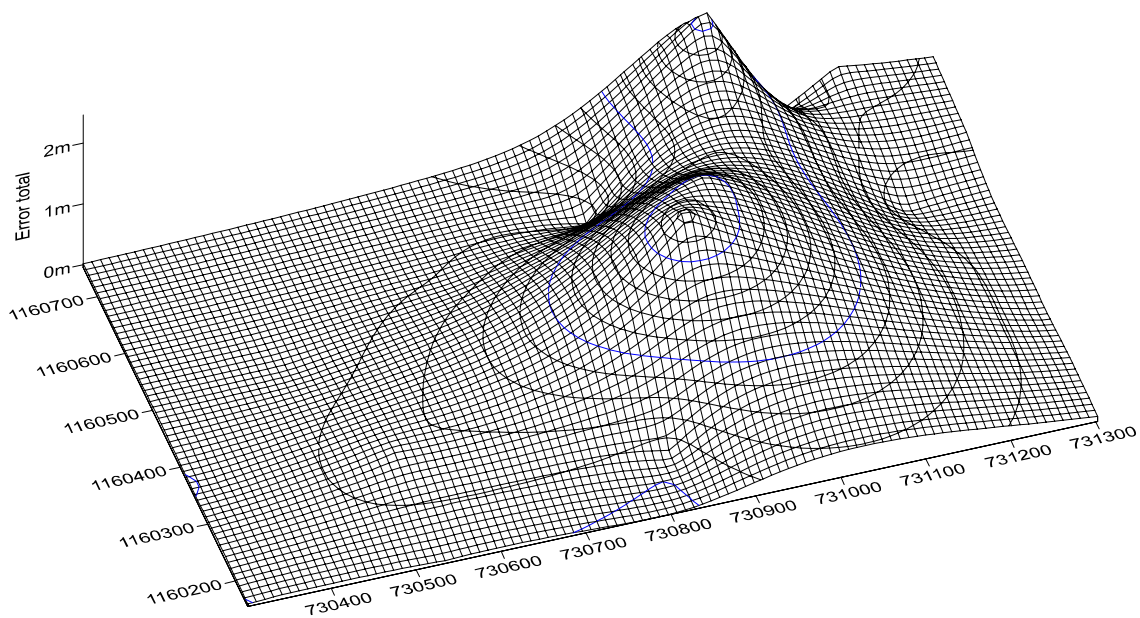


Fig. 114. Modelo 3D de diferencias planimétricas de la combinación 9 de la ortofoto. Fuente: Surfer v.10. Elaboración propia.

- **Combinación N° 10:**

*Tabla 39. Diferencias en Este y en Norte de los puntos de control terrestre y de chequeo para la combinación n°10. Fuente: elaboración propia*

NOMBRE DEL PUNTO	ORTOFOTO		MEDIDOS EN CAMPO		$\Delta$ ESTE	$\Delta$ NORTE	$\Delta$ TOTAL
	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTE (m)	NORTE (m)	(m)	(m)	(m)
BROCAL_TAMANACO	731026.952	1160726.759	731027.659	1160728.737	0.707	1.978	2.100
CANCHA_PERIODISMO*	731118.922	1160749.079	731118.922	1160749.079	0.000	0.000	0.000
CANCHA_TENIS	731188.136	1160751.505	731188.173	1160751.274	0.037	-0.231	0.234
CANCHA_FACES*	731205.498	1160552.324	731205.498	1160552.324	0.000	0.000	0.000
ESTAC_BIBLIO_CENTRAL*	730827.863	1160243.869	730827.865	1160243.929	0.002	0.060	0.060
F1	730891.153	1160381.413	730890.751	1160383.809	-0.402	2.396	2.429
G1	730934.217	1160422.472	730934.026	1160424.551	-0.191	2.079	2.088
G2	730941.889	1160470.343	730941.933	1160472.387	0.044	2.044	2.045
RECTORADO*	730857.508	1160640.114	730857.527	1160640.126	0.019	0.012	0.023
MED_TROPICAL*	730673.221	1160569.604	730673.227	1160569.630	0.006	0.026	0.027
BROCAL_CLINICO*	730467.517	1160505.064	730467.517	1160505.064	0.000	0.000	0.001
HIGIENE*	730301.988	1160478.212	730301.988	1160478.212	0.000	0.000	0.000
OBE*	730330.026	1160361.105	730330.026	1160361.105	0.000	0.000	0.001
FLECHA_HUC	730524.475	1160308.344	730524.501	1160308.615	0.026	0.271	0.273
CANCHA_ODONTOLOGIA*	730534.000	1160155.425	730534.000	1160155.425	0.000	0.000	0.000
CANCHA_TRASBORDO*	730347.305	1160157.964	730347.305	1160157.964	0.000	0.000	0.000
ARQ01*	731292.145	1160337.457	731292.140	1160337.514	-0.005	0.057	0.057
BIOANALISIS	731302.160	1160629.988	731302.1251	1160630.264	-0.035	0.276	0.278

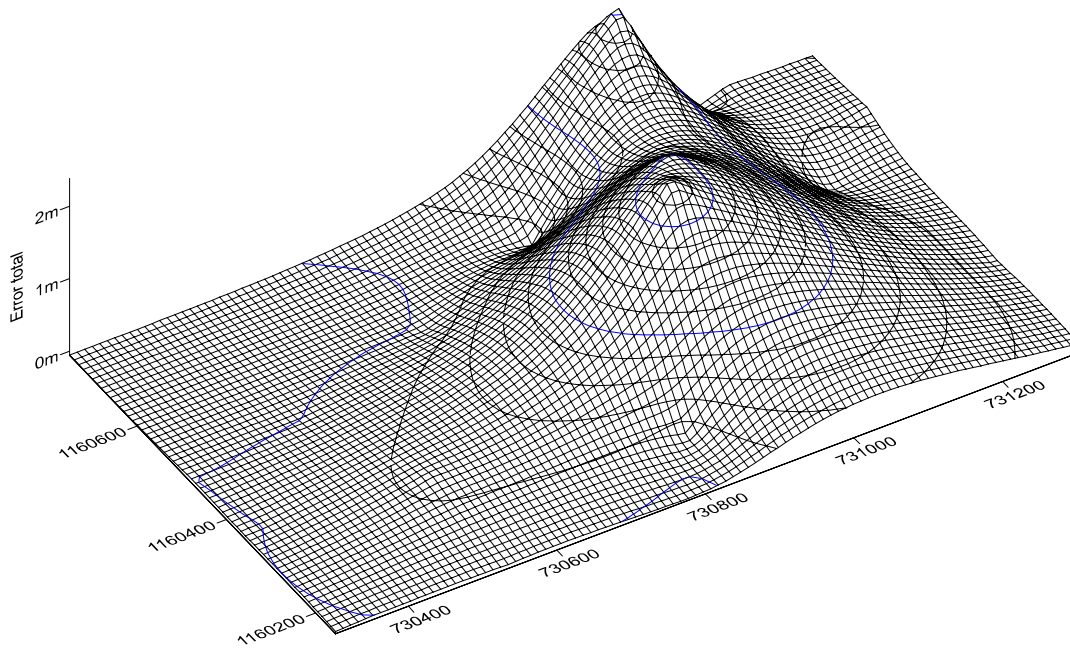


Fig. 115. Modelo 3D de diferencias planimétricas de la combinación 10 de la ortofoto. Fuente: Surfer v.10. Elaboración propia.

Al agrupar las diferencias encontradas en la tabla resumen que se muestra a continuación, se aprecia que la distribución con 9 GCP, correspondiente a la combinación siete, es la que presenta menores discrepancias al tener un valor de RMSE total de 0,663 m. Esta combinación arroja una diferencia que representa una mejora de 0,428 m en el RMS con respecto a la distribución de 6 GCP, y de 0,256 m con respecto a la otra distribución de 9 GCP correspondiente a la combinación ocho. De la misma manera, la figura de la superficie de discrepancias correspondiente a la combinación siete, deja claro que esa distribución de GCP es la óptima para la zona de estudio, quedando evidente la necesidad de colocar al menos un punto de control terrestre en el centro del bloque fotogramétrico para garantizar menores discrepancias en esa zona, resultados que van en contraposición con lo postulado por los profesores Ackermann y Ebner.

Tabla 40. Resumen de medidas de dispersión para las diferentes discrepancias en las combinaciones de GCP. Fuente: elaboración propia.

COMBINACIÓN	N° DE GCP	RMS (m)			DESV EST (m)			ERROR MEDIO (m)		
		ESTE	NORTE	TOTAL	ESTE	NORTE	TOTAL	ESTE	NORTE	TOTAL
1	3	1.504	1.480	2.110	1.542	1.523	1.190	0.129	-0.033	1.765
2	4	0.384	1.080	1.147	0.374	1.002	0.845	-0.123	0.467	0.800
3	5	0.500	1.509	1.589	0.509	1.192	1.072	-0.072	-0.967	1.201
4	6	0.230	1.066	1.091	0.237	0.925	0.833	-0.004	0.574	0.732
5	7	1.099	1.006	1.490	1.111	0.911	1.089	0.201	-0.479	1.048
6	8	0.300	1.138	1.177	0.291	0.934	0.930	0.100	0.686	0.754
7	9*	0.509	0.426	<b>0.663</b>	0.514	0.433	<b>0.507</b>	0.096	0.068	<b>0.445</b>
8	9	0.708	0.585	0.919	0.681	0.600	0.693	0.251	0.047	0.625
9	10	0.206	1.056	1.076	0.211	0.946	0.925	-0.020	0.520	0.592
10	11	0.198	1.010	1.029	0.203	0.904	0.905	0.012	0.498	0.534

\*Combinación que emplea un punto de control terrestre en la cancha de tenis en lugar de la cancha de periodismo.

En la figura siguiente se puede observar un gráfico en donde se compara el valor del RMSE total obtenido con las distintas distribuciones de GCP empleadas en las combinaciones, haciendo énfasis en el número de GCP empleados para cada combinación, mostrando una serie para un número total de puntos de control terrestre impares y otra serie para los pares.

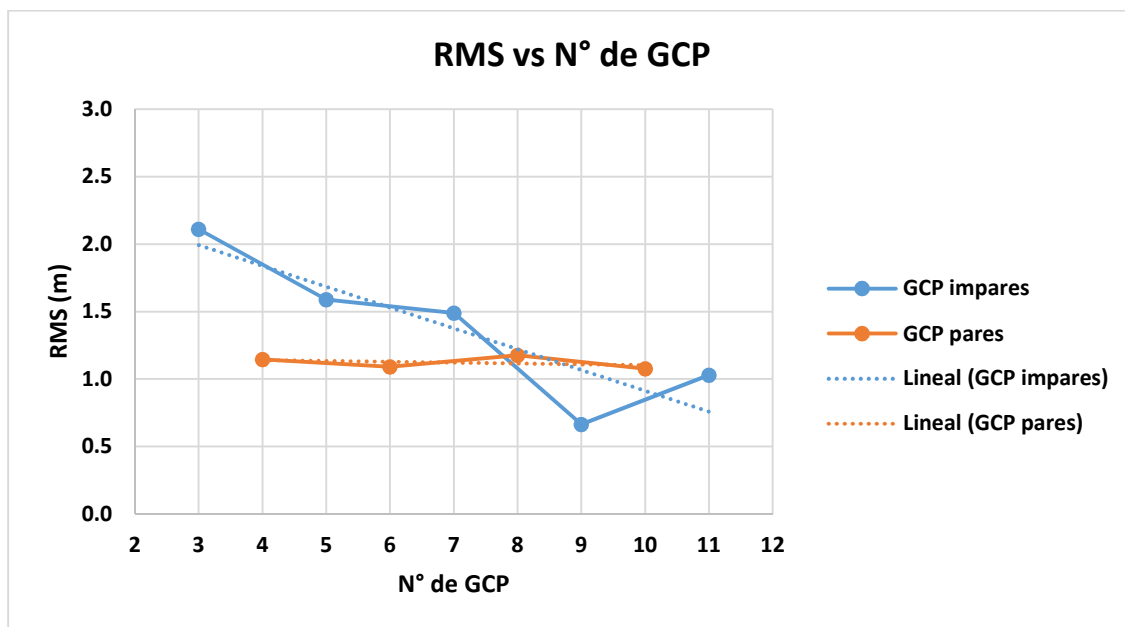


Fig. 116. RMS vs. N° total de GCP empleados. Fuente: elaboración propia.

La figura anterior permite realizar un análisis exhaustivo de los procedimientos realizados y sus resultados, ya que permite visualizar el comportamiento del RMSE en base a la distribución de los GCP. En primer lugar, el emplear tres puntos de control terrestre, siendo esta cantidad la mínima para realizar control terrestre, no garantiza un mejoramiento en la precisión planimétrica de la ortofoto, y esta afirmación se ve sustentada en el hecho de que el RMSE total obtenido al producir la ortofoto sin GCP resulta menor que el obtenido al emplear solo tres puntos de control terrestre.

Al emplear cuatro puntos de control terrestre las precisiones mejoran en 1,137 m hasta arrojar un RMSE total de 1,147 m, ya que esta distribución permite amarrar el bloque fotogramétrico a cuatro puntos ubicados en las esquinas del mismo que proporcionen mayor rigidez.



El gráfico muestra un comportamiento particular con las distribuciones de puntos de control terrestre que no poseen puntos en el centro de la ortofoto (GCP pares), ya que sugiere que el emplear cuatro puntos de control terrestre arrojaría los mismos resultados en RMSE total que emplear diez GCP, este hecho resulta de gran relevancia, ya que conocer este comportamiento permite un uso eficiente de los recursos al momento de ejecutar un plan de vuelo, evitando la colocación de más puntos de control terrestre necesarios para el levantamiento de zonas similares a la de estudio.

Igualmente el gráfico y los valores que lo sustentan, revelan la necesidad de emplear un punto de control terrestre en el centro del área levantada, observando que la distribución más eficiente de GCP se logra al colocar cuatro puntos en las esquinas, un punto en el centro de cada borde de la zona de estudio, y un punto en el centro que permita ajustar mejor esa zona. Es decir, que el emplear 9 GCP para zonas similares a la de estudio y con un área de cubrimiento similar al obtenido para la presente investigación, garantizan las mejores precisiones de la ortofoto. Y si bien es cierto que la tendencia del RMSE total es a disminuir a medida que se aumenta el número de GCP, hay un punto de inflexión a partir de nueve puntos de control terrestre, que es fácilmente apreciable en la gráfica, en tal sentido, se debe ser cuidadoso de no exceder el número de los GCP ya que esto puede ser contraproducente para la generación de productos exactos.

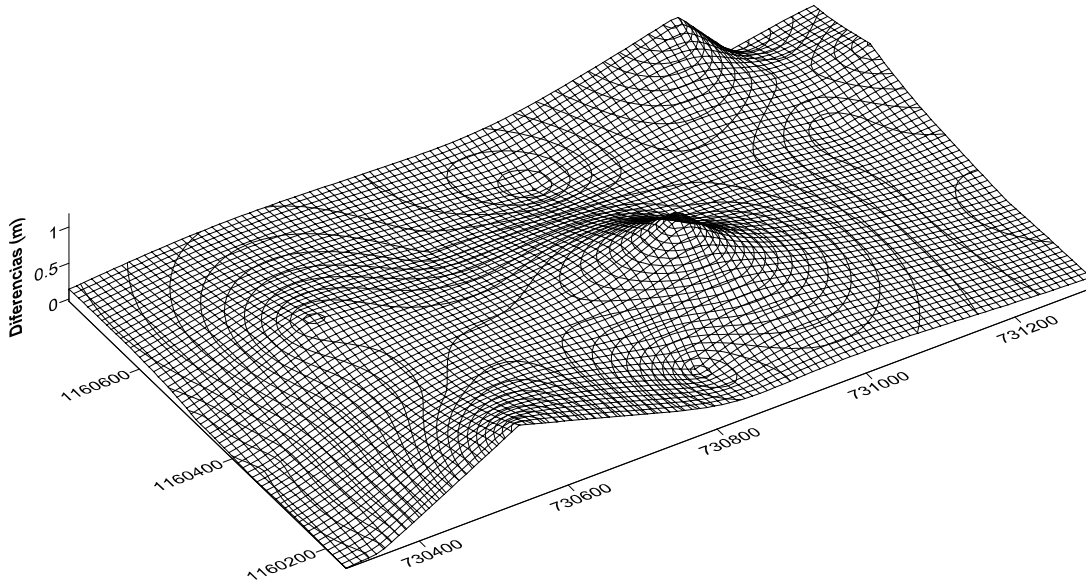
#### **4.7. Validación de ortofoto definitiva con GCP.**

Una vez seleccionada la mejor combinación de GCP para el procesamiento digital de las fotografías, se aplicó esta para realizar el mismo procesamiento con el nivel medio-alto, seleccionado previamente como el nivel óptimo. Los resultados al evaluar este producto se muestran a continuación:

Tabla 41. Diferencias en Este y en Norte de los puntos de control terrestre y de chequeo para la ortofoto definitiva generada empleando la mejor combinación de GCP. Fuente: elaboración propia.

NOMBRE DEL PUNTO	ORTOFOTO		MEDIDOS EN CAMPO		$\Delta$ ESTE	$\Delta$ NORTE	$\Delta$ TOTAL
	ESTE (m)	NORTE (m)	ESTE (m)	NORTE (m)	(m)	(m)	(m)
BROCAL_TAMANACO	731027.624	1160727.533	731027.659	1160728.737	0.035	1.204	1.204
CANCHA_PERIODISMO	731119.498	1160748.595	731118.922	1160749.079	-0.576	0.484	0.753
CANCHA_TENIS*	731188.173	1160751.274	731188.173	1160751.274	0.000	0.000	0.000
CANCHA_FACES*	731205.466	1160552.415	731205.498	1160552.324	0.032	-0.091	0.096
ESTAC_BIBLIO_CENTRAL*	730827.867	1160244.037	730827.865	1160243.929	-0.002	-0.108	0.108
F1	730891.236	1160382.681	730890.751	1160383.809	-0.485	1.128	1.228
G1	730934.261	1160423.988	730934.026	1160424.551	-0.235	0.563	0.610
G2*	730941.908	1160471.995	730941.933	1160472.387	0.025	0.392	0.393
RECTORADO*	730857.528	1160640.171	730857.527	1160640.126	-0.001	-0.045	0.045
MED_TROPICAL	730673.225	1160569.934	730673.227	1160569.630	0.002	-0.304	0.304
BROCAL_CLINICO	730466.900	1160505.027	730467.517	1160505.064	0.617	0.037	0.618
HIGIENE*	730301.966	1160478.201	730301.988	1160478.212	0.022	0.011	0.024
OBE*	730330.010	1160361.101	730330.026	1160361.105	0.016	0.004	0.017
FLECHA_HUC	730524.061	1160309.000	730524.501	1160308.615	0.440	-0.385	0.585
CANCHA_ODONTOLOGIA	730533.224	1160156.143	730534.000	1160155.425	0.776	-0.718	1.057
CANCHA_TRASBORDO*	730347.316	1160157.96	730347.305	1160157.964	-0.011	0.002	0.012
ARQ01*	731292.085	1160337.53	731292.140	1160337.514	0.055	-0.020	0.058
BIOANALISIS	731302.29	1160629.89	731302.125	1160630.264	-0.162	0.379	0.412

Luego se elaboró un modelo en tres dimensiones que permitiera visualizar las zonas en donde las diferencias fueran mayores.



*Fig. 117. Modelo 3D de las diferencias planimétricas de la ortofoto definitiva. Fuente: elaboración propia.*

La figura anterior muestra cómo las zonas donde se encuentran mayores discrepancias planimétricas son los límites de la ortofoto tanto al norte como al sur de la misma, y la zona central. Los puntos de chequeo que presentaron mayores diferencias fueron Brocal Tamanaco, F1, y el ubicado en la cancha de Odontología. En el caso del primero la principal razón por la que arrojó una discrepancia mayor a 1 m es la presencia de vegetación alta en las adyacencias del punto, esta situación originó ruido al momento de generar el MDS que es el empleado para la producción de la ortofoto.

Luego de tener los resultados se le calcularon los indicadores estadísticos a estos, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 42. Indicadores estadísticos obtenidos en la validación planimétrica de la ortofoto generada con GCP. Fuente: elaboración propia.

	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>TOTAL</b>
<b>ERROR MEDIO (m)</b>	0.030	0.141	0.418
<b>RMSE (m)</b>	0.319	0.492	0.586
<b>DESV EST (m)</b>	0.327	0.485	0.423

En la tabla anterior se muestran valores de estos indicadores, que difieren a los mostrados en la tabla correspondiente a la evaluación de la combinación 7, la cual es meritorio destacar fue procesada en un principio con niveles bajo de procesamiento, hecho que justifica por qué al comparar estos resultados se obtienen menores valores de RMS, Desviación estándar y Error medio. Así mismo, es evidente que esta combinación sigue siendo la que arroja las menores discrepancias planimétricas con respecto a los valores de vértices de chequeo obtenidos en campo.

En este orden de ideas, al analizar los resultados obtenidos en base a lo establecido por la ASPR se puede ubicar este producto dentro de la clase de 50 cm, para la cual se establece que los valores de  $RMSE_x$  y  $RMSE_y$  deben ser menor o igual al valor de la clase, de igual manera, el  $RMSE_r$  debe ser menor o igual a 70,7 cm y el 95% de los valores debe estar por debajo de 122,4 cm. Al analizar las discrepancias obtenidas en la validación, se corrobora que la evaluación planimétrica de la ortofoto como producto geoespacial cumple con las tolerancias de la clase mencionada. A continuación se muestran las tablas que ilustran los valores anteriormente expuestos.

Tabla 43. Tolerancias en RMSE<sub>x</sub>, RMSE<sub>y</sub> y RMSE total para clase 50-cm. Fuente: Elaboración propia.

	TOLERANCIA	OBTENIDO EN VALIDACIÓN
<b>RMSE<sub>x</sub> (cm)</b>	50	31,9
<b>RMSE<sub>y</sub> (cm)</b>	50	49,2
<b>RMSE<sub>r</sub> (cm)</b>	70,7	58,6

Tabla 44. Validación del 95% de los puntos de chequeo para clase 50-cm. Fuente: elaboración propia.

<b>95% de confianza (cm)</b>	122,4
<b>Valor Max (cm)</b>	122,8
<b>Valor Min (cm)</b>	0
<b>Puntos evaluados</b>	18
<b>Dentro tolerancia</b>	17
<b>Fuera tolerancia</b>	1

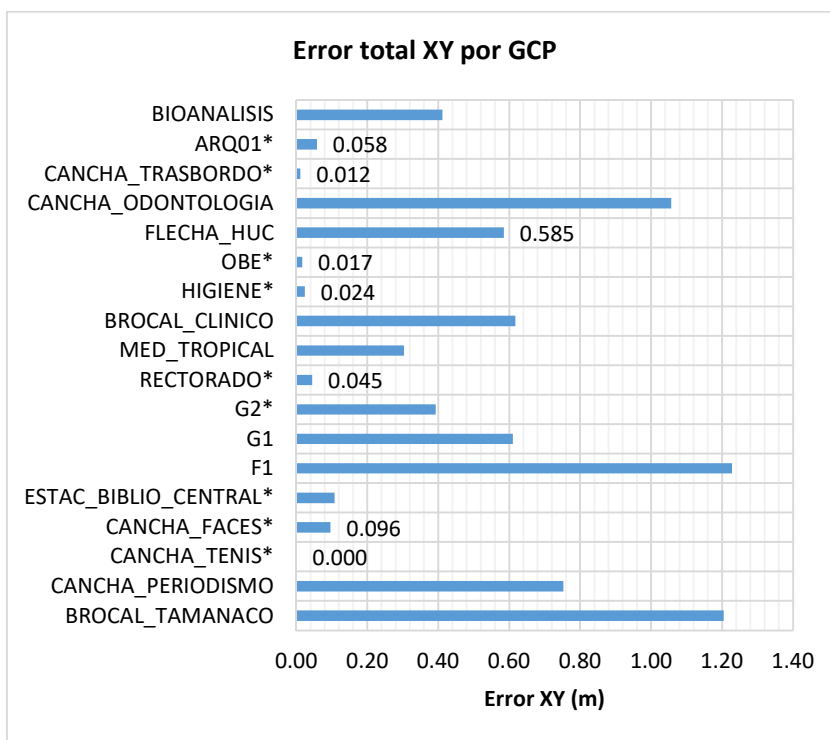


Fig. 118. Gráfico de error total en XY de cada punto de chequeo. Fuente: elaboración propia.

#### 4.8. Validación de MDE final generado con GCP.

##### 4.8.1. Validación de MDE empleando puntos de control terrestre medidos.

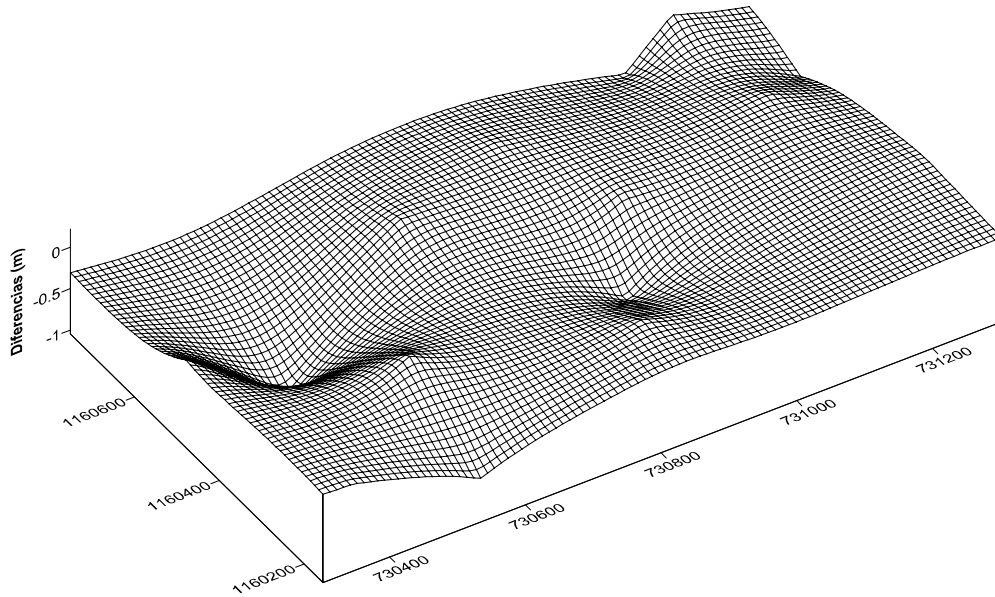
Para esta validación se emplearon distintos puntos de chequeo medidos en campo, obteniendo los siguientes resultados que se muestran en la tabla a continuación.

*Tabla 45. Diferencias en cota de los puntos de chequeo entre el MDE del VANT y los puntos de control terrestre medidos en campo. Fuente: elaboración propia.*

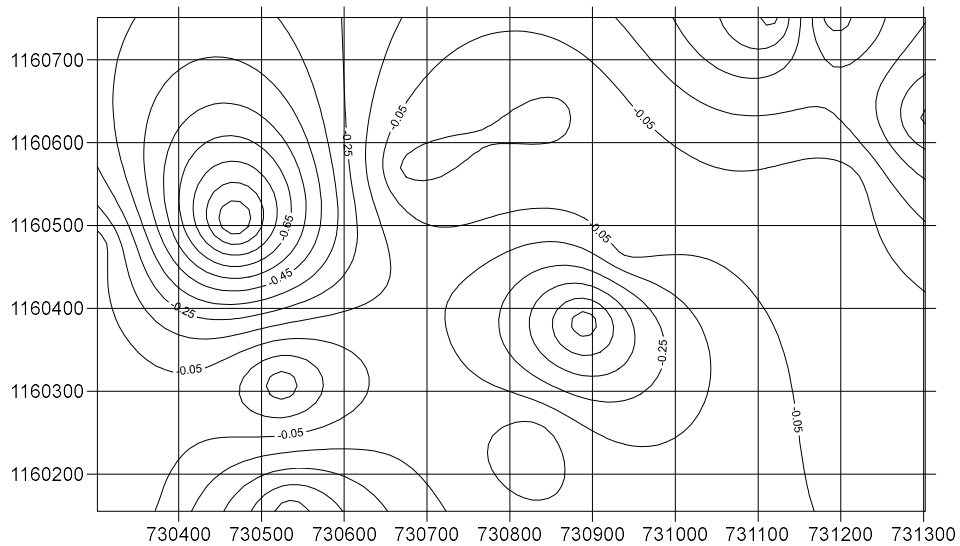
NOMBRE DEL PUNTO	COTA MEDIDA	COTA DEM	$\Delta$ TOTAL
	(m)	(m)	(m)
CANCHA_PERIODISMO	864.188	864.673	-0.485
CANCHA_TENIS*	864.157	864.145	0.012
CANCHA_FACES*	861.341	861.325	0.016
ESTAC_BIBLIO_CENTRAL*	865.904	865.882	0.022
F1	863.338	863.969	-0.631
G1	862.937	863.2	-0.263
G2*	863.013	863.012	0.001
RECTORADO*	868.188	868.119	0.069
MED_TROPICAL	871.155	871.076	0.079
BROCAL_CLINICO	874.602	875.682	-1.080
HIGIENE*	881.752	881.739	0.013
OBE*	879.146	879.182	-0.036
FLECHA_HUC	872.987	872.76	0.227
CANCHA_ODONTOLOGIA	869.554	870.076	-0.522
CANCHA_TRASBORDO*	871.528	871.525	0.003
ARQ01*	860.926	860.899	0.027
BIOANALISIS	861.52	861.995	-0.475

Se decidió presentar los valores de diferencia en cota a través de un modelo en tres dimensiones que permitiera visualizar las zonas con mayores discrepancias.

De igual manera, se generó un mapa de discrepancias que se presenta a continuación junto al modelo 3D.



*Fig. 119. Modelo en tres dimensiones de los valores de diferencia en cota. Fuente: elaboración propia.*



*Fig. 120. Mapa de discrepancias de la validación del MDE. Fuente: elaboración propia.*

Luego se calcularon los indicadores estadísticos: Error medio, RMSEz y Desviación Estándar para los valores de diferencias obtenidos. Estos valores pueden ser observados en la tabla a continuación.

*Tabla 46. Indicadores estadísticos obtenidos en la validación altimétrica del MDE del VANT.  
Fuente: elaboración propia.*

<b>ERROR MEDIO (m)</b>	-0.178
<b>RMSEz (m)</b>	0.378
<b>DESV EST (m)</b>	0.344

Siguiendo lo establecido por la ASPRS, se puede clasificar al MDE generado en una clase 40-cm para precisión vertical. Esto significa que el valor obtenido de RMSEz es menor a 40 cm, de igual manera, se presenta una tabla a continuación con los valores de tolerancia para la validación de al menos el 95% de los datos para esta clase.

*Tabla 47. Valores de tolerancia para la validación de al menos 95% de los datos. Fuente: elaboración propia.*

<b>95% CONFIANZA (cm)</b>	78,4
<b>PUNTOS EVALUADOS</b>	17
<b>DENTRO TOLERANCIA</b>	16
<b>FUERA TOLERANCIA</b>	1

#### **4.8.2. Validación de MDE empleando puntos de la Red Geodésica existente en la UCV.**

Como parte adicional de la validación del MDE generado por el VANT, se empleó una fuente distinta de información tratándose de vértices pertenecientes a la Red Geodésica de la UCV, los cuales son constantemente medidos con métodos topográficos convencionales, esto ofrece confiabilidad en la exactitud de los



puntos, pudiendo ser empleados para apoyar y/o validar cualquier tecnología de adquisición de datos geoespaciales emergentes.

A continuación se presenta la tabla que contiene el resultado de la validación punto a punto entre el MDE generado por el VANT y los vértices de la Red Geodésica UCV.

*Tabla 48. Validación de MDE empleando puntos de la Red Geodésica de la UCV. Fuente: elaboración propia.*

NOMBRE DEL PUNTO	COORDENADAS VÉRTICES		COTA MEDIDA	COTA DEM	$\Delta$ TOTAL
	LATITUD (°)	LONGITUD (°)	(m)	(m)	(m)
MANT	10.48850782	-66.89012598	864.097	864.851	-0.754
T28	10.48945389	-66.88988694	862.516	863.367	-0.851
ICU118	10.49241694	-66.88825944	862.622	862.685	-0.063
HUC-2	10.49056611	-66.89342861	873.53	873.812	-0.282
COM01	10.4920975	-66.88798611	861.759	862.034	-0.275
F4	10.49010444	-66.89012911	863.225	863.543	-0.318
RELOJ	10.49253212	-66.89033384	867.354	866.973	0.381
UCV3	10.48933389	-66.8881775	862.183	862.986	-0.803

De igual manera se calcularon el error medio, el RMSE<sub>z</sub> y la desviación estándar para los valores de diferencias encontrados.

*Tabla 49. Indicadores estadísticos de la validación del MDE con puntos de la Red Geodésica de la UCV. Fuente: elaboración propia.*

<b>ERROR MEDIO (m)</b>	-0.371
<b>RMSE<sub>z</sub> (m)</b>	0.541
<b>DESV EST (m)</b>	0.422

Según lo establecido por la ASPRS, el MDE puede ubicarse dentro de la clase 60-cm para precisión vertical. Para ilustrar lo anteriormente expuesto se presenta la siguiente tabla que muestra los valores de las tolerancias permitidas en RMSE<sub>z</sub> para esta clase.

Tabla 50. Valores de tolerancia para MDE clase 60-cm. Fuente: elaboración propia.

<b>95% CONFIANZA (cm)</b>	117,6
<b>PUNTOS EVALUADOS</b>	8
<b>DENTRO TOLERANCIA</b>	8
<b>FUERA TOLERANCIA</b>	0

#### 4.8.3. Validación de MDE empleando grilla regular extraída del modelo fotogramétrico.

Haciendo uso de las curvas de nivel digitalizadas del plano de la CUC generado con fotogrametría aérea a escala 1:1000, obtenidas del T.E.G. “Metodología para validación de datos geospaciales adquiridos con vehículos aéreos no tripulados” (González, S. 2015) que forma de parte de los antecedentes de la presente investigación, se generó un MDE a partir de la interpolación de dichas curvas de nivel, luego se extrajo una grilla regular espaciada cada dos segundos de arco (2”), donde cada punto contara con sus coordenadas este, norte y cota del modelo fotogramétrico; posteriormente esta grilla fue colocada sobre el MDE generado por el VANT para proceder a extraer las cotas de dichos puntos y poder establecer la comparación. Las discrepancias entre las cotas extraídas de ambos modelos pueden apreciarse en el apéndice 4, sin embargo, los indicadores estadísticos se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 51. Indicadores estadísticos de la validación del MDE con puntos de la grilla fotogramétrica. Fuente: elaboración propia.

<b>ERROR MEDIO (m)</b>	-0.651
<b>RMSE<sub>z</sub> (m)</b>	0.936
<b>DESV EST (m)</b>	0.675

#### 4.8.4. Validación de MDE empleando puntos extraídos de la data LIDAR de la CUC.

En primer lugar se empleó una grilla regular espaciada cada 2" para evaluar las discrepancias entre ambos modelos. Las discrepancias de cada punto de chequeo pueden ser apreciadas en el apéndice 5. A continuación se muestra la tabla que ilustra los valores de error medio, RMSE y desviación estándar obtenidas en la validación.

*Tabla 52. Indicadores estadísticos de la validación del MDE con grilla regular de puntos de data LIDAR. Fuente: elaboración propia.*

<b>ERROR MEDIO (m)</b>	-0.438
<b>RMSE<sub>z</sub> (m)</b>	0.806
<b>DESV EST (m)</b>	0.679

Posteriormente también se emplearon 106 puntos de chequeo ubicados de manera tal que se encontraran en zonas de pendiente regular y principalmente en vías terrestres así como también en espacios abiertos. Esta distribución por ende no resultó de manera regular ya que buscaba la mejor ubicación de los puntos de chequeo a fin de garantizar la calidad de los mismos. En el apéndice 6 se encuentra la tabla con las coordenadas de cada punto empleado para esta validación, así como la discrepancia entre el MDE generado por el VANT y el MDE generado por LIDAR.

En la siguiente tabla se muestran los indicadores estadísticos obtenidos luego de realizada la evaluación entre ambos modelos.

Tabla 53. Indicadores estadísticos de la validación del MDE con puntos arbitrarios de la data LIDAR de la UCV. Fuente: elaboración propia.

<b>ERROR MEDIO (m)</b>	0.262
<b>RMSE<sub>z</sub> (m)</b>	0.681
<b>DESV EST (m)</b>	0.632

En la primera tabla 52 se puede notar que el RMS entre los dos modelos es de 0,806 m, mientras que en la tabla 53 es de 0,681 m, resultados que son concordantes con la distribución y ubicación de los puntos utilizados para la validación. En el primer caso la distribución es regular, es decir, que los puntos siguen un mismo patrón, el cual fue reticular cada 2", estando varios de estos puntos ubicados en zonas con vegetación baja o estructuras cercanas, lo que en la generación del MDE del VANT puede generar ruido al momento de clasificación de la nube de puntos y posterior interpolación. En caso contrario, los valores de RMS de los puntos seleccionados arbitrariamente son menores, puesto que estos se ubicaron principalmente en las vías de comunicación y zonas de pendiente regular, siendo estas zonas despejadas tanto de vegetación como de estructuras y algún otro elemento antrópico.

La ubicación ideal de puntos de chequeo vertical permite que la generación del MDE no se vea afectada, puesto que en la nube de puntos estos son clasificados como terreno natural. Para que el modelo generado por el VANT pueda acercarse más a los valores reales, es necesario complementarlo con datos adicionales tales como, topografía convencional o realizar una clasificación minuciosa de la nube de puntos y buscar el método de interpolación de mejor ajuste.

De este análisis también se puede resaltar el hecho de que la tecnología LIDAR puede captar tanto detalles de alturas en la copa de los árboles, penetrar en la vegetación baja y también llegar hasta el terreno natural, además al momento de post procesar es posible diferenciar estos datos en distintas capas, por ende la

información que se tiene es más detallada que la que puede generar el VANT, ya que este captura las fotografías y en el post proceso es a partir de estas que se puede generar la nube de puntos, sin embargo, no se puede tener información del terreno natural en zonas con vegetación, lo que genera un vacío de información en esas áreas, que en el caso de la zona de estudio es de considerar, puesto que en gran medida la UCV tiene diversas zonas con vegetación.

#### **4.9. Validación de MDE obtenido de data LIDAR empleando modelo fotogramétrico.**

De igual manera que en los procesos de validación anteriores, en los cuales se empleó la grilla regular de puntos extraídos del modelo fotogramétrico, se extrajo la cota de estos puntos del MDE generado por LIDAR y luego se compararon uno a uno con las cotas del modelo fotogramétrico. Los resultados de las diferencias encontradas se muestran en el apéndice 7, mientras que los indicadores estadísticos se muestran en la tabla a continuación.

*Tabla 54. Indicadores estadísticos de la validación del MDE con puntos arbitrarios de la data LIDAR de la UCV. Fuente: elaboración propia.*

<b>ERROR MEDIO (m)</b>	0.183
<b>RMSE<sub>z</sub> (m)</b>	1.475
<b>DESV EST (m)</b>	1.465

Empleando los valores de diferencias se generó un modelo 3D para visualizar la ubicación de los lugares con mayores discrepancias entre ambos modelos.

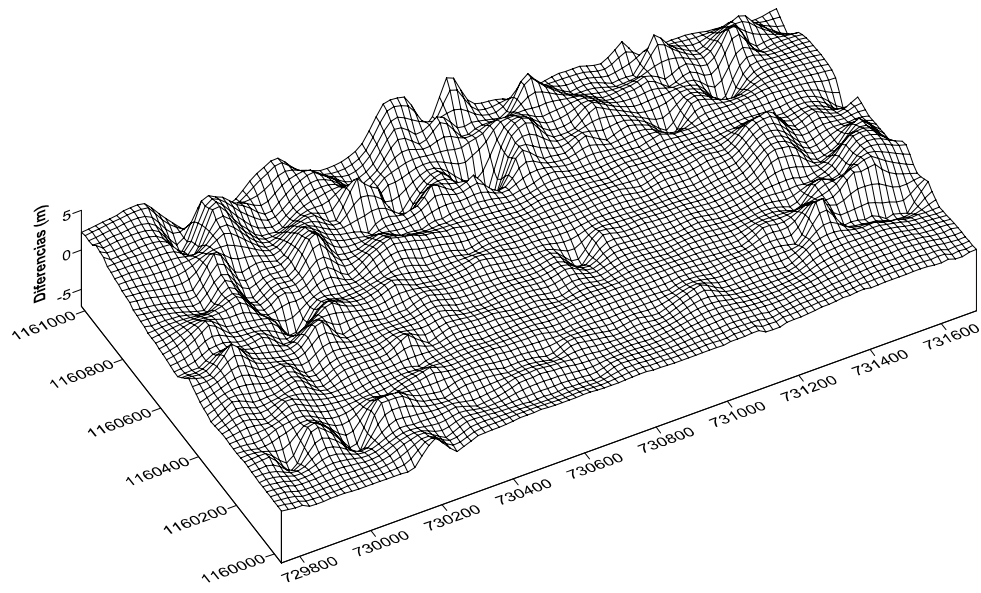


Fig. 121. Modelo 3D de diferencias entre MDE LIDAR y fotogramétrico. Fuente: elaboración propia.

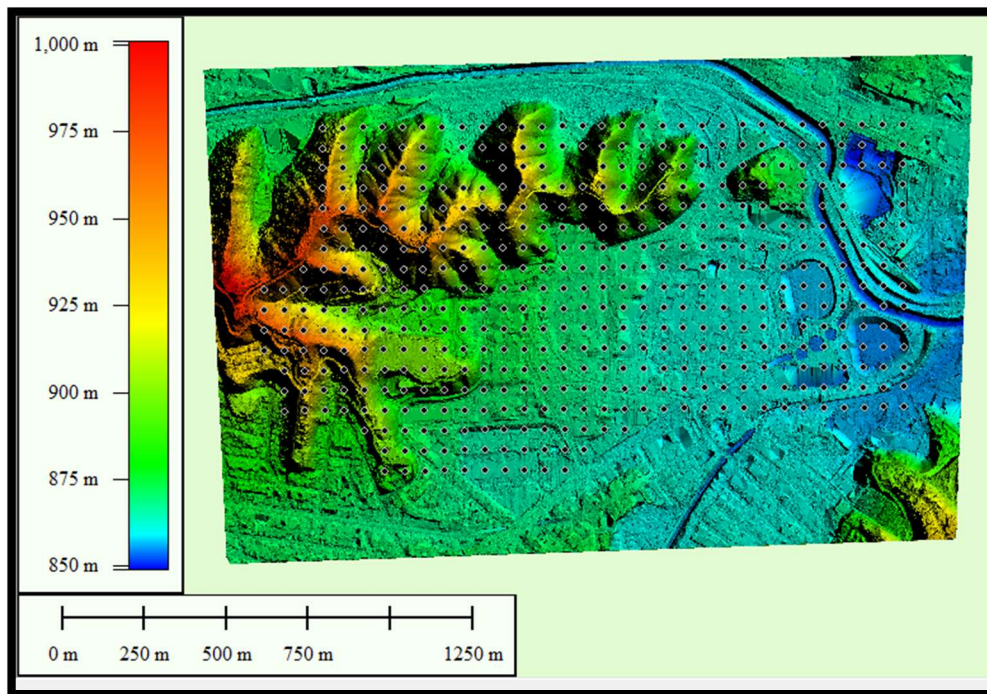
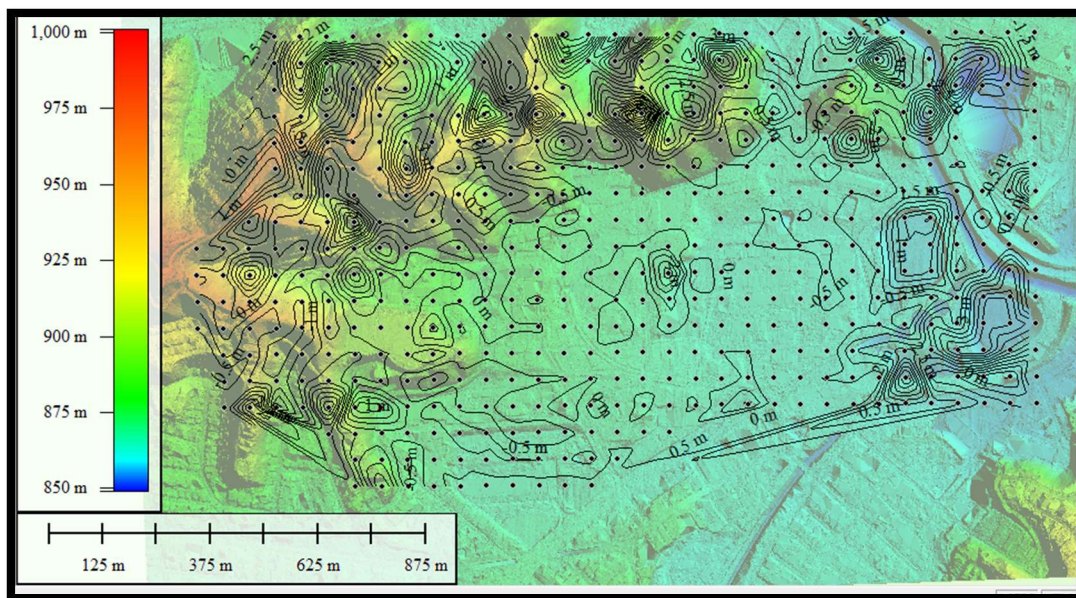


Fig. 122. Grilla fotogramétrica sobre el MDE LIDAR. Fuente: Captura de pantalla de Global Mapper. Fuente: Elaboración propia.

Al observar los resultados y las figuras mostradas, es de notar que las mayores diferencias entre los modelos se presentan en la zona noroeste, en la cual se encuentran las mayores diferencias de nivel y cobertura vegetal, así mismo, este hecho ratifica que en las zonas con mayores pendientes es donde los modelos presentan las mayores discrepancias con respecto a las zonas planas o de pendiente regular.



*Fig. 123. Mapa de discrepancias entre el modelo LIDAR y fotogramétrico. Fuente: Captura de pantalla de Global Mapper. Elaboración propia.*

La figura anterior evidencia que el área central del MDE presenta menor cantidad de curvas de nivel, por esta razón se puede afirmar que es en esta zona donde ambos modelos se comportan de manera similar y por ende las diferencias son mínimas. Esta figura demuestra una vez más que las zonas planas y con poca presencia de vegetación son las que presentan menores inconvenientes a la hora de generar MDT y sus posteriores validaciones. Por esta razón la generación de

productos geoespaciales debe apoyarse en métodos convencionales de topografía que permitan superar las limitaciones que presentan las tecnologías emergentes que actualmente se utilizan para la adquisición masiva de datos.

#### 4.10. Validación del MDS definitivo.

Adicionalmente al MDE y a la ortofoto, el MDS es otro producto geoespacial generado que resulta de utilidad puesto que permite conocer no solo la elevación del terreno, también permite conocer la de edificaciones, cursos de agua, vegetación, vías, entre otros elementos presentes en la superficie. En vista de la importancia de este producto, resulta necesario realizar la validación del mismo.

Los MDS validados fueron el generado por el VANT y el obtenido a partir de data LIDAR, todos estos comparados con la información obtenida del plano de alturas de la UCV. En las siguientes tablas se muestran las diferencias en la elevación de los diferentes edificios empleados para la validación entre el plano de alturas de la UCV, el MDS generado por el VANT y el generado a partir de datos LIDAR.

*Tabla 55. Valores de cota de edificios extraídas del MDS del VANT y del plano de alturas UCV.  
Fuente: elaboración propia.*

EDIFICIOS	COTA PLANO ALTURAS UCV (m)	COTA VANT (m)	DIFERENCIA (m)
AULA MAGNA	888,100	883,364	4,736
ANATOMICO	877,900	876,406	1,494
CLINICO	899,000	894,485	4,515
BIBLIOTECA	877,900	876,026	1,874
RECTORADO	884,200	881,083	3,117



Tabla 56. Valores de cota de edificios extraídas del MDS del LIDAR y del plano de alturas UCV. Fuente: elaboración propia.

EDIFICIOS	COTA PLANO ALTURAS UCV (m)	COTA LIDAR (m)	DIFERENCIA (m)
AULA MAGNA	888,100	888,130	-0,030
ANATOMICO	877,900	878,130	-0,230
CLINICO	899,000	899,540	-0,540
BIBLIOTECA	877,900	878,130	-0,230
RECTORADO	884,200	884,280	-0,080

Tabla 57. Valores de cota de edificios extraídas del MDS del LIDAR y del MDS del VANT. Fuente: elaboración propia.

EDIFICIOS	COTA LIDAR (m)	COTA VANT (m)	DIFERENCIA (m)
AULA MAGNA	888,13	883,364	4,766
ANATOMICO	878,13	876,406	1,724
CLINICO	899,54	894,485	5,055
BIBLIOTECA	878,13	876,026	2,104
RECTORADO	884,28	881,083	3,197

Tabla 58. Indicadores estadísticos de dispersión calculados a los resultados anteriores. Fuente: elaboración propia.

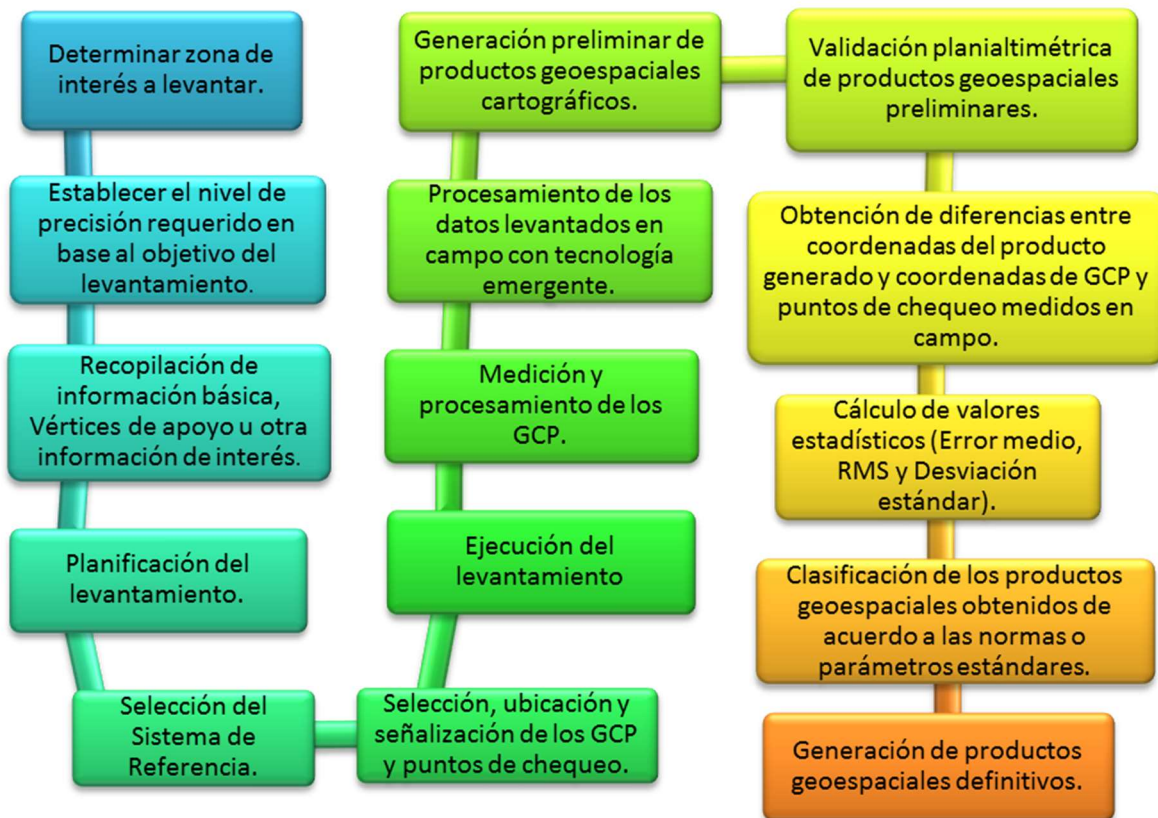
	PLANO ALTURAS VS VANT	PLANO ALTURAS VS LIDAR	LIDAR VS VANT
<b>ERROR MEDIO (m)</b>	3,147	-0,222	3,369
<b>RMSE (m)</b>	3,414	0,284	3,630
<b>DESVEST (m)</b>	1,479	0,199	1,511

De los resultados obtenidos se puede apreciar que las menores diferencias entre las alturas de los edificios del plano de la UCV las presenta el MDS generado con los datos LIDAR al tener un RMS de 0,284 m, en contraste con el MDS generado con el VANT el cual presenta un RMS de 1,479 m, esto indica que el MDS generado con LIDAR es el que más se acerca a los valores reales de altura en las edificaciones.

Se toma como referencia el plano de alturas de la UCV ya que la altura de cada edificio fue calculada con métodos convencionales fotogramétricos, las cuales fueron comprobadas en su momento y se confirmó su confiabilidad. Es importante destacar una vez más que a pesar de que las nuevas tecnologías de adquisición de datos masivos y generación de productos geospaciales cartográficos, permiten realizar procesos que antiguamente llevaban mucho tiempo de campo y oficina en tiempos mucho menores, estas requieren de aquellos métodos convencionales, bien sean topográficos, fotogramétricos o geodésicos, según sea el caso, tanto para apoyo en el control terrestre, en el proceso de adquisición, como para validación, en el caso de los productos generados, y es en este punto donde se puede sustentar y validar los MDS generados por las tecnologías LIDAR y VANT.

#### **4.12. Elaboración de metodología para la validación de nuevas tecnologías empleando infraestructura geodésica.**

Como último objetivo específico de esta investigación se encontraba el diseñar una metodología para la validación de nuevas tecnologías empleando la infraestructura geodésica, es por ello, que luego de haber realizado cada uno de los procedimientos planteados en la investigación se plantea la siguiente metodología:



## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. Conclusiones**

El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de evaluar el requerimiento de la infraestructura geodésica que se necesita para poder validar las tecnologías geoespaciales innovadoras, específicamente en la adquisición masiva de datos.

Los análisis sobre la información generada en los apartados anteriores y las comparaciones realizadas entre los distintos productos han permitido determinar a través de los parámetros estándares el potenciamiento de estas tecnologías geoespaciales con el uso de una infraestructura geodésica robusta, de acuerdo a ello se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se concluye que la infraestructura geodésica resulta de gran importancia para la generación y validación de productos geoespaciales de calidad, y esta afirmación se ve sustentada en el hecho de que los productos evaluados mejoraron sus precisiones al emplear control terrestre.
- La diferencia del RMS total en planimetría entre la ortofoto generada con infraestructura geodésica (0,586 m) con respecto a la otra ortofoto que no la empleó (1,338 m) fue de 0,752 m, en este resultado se ve reflejado la mejora de la calidad de los productos geoespaciales con la utilización de una infraestructura geodésica bien establecida, cumpliendo además con los parámetros establecidos por la ASPRS para la validación de productos digitales en planimetría.

- La diferencia del RMS en altimetría entre el MDE generado sin infraestructura geodésica (22,478 m) con respecto al otro que sí empleó control terrestre (0,378 m) fue de 22,100 m, resultado que muestra claramente la necesidad de emplear puntos de control terrestre para generar un MDE con VANT que cumpla con las exactitudes en sus elevaciones. Este resultado se explica en el hecho de que el GPS integrado en el VANT tiene como fin facilitarle al vehículo navegar por la trayectoria del vuelo indicada por el operador, mientras el control terrestre es para soportar las exactitudes del producto cartográfico.
- El MDE definitivo generado con el control terrestre establecido se clasificó dentro de la clase 40-cm según lo definido por la ASPRS (2014), este resultado garantiza la generación de productos cartográficos confiables si se emplean intervalos de curvas de nivel establecidos en 1 m, tomando como referencia la norma ASPRS del año 1990, más orientada a las escalas de los productos que a la resolución cm/pixel de los mismos.
- Las distribuciones de GCP que no cuentan con la presencia de al menos un punto de control en el centro del bloque fotogramétrico no presentaron mejoras significativas en las exactitudes de los productos generados, esta afirmación se ve sustentada en el hecho de que el RMS obtenido al emplear 4 y 10 GCP es muy similar (1,147 m y 1,029 m respectivamente), y sólo se aprecia una mejora en los valores del RMS obtenido al emplazar un punto de control terrestre en el centro del modelo.
- La ubicación, distribución y calidad de los puntos de control terrestre es un factor determinante en el procesamiento y generación de los productos geospaciales cartográficos. Se llegó a la conclusión de que se necesitan 9

puntos de control terrestre como patrón, ubicándolos en zonas despejadas y distribuyéndolos alrededor de la zona de estudio, específicamente ubicando un punto en cada esquina del bloque, uno en cada centro de los lados externos y un punto en el centro del modelo, sin embargo, la cantidad de GCP puede aumentar principalmente debido a la morfología del terreno de la zona de estudio.

- Para generar el MDE en zonas donde hay vegetación, estructuras, vehículos, entre otros elementos que no corresponden al terreno es necesario realizar una clasificación rigurosa de estos en el programa escogido para el procesamiento digital de imágenes. En zonas donde exista mayor visibilidad de estos elementos que del propio terreno es necesario evaluar que tan real y representativo es el MDE generado.
- El aumento en la cantidad de puntos de paso “*tie points*” en el procesamiento de las imágenes no influye en la exactitud de la ortofoto, esto se evidencia en los resultados obtenidos al trabajar en diferentes niveles de procesamiento en el alineamiento de las fotografías, puesto que el factor determinante resulta la densidad de la nube de puntos.
- El MDS generado con LIDAR arrojó un RMS de 0,284 m al realizar la validación de las edificaciones empleando la cota de los techos extraídas del plano de alturas de edificios de la UCV. Por otro lado, al validar el MDS del VANT se halló un RMS de 3,414 m; esto permite afirmar que el MDS obtenido por LIDAR garantiza mayores exactitudes en la representación de la elevación de edificaciones, y permite establecer la necesidad de emplear puntos de control terrestre en el tope de las edificaciones si se desea emplear un VANT para modelarlos en un MDS. De igual manera, se

establece como una de las causas de estas diferencias la variación en la distancia entre los edificios y el sensor en el VANT, lo que implica una variación en el tamaño del GSD sobre el área de los edificios.

- Resulta necesario el establecimiento de GCP en los techos de las edificaciones altas, a fin de minimizar las distorsiones que generan discrepancias al momento de realizar las validaciones.
- De acuerdo a la clase en la cual se clasificó la ortofoto definitiva generada con GCP (clase 50-cm), y tomando como referencia las especificaciones de la ASPRS (1990), se puede afirmar que es posible generar productos cartográficos a escala 1:1000 para la clase dos; empleando la ortofoto generada como insumo.
- Se configuró a la CUC como una zona geodésicamente controlada que permitió desarrollar la investigación, al establecer los puntos de control terrestre necesarios bajo los criterios establecidos por las normas y parámetros estándares.
- El uso de los VANT en el área de la fotogrametría representa una herramienta muy potente para la generación de productos cartográficos planimétricos y altimétricos, tomando en consideración ciertas variables del terreno y elementos antrópicos de la zona.
- Antes de realizar los vuelos con el VANT es necesario seleccionar el sitio óptimo para la ubicación del controlador, es decir, donde no se tengan pérdidas en la señal del controlador al VANT, esto se dificulta en lugares

con vegetación alta y edificios cercanos, es necesario buscar un sitio alto para realizar el vuelo (la azotea del edificio o estructura más alta).

- Luego de analizar las distintas distribuciones de puntos de control terrestre se concluye que se debe dividir el área de estudio en sectores, de acuerdo a la morfología del terreno, a la vegetación y a los elementos antrópicos, para no dejar desprovista ninguna zona de vértices de control o validación, y poder tener valores representativos de toda la zona.
- La señalización de los GCP de apoyo debe hacerse empleando marcas de un tamaño adecuado de acuerdo al GSD de la cámara y de la altura de vuelo, además, deben ser hechas estas marcas con colores que contrasten y se puedan visualizar de forma clara en las fotografías para el procesamiento, por ejemplo, rojo y blanco.
- El proceso de validación de los productos resulta de gran importancia, ya que es el que garantiza la bondad y confiabilidad de los mismos. Emplear una correcta distribución de puntos de chequeo garantiza una evaluación adecuada de los productos finales. Por esta razón, los puntos de verificación altimétricos deben estar emplazados en zonas desprovistas en lo posible de vegetación y edificios en sus alrededores.



## 5.2. Recomendaciones.

Una vez finalizado este trabajo de investigación y luego de haber internalizado y evidenciado las experiencias y limitaciones en la realización del mismo se plantean las siguientes recomendaciones:

- El establecimiento de al menos un GCP en el centro del área de interés para garantizar las mejores exactitudes.
- Se recomienda el establecimiento de puntos de control terrestre en los techos de las edificaciones de interés.
- El establecimiento de las marcas de los GCP para la ejecución del vuelo empleando tamaño, diseño y colores óptimos de las mismas.
- Seguir empleando a la CUC como zona geodésicamente controlada para la generación y validación de productos geoespaciales.
- Utilizar los vértices de la Red REMOS para enlazar las mediciones GNSS de los puntos de control terrestre.
- Se recomienda realizar estudios empleando una clasificación minuciosa (vegetación baja, media, alta, edificaciones, cursos de agua, terreno, entre otros) de los datos extraídos de la nube de puntos del VANT y evaluar las discrepancias con respecto a la de nube de puntos generada por la tecnología LIDAR.

- Complementar el MDT generado por el VANT con topografía convencional en zonas donde exista vegetación de media a alta y/o elementos antrópicos.
- Profundizar en el estudio de la determinación del número óptimo de puntos chequeo para la validación planimétrica empleando una distribución regular en forma de cuadrícula para tal fin, con el objetivo de determinar las zonas del producto con mayores discrepancias.
- Se recomienda al Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar tomar en consideración la metodología propuesta en este trabajo de investigación para redactar normativas y estándares nacionales sobre la adquisición, procesamiento y generación de productos geoespaciales con fines cartográficos, fotogramétricos, geodésicos o topográficos con tecnologías geoespaciales emergentes.
- Contar con un hardware que sea capaz de soportar en memoria y video el procesamiento de los datos y fotografías, para poder generar los productos geoespaciales cartográficos.
- Buscar una alternativa para realizar una pre calibración de la cámara del VANT antes de realizar algún trabajo con fines fotogramétricos, cartográficos, geodésicos o topográficos.
- Emplear la metodología presentada en esta investigación utilizando sistemas de referencia locales para las mediciones y evaluaciones.

- Al Departamento de Ingeniería Geodésica y Agrimensura de la Universidad Central de Venezuela motivar a los profesores y estudiantes a seguir investigando, experimentando y evaluando las bondades de utilizar infraestructura geodésica confiable en las tecnologías geoespaciales emergentes.

## BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, F., Mills, J. (2008). Accuracy assessment of LIDAR-derived digital elevation models. Universidad de Almería, Universidad de Newcastle. Disponible en: [http://www.ual.es/GruposInv/ProyectoCostas/phor\\_476.pdf](http://www.ual.es/GruposInv/ProyectoCostas/phor_476.pdf). [Consulta: 2016, marzo 6].

ASPRS (2014). ASPRS positional accuracy standards for digital geospatial data. Estados Unidos. Disponible en: [http://www.asprs.org/a/society/committees/standards/ASPRS\\_Positional\\_Accuracy\\_Standards\\_Edition1\\_Version100\\_November2014.pdf](http://www.asprs.org/a/society/committees/standards/ASPRS_Positional_Accuracy_Standards_Edition1_Version100_November2014.pdf). [Consulta: 2016, marzo 6].

ASPRS LIDAR guidelines. (). Horizontal accuracy reporting. Disponible en: [http://www.asprs.org/a/society/committees/standards/Horizontal\\_Accuracy\\_Reporting\\_for\\_Lidar\\_Data.pdf](http://www.asprs.org/a/society/committees/standards/Horizontal_Accuracy_Reporting_for_Lidar_Data.pdf). [Consulta: 2016, marzo 6].

Baseline Surveys Ltd. (2013). Accuracy of UAV Photogrammetry compared with network RTK GPS. Irlanda: Barry, P., Coakley, R.

Bernard Kumi-Boateng, Yao Yevenyo Ziggah (2016). Accuracy Assessment of Cartesian (X, Y, Z) to Geodetic Coordinates ( $\phi$ ,  $\lambda$ , h) Transformation Procedures in Precise 3D Coordinate Transformation – A Case Study of Ghana Geodetic Reference Network. Journal of Geosciences and

Geomatics. [Revista en línea]. Disponible:  
<http://pubs.sciepub.com/jgg/4/1/1>. [Consulta: 2016, marzo 6].

Cedeño A., Oropeza E. (2014). Comparación de la data topográfica con la data Lidar de la quebrada Tacagua para el modelaje de la prolongación de la avenida Boyacá de Caracas (Distrito Capital). Trabajo especial de grado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

Daruz A. (2014). Evaluación de los modelos gravimétricos del satélite Grace a partir de datos de mediciones terrestres de gravedad y generación de modelos ajustados para Venezuela. Trabajo especial de grado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

Gesch, D.B., Oimoen, M.J., Evans, G.A. (2014). Accuracy assessment of the U.S. Geological Survey National Elevation Dataset, and comparison with other large-area elevation datasets—SRTM and ASTER: U.S. Geological Survey Open-File Report 2014–1008. Disponible en:  
<http://dx.doi.org/10.3133/ofr20141008>. [Consulta: 2016, marzo 6].

González S. (2015). Metodología para validar datos geospaciales adquiridos con vehículos aéreos no tripulados. Trabajo especial de grado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

Infante A. (2015). Aplicación de la metodología gnss ntrip a levantamientos topográficos con fines catastrales. Trabajo especial de grado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

Kollner Labraña & CIA. (s.f.). Aerotriangulación analítica, metodologías y aplicaciones. Santiago de Chile.

Pakoksung, K. & Takagi, (2016). Digital elevation models on accuracy validation and bias correction in vertical. Modeling Earth Systems and Environment [Revista en línea]. Disponible: <http://link.springer.com/article/10.1007/s40808-015-0069-3#page-1>. [Consulta: 2016, marzo 6].

Poesová, J (2015). Measurement and spatial model creation of the inner part of the Helfenburk Castle near Ustek [Resumen en línea]. Trabajo de grado de maestría, Universidad de Praga. Disponible: <http://geo.fsv.cvut.cz/proj/dp/2016/jana-poesova-dp-2016.pdf>. [Consulta: 2016, marzo 6].

Pourali, S., Arrowsmith, C., Chrisman, N., Matkan, A. (2015). Vertical accuracy assessment of LIDAR ground points using minimum distance approach. Real Instituto de Tecnología de Melbourne, Universidad Shahid Beheshti. Disponible en: <http://ceur-ws.org/Vol-1142/paper10.pdf>. [Consulta: 2016, marzo 6].

Ramírez, A., (1985). Nivelación y gravedad. Trabajo especial de grado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

Rehak, M., Mabillard, R., Skaloud, J. (2013). A micro-UAV with the capability of direct georeferencing. Revista "International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences" [Revista en línea]. Disponible en: <http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XL-1-W2/317/2013/isprsarchives-XL-1-W2-317-2013.pdf> [Consulta: 2016, marzo 6].

Rosenberg, A., (2009). An Evaluation of a UAV Guidance System with Consumer Grade GPS Receivers. Universidad de Arizona. Editor ProQuest.

SenseFly, Pix4D. (s.f.). The accuracy of automatic photogrammetric techniques on ultra-light UAV imagery. : Küng, O y otros.

Thompson. G, Maune David F (2015).Issues and Answers in Quality Control of LIDAR DEMs. Disponible: [http://www.ncfloodmaps.com/pubdocs/QC\\_LIDAR\\_DEMs.pdf](http://www.ncfloodmaps.com/pubdocs/QC_LIDAR_DEMs.pdf). [Consulta: 2016, marzo 6].

Underhill Geomatics Ltd. (2015). Evaluation of UAV photogrammetric accuracy for mapping and earthworks computations. Canadá: Cryderman, C., Bill Mah, S., Shufletosk, A.

USGS. (2014). LIDAR base specification. Estados Unidos. Disponible en: <http://pubs.usgs.gov/tm/11b4/pdf/tm11-B4.pdf>. [Consulta: 2016, junio 4].

Wang, Lanying (2016). Semi-automated Generation of High-accuracy Digital Terrain Models along Roads Using Mobile Laser Scanning Data [Resumen en línea]. Trabajo especial de grado. Universidad de Waterloo, Ontario. Disponible: <https://uwspace.uwaterloo.ca/handle/10012/10276>. [Consulta: 2016, junio 10].



## APÉNDICE

## **APÉNDICE 1**

*Tabla de discrepancias entre la cota de los puntos recopilados y la cota del MDE del SRTM.  
Fuente: elaboración propia*

NOMBRE	LONG (dec)	LAT (dec)	ELEV (m)	ELEV SRTM (m)	DIF (m)
AERBARQ	-69.360229	10.045121	616.750	624.466	-7.716
34191	-69.251892	10.072345	431.410	421.263	10.147
34192	-69.219391	10.083456	403.487	384.007	19.480
34193	-69.208557	10.092069	381.012	384.370	-3.358
34195	-69.153343	10.094999	372.162	371.071	1.091
34196	-69.131943	10.0875	387.573	388.016	-0.443
341910	-69.06855	10.094292	473.792	463.727	10.065
341911	-69.057159	10.102902	398.355	439.423	-41.068
341912	-69.036942	10.118889	405.350	409.010	-3.660
341913	-69.027435	10.131792	435.273	425.895	9.378
341914	-69.00972	10.158056	478.618	483.994	-5.376
341917	-68.94577	10.159293	372.192	375.773	-3.581
341918	-68.923065	10.155277	334.810	337.033	-2.223
341919	-68.898544	10.165128	304.035	317.171	-13.136
341920	-68.890488	10.176794	314.237	323.347	-9.110
341920T1	-68.884102	10.184016	327.629	320.917	6.712
341920T2	-68.884171	10.194444	329.721	332.000	-2.279
341921	-68.876602	10.217907	344.895	357.891	-12.996
341922	-68.866936	10.228611	341.789	347.000	-5.211
341923	-68.843323	10.246389	336.216	342.962	-6.746
341924	-68.825272	10.251388	298.980	304.005	-5.025
341925	-68.814369	10.267908	337.356	333.137	4.219
341926	-68.813263	10.277075	359.971	365.073	-5.102
341927	-68.803879	10.302778	474.280	469.010	5.270
341928	-68.78167	10.319444	404.939	412.987	-8.048
AERSANF	-68.751869	10.28013	231.920	230.352	1.568
AERPTOCA	-68.075172	10.47514	9.210	13.314	-4.104
NODO4T2	-68.20546	10.489028	12.842	14.173	-1.331
NODO4	-68.211128	10.477229	12.443	20.780	-8.337
341956	-68.253052	10.467222	21.235	22.014	-0.779
341955	-68.258514	10.466249	32.274	23.656	8.618
341954	-68.292961	10.464305	27.618	30.013	-2.395
341953	-68.322128	10.458471	25.103	26.007	-0.904
341953T1	-68.308243	10.462083	27.852	27.000	0.852
341952	-68.33046	10.455416	26.872	28.842	-1.970
341951	-68.358246	10.454027	25.782	30.652	-4.870
341950	-68.386955	10.450556	23.900	28.922	-5.022
341949	-68.404083	10.443192	22.981	27.412	-4.431
341948	-68.428055	10.436945	26.009	29.996	-3.987
341947	-68.44194	10.437222	23.041	26.017	-2.976
341946	-68.46714	10.437359	24.571	26.716	-2.145
341945	-68.475555	10.433057	25.286	28.000	-2.714
341944	-68.511864	10.430136	31.328	30.072	1.256
341943	-68.513611	10.426943	30.673	34.005	-3.332
341942	-68.520554	10.425278	31.666	40.000	-8.334
341940	-68.570747	10.42847	40.696	47.909	-7.213
341939	-68.587219	10.433057	52.520	58.005	-5.485
341938	-68.606033	10.416524	56.502	64.917	-8.415
341937	-68.620834	10.405278	62.207	71.992	-9.785
341936	-68.644371	10.393745	75.228	86.839	-11.611
341935	-68.664093	10.392634	101.654	107.846	-6.192
341933A	-68.672981	10.386801	129.920	124.742	5.178
341933	-68.698814	10.3643	180.592	187.521	-6.929
341932	-68.713814	10.354578	205.982	218.060	-12.078
341931	-68.73111	10.343889	243.173	253.001	-9.828
341930	-68.745834	10.329722	267.336	281.996	-14.660
VLZ611	-69.443291	10.109289	676.588	678.271	-1.683
3CB117	-69.447731	10.125957	741.696	703.350	38.346
3CB116	-69.466942	10.155556	799.463	801.985	-2.522

NOMBRE	LONG (dec)	LAT (dec)	ELEV (m)	ELEV SRTM (m)	DIF (m)
3CB115	-69.467499	10.168888	857.216	856.047	1.169
3CB114	-69.476944	10.201667	776.143	785.989	-9.846
CB111	-69.474998	10.26889	654.600	657.995	-3.395
CB110	-69.464165	10.280556	645.743	650.993	-5.250
3CB109	-69.461777	10.31828	659.672	679.786	-20.114
3CB105	-69.439682	10.354851	710.836	708.085	2.751
3CB103	-69.419441	10.374722	599.219	606.967	-7.748
3CB101	-69.412735	10.387352	608.510	634.109	-25.599
VLZ6T1	-69.443291	10.109289	676.588	678.271	-1.683
3CB113	-69.484268	10.224186	713.026	717.687	-4.661
3CB102	-69.414719	10.381944	609.683	616.039	-6.356
3CB100	-69.420509	10.400408	575.357	599.999	-24.642
3CB98	-69.439682	10.422353	583.226	608.508	-25.282
3CB96B	-69.439682	10.457632	422.832	427.666	-4.834
CD96	-69.439682	10.463465	439.433	547.723	-108.290
CB95	-69.444122	10.480966	364.622	319.051	45.571
CB94	-69.443291	10.512076	280.849	294.675	-13.826
3CB93	-69.447456	10.493743	284.342	282.679	1.663
3CB92A	-69.447777	10.516667	271.421	276.015	-4.594
CD92	-69.431625	10.530967	260.658	260.956	-0.298
3CB91	-69.408287	10.540133	248.316	303.615	-55.299
3CB90	-69.392456	10.549578	246.057	244.275	1.782
3CB89B	-69.385231	10.55569	254.817	263.517	-8.700
CB92	-69.431625	10.530967	260.658	260.956	-0.298
CB104	-68.197685	10.442637	12.443	206.868	-194.425
I3366	-68.193237	10.504862	8.308	25.521	-17.213
I3365	-68.201668	10.533334	3.807	7.994	-4.187
I3364	-68.242226	10.581944	1.477	4.988	-3.511
I3362	-68.263084	10.615939	2.118	4.763	-2.645
I3360	-68.298515	10.685422	2.094	3.834	-1.740
I3359	-68.326584	10.794591	1.428	3.630	-2.202
I3358	-68.321861	10.789868	1.536	3.927	-2.391
I3357	-68.336029	10.815147	2.870	6.905	-4.035
I3361	-68.280182	10.641809	2.778	5.674	-2.896
I3356	-68.33223	10.839722	3.077	6.027	-2.950
I3355	-68.375748	10.873482	13.701	12.157	1.544
I3353	-68.359085	10.991818	2.746	7.386	-4.640
I3352	-68.344078	11.052097	1.270	6.088	-4.818
I3351	-68.359917	11.085432	1.840	2.867	-1.027
I3350	-68.397972	11.140989	1.619	4.862	-3.243
I3348	-68.435555	11.171668	1.989	5.005	-3.016
I3347	-68.461121	11.182222	1.752	6.999	-5.247
I3344	-68.576591	11.157377	102.266	149.811	-47.545
I3343	-68.59687	11.155709	97.539	94.946	2.593
I3342	-68.613533	11.164321	190.864	104.602	86.262
I3341	-68.693268	11.175155	229.051	193.189	35.862
I3340	-68.699379	11.171543	112.581	172.818	-60.237
NEN81A	-69.731361	11.152925	230.387	1114.746	-884.359
I3339	-68.731667	11.151666	267.509	282.017	-14.508
I33381	-68.727348	11.130103	153.638	142.975	10.663
NEM81A	-69.731361	11.152925	230.387	1114.746	-884.359
I3338191	-68.367134	10.871537	12.998	12.682	0.316
I333818	-68.408806	10.887093	122.000	13.467	108.533
I333817	-68.427414	10.887093	123.929	29.380	94.549
I333816	-68.467972	10.919593	119.656	12.698	106.958
I333814	-68.512421	10.946816	127.570	18.254	109.316
I333813	-68.529442	10.964722	129.775	31.991	97.784
I333811	-68.553444	10.985378	198.978	74.375	124.603
I333810	-68.568451	10.99177	211.757	104.960	106.797

NOMBRE	LONG (dec)	LAT (dec)	ELEV (m)	ELEV SRTM (m)	DIF (m)
I33389	-68.600281	11.0075	221.544	111.996	109.548
I33388	-68.628998	11.01871	87.705	91.076	-3.371
I33387	-68.656219	11.02316	140.314	91.995	48.319
I33384	-68.681938	11.070833	54.428	53.978	0.450
I33382	-68.702751	11.084591	107.185	73.192	33.993
I3338T1	-68.749283	11.168715	89.041	117.395	-28.354
I3337	-68.840622	11.201401	132.417	124.193	8.224
I3336	-68.874664	11.225725	64.723	76.710	-11.987
I3334	-68.916054	11.255711	12.501	21.648	-9.147
I3333	-68.93	11.275278	16.539	36.000	-19.461
I3331	-68.971947	11.319722	14.756	16.000	-1.244
I3329	-69.021873	11.337166	8.117	10.000	-1.883
I3328	-69.044945	11.342656	22.782	23.801	-1.019
I3327	-69.076942	11.355833	49.874	52.000	-2.126
I3326	-69.136894	11.349323	193.286	133.206	60.080
I3325	-69.142174	11.369601	166.614	175.599	-8.985
I3324	-69.162788	11.382221	59.700	64.000	-4.300
I3322	-69.207222	11.407778	22.406	25.001	-2.595
I3321	-69.216537	11.446798	31.369	17.245	14.124
I3320	-69.229118	11.456548	15.330	12.503	2.827
I3319	-69.248055	11.47	49.655	47.004	2.651
I3318	-69.258888	11.495277	187.465	193.014	-5.549
I3316	-69.282219	11.518333	30.317	34.012	-3.695
I3315	-69.324471	11.504234	9.073	19.625	-10.552
I3313	-69.362503	11.484167	20.339	16.941	3.398
I3311	-69.422501	11.489721	13.803	19.001	-5.198
I339	-69.464371	11.488426	35.556	91.698	-56.142
I338	-69.486351	11.482657	31.260	58.433	-27.173
I336	-69.514435	11.471389	58.111	63.104	-4.993
I335	-69.544434	11.459444	43.911	46.000	-2.089
I334	-69.570244	11.452934	4.668	9.670	-5.002
I332	-69.597382	11.446291	7.484	4.921	2.563
I331	-69.644722	11.424167	13.781	15.001	-1.220
AERCORO	-69.678589	11.413487	16.250	19.481	-3.231
3CB84A	-69.285278	10.6125	248.985	257.002	-8.017
322021	-69.266342	10.645415	271.361	436.727	-165.366
322027	-69.323845	10.749306	660.258	730.660	-70.402
322030	-69.332733	10.756529	799.224	816.468	-17.244
ACB65A	-69.376625	10.781807	676.672	670.150	6.522
322034	-69.394119	10.782362	694.501	696.072	-1.571
322036	-69.435234	10.794862	786.996	799.612	-12.616
322040	-69.508018	10.798472	828.942	825.503	3.439
322041	-69.516075	10.796805	813.219	811.853	1.366
CB55	-69.543297	10.808473	936.006	922.905	13.101
322045	-69.596909	10.800139	703.375	717.808	-14.433
322047	-69.614685	10.812084	694.257	703.128	-8.871
322051	-69.681908	10.881807	336.972	351.922	-14.950
322052	-69.685242	10.883474	353.375	345.233	8.142
322057	-69.705254	10.994309	472.710	515.286	-42.576
322069	-69.754417	11.134591	1144.654	1137.139	7.515
322070	-69.733864	11.160981	932.485	1014.276	-81.791
322071	-69.736916	11.171536	511.238	810.904	-299.666
322075	-69.709976	11.276817	98.551	106.425	-7.874
322076	-69.671082	11.319597	76.355	66.000	10.355
322078	-69.658859	11.353764	49.581	47.460	2.121
NODO19A	-69.356445	10.064527	597.357	606.854	-9.497
NODO19AT	-69.370224	10.069566	594.638	597.630	-2.992
31719A3	-69.386902	10.070399	617.860	610.058	7.802
31719A4	-69.421066	10.089011	694.707	711.801	-17.094

NOMBRE	LONG (dec)	LAT (dec)	ELEV (m)	ELEV SRTM (m)	DIF (m)
NODO20	-69.444954	10.105678	678.396	691.437	-13.041
32201	-69.456345	10.14179	706.324	744.451	-38.127
CT.31	-68.281013	10.164666	645.220	651.817	-6.597
VCT.32	-68.277954	10.167999	649.261	654.561	-5.300
VCT.35	-68.304626	10.199665	639.365	646.176	-6.811
VCT.36	-68.317955	10.211161	651.741	659.083	-7.342
VCT.38	-68.328789	10.214388	669.015	678.436	-9.421
NODO7IT1	-68.10463	10.070776	459.070	454.263	4.807
IV.4-4.85.8	-68.134903	10.032442	455.894	463.646	-7.752
IV.4-4.85.6	-68.098518	10.092721	451.472	459.341	-7.869
CT.44	-68.108231	10.073831	456.242	459.183	-2.941
2F.9	-68.112122	10.057998	752.918	455.541	297.377
CT.28	-68.359619	10.151333	661.165	668.202	-7.037
CT.30	-68.299622	10.164386	634.653	636.499	-1.846
CT.32	-68.275734	10.165222	654.442	659.156	-4.714
CT.34	-68.246574	10.171611	677.190	678.802	-1.612
CT.41	-68.174904	10.098831	619.769	634.643	-14.874
CT.43	-68.125458	10.071053	473.346	477.159	-3.813
CT.26	-68.39241	10.139942	616.438	624.787	-8.349
CT.32.B	-68.259911	10.17522	665.930	670.951	-5.021
BU.1	-68.268242	10.173277	665.887	661.854	4.033
BU.3	-68.277397	10.213833	655.187	662.685	-7.498
BU.6	-68.263512	10.247166	718.972	743.995	-25.023
BU.7	-68.263237	10.257723	804.171	816.370	-12.199
BU.9	-68.261566	10.278	727.610	730.399	-2.789
BU.11	-68.260735	10.292167	483.312	509.479	-26.167
BU.12	-68.275734	10.303833	302.226	307.481	-5.255
CT.29	-68.32518	10.157721	635.548	643.467	-7.919
4.16-17.59	-68.835747	9.657715	150.814	154.008	-3.194
4.16-17-47-6	-68.518517	9.769383	264.780	308.693	-43.913
4.16-17-47-5	-68.526299	9.747162	206.713	213.820	-7.107
NODO.17	-68.261009	9.65355	152.044	156.275	-4.231
4.16-17.41-T.2	-68.427963	9.710216	166.052	168.444	-2.392
4.16-17.41-T.1	-68.44574	9.699381	148.790	154.000	-5.210
4.16-17.41	-68.431854	9.70216	152.969	156.524	-3.555
4.16-17.39	-68.401016	9.68466	150.050	153.375	-3.325
4.16-17.37	-68.352402	9.676605	163.610	169.000	-5.390
4.16-17.35	-68.281578	9.66077	148.373	153.000	-4.627
4.16-17.73	-69.121307	9.65327	175.362	186.174	-10.812
4.16-17.64	-68.944351	9.681882	156.285	159.629	-3.344
2F.43	-68.601295	9.661327	151.019	154.147	-3.128
4.16-17.60	-68.862137	9.655216	148.517	161.778	-13.261
4.16-17-47-8	-68.512405	9.804662	451.756	455.809	-4.053
4.16-17.57	-68.788803	9.650494	135.509	143.708	-8.199
4.16-17.56	-68.777695	9.648827	130.339	146.028	-15.689
4.16-17.48	-68.59269	9.660771	152.239	157.693	-5.454
4.16-17.47	-68.579353	9.665771	151.122	157.074	-5.952
2F.60	-68.962967	9.686605	158.526	166.333	-7.807
2F.59	-68.954628	9.68716	160.588	166.419	-5.831
2F.58.A	-68.941574	9.683271	158.178	165.110	-6.932
2F.58	-68.9338	9.684382	161.358	167.625	-6.267
2F.54	-68.861305	9.65466	148.545	158.029	-9.484
2F.46	-68.656021	9.642994	143.135	143.706	-0.571
2F.45	-68.636574	9.645216	144.693	150.706	-6.013
4.16-17.62	-68.900185	9.687716	177.553	181.153	-3.600
EF.62	-68.164078	9.548825	1.000	120.427	-119.427
CBA.21	-68.152405	9.056598	69.466	73.163	-3.697
CBA.13	-68.151016	9.271044	82.340	87.499	-5.159
CBA.10	-68.157684	9.332711	86.935	91.071	-4.136

NOMBRE	LONG (dec)	LAT (dec)	ELEV (m)	ELEV SRTM (m)	DIF (m)
4-16-17-47-3	-68.547127	9.714105	170.098	182.367	-12.269
CBA.3	-68.178795	9.498269	180.870	182.306	-1.436
4-16-17-47-7	-68.511017	9.787438	392.319	407.377	-15.058
4.4-17.8	-68.127411	9.636881	125.928	140.908	-14.980
4.4-17.7	-68.128517	9.636326	125.425	143.377	-17.952
4.4-17.6	-68.129906	9.640215	127.838	144.453	-16.615
4.4-17.3	-68.179901	9.652437	124.490	142.080	-17.590
4.4-17.2	-68.195732	9.652993	125.509	139.647	-14.138
4.15-15.29	-68.069908	9.529936	115.944	122.354	-6.410
4.15-15.28	-68.048515	9.522436	127.489	134.539	-7.050
4.15-15.27	-68.030182	9.526325	134.162	139.382	-5.220
4.15-15.26	-68.011848	9.526879	125.176	133.684	-8.508
4-16-17-47-10	-68.518799	9.81105	463.634	475.091	-11.457
4-16-17-47-9	-68.515465	9.811883	453.174	445.432	7.742
CB.1	-68.334068	8.866318	66.974	66.974	0.000
CBA.9	-68.160744	9.361601	87.902	95.517	-7.615
II.III-3.28	-70.187698	11.751903	29.008	29.264	-0.256
II.III-3.27-3	-70.164093	11.789683	28.472	29.838	-1.366
II.III-3.27-2	-70.170479	11.773017	25.502	24.823	0.679
II.III-3.27-17.10	-69.837975	11.999963	3.720	5.708	-1.988
II.III-3.27-8	-70.093254	11.898295	40.584	42.039	-1.455
II.III-3.27-10	-70.065201	11.948018	67.479	70.303	-2.824
II.III-3.27-11	-70.035202	11.970796	83.754	85.825	-2.071
II.III-3.27-13	-69.97049	11.97552	100.905	104.635	-3.730
AJC-3	-70.148811	11.777461	23.126	25.900	-2.774
II.2.2.34	-70.539642	11.096622	76.217	75.462	0.755
II.III-3.29	-70.191582	11.750516	31.126	33.242	-2.116
II.III-3.27-7	-70.102982	11.866352	40.478	43.309	-2.831
MA.4	-70.182701	11.741904	24.376	29.920	-5.544
II.III.3.27.2.J.BIS	-70.294098	11.861351	1.304	0.000	1.304
II.III.3.27.2.J	-70.273819	11.821073	1.191	1.358	-0.167
II.III.3.27.2.G	-70.255486	11.820794	8.029	11.653	-3.624
II.III-3.27.2.F	-70.25354	11.82135	22.484	26.756	-4.272
II.III-3.27.2.D	-70.208801	11.813572	39.663	40.903	-1.240
II.2.2.21	-70.951042	10.804395	89.901	90.931	-1.030
FZ-67	-70.979378	10.766617	54.962	57.136	-2.174
AJC-1	-70.149368	11.776905	23.073	22.888	0.185
III.3-3.42	-68.632408	11.166065	190.840	216.622	-25.782
L.F.40	-70.723549	10.615502	267.212	269.224	-2.012
L.F.40.A	-70.724663	10.615502	266.041	268.151	-2.110
NODO-3	-69.674088	11.409956	19.505	28.910	-9.405
II.III-3.27-5	-70.12326	11.827184	30.681	34.476	-3.795
II.III-3.27-6	-70.108536	11.848017	30.150	37.805	-7.655
II.III-3.5	-69.704361	11.552735	2.930	6.255	-3.325
II.III-3.27-17	-69.921303	11.950239	74.403	82.423	-8.020
II.III-3.27-16	-69.92437	11.944683	78.494	83.859	-5.365
II.III-3.27-23	-69.815193	11.91385	1.399	2.402	-1.003
II.III-3.27-22	-69.807976	11.94135	1.026	5.820	-4.794
FZ.62	-70.911316	10.848841	81.114	80.872	0.242
II.2.2.42	-70.286316	11.186621	81.592	78.122	3.470
FZ-68	-71.002998	10.750506	56.522	56.522	0.000
CM.60	-70.677155	11.021897	88.272	94.959	-6.687
LF-65	-70.676872	11.02162	89.054	93.956	-4.902
LF.64	-70.6791	11.022453	85.892	91.800	-5.908
FZ-55	-70.641052	11.038009	62.187	64.609	-2.422
FZ-53	-70.609642	11.054953	70.720	72.469	-1.749
II.2.2.32	-70.604385	10.286057	72.562	880.826	-808.264
FZ-22	-70.015205	11.253287	57.371	63.234	-5.863
II.2.2.43	-70.27771	11.199398	74.742	82.460	-7.718

NOMBRE	LONG (dec)	LAT (dec)	ELEV (m)	ELEV SRTM (m)	DIF (m)
FZ.27	-70.13131	11.237454	112.022	112.836	-0.814
II.2.2.41	-70.305756	11.17801	102.011	101.674	0.337
FZ-40	-70.397713	11.147176	90.783	89.931	0.852
II.2.2.38	-70.406601	11.143843	80.306	83.070	-2.764
II.2.2.37	-70.429657	11.144955	65.651	69.640	-3.989
II.2.2.36	-70.448265	11.151342	52.342	54.294	-1.952
FZ-43	-70.451599	11.152176	50.770	53.847	-3.077
FZ-44	-70.459373	11.145787	41.839	40.408	1.431
II-2-235	-70.50631	11.059953	82.082	98.389	-16.307
FZ-52	-70.591316	11.064396	69.277	69.086	0.191
II.2.2.49	-70.106865	11.237733	111.674	112.688	-1.014
II.2.2.54	-69.993256	11.258843	49.110	52.280	-3.170
II.2.2.23	-70.918533	10.841894	79.743	77.461	2.282
II.2.2.23A	-70.896591	10.863008	69.025	68.519	0.506
FZ.59	-70.873268	10.884671	70.011	72.610	-2.599
II.2.2.24	-70.855209	10.901896	82.786	82.901	-0.115
II.2.2.25	-70.837151	10.920784	83.258	82.218	1.040
II.2.2.26	-70.81382	10.93662	80.093	79.666	0.427
II.2.2.27	-70.792709	10.947729	86.779	84.375	2.404
LF.63	-70.674652	11.037175	79.252	81.306	-2.054
II.2.2.28	-70.757988	10.965784	80.773	86.688	-5.915
II.2.2.19	-71.028275	10.730782	56.075	56.075	0.000
II.2.2.44	-70.255486	11.199677	64.504	66.000	-1.496
II.2.2.48	-70.159088	11.238565	94.186	93.928	0.258
II.2.2.50	-70.09436	11.237733	97.231	104.008	-6.777
II-2-2-51	-70.066864	11.243287	102.287	102.952	-0.665
FZ-34B	-70.258263	11.198288	69.291	66.950	2.341
FZ-31	-70.196594	11.229676	89.522	89.113	0.409
FZ.30	-70.176315	11.235511	94.285	94.778	-0.493
FZ.29	-70.161591	11.237733	94.270	98.520	-4.250
FZ.28	-70.146866	11.237454	100.804	104.599	-3.795
LF.56	-70.781319	10.953563	76.155	78.870	-2.715
III.3-3.30	-69.002411	11.336624	8.920	4.119	4.801
II.III.3.17.1	-69.956032	11.719128	28.164	30.100	-1.936
II.III-3.20	-70.045204	11.688571	24.483	26.424	-1.941
II.III-3.21	-70.079094	11.685238	27.466	27.474	-0.008
NEM.1.A	-70.195755	11.693016	22.541	26.170	-3.629
II.III-3.26	-70.200195	11.706349	26.814	31.870	-5.056
II.III-3.27	-70.180756	11.711348	16.366	18.464	-2.098
II.III-3.25	-70.204086	11.695793	23.683	29.319	-5.636
II.III-3.19	-70.012154	11.690793	19.852	19.608	0.244
III.3-3.35	-68.896294	11.236344	31.510	34.448	-2.938
II.III-3.23	-70.175758	11.678849	22.819	25.807	-2.988
NEM-67	-69.020187	11.337456	17.692	14.107	3.585
L.NEM.14C	-69.947426	11.785239	56.964	60.075	-3.111
L.NEM.14B	-69.945198	11.780517	54.201	57.513	-3.312
L.NEM.13	-69.952705	11.77135	47.060	47.120	-0.060
L.NEM.12	-69.954369	11.760793	70.041	73.087	-3.046
L.NEM.11	-69.956032	11.719128	38.472	30.100	8.372
II.III.3.17.7	-69.943535	11.874683	106.263	110.135	-3.872
II.III.3.17.5	-69.969376	11.836905	20.565	93.248	-72.683
NEM-78	-68.787415	11.179955	52.066	51.419	0.647
NEM-95	-68.401291	11.15051	2.766	3.777	-1.011
TC.102	-69.348526	11.486901	14.808	17.203	-2.395
NEM.44	-69.341583	11.494402	14.227	17.107	-2.880
NEM.43	-69.350197	11.486901	15.675	21.155	-5.480
NEM.36	-69.491585	11.483013	41.263	45.716	-4.453
NEM.33	-69.54686	11.45829	35.839	38.000	-2.161
NEM.32D	-69.562416	11.45829	20.074	23.844	-3.770



NOMBRE	LONG (dec)	LAT (dec)	ELEV (m)	ELEV SRTM (m)	DIF (m)
NEM.32A	-69.568253	11.464679	7.819	14.116	-6.297
II.III-3.18	-69.980759	11.693293	18.946	19.541	-0.595
NEM.16	-69.822144	11.708849	3.478	7.000	-3.522
III.3-3.38-T2	-68.753242	11.155509	121.474	125.544	-4.070
NEM-75	-68.840187	11.203286	125.841	127.899	-2.058
NEM-71	-68.932419	11.273287	21.978	21.660	0.318
NEM.58	-69.139359	11.367734	199.753	204.994	-5.241
NEM.50A	-69.259918	11.496625	184.755	187.205	-2.450
NEM.50	-69.259087	11.498291	162.250	166.376	-4.126
NEM.94.A	-68.407959	11.178009	1.598	5.109	-3.511
II.III-3.24	-70.197701	11.694127	22.376	25.755	-3.379
NEM.3	-70.17659	11.696904	14.427	16.855	-2.428
NEM.26F	-69.661034	11.414957	16.332	19.390	-3.058
II.2.2.59	-69.862144	11.3394	56.194	59.197	-3.003
II.III.3.17.2	-69.948532	11.782183	54.043	57.654	-3.611
II-2-2-65	-69.701591	11.402735	17.544	17.884	-0.340
II.2.2.64	-69.747414	11.378567	31.855	33.000	-1.145
II.2.2.63	-69.773529	11.3669	44.372	50.732	-6.360
II.2.2.61	-69.813248	11.350788	60.750	62.100	-1.350
FZ-12	-69.890213	11.324123	58.296	58.119	0.177
II.2.2.58	-69.899925	11.318844	70.285	68.818	1.467
II.2.2.57	-69.922981	11.309402	73.218	70.619	2.599
FZ-15	-69.944366	11.3069	64.501	68.236	-3.735
II.2.2.56	-69.965759	11.3044	55.150	52.000	3.150
FZ-17	-69.971588	11.295788	57.236	55.847	1.389
II.2.2.55	-69.971031	11.281066	73.310	80.116	-6.806
FZ-20	-69.991035	11.256065	53.756	54.557	-0.801
NEM-77	-68.811584	11.188843	53.846	55.538	-1.692
II.2.2.62	-69.794914	11.357733	53.930	54.371	-0.441
II.III-3.12	-69.810204	11.708849	1.939	3.522	-1.583
NEM.103	-68.381287	10.910784	2.832	8.113	-5.281
NEM-101	-68.366844	10.967731	2.120	5.700	-3.580
II.III-3.17	-69.9552	11.698016	15.069	18.619	-3.550
NEM.10	-69.956871	11.696349	15.032	17.752	-2.720
II.III-3.15	-69.891312	11.701071	8.282	8.753	-0.471
III.3.3-14	-69.345749	11.490514	18.647	23.346	-4.699
II.III-3.13	-69.842415	11.70746	4.050	7.021	-2.971
FZ.20B	-69.995758	11.257176	51.637	52.542	-0.905
II.III-3.27-17.4A	-69.950768	12.068575	19.635	19.635	0.000
II.III-3.27-17.4	-69.949097	12.065797	22.590	22.590	0.000
II.III-3.27-17.3	-69.937157	12.04413	41.115	41.115	0.000
II.III-3.27-17.1	-69.929649	11.987463	86.123	89.832	-3.709
III.3-3.38-5	-68.671295	11.056341	57.498	61.727	-4.229
III.3-3.38-3	-68.696014	11.08162	57.503	57.805	-0.302
III.3-3.38.18	-68.405182	10.894395	14.479	56.906	-42.427
II.III-3.14	-69.868813	11.701627	6.959	9.471	-2.512
17.4.18.8	-69.219643	9.723272	280.483	286.831	-6.348
VLZ.16	-69.602982	10.144387	789.876	790.909	-1.033
VLZ.34B	-69.825195	10.164387	512.188	514.377	-2.189
VLZ.34	-69.82547	10.164109	511.277	512.549	-1.272
VLZ.32	-69.806862	10.16022	544.782	545.675	-0.893
VLZ.27	-69.744919	10.143555	686.354	690.941	-4.587
VLZ.25	-69.716309	10.140221	722.124	724.696	-2.572
VLZ.24	-69.70298	10.136053	807.441	802.972	4.469
VLZ.23	-69.686035	10.142164	727.107	729.567	-2.460
VLZ.21	-69.669922	10.13272	803.406	820.725	-17.319
VLZ.20	-69.656311	10.131053	965.721	967.556	-1.835
C.02	-69.606865	9.047429	760.120	140.308	619.812
VLZ.18	-69.632698	10.152443	898.841	900.775	-1.934

NOMBRE	LONG (dec)	LAT (dec)	ELEV (m)	ELEV SRTM (m)	DIF (m)
VLZ.35	-69.838257	10.176332	483.412	487.056	-3.644
VLZ.13	-69.551025	10.140498	746.271	748.658	-2.387
VLZ.14	-69.567413	10.141609	746.767	752.274	-5.507
VLZ.09	-69.433807	10.130221	731.210	691.329	39.881
VLZ.10	-69.504089	10.133831	776.624	778.004	-1.380
VLZ.07	-69.446587	10.107443	676.461	673.664	2.797
VLZ.08	-69.463249	10.117442	694.890	696.354	-1.464
VLZ.06	-69.443527	10.107443	675.626	676.203	-0.577
VLZ.04	-69.421303	10.091054	696.974	700.371	-3.397
VVLZ.41	-69.906868	10.150498	454.669	456.931	-2.262
VVLZ.42	-69.905754	10.149665	455.083	460.000	-4.917
VLZ.17	-69.61631	10.147165	813.185	817.823	-4.638
VLZ.49	-70.035202	10.178277	436.963	438.420	-1.457
S.13C	-69.659363	9.744382	1348.580	1355.734	-7.154
NODO19AT2	-69.361855	10.074386	594.052	600.375	-6.323
S.11	-69.640198	9.769938	1301.490	1316.088	-14.598
S.09	-69.644363	9.786605	1223.860	1195.708	28.152
S.08	-69.641861	9.798273	1138.430	1155.369	-16.939
S.03	-69.617142	9.880496	757.970	759.594	-1.624
S.02	-69.619362	9.892717	738.480	737.767	0.713
VVLZ.50	-70.054367	10.209388	404.877	408.630	-3.753
VLZ.33	-69.819084	10.162165	531.909	537.201	-5.292
VVLZ.46	-69.934921	10.268835	395.504	391.627	3.877
VLZ.36	-69.856598	10.177166	461.690	463.431	-1.741
VLZ.50A	-70.05381	10.178833	430.774	438.454	-7.680
VLZ.46	-69.972977	10.189388	469.655	473.451	-3.796
VLZ.48	-70.013809	10.181333	454.131	457.344	-3.213
VLZ.45	-69.956589	10.191888	470.297	474.370	-4.073
VLZ.41	-69.9002	10.188	422.048	427.813	-5.765
VLZ.40	-69.898254	10.187444	425.677	427.716	-2.039
VLZ.39	-69.896591	10.188277	426.327	426.801	-0.474
VLZ.37	-69.867989	10.173832	444.521	449.759	-5.238
VLZ.38	-69.886597	10.181333	438.328	440.203	-1.875
2.17.19A22	-69.841316	10.133554	496.081	499.793	-3.712
VVLZ.43	-69.906311	10.148831	455.088	457.015	-1.927
LP27G	-69.791031	9.779382	628.132	632.485	-4.353
17.4.18.10	-69.185753	9.755772	289.322	300.845	-11.523
17.4.18.9	-69.20076	9.741884	292.510	294.102	-1.592
AB.37	-69.209084	9.976052	437.104	440.701	-3.597
AB.19	-69.173805	9.763551	254.486	262.102	-7.616
AB.18	-69.184914	9.756328	285.053	289.006	-3.953
AB.12	-69.247414	9.69966	304.794	306.186	-1.392
LP.33	-69.793808	9.711328	713.532	717.290	-3.758
LP.29	-69.800751	9.762161	635.122	641.626	-6.504
LP.28	-69.797974	9.779106	619.446	618.012	1.434
2.17.19A25	-69.905754	10.149665	455.083	460.000	-4.917
LP27H	-69.794357	9.784382	619.073	621.402	-2.329
17.4.18.18B	-69.200478	9.919106	467.105	507.592	-40.487
LP27E	-69.795746	9.784382	617.917	617.071	0.846
LP27G	-69.796585	9.796607	614.360	603.476	10.884
LP.16D	-69.629639	9.924664	693.461	695.275	-1.814
LP.16A	-69.622414	9.925219	694.970	697.870	-2.900
LP.02	-69.393524	10.047442	610.254	615.638	-5.384
NODO19A	-69.352417	10.059664	602.598	606.295	-3.697
A.154.RC	-69.352417	10.059385	601.260	606.913	-5.653
MB60E	-69.331863	10.062719	538.928	586.099	-47.171
3.17.19A.03	-69.389915	10.07772	617.270	623.146	-5.876
3.17.19.01	-69.284637	10.06411	518.735	530.528	-11.793
271	-69.792137	9.78605	616.076	618.680	-2.604

NOMBRE	LONG (dec)	LAT (dec)	ELEV (m)	ELEV SRTM (m)	DIF (m)
2.17.19A08	-69.549088	9.977998	673.420	678.285	-4.865
C.01	-69.608528	9.917719	707.710	710.686	-2.976
VLZ.26	-69.734085	10.139111	699.174	703.671	-4.497
2.17.19A17.T1	-69.728249	10.135221	707.477	712.890	-5.413
2.17.19A17	-69.72686	10.138276	708.452	709.892	-1.440
2.17.19A16	-69.704926	10.107165	635.464	639.121	-3.657
2.17.19A14	-69.69381	10.084107	608.073	613.084	-5.011
2.17.19A13	-69.678535	10.069942	606.432	610.211	-3.779
2.17.19A12	-69.667702	10.057998	605.034	605.670	-0.636
2.17.19A11	-69.648537	10.039109	601.773	604.475	-2.702
2.17.19A10	-69.589081	10.016053	628.685	631.762	-3.077
17.4.18.11	-69.165749	9.782717	266.976	274.372	-7.396
2.17.19A08T1	-69.539925	9.984663	681.673	687.311	-5.638
17.4.18.14	-69.14019	9.82744	322.298	324.465	-2.167
2.17.19A07	-69.524094	9.993274	680.349	685.636	-5.287
2.17.19A05	-69.471031	10.019386	684.059	687.018	-2.959
2.17.19A04	-69.461304	10.024109	677.329	684.971	-7.642
2.17.19A03	-69.446587	10.031886	660.296	670.669	-10.373
2.17.19A02	-69.416031	10.044386	635.022	640.333	-5.311
17.4.18.23	-69.227417	10.010498	443.247	453.432	-10.185
17.4.18.22	-69.220749	10.001885	447.702	451.757	-4.055
17.4.18.21	-69.208527	9.979384	445.652	449.824	-4.172
17.4.18.20	-69.211586	9.948551	470.277	474.000	-3.723
2.17.19A24	-69.879372	10.147999	436.825	439.621	-2.796
2.17.19A09	-69.569916	9.991052	651.696	660.303	-8.607
CB.78	-69.249641	10.666892	384.957	428.141	-43.184
CB.89	-69.386581	10.554946	243.147	269.560	-26.413
3.CB.89	-69.386581	10.554946	243.147	269.560	-26.413
3.CB.89A	-69.382141	10.555224	244.891	250.316	-5.425
3.CB.83	-69.26297	10.616337	215.875	221.822	-5.947
3.CB.82	-69.263802	10.623281	224.557	237.799	-13.242
3.CB.81	-69.277702	10.642448	429.489	367.357	62.132
3.CB.74	-69.28186	10.696893	130.261	150.498	-20.237
LP.35	-69.771866	9.683548	822.382	840.939	-18.557
LP.37	-69.768814	9.652716	1072.455	1025.542	46.913
LP.41	-69.792137	9.623826	1086.571	1097.851	-11.280
LP.46P	-69.858536	9.588269	1437.053	1448.961	-11.908
LP.49	-69.89576	9.54466	1290.244	1346.373	-56.129
C.03	-69.608246	9.857162	807.080	811.000	-3.920
S.12	-69.645195	9.757995	1344.430	1342.054	2.376
3.CB.79	-69.268814	10.656337	345.859	394.266	-48.407
C.06	-69.593246	9.828829	1182.560	1187.846	-5.286
C.04	-69.600197	9.845496	934.920	915.581	19.339
LP.45	-69.846581	9.580215	1438.388	1497.434	-59.046
C.05	-69.592972	9.844662	1026.600	1048.065	-21.465
C.09	-69.587692	9.798828	1372.920	1376.714	-3.794
3.CB.104	-69.433807	10.369945	697.600	717.029	-19.429
3.CB.97	-69.451302	10.438278	687.380	680.542	6.838
3.CB.112	-69.48159	10.241611	684.291	688.725	-4.434
LT.38	-70.386871	9.767995	340.298	358.802	-18.504
L.F.10	-70.244934	10.104111	424.672	426.036	-1.364
L.F.6	-70.148811	10.086886	413.637	418.791	-5.154
LF-5	-70.125481	10.099111	426.932	430.147	-3.215
L.F.4	-70.120201	10.112999	423.112	427.367	-4.255
L.F.3	-70.111588	10.144111	411.179	414.994	-3.815
LT.42A	-70.451599	9.722995	223.712	224.190	-0.478
LZ.20	-70.818817	10.036332	373.492	376.848	-3.356
LT.39	-70.409096	9.763272	285.905	294.021	-8.116
LZ.22	-70.881042	10.04772	171.691	173.936	-2.245

NOMBRE	LONG (dec)	LAT (dec)	ELEV (m)	ELEV SRTM (m)	DIF (m)
LZ.21	-70.847984	10.042441	231.827	230.744	1.083
L.F.13	-70.383545	10.06522	445.919	450.000	-4.081
It.13	-70.078812	10.00633	512.608	514.570	-1.962
LZ.19	-70.796043	10.019386	273.060	275.069	-2.009
LZ.18BIS	-70.787987	10.011609	271.189	271.312	-0.123
LT.41	-70.431595	9.738828	262.386	263.517	-1.131
NODO 19	-69.268806	10.061609	468.373	475.840	-7.467
LT.16	-70.109917	9.954108	500.860	498.447	2.413
3.SLT.7	-69.95826	10.105221	568.513	568.513	0.000
LZ.15	-70.732155	10.044662	333.207	333.518	-0.311
MB 60A	-69.303528	10.082164	546.554	553.374	-6.820
MB 60D	-69.352417	10.059385	602.728	606.913	-4.185
LT.12	-70.054649	10.024108	536.621	539.151	-2.530
LT.14	-70.095482	9.992721	500.953	504.119	-3.166
L.F.14	-70.41021	10.073276	466.204	464.806	1.398
NODO19T1	-69.270752	10.059386	484.895	492.358	-7.463
LF.17B	-70.466316	10.092165	483.356	482.674	0.682
LF.17	-70.463531	10.09411	480.135	484.000	-3.865
L.F.16	-70.434654	10.100499	468.910	470.154	-1.244
L.F.15	-70.422707	10.087721	466.947	466.152	0.795
2.17-19A-27	-69.951591	10.155499	473.860	476.580	-2.720
LT.15	-70.101303	9.976608	496.561	499.691	-3.130
3.SLT.8	-69.953255	10.090499	605.178	607.634	-2.456
3.LT.29	-70.271873	9.831607	565.712	566.745	-1.033
3.SLT.16.A	-69.937149	9.979939	636.006	642.424	-6.418
3.SLT.16.B	-69.939087	9.976885	639.291	642.215	-2.924
3.SLT.12	-69.92437	10.042996	596.878	609.084	-12.206
3.SLT.11	-69.936592	10.052163	539.807	540.234	-0.427
3.LT.30	-70.277428	9.850217	698.706	675.894	22.812
3.SLT.10	-69.940483	10.067999	520.864	526.232	-5.368
LT.20	-70.139648	9.899108	498.609	501.944	-3.335
3.SLT.6	-69.977425	10.122165	550.453	555.936	-5.483
3.SLT.14	-69.908821	10.010776	706.827	708.807	-1.980
L.F.23	-70.539642	10.239944	592.975	593.712	-0.737
L.F.23-A	-70.544647	10.241055	602.694	601.581	1.113
2.17-19A-28	-69.995201	10.131331	510.759	514.114	-3.355
3.SLT.9	-69.947144	10.074665	648.162	647.855	0.307
LZ.3	-70.383545	10.090499	589.007	446.845	142.162
LZ.12	-70.693817	10.107163	466.450	465.953	0.497
LZ.11	-70.692711	10.107999	462.718	463.938	-1.220
LZ.9	-70.658539	10.121055	518.962	519.651	-0.689
LZ.8	-70.650208	10.123833	531.170	536.696	-5.526
LZ.7	-70.637428	10.112444	564.737	572.060	-7.323
LZ.6	-70.617165	10.108555	559.323	559.429	-0.106
3.LT.31.B	-70.281876	9.863273	925.713	856.302	69.411
LZ.4	-70.565758	10.09022	613.822	613.803	0.019
LT.17	-70.115471	9.941607	493.657	496.935	-3.278
LZ.2	-70.528816	10.091054	544.842	543.285	1.557
LT.30	-70.284653	9.830496	586.036	587.804	-1.768
LT.23	-70.186035	9.851329	495.642	496.220	-0.578
LT.22	-70.173256	9.86744	485.532	485.279	0.253
LT.21	-70.156868	9.884662	493.898	498.218	-4.320
LZ.14	-70.720207	10.064387	385.964	391.936	-5.972
LZ.5	-70.596329	10.093832	597.443	604.181	-6.738
MB.49.A	-69.129074	10.081609	373.783	384.667	-10.884
MB.35.B	-68.902412	10.159387	309.598	319.416	-9.818
3.4-19.19	-68.897972	10.160499	303.457	306.556	-3.099
MB.31	-68.868523	10.226888	341.888	348.020	-6.132
pandearucar	-68.43087	10.063467	1145.000	1136.466	8.534

NOMBRE	LONG (dec)	LAT (dec)	ELEV (m)	ELEV SRTM (m)	DIF (m)
sanvicente	-68.454659	10.182045	1044.750	1035.206	9.544
merceditas	-68.151093	10.224161	1648.420	1654.590	-6.170
sabaneta	-68.312088	10.176773	868.980	855.898	13.082
tetadehilaria	-68.019241	10.352708	1682.000	1682.000	0.000
ANC1	-68.37812	10.647727	10.000	15.957	-5.957
ANC2	-68.439224	10.610837	19.000	21.997	-2.997
ANC3	-68.488411	10.515303	14.000	23.721	-9.721
ANC4	-68.313118	10.697155	1.000	3.000	-2.000
ANC5	-68.375671	10.6987	11.000	12.000	-1.000
ANC6	-68.422585	10.718701	23.000	24.304	-1.304
ANC7	-68.38649	10.726976	15.000	14.563	0.437
ANC8	-68.389946	10.746706	16.000	15.361	0.639
ANC9	-68.344574	10.744615	4.000	5.181	-1.181
ANC10	-68.344666	10.796712	5.000	6.130	-1.130
ANC11	-68.347755	10.809804	6.000	18.903	-12.903
elsilencio	-68.331841	10.868442	284.220	277.547	6.673
ANC12	-68.442993	10.761723	34.000	34.248	-0.248
ANC13	-68.417068	10.79244	24.000	22.322	1.678
ANC14	-68.41156	10.889592	14.000	15.968	-1.968
ANC15	-68.399315	10.917147	8.000	6.534	1.466
ANC16	-68.384621	10.930311	5.000	5.678	-0.678
ANC17	-68.42289	10.928168	11.000	8.758	2.242
ANC18	-68.379005	10.956641	6.000	4.169	1.831
ANC19	-68.469116	10.945823	15.000	17.000	-2.000
ANC20	-68.417992	10.964805	12.000	5.540	6.460
ANC21	-68.384621	10.970928	7.000	7.707	-0.707
ANC22	-68.458908	10.981745	14.000	11.350	2.650
ANC23	-68.484734	10.963069	20.000	26.046	-6.046
ANC24	-68.467789	10.906737	12.000	12.990	-0.990
ANC25	-68.483505	10.896532	22.000	24.847	-2.847
elpuñal	-68.477585	10.873366	532.420	526.821	5.599
ANC26	-68.479729	10.708451	32.000	32.438	-0.438
ANC27	-68.43544	10.678857	18.000	18.216	-0.216
ANC28	-68.390541	11.068591	16.000	21.872	-5.872
ANC29	-68.410645	11.067367	29.000	30.692	-1.692
ANC30	-68.383904	11.018382	7.000	4.385	2.615
ANC31	-68.452995	11.012871	68.000	60.118	7.882
ANC32	-68.472481	11.003686	80.000	63.026	16.974
ANC33	-68.420845	11.075122	26.000	28.000	-2.000
ANC34	-68.486877	11.067571	79.000	77.676	1.324
ANC35	-68.496368	11.094613	4.000	7.971	-3.971
ANC36	-68.446465	11.089205	15.000	14.274	0.726
ANC37	-68.413292	11.091961	15.000	19.809	-4.809
ANC38	-68.476776	11.103084	0.400	5.545	-5.145
ANC39	-68.419014	11.120229	62.000	48.959	13.041
ANC40	-68.495758	11.216259	19.000	5.873	13.127
ANC41	-68.496269	11.208605	2.500	5.135	-2.635
ANC42	-68.489532	11.200135	0.500	5.196	-4.696
ANC43	-68.420135	11.166764	3.000	6.000	-3.000
ANC44	-68.391251	11.168091	0.700	2.000	-1.300
ANC45	-68.406563	11.179929	3.500	4.626	-1.126
ANC46	-68.66037	11.334536	25.000	52.319	-27.319
ANC47	-68.672516	11.337903	59.000	60.343	-1.343
ANC48	-68.714867	11.338515	39.000	39.454	-0.454
ANC49	-68.78334	11.371987	28.000	30.043	-2.043
ANC50	-68.812424	11.339127	80.000	81.895	-1.895
ANC51	-68.873451	11.335249	70.000	70.336	-0.336
ANC52	-68.866005	11.359231	70.000	74.313	-4.313
ANC53	-68.916931	11.340146	19.000	14.600	4.400

NOMBRE	LONG (dec)	LAT (dec)	ELEV (m)	ELEV SRTM (m)	DIF (m)
ANC54	-68.919182	11.349331	5.000	5.496	-0.496
ANC55	-68.941429	11.345657	19.000	10.053	8.947
ANC56	-68.933365	11.358517	5.000	2.622	2.378
ANC57	-68.96418	11.345045	8.000	7.210	0.790
ANC58	-68.986839	11.337391	11.000	9.637	1.363
ANC59	-68.9664	11.366373	6.000	4.962	1.038
ANC60	-68.975922	11.386477	3.000	2.000	1.000
ANC61	-68.917137	11.379028	18.000	12.382	5.618
ANC62	-68.921631	11.396581	78.000	65.115	12.885
ANC63	-68.906219	11.442198	96.000	83.223	12.777
ANC64	-68.933975	11.42985	100.000	120.104	-20.104
ANC65	-68.863258	11.441535	68.000	69.948	-1.948
ANC66	-68.85743	11.44429	56.000	59.586	-3.586
ANC67	-68.842529	11.379283	34.000	41.044	-7.044
ANC68	-68.986839	11.317949	7.000	11.617	-4.617
ANC69	-68.991226	11.272639	9.000	22.504	-13.504
ANC70	-68.999695	11.257025	19.000	14.809	4.191
ANC71	-69.001534	11.102417	46.000	47.517	-1.517
ANC72	-68.987045	11.080579	53.000	54.114	-1.114
ANC73	-68.939896	11.072312	95.000	97.727	-2.727
ANC74	-68.787834	11.013634	155.000	151.431	3.569
ANC75	-68.534744	11.232025	57.000	51.864	5.136
laviejita	-68.769768	11.2308	281.000	279.721	1.279
ANC76	-68.548828	11.165488	76.000	69.947	6.053
trabuco	-68.617683	10.774236	537.000	537.525	-0.525
ANC77	-68.524109	10.932513	24.500	23.792	0.708
ANC78	-68.584129	10.932853	29.000	35.135	-6.135
ANC79	-68.646828	10.926064	26.000	29.650	-3.650
Riecito	-68.774681	10.897173	554.000	557.572	-3.572
ANC80	-68.838394	10.784842	59.000	54.925	4.075
ANC81	-68.549698	10.442298	36.000	33.912	2.088
ANC82	-68.546234	10.424946	34.000	34.535	-0.535
ANC83	-68.51239	10.459073	30.000	30.005	-0.005
ANC84	-68.558235	10.45777	37.000	40.973	-3.973
ANC85	-68.586586	10.469772	37.000	43.058	-6.058
ANC86	-68.566765	10.491753	32.000	37.153	-5.153
ANC87	-68.541893	10.506502	24.000	29.109	-5.109
ANC88	-68.547966	10.582564	67.000	63.785	3.215
ANC89	-68.560982	10.578949	64.000	59.798	4.202
ANC90	-68.653511	10.605268	55.000	59.872	-4.872
ANC91	-68.630562	10.599097	46.000	49.273	-3.273
ANC92	-68.504272	10.60334	9.000	28.777	-19.777
ANC93	-68.606171	10.624102	46.000	46.206	-0.206
ANC94	-68.616486	10.633892	55.000	59.700	-4.700
ANC95	-68.628075	10.643543	62.000	61.931	0.069
ANC96	-68.647102	10.639308	63.000	61.711	1.289
ANC97	-68.553032	10.658601	70.000	67.051	2.949
ANC98	-68.707451	10.622163	64.000	66.140	-2.140
ANC99	-68.709892	10.596122	67.000	68.923	-1.923
ANC100	-68.735527	10.604124	69.000	73.051	-4.051
ANC101	-68.771332	10.608328	78.000	78.775	-0.775
ANC102	-68.774178	10.645762	190.000	178.636	11.364
ANC103	-68.780556	10.632335	95.000	95.000	0.000
ANC104	-68.793449	10.638981	156.000	154.179	1.821
ANC105	-68.715996	10.574148	106.000	107.972	-1.972
ANC106	-68.72155	10.567096	108.000	112.809	-4.809
ANC107	-68.744339	10.585542	72.000	78.172	-6.172
ANC108	-68.814064	10.605207	85.000	89.463	-4.463
ANC109	-68.714775	10.554889	116.000	110.006	5.994

NOMBRE	LONG (dec)	LAT (dec)	ELEV (m)	ELEV SRTM (m)	DIF (m)
ANC110	-68.802528	10.557872	96.000	98.796	-2.796
ANC111	-68.803482	10.573741	94.000	97.250	-3.250
ANC112	-68.8302	10.565015	99.000	104.480	-5.480
ANC113	-68.824165	10.554216	101.000	107.530	-6.530
ANC114	-68.836769	10.574643	104.000	111.474	-7.474
ANC115	-68.85215	10.543238	112.000	118.401	-6.401
ANC116	-68.843246	10.51813	120.000	132.190	-12.190
ANC117	-68.866371	10.52452	127.000	131.699	-4.699
ANC118	-68.834877	10.518222	137.000	145.109	-8.109
ANC119	-68.870598	10.506433	144.000	148.323	-4.323
ANC120	-68.900475	10.500584	153.000	160.000	-7.000
ANC121	-68.900833	10.510841	147.000	145.061	1.939
ANC122	-68.904388	10.472493	183.000	194.221	-11.221
ANC123	-68.981544	10.28991	1379.000	1377.002	1.998
ANC124	-68.985527	10.294761	1288.000	1269.175	18.825
Santalucia	-68.99337	10.196024	1136.360	1141.958	-5.598
ANC125	-68.980614	10.045326	274.000	269.349	4.651
ANC126	-68.912575	10.035094	307.000	297.517	9.483
ANC127	-68.908188	10.029247	305.000	288.952	16.048
ANC128	-68.98407	10.022336	274.000	262.939	11.061
ANC129	-68.953499	10.009048	320.000	298.717	21.283
ANC130	-68.925064	10.000941	340.000	321.668	18.332
ANC131	-68.9151	10.007054	310.000	298.365	11.635
ANC132	-68.749641	10.051706	875.000	865.036	9.964
ANC133	-68.734894	10.003334	795.000	771.463	23.537
ANC134	-68.632965	10.010777	1524.000	1522.199	1.801
ANC135	-68.616081	10.003601	1472.000	1473.451	-1.451
ANC136	-68.620201	10.002007	1492.000	1490.751	1.249
ANC137	-68.591766	10.094497	870.000	864.426	5.574
ANC138	-68.572365	10.117887	1075.000	1034.988	40.012
ANC139	-68.605453	10.113502	1159.000	1132.060	26.940
ANC140	-68.517616	10.130911	775.000	750.977	24.023
ANC141	-68.531036	10.119614	815.000	793.450	21.550
ANC142	-68.580734	10.127853	907.000	888.675	18.325
ANC143	-68.506584	10.110179	800.000	764.727	35.273
ANC144	-68.506454	10.14101	770.000	746.472	23.528
ANC145	-68.543793	10.148784	996.000	980.823	15.177
ANC146	-68.508179	10.162472	760.000	747.057	12.943
ANC147	-68.593628	10.175362	860.000	847.966	12.034
ANC148	-68.622726	10.173501	778.000	763.203	14.797
ANC149	-68.692329	10.244374	153.000	139.712	13.288
ANC150	-68.704681	10.242116	148.000	133.674	14.326
ANC151	-68.709068	10.231617	151.000	140.466	10.534
ANC152	-68.721031	10.242647	150.000	141.072	8.928
ANC153	-68.680634	10.265239	136.000	131.000	5.000
ANC154	-68.721031	10.264839	170.000	163.879	6.121
ANC155	-68.794716	10.233477	219.000	230.943	-11.943
ANC156	-68.804153	10.243177	249.000	260.978	-11.978
ANC157	-68.76123	10.206235	182.000	178.984	3.016
ANC158	-68.769867	10.22949	165.000	172.286	-7.286
ANC159	-68.822891	10.192414	216.000	222.226	-6.226
ANC160	-68.814713	10.205172	210.000	218.270	-8.270
ANC161	-68.845078	10.207032	255.000	268.367	-13.367
ANC162	-68.865944	10.207364	293.000	309.822	-16.822
ANC163	-68.865143	10.193942	276.000	292.509	-16.509
ANC164	-68.840431	10.17753	234.000	237.624	-3.624
ANC165	-68.864151	10.166235	254.000	264.804	-10.804
SanJose	-68.861031	10.124773	459.560	451.549	8.011
ANC166	-68.848137	10.120055	214.000	228.644	-14.644

NOMBRE	LONG (dec)	LAT (dec)	ELEV (m)	ELEV SRTM (m)	DIF (m)
ANC167	-68.845078	10.136932	270.000	271.906	-1.906
ANC168	-68.836113	10.143843	209.000	213.651	-4.651
ANC169	-68.839432	10.129557	207.000	213.174	-6.174
ANC170	-68.796509	10.130687	226.000	221.230	4.770
ANC171	-68.819496	10.118327	385.000	330.871	54.129
ANC172	-68.798836	10.122249	248.000	238.999	9.001
ANC173	-68.824081	10.155138	204.000	211.885	-7.885
ANC174	-68.703026	10.172282	576.000	563.931	12.069
ElCedro	-68.36039	10.128322	1116.850	1104.307	12.543
LaCruz	-68.277809	10.094677	1048.600	1033.990	14.610
Encrucijada	-68.320419	10.033031	915.510	888.450	27.060
Cariaprima	-68.20649	10.297022	1703.600	1700.854	2.746
ElRodeo	-69.108017	10.01919	514.080	501.616	12.464
Chorreron	-69.103271	10.176942	1127.130	1126.398	0.732
Garrapatero	-69.367256	10.27441	1255.000	1259.753	-4.753
ANC175	-69.368111	10.33858	830.000	830.467	-0.467
Culebra	-69.4832	10.110825	780.630	769.818	10.812
Uraca	-69.463387	10.049693	954.170	899.937	54.233
Ext.Sur	-69.386215	10.028547	642.360	649.979	-7.619
Manzano	-69.336136	10.011046	908.160	904.800	3.360
Cerro Gordo	-69.321556	10.116659	909.360	908.499	0.861
Ext.Norte	-69.360687	10.078254	592.720	595.906	-3.186
ANC176	-69.071381	10.61307	353.000	348.885	4.115
ANC177	-69.032814	11.0946	52.000	55.559	-3.559
ANC178	-69.054268	11.078073	54.000	60.839	-6.839
ANC179	-69.005501	11.144535	42.000	56.738	-14.738
ANC180	-69.026131	11.19951	22.000	23.359	-1.359
ANC181	-69.100212	11.190719	17.000	31.861	-14.861
ANC182	-69.115807	11.179465	19.000	32.911	-13.911
ANC183	-69.065872	11.206543	17.000	25.109	-8.109
ANC184	-69.104668	11.22518	16.000	29.480	-13.480
ANC185	-69.071144	11.242177	16.000	29.044	-13.044
ANC186	-69.024025	11.244522	17.000	19.490	-2.490
ANC187	-69.031876	11.293167	16.000	19.203	-3.203
LosAraguatos	-69.078644	11.277459	159.000	158.905	0.095
ANC188	-69.035866	11.325401	15.000	26.065	-11.065
Paguara	-69.678017	11.516796	22.000	4.000	18.000
ANC189	-69.697304	11.457691	6.000	4.000	2.000
ANC190	-69.721771	11.588862	8.000	8.845	-0.845
ANC191	-69.826302	11.727083	17.000	9.185	7.815
ANC192	-70.043648	11.956553	97.000	91.211	5.789
ANC193	-70.155945	11.974803	36.000	31.308	4.692
ANC194	-70.202507	11.954167	26.000	20.977	5.023
ANC195	-70.200851	11.932496	27.000	22.949	4.051
ANC196	-70.16507	11.912172	39.000	32.250	6.750
ANC197	-70.259018	11.901284	13.300	11.175	2.125
ANC198	-70.127739	11.867688	39.000	37.955	1.045
ANC199	-70.111359	11.775506	26.000	27.663	-1.663
ANC200	-70.100777	11.763581	28.000	30.785	-2.785
ANC201	-70.147858	11.724489	18.000	17.288	0.712
ANC202	-70.240456	11.770113	10.200	4.965	5.235
ANC203	-70.214218	11.669012	3.500	6.383	-2.883
ANC204	-70.122139	11.69224	38.000	40.356	-2.356
ANC205	-70.069466	11.67368	21.000	19.632	1.368
ANC206	-70.037735	11.687886	20.000	25.274	-5.274
ANC207	-70.025398	11.707795	28.000	28.399	-0.399
ANC208	-69.938911	11.851722	128.000	115.198	12.802
ANC209	-69.974899	11.893924	149.000	143.094	5.906
ANC210	-69.439827	10.411311	578.000	581.106	-3.106



<b>NOMBRE</b>	<b>LONG (dec)</b>	<b>LAT (dec)</b>	<b>ELEV (m)</b>	<b>ELEV SRTM (m)</b>	<b>DIF (m)</b>
ANC211	-69.463425	10.42261	594.000	583.527	10.473
Indio	-69.380554	10.617698	1074.000	1072.278	1.722
ANC212	-69.311317	10.560534	173.000	174.365	-1.365
ANC213	-69.315971	10.542809	173.000	173.674	-0.674
ANC214	-69.336578	10.54436	183.000	183.636	-0.636
ANC215	-69.254265	10.576709	148.000	149.896	-1.896
PicoPico	-69.246948	10.362568	1090.000	1074.776	15.224
ANC216	-69.57608	10.023464	830.000	634.360	195.640
ANC217	-69.521805	10.051271	671.000	677.114	-6.114
ANC218	-69.565002	10.204592	732.000	738.461	-6.461
Calabaza	-69.600685	10.505585	1094.240	1076.584	17.656
Cienaga	-69.581299	10.989035	643.000	641.631	1.369
Chon	-69.728645	10.989255	761.000	746.184	14.816
Zazarida	-69.271111	11.322268	526.000	515.966	10.034
Galicia	-69.703163	11.177694	1501.000	1499.729	1.271
Peñasco	-69.598579	11.229763	1470.000	1468.316	1.684
SanAntonio	-69.497215	11.305538	1123.000	1099.604	23.396
ANC219	-69.923958	11.337772	93.000	40.791	52.209
ANC220	-69.949875	11.366686	34.000	25.573	8.427
Coro	-69.721222	11.405129	7.000	17.534	-10.534
ANC221	-69.747917	11.419863	12.000	12.988	-0.988
ANC222	-69.756668	11.394272	29.000	22.613	6.387
ANC223	-69.95874	11.379869	28.000	15.000	13.000
ANC224	-69.94445	11.448332	13.000	9.984	3.016
ANC225	-69.985214	11.464506	10.000	4.142	5.858
AguaSalada	-69.840652	11.393053	49.000	27.299	21.701
ANC226	-69.832115	11.417757	22.000	8.385	13.615
ANC227	-69.712799	11.430276	8.000	8.000	0.000
ANC228	-69.509514	11.448889	124.000	114.500	9.500
ANC229	-69.147469	11.19509	19.000	37.537	-18.537
Mapurite	-69.474388	10.818744	1122.000	1125.067	-3.067
ANC230	-69.206215	11.10861	48.000	59.000	-11.000
Cerro 830	-69.952644	11.817334	830.000	830.000	0.000
Cerro Jacura	-68.848007	11.067544	602.000	598.713	3.287

---

## **APÉNDICE 2**

*Alturas extraídas del modelo LiDAR de la zona 1. Fuente: elaboración propia.*

Tabla 59. Cuadrícula (cada 300m) de diferencias de elevaciones entre los modelos Lidar y SRTM.

Elaboración propia

N°	ESTE	NORTE	DIF
1	722749,878	1164250,111	-0,196
2	722749,878	1163950,111	-3,670
3	722749,878	1163650,111	16,593
4	723049,878	1164250,111	17,449
5	723049,878	1163950,111	-0,496
6	723049,878	1163650,111	3,986
7	723349,878	1164250,111	-5,977
8	723349,878	1163950,111	14,613
9	723349,878	1163650,111	2,301
10	723649,878	1164250,111	9,197
11	723649,878	1163950,111	16,130
12	723649,878	1163650,111	2,276
13	723949,878	1164250,111	-7,474
14	723949,878	1163950,111	2,145
15	723949,878	1163650,111	2,298
16	724249,878	1164850,111	-2,667
17	724249,878	1164550,111	2,703
18	724249,878	1164250,111	1,314
19	724249,878	1163950,111	2,237
20	724249,878	1163650,111	-1,407
21	724549,878	1164850,111	21,242
22	724549,878	1164550,111	0,315
23	724549,878	1164250,111	6,497
24	724549,878	1163950,111	5,072
25	724549,878	1163650,111	5,167
26	724849,878	1164850,111	0,116
27	724849,878	1164550,111	23,434
28	724849,878	1164250,111	16,795
29	724849,878	1163950,111	3,751
30	724849,878	1163650,111	17,167

Tabla 60. Cuadrícula (cada 200m) de diferencias de elevaciones entre los modelos Lidar y SRTM.

Elaboración propia.

N°	ESTE	NORTE	DIF
1	722699,878	1164300,111	-7,212
2	722699,878	1164100,111	15,417
3	722699,878	1163900,111	8,894
4	722699,878	1163700,111	3,549
5	722699,878	1163500,111	3,167
6	722899,878	1164500,111	8,052
7	722899,878	1164300,111	-8,222
8	722899,878	1164100,111	17,587
9	722899,878	1163900,111	4,516
10	722899,878	1163700,111	7,458
11	722899,878	1163500,111	1,191
12	723099,878	1164500,111	-1,704
13	723099,878	1164300,111	11,572
14	723099,878	1164100,111	0,218

N°	ESTE	NORTE	DIF
41	723899,878	1163500,111	10,386
42	724099,878	1164500,111	4,962
43	724099,878	1164300,111	2,967
44	724099,878	1164100,111	8,671
45	724099,878	1163900,111	3,784
46	724099,878	1163700,111	6,006
47	724099,878	1163500,111	-0,982
48	724299,878	1164900,111	-13,259
49	724299,878	1164700,111	5,134
50	724299,878	1164500,111	-0,112
51	724299,878	1164300,111	3,003
52	724299,878	1164100,111	-1,166
53	724299,878	1163900,111	-2,342
54	724299,878	1163700,111	9,302

15	723099,878	1163900,111	1,598
16	723099,878	1163700,111	-0,410
17	723099,878	1163500,111	10,298
18	723299,878	1164500,111	3,901
19	723299,878	1164300,111	20,994
20	723299,878	1164100,111	15,214
21	723299,878	1163900,111	3,268
22	723299,878	1163700,111	-0,671
23	723299,878	1163500,111	11,021
24	723499,878	1164500,111	9,506
25	723499,878	1164300,111	10,268
26	723499,878	1164100,111	7,077
27	723499,878	1163900,111	2,937
28	723499,878	1163700,111	-0,087
29	723499,878	1163500,111	11,744
30	723699,878	1164500,111	15,111
31	723699,878	1164300,111	8,413
32	723699,878	1164100,111	6,644
33	723699,878	1163900,111	8,089
34	723699,878	1163700,111	5,752
35	723699,878	1163500,111	12,468
36	723899,878	1164500,111	10,036
37	723899,878	1164300,111	-1,058
38	723899,878	1164100,111	-2,465
39	723899,878	1163900,111	5,901
40	723899,878	1163700,111	5,900

55	724299,878	1163500,111	0,964
56	724499,878	1164900,111	-5,959
57	724499,878	1164700,111	3,522
58	724499,878	1164500,111	0,332
59	724499,878	1164300,111	2,987
60	724499,878	1164100,111	3,858
61	724499,878	1163900,111	6,412
62	724499,878	1163700,111	6,151
63	724499,878	1163500,111	2,910
64	724699,878	1164900,111	-12,419
65	724699,878	1164700,111	5,284
66	724699,878	1164500,111	6,810
67	724699,878	1164300,111	8,337
68	724699,878	1164100,111	-5,458
69	724699,878	1163900,111	1,701
70	724699,878	1163700,111	8,449
71	724699,878	1163500,111	4,856
72	724899,878	1164900,111	3,092
73	724899,878	1164700,111	-2,850
74	724899,878	1164500,111	1,304
75	724899,878	1164300,111	5,457
76	724899,878	1164100,111	1,273
77	724899,878	1163900,111	14,458
78	724899,878	1163700,111	11,800
79	724899,878	1163500,111	5,564

Tabla 61. Cuadrícula (cada 150m) de diferencias de elevaciones entre los modelos Lidar y SRTM.  
Elaboración propia

N°	ESTE	NORTE	DIF
1	722674,878	1164475,111	7,676
2	722674,878	1164325,111	13,723
3	722674,878	1164175,111	-5,348
4	722674,878	1164025,111	6,246
5	722674,878	1163875,111	-0,044
6	722674,878	1163725,111	-3,573
7	722674,878	1163575,111	25,139
8	722824,878	1164475,111	9,136
9	722824,878	1164325,111	5,495
10	722824,878	1164175,111	5,773
11	722824,878	1164025,111	11,783
12	722824,878	1163875,111	10,569
13	722824,878	1163725,111	-7,077
14	722824,878	1163575,111	14,885
15	722974,878	1164475,111	10,815
16	722974,878	1164325,111	-1,548
17	722974,878	1164175,111	11,934
18	722974,878	1164025,111	5,676
19	722974,878	1163875,111	-0,489
20	722974,878	1163725,111	18,403
21	722974,878	1163575,111	17,755
22	723124,878	1164475,111	0,503
23	723124,878	1164325,111	6,082
24	723124,878	1164175,111	15,144
25	723124,878	1164025,111	3,237
26	723124,878	1163875,111	3,156

N°	ESTE	NORTE	DIF
64	724024,878	1164475,111	15,661
65	724024,878	1164325,111	-8,916
66	724024,878	1164175,111	5,694
67	724024,878	1164025,111	5,628
68	724024,878	1163875,111	2,209
69	724024,878	1163725,111	9,111
70	724024,878	1163575,111	12,072
71	724174,878	1164475,111	-5,221
72	724174,878	1164325,111	2,840
73	724174,878	1164175,111	0,066
74	724174,878	1164025,111	5,427
75	724174,878	1163875,111	-2,250
76	724174,878	1163725,111	8,462
77	724174,878	1163575,111	5,363
78	724324,878	1164925,111	2,422
79	724324,878	1164775,111	7,628
80	724324,878	1164625,111	11,627
81	724324,878	1164475,111	-7,031
82	724324,878	1164325,111	2,612
83	724324,878	1164175,111	-1,122
84	724324,878	1164025,111	-6,733
85	724324,878	1163875,111	3,037
86	724324,878	1163725,111	6,683
87	724324,878	1163575,111	1,386
88	724474,878	1164925,111	9,649
89	724474,878	1164775,111	1,652

27	723124,878	1163725,111	3,090
28	723124,878	1163575,111	9,015
29	723274,878	1164475,111	-0,075
30	723274,878	1164325,111	18,383
31	723274,878	1164175,111	20,699
32	723274,878	1164025,111	-0,832
33	723274,878	1163875,111	6,921
34	723274,878	1163725,111	-2,014
35	723274,878	1163575,111	-1,071
36	723424,878	1164475,111	-2,733
37	723424,878	1164325,111	-3,080
38	723424,878	1164175,111	5,766
39	723424,878	1164025,111	-0,013
40	723424,878	1163875,111	12,359
41	723424,878	1163725,111	15,786
42	723424,878	1163575,111	7,643
43	723574,878	1164475,111	2,151
44	723574,878	1164325,111	-6,527
45	723574,878	1164175,111	14,589
46	723574,878	1164025,111	11,269
47	723574,878	1163875,111	1,787
48	723574,878	1163725,111	14,699
49	723574,878	1163575,111	4,072
50	723724,878	1164475,111	6,196
51	723724,878	1164325,111	2,278
52	723724,878	1164175,111	9,113
53	723724,878	1164025,111	8,655
54	723724,878	1163875,111	10,775
55	723724,878	1163725,111	7,838
56	723724,878	1163575,111	6,078
57	723874,878	1164475,111	2,474
58	723874,878	1164325,111	7,114
59	723874,878	1164175,111	-5,712
60	723874,878	1164025,111	1,440
61	723874,878	1163875,111	4,652
62	723874,878	1163725,111	6,218
63	723874,878	1163575,111	11,723

90	724474,878	1164625,111	7,759
91	724474,878	1164475,111	5,715
92	724474,878	1164325,111	0,126
93	724474,878	1164175,111	5,197
94	724474,878	1164025,111	3,663
95	724474,878	1163875,111	7,105
96	724474,878	1163725,111	3,707
97	724474,878	1163575,111	8,864
98	724624,878	1164925,111	-0,373
99	724624,878	1164775,111	-3,016
100	724624,878	1164625,111	11,109
101	724624,878	1164475,111	4,607
102	724624,878	1164325,111	6,509
103	724624,878	1164175,111	1,640
104	724624,878	1164025,111	4,893
105	724624,878	1163875,111	5,757
106	724624,878	1163725,111	7,244
107	724624,878	1163575,111	3,930
108	724774,878	1164925,111	-1,099
109	724774,878	1164775,111	0,781
110	724774,878	1164625,111	-3,307
111	724774,878	1164475,111	-1,178
112	724774,878	1164325,111	2,493
113	724774,878	1164175,111	0,090
114	724774,878	1164025,111	8,406
115	724774,878	1163875,111	4,409
116	724774,878	1163725,111	7,304
117	724774,878	1163575,111	7,685
118	724924,878	1164925,111	11,873
119	724924,878	1164775,111	6,959
120	724924,878	1164625,111	9,283
121	724924,878	1164475,111	26,573
122	724924,878	1164325,111	-0,143
123	724924,878	1164175,111	4,141
124	724924,878	1164025,111	4,230
125	724924,878	1163875,111	7,430
126	724924,878	1163725,111	15,745
127	724924,878	1163575,111	14,218

Tabla 62. Cuadrícula (cada 100m) de diferencias de elevaciones entre los modelos Lidar y SRTM.  
Elaboración propia

N°	ESTE	NORTE	DIF
1	722649,878	1164450,111	3,879
2	722649,878	1164350,111	10,286
3	722649,878	1164250,111	11,471
4	722649,878	1164150,111	1,110
5	722649,878	1164050,111	5,756
6	722649,878	1163950,111	-0,650
7	722649,878	1163850,111	5,671
8	722649,878	1163750,111	-4,565
9	722649,878	1163650,111	-2,096
10	722649,878	1163550,111	21,605
11	722749,878	1164450,111	-3,977
12	722749,878	1164350,111	-0,932
13	722749,878	1164250,111	-0,196
14	722749,878	1164150,111	-2,943
15	722749,878	1164050,111	8,570
16	722749,878	1163950,111	-3,670

N°	ESTE	NORTE	DIF
141	724049,878	1164450,111	5,491
142	724049,878	1164350,111	-14,938
143	724049,878	1164250,111	9,035
144	724049,878	1164150,111	13,409
145	724049,878	1164050,111	9,766
146	724049,878	1163950,111	0,685
147	724049,878	1163850,111	0,291
148	724049,878	1163750,111	7,132
149	724049,878	1163650,111	0,705
150	724049,878	1163550,111	7,751
151	724149,878	1164450,111	2,288
152	724149,878	1164350,111	7,989
153	724149,878	1164250,111	-2,212
154	724149,878	1164150,111	14,428
155	724149,878	1164050,111	4,713
156	724149,878	1163950,111	1,461

17	722749,878	1163850,111	-10,463
18	722749,878	1163750,111	17,285
19	722749,878	1163650,111	16,593
20	722749,878	1163550,111	9,675
21	722849,878	1164450,111	6,409
22	722849,878	1164350,111	11,537
23	722849,878	1164250,111	4,055
24	722849,878	1164150,111	15,034
25	722849,878	1164050,111	9,158
26	722849,878	1163950,111	6,423
27	722849,878	1163850,111	7,215
28	722849,878	1163750,111	0,068
29	722849,878	1163650,111	-3,026
30	722849,878	1163550,111	13,505
31	722949,878	1164450,111	15,371
32	722949,878	1164350,111	-6,974
33	722949,878	1164250,111	10,363
34	722949,878	1164150,111	-7,852
35	722949,878	1164050,111	14,039
36	722949,878	1163950,111	4,305
37	722949,878	1163850,111	23,229
38	722949,878	1163750,111	15,030
39	722949,878	1163650,111	5,360
40	722949,878	1163550,111	10,767
41	723049,878	1164450,111	-0,200
42	723049,878	1164350,111	5,368
43	723049,878	1164250,111	17,449
44	723049,878	1164150,111	5,611
45	723049,878	1164050,111	-2,415
46	723049,878	1163950,111	-0,496
47	723049,878	1163850,111	7,161
48	723049,878	1163750,111	-0,299
49	723049,878	1163650,111	3,986
50	723049,878	1163550,111	5,821
51	723149,878	1164450,111	-1,491
52	723149,878	1164350,111	1,854
53	723149,878	1164250,111	-2,172
54	723149,878	1164150,111	14,803
55	723149,878	1164050,111	4,150
56	723149,878	1163950,111	1,855
57	723149,878	1163850,111	1,673
58	723149,878	1163750,111	5,958
59	723149,878	1163650,111	1,227
60	723149,878	1163550,111	5,558
61	723249,878	1164450,111	-3,415
62	723249,878	1164350,111	3,809
63	723249,878	1164250,111	4,962
64	723249,878	1164150,111	14,003
65	723249,878	1164050,111	11,876
66	723249,878	1163950,111	3,144
67	723249,878	1163850,111	6,821
68	723249,878	1163750,111	2,310
69	723249,878	1163650,111	-2,938
70	723249,878	1163550,111	3,298
71	723349,878	1164450,111	3,073
72	723349,878	1164350,111	1,343
73	723349,878	1164250,111	-5,977
74	723349,878	1164150,111	13,986
75	723349,878	1164050,111	12,286
76	723349,878	1163950,111	14,613

157	724149,878	1163850,111	-1,810
158	724149,878	1163750,111	15,299
159	724149,878	1163650,111	2,643
160	724149,878	1163550,111	-0,088
161	724249,878	1164950,111	8,166
162	724249,878	1164850,111	-2,667
163	724249,878	1164750,111	-4,699
164	724249,878	1164650,111	7,214
165	724249,878	1164550,111	2,703
166	724249,878	1164450,111	-2,878
167	724249,878	1164350,111	4,574
168	724249,878	1164250,111	1,314
169	724249,878	1164150,111	-1,568
170	724249,878	1164050,111	4,846
171	724249,878	1163950,111	2,237
172	724249,878	1163850,111	13,726
173	724249,878	1163750,111	11,311
174	724249,878	1163650,111	-1,407
175	724249,878	1163550,111	-2,831
176	724349,878	1164950,111	1,861
177	724349,878	1164850,111	6,539
178	724349,878	1164750,111	14,794
179	724349,878	1164650,111	4,190
180	724349,878	1164550,111	2,017
181	724349,878	1164450,111	4,318
182	724349,878	1164350,111	-0,618
183	724349,878	1164250,111	3,452
184	724349,878	1164150,111	0,134
185	724349,878	1164050,111	-5,076
186	724349,878	1163950,111	7,742
187	724349,878	1163850,111	7,263
188	724349,878	1163750,111	3,732
189	724349,878	1163650,111	-3,344
190	724349,878	1163550,111	-1,579
191	724449,878	1164950,111	10,349
192	724449,878	1164850,111	-5,309
193	724449,878	1164750,111	3,426
194	724449,878	1164650,111	8,643
195	724449,878	1164550,111	13,736
196	724449,878	1164450,111	-0,709
197	724449,878	1164350,111	-0,688
198	724449,878	1164250,111	-0,935
199	724449,878	1164150,111	1,211
200	724449,878	1164050,111	5,233
201	724449,878	1163950,111	2,391
202	724449,878	1163850,111	5,264
203	724449,878	1163750,111	7,657
204	724449,878	1163650,111	-5,238
205	724449,878	1163550,111	11,204
206	724549,878	1164950,111	-3,893
207	724549,878	1164850,111	21,242
208	724549,878	1164750,111	1,275
209	724549,878	1164650,111	18,163
210	724549,878	1164550,111	0,315
211	724549,878	1164450,111	1,071
212	724549,878	1164350,111	9,321
213	724549,878	1164250,111	6,497
214	724549,878	1164150,111	3,466
215	724549,878	1164050,111	2,370
216	724549,878	1163950,111	5,072

77	723349,878	1163850,111	-2,307
78	723349,878	1163750,111	7,961
79	723349,878	1163650,111	2,301
80	723349,878	1163550,111	5,609
81	723449,878	1164450,111	8,331
82	723449,878	1164350,111	5,951
83	723449,878	1164250,111	4,479
84	723449,878	1164150,111	9,801
85	723449,878	1164050,111	-0,250
86	723449,878	1163950,111	4,645
87	723449,878	1163850,111	11,111
88	723449,878	1163750,111	6,239
89	723449,878	1163650,111	5,027
90	723449,878	1163550,111	2,459
91	723549,878	1164450,111	3,901
92	723549,878	1164350,111	-2,969
93	723549,878	1164250,111	9,278
94	723549,878	1164150,111	8,863
95	723549,878	1164050,111	1,971
96	723549,878	1163950,111	17,115
97	723549,878	1163850,111	1,581
98	723549,878	1163750,111	10,003
99	723549,878	1163650,111	1,809
100	723549,878	1163550,111	2,812
101	723649,878	1164450,111	11,551
102	723649,878	1164350,111	-4,913
103	723649,878	1164250,111	9,197
104	723649,878	1164150,111	-6,724
105	723649,878	1164050,111	11,880
106	723649,878	1163950,111	16,130
107	723649,878	1163850,111	-6,042
108	723649,878	1163750,111	4,540
109	723649,878	1163650,111	2,276
110	723649,878	1163550,111	4,783
111	723749,878	1164450,111	-2,218
112	723749,878	1164350,111	1,390
113	723749,878	1164250,111	6,921
114	723749,878	1164150,111	7,173
115	723749,878	1164050,111	7,063
116	723749,878	1163950,111	-10,944
117	723749,878	1163850,111	7,150
118	723749,878	1163750,111	4,126
119	723749,878	1163650,111	13,169
120	723749,878	1163550,111	3,234
121	723849,878	1164450,111	8,089
122	723849,878	1164350,111	14,240
123	723849,878	1164250,111	-2,303
124	723849,878	1164150,111	2,556
125	723849,878	1164050,111	-0,262
126	723849,878	1163950,111	9,739
127	723849,878	1163850,111	5,713
128	723849,878	1163750,111	11,689
129	723849,878	1163650,111	12,294
130	723849,878	1163550,111	4,853
131	723949,878	1164450,111	13,368
132	723949,878	1164350,111	1,145
133	723949,878	1164250,111	-7,474
134	723949,878	1164150,111	11,554
135	723949,878	1164050,111	5,179
136	723949,878	1163950,111	2,145

217	724549,878	1163850,111	7,164
218	724549,878	1163750,111	7,454
219	724549,878	1163650,111	5,167
220	724549,878	1163550,111	2,144
221	724649,878	1164950,111	-7,313
222	724649,878	1164850,111	6,274
223	724649,878	1164750,111	6,535
224	724649,878	1164650,111	18,060
225	724649,878	1164550,111	-2,852
226	724649,878	1164450,111	0,253
227	724649,878	1164350,111	13,601
228	724649,878	1164250,111	4,271
229	724649,878	1164150,111	-1,921
230	724649,878	1164050,111	1,233
231	724649,878	1163950,111	2,849
232	724649,878	1163850,111	7,686
233	724649,878	1163750,111	9,238
234	724649,878	1163650,111	7,704
235	724649,878	1163550,111	7,026
236	724749,878	1164950,111	-7,099
237	724749,878	1164850,111	7,135
238	724749,878	1164750,111	4,423
239	724749,878	1164650,111	1,805
240	724749,878	1164550,111	1,207
241	724749,878	1164450,111	7,832
242	724749,878	1164350,111	5,910
243	724749,878	1164250,111	5,230
244	724749,878	1164150,111	-5,502
245	724749,878	1164050,111	6,449
246	724749,878	1163950,111	0,642
247	724749,878	1163850,111	2,473
248	724749,878	1163750,111	4,470
249	724749,878	1163650,111	6,385
250	724749,878	1163550,111	6,622
251	724849,878	1164950,111	2,951
252	724849,878	1164850,111	0,116
253	724849,878	1164750,111	10,809
254	724849,878	1164650,111	3,171
255	724849,878	1164550,111	23,434
256	724849,878	1164450,111	2,510
257	724849,878	1164350,111	12,238
258	724849,878	1164250,111	16,795
259	724849,878	1164150,111	0,028
260	724849,878	1164050,111	8,777
261	724849,878	1163950,111	3,751
262	724849,878	1163850,111	14,372
263	724849,878	1163750,111	21,859
264	724849,878	1163650,111	17,167
265	724849,878	1163550,111	11,157
266	724949,878	1164950,111	8,668
267	724949,878	1164850,111	7,924
268	724949,878	1164750,111	-3,194
269	724949,878	1164650,111	9,585
270	724949,878	1164550,111	-5,609
271	724949,878	1164450,111	18,180
272	724949,878	1164350,111	13,721
273	724949,878	1164250,111	14,642
274	724949,878	1164150,111	17,606
275	724949,878	1164050,111	2,594
276	724949,878	1163950,111	9,238

137	723949,878	1163850,111	1,658
138	723949,878	1163750,111	2,622
139	723949,878	1163650,111	2,298
140	723949,878	1163550,111	-4,414

277	724949,878	1163850,111	7,947
278	724949,878	1163750,111	12,466
279	724949,878	1163650,111	7,558
280	724949,878	1163550,111	6,311

Tabla 63. Cuadrícula (cada 50m) de diferencias de elevaciones entre los modelos Lidar y SRTM.  
Elaboración propia

N°	ESTE	NORTE	DIF
1	722629,878	1164490,111	5,406
2	722629,878	1164430,111	9,551
3	722629,878	1164370,111	15,527
4	722629,878	1164310,111	25,378
5	722629,878	1164250,111	27,171
6	722629,878	1164190,111	1,610
7	722629,878	1164130,111	5,536
8	722629,878	1164070,111	3,802
9	722629,878	1164010,111	21,836
10	722629,878	1163950,111	5,095
11	722629,878	1163890,111	4,702
12	722629,878	1163830,111	9,069
13	722629,878	1163770,111	2,260
14	722629,878	1163710,111	-6,469
15	722629,878	1163650,111	4,691
16	722629,878	1163590,111	3,080
17	722629,878	1163530,111	14,077
18	722689,878	1164490,111	6,883
19	722689,878	1164430,111	2,868
20	722689,878	1164370,111	2,505
21	722689,878	1164310,111	1,320
22	722689,878	1164250,111	-0,901
23	722689,878	1164190,111	-1,187
24	722689,878	1164130,111	5,551
25	722689,878	1164070,111	4,231
26	722689,878	1164010,111	11,603
27	722689,878	1163950,111	1,745
28	722689,878	1163890,111	5,984
29	722689,878	1163830,111	1,130
30	722689,878	1163770,111	-2,229
31	722689,878	1163710,111	1,744
32	722689,878	1163650,111	23,665
33	722689,878	1163590,111	20,977
34	722689,878	1163530,111	11,218
35	722749,878	1164490,111	-4,886
36	722749,878	1164430,111	-1,085
37	722749,878	1164370,111	-2,134
38	722749,878	1164310,111	-0,478
39	722749,878	1164250,111	-0,196
40	722749,878	1164190,111	1,922
41	722749,878	1164130,111	5,151
42	722749,878	1164070,111	16,135
43	722749,878	1164010,111	4,826
44	722749,878	1163950,111	-3,670
45	722749,878	1163890,111	-0,409
46	722749,878	1163830,111	-6,942
47	722749,878	1163770,111	11,836
48	722749,878	1163710,111	20,719

N°	ESTE	NORTE	DIF
393	724009,878	1164430,111	8,330
394	724009,878	1164370,111	-1,855
395	724009,878	1164310,111	-8,051
396	724009,878	1164250,111	6,405
397	724009,878	1164190,111	2,398
398	724009,878	1164130,111	2,885
399	724009,878	1164070,111	-2,016
400	724009,878	1164010,111	3,325
401	724009,878	1163950,111	0,011
402	724009,878	1163890,111	0,683
403	724009,878	1163830,111	8,204
404	724009,878	1163770,111	3,468
405	724009,878	1163710,111	5,440
406	724009,878	1163650,111	6,130
407	724009,878	1163590,111	9,543
408	724009,878	1163530,111	10,552
409	724069,878	1164490,111	23,783
410	724069,878	1164430,111	4,863
411	724069,878	1164370,111	-15,579
412	724069,878	1164310,111	11,646
413	724069,878	1164250,111	14,730
414	724069,878	1164190,111	0,240
415	724069,878	1164130,111	19,549
416	724069,878	1164070,111	2,285
417	724069,878	1164010,111	5,826
418	724069,878	1163950,111	3,227
419	724069,878	1163890,111	-4,940
420	724069,878	1163830,111	6,013
421	724069,878	1163770,111	8,335
422	724069,878	1163710,111	8,528
423	724069,878	1163650,111	-1,062
424	724069,878	1163590,111	-2,193
425	724069,878	1163530,111	-0,894
426	724129,878	1164490,111	8,478
427	724129,878	1164430,111	-0,101
428	724129,878	1164370,111	-0,840
429	724129,878	1164310,111	3,035
430	724129,878	1164250,111	1,927
431	724129,878	1164190,111	1,617
432	724129,878	1164130,111	24,447
433	724129,878	1164070,111	9,425
434	724129,878	1164010,111	-2,245
435	724129,878	1163950,111	10,916
436	724129,878	1163890,111	10,979
437	724129,878	1163830,111	1,623
438	724129,878	1163770,111	3,409
439	724129,878	1163710,111	12,679
440	724129,878	1163650,111	2,892



49	722749,878	1163650,111	16,593
50	722749,878	1163590,111	4,620
51	722749,878	1163530,111	10,309
52	722809,878	1164490,111	5,201
53	722809,878	1164430,111	12,563
54	722809,878	1164370,111	-5,026
55	722809,878	1164310,111	8,757
56	722809,878	1164250,111	5,545
57	722809,878	1164190,111	7,935
58	722809,878	1164130,111	8,436
59	722809,878	1164070,111	30,836
60	722809,878	1164010,111	10,967
61	722809,878	1163950,111	3,958
62	722809,878	1163890,111	1,534
63	722809,878	1163830,111	5,701
64	722809,878	1163770,111	8,431
65	722809,878	1163710,111	2,802
66	722809,878	1163650,111	6,464
67	722809,878	1163590,111	12,644
68	722809,878	1163530,111	9,372
69	722869,878	1164490,111	-1,686
70	722869,878	1164430,111	4,391
71	722869,878	1164370,111	11,878
72	722869,878	1164310,111	16,207
73	722869,878	1164250,111	0,008
74	722869,878	1164190,111	11,752
75	722869,878	1164130,111	3,903
76	722869,878	1164070,111	-2,590
77	722869,878	1164010,111	2,929
78	722869,878	1163950,111	7,380
79	722869,878	1163890,111	4,871
80	722869,878	1163830,111	1,802
81	722869,878	1163770,111	5,126
82	722869,878	1163710,111	-1,760
83	722869,878	1163650,111	-3,330
84	722869,878	1163590,111	2,299
85	722869,878	1163530,111	16,632
86	722929,878	1164490,111	9,419
87	722929,878	1164430,111	13,415
88	722929,878	1164370,111	3,548
89	722929,878	1164310,111	-8,259
90	722929,878	1164250,111	11,866
91	722929,878	1164190,111	11,363
92	722929,878	1164130,111	-4,374
93	722929,878	1164070,111	19,669
94	722929,878	1164010,111	17,651
95	722929,878	1163950,111	11,741
96	722929,878	1163890,111	20,036
97	722929,878	1163830,111	8,737
98	722929,878	1163770,111	14,051
99	722929,878	1163710,111	8,264
100	722929,878	1163650,111	2,198
101	722929,878	1163590,111	6,264
102	722929,878	1163530,111	-0,223
103	722989,878	1164490,111	5,368
104	722989,878	1164430,111	-0,173
105	722989,878	1164370,111	-8,134
106	722989,878	1164310,111	2,741
107	722989,878	1164250,111	3,559
108	722989,878	1164190,111	6,753

441	724129,878	1163590,111	-6,503
442	724129,878	1163530,111	-2,031
443	724189,878	1164490,111	7,633
444	724189,878	1164430,111	4,606
445	724189,878	1164370,111	7,323
446	724189,878	1164310,111	-1,085
447	724189,878	1164250,111	-1,375
448	724189,878	1164190,111	-4,827
449	724189,878	1164130,111	6,117
450	724189,878	1164070,111	12,881
451	724189,878	1164010,111	1,035
452	724189,878	1163950,111	-0,813
453	724189,878	1163890,111	-1,202
454	724189,878	1163830,111	3,605
455	724189,878	1163770,111	6,576
456	724189,878	1163710,111	2,825
457	724189,878	1163650,111	2,793
458	724189,878	1163590,111	8,811
459	724189,878	1163530,111	9,772
460	724249,878	1164970,111	9,309
461	724249,878	1164910,111	-3,399
462	724249,878	1164850,111	-2,667
463	724249,878	1164790,111	2,198
464	724249,878	1164730,111	-8,742
465	724249,878	1164670,111	5,078
466	724249,878	1164610,111	14,073
467	724249,878	1164550,111	2,703
468	724249,878	1164490,111	-2,561
469	724249,878	1164430,111	6,376
470	724249,878	1164370,111	8,900
471	724249,878	1164310,111	4,329
472	724249,878	1164250,111	1,314
473	724249,878	1164190,111	-8,767
474	724249,878	1164130,111	0,748
475	724249,878	1164070,111	4,479
476	724249,878	1164010,111	4,238
477	724249,878	1163950,111	2,237
478	724249,878	1163890,111	3,146
479	724249,878	1163830,111	16,132
480	724249,878	1163770,111	7,100
481	724249,878	1163710,111	-2,624
482	724249,878	1163650,111	-1,407
483	724249,878	1163590,111	2,071
484	724249,878	1163530,111	-1,891
485	724309,878	1164970,111	-5,404
486	724309,878	1164910,111	-4,192
487	724309,878	1164850,111	-2,148
488	724309,878	1164790,111	2,895
489	724309,878	1164730,111	-2,416
490	724309,878	1164670,111	14,286
491	724309,878	1164610,111	12,714
492	724309,878	1164550,111	2,559
493	724309,878	1164490,111	-8,624
494	724309,878	1164430,111	4,084
495	724309,878	1164370,111	1,272
496	724309,878	1164310,111	4,979
497	724309,878	1164250,111	1,037
498	724309,878	1164190,111	-2,617
499	724309,878	1164130,111	4,373
500	724309,878	1164070,111	-5,952

109	722989,878	1164130,111	7,795
110	722989,878	1164070,111	9,245
111	722989,878	1164010,111	7,282
112	722989,878	1163950,111	9,215
113	722989,878	1163890,111	-0,884
114	722989,878	1163830,111	6,644
115	722989,878	1163770,111	16,642
116	722989,878	1163710,111	21,729
117	722989,878	1163650,111	16,709
118	722989,878	1163590,111	4,165
119	722989,878	1163530,111	10,828
120	723049,878	1164490,111	7,550
121	723049,878	1164430,111	1,485
122	723049,878	1164370,111	2,122
123	723049,878	1164310,111	2,364
124	723049,878	1164250,111	17,449
125	723049,878	1164190,111	-6,286
126	723049,878	1164130,111	11,949
127	723049,878	1164070,111	12,752
128	723049,878	1164010,111	0,084
129	723049,878	1163950,111	-0,496
130	723049,878	1163890,111	0,257
131	723049,878	1163830,111	4,693
132	723049,878	1163770,111	-14,024
133	723049,878	1163710,111	4,325
134	723049,878	1163650,111	3,986
135	723049,878	1163590,111	-1,091
136	723049,878	1163530,111	8,549
137	723109,878	1164490,111	-6,863
138	723109,878	1164430,111	5,540
139	723109,878	1164370,111	3,483
140	723109,878	1164310,111	8,663
141	723109,878	1164250,111	3,396
142	723109,878	1164190,111	-3,507
143	723109,878	1164130,111	14,182
144	723109,878	1164070,111	5,475
145	723109,878	1164010,111	5,805
146	723109,878	1163950,111	7,760
147	723109,878	1163890,111	0,708
148	723109,878	1163830,111	5,239
149	723109,878	1163770,111	9,397
150	723109,878	1163710,111	0,236
151	723109,878	1163650,111	-1,436
152	723109,878	1163590,111	3,188
153	723109,878	1163530,111	8,448
154	723169,878	1164490,111	-0,776
155	723169,878	1164430,111	-2,892
156	723169,878	1164370,111	3,089
157	723169,878	1164310,111	-7,063
158	723169,878	1164250,111	1,992
159	723169,878	1164190,111	17,079
160	723169,878	1164130,111	16,025
161	723169,878	1164070,111	10,695
162	723169,878	1164010,111	11,153
163	723169,878	1163950,111	6,526
164	723169,878	1163890,111	-0,037
165	723169,878	1163830,111	-0,178
166	723169,878	1163770,111	1,915
167	723169,878	1163710,111	4,051
168	723169,878	1163650,111	5,568

501	724309,878	1164010,111	0,603
502	724309,878	1163950,111	-3,719
503	724309,878	1163890,111	-2,586
504	724309,878	1163830,111	13,002
505	724309,878	1163770,111	6,660
506	724309,878	1163710,111	13,648
507	724309,878	1163650,111	-8,198
508	724309,878	1163590,111	-5,410
509	724309,878	1163530,111	10,320
510	724369,878	1164970,111	-3,236
511	724369,878	1164910,111	1,068
512	724369,878	1164850,111	4,042
513	724369,878	1164790,111	7,861
514	724369,878	1164730,111	10,127
515	724369,878	1164670,111	1,816
516	724369,878	1164610,111	12,115
517	724369,878	1164550,111	-0,014
518	724369,878	1164490,111	-7,512
519	724369,878	1164430,111	-0,422
520	724369,878	1164370,111	5,298
521	724369,878	1164310,111	3,378
522	724369,878	1164250,111	7,294
523	724369,878	1164190,111	-0,399
524	724369,878	1164130,111	1,220
525	724369,878	1164070,111	5,608
526	724369,878	1164010,111	-3,951
527	724369,878	1163950,111	9,974
528	724369,878	1163890,111	9,726
529	724369,878	1163830,111	10,250
530	724369,878	1163770,111	3,564
531	724369,878	1163710,111	6,929
532	724369,878	1163650,111	-2,402
533	724369,878	1163590,111	-5,576
534	724369,878	1163530,111	-5,564
535	724429,878	1164970,111	4,867
536	724429,878	1164910,111	-6,507
537	724429,878	1164850,111	-2,633
538	724429,878	1164790,111	7,348
539	724429,878	1164730,111	-2,494
540	724429,878	1164670,111	1,656
541	724429,878	1164610,111	7,833
542	724429,878	1164550,111	5,106
543	724429,878	1164490,111	-3,594
544	724429,878	1164430,111	0,702
545	724429,878	1164370,111	-1,095
546	724429,878	1164310,111	0,462
547	724429,878	1164250,111	5,471
548	724429,878	1164190,111	2,363
549	724429,878	1164130,111	-3,112
550	724429,878	1164070,111	4,492
551	724429,878	1164010,111	5,062
552	724429,878	1163950,111	5,711
553	724429,878	1163890,111	3,939
554	724429,878	1163830,111	6,636
555	724429,878	1163770,111	4,295
556	724429,878	1163710,111	8,153
557	724429,878	1163650,111	-2,356
558	724429,878	1163590,111	5,877
559	724429,878	1163530,111	3,130
560	724489,878	1164970,111	14,657

169	723169,878	1163590,111	1,377
170	723169,878	1163530,111	3,541
171	723229,878	1164490,111	-8,073
172	723229,878	1164430,111	6,950
173	723229,878	1164370,111	-2,276
174	723229,878	1164310,111	-3,027
175	723229,878	1164250,111	-0,216
176	723229,878	1164190,111	6,089
177	723229,878	1164130,111	19,228
178	723229,878	1164070,111	26,419
179	723229,878	1164010,111	3,536
180	723229,878	1163950,111	8,836
181	723229,878	1163890,111	0,923
182	723229,878	1163830,111	23,744
183	723229,878	1163770,111	9,592
184	723229,878	1163710,111	9,011
185	723229,878	1163650,111	-0,818
186	723229,878	1163590,111	-3,924
187	723229,878	1163530,111	7,189
188	723289,878	1164490,111	2,166
189	723289,878	1164430,111	3,816
190	723289,878	1164370,111	11,224
191	723289,878	1164310,111	20,982
192	723289,878	1164250,111	14,301
193	723289,878	1164190,111	-5,714
194	723289,878	1164130,111	9,775
195	723289,878	1164070,111	6,285
196	723289,878	1164010,111	0,616
197	723289,878	1163950,111	3,791
198	723289,878	1163890,111	12,032
199	723289,878	1163830,111	1,466
200	723289,878	1163770,111	-10,690
201	723289,878	1163710,111	-1,236
202	723289,878	1163650,111	0,482
203	723289,878	1163590,111	-2,077
204	723289,878	1163530,111	-2,517
205	723349,878	1164490,111	-3,828
206	723349,878	1164430,111	2,176
207	723349,878	1164370,111	0,845
208	723349,878	1164310,111	0,146
209	723349,878	1164250,111	-5,977
210	723349,878	1164190,111	4,862
211	723349,878	1164130,111	12,926
212	723349,878	1164070,111	15,002
213	723349,878	1164010,111	5,447
214	723349,878	1163950,111	14,613
215	723349,878	1163890,111	8,417
216	723349,878	1163830,111	-0,598
217	723349,878	1163770,111	3,069
218	723349,878	1163710,111	7,201
219	723349,878	1163650,111	2,301
220	723349,878	1163590,111	-0,399
221	723349,878	1163530,111	7,439
222	723409,878	1164490,111	-2,171
223	723409,878	1164430,111	-0,268
224	723409,878	1164370,111	5,155
225	723409,878	1164310,111	0,531
226	723409,878	1164250,111	8,613
227	723409,878	1164190,111	-0,733
228	723409,878	1164130,111	8,223

561	724489,878	1164910,111	-0,655
562	724489,878	1164850,111	14,599
563	724489,878	1164790,111	6,428
564	724489,878	1164730,111	11,435
565	724489,878	1164670,111	-0,827
566	724489,878	1164610,111	18,416
567	724489,878	1164550,111	2,580
568	724489,878	1164490,111	2,479
569	724489,878	1164430,111	2,864
570	724489,878	1164370,111	-2,543
571	724489,878	1164310,111	1,334
572	724489,878	1164250,111	6,669
573	724489,878	1164190,111	3,836
574	724489,878	1164130,111	1,638
575	724489,878	1164070,111	2,484
576	724489,878	1164010,111	3,858
577	724489,878	1163950,111	5,667
578	724489,878	1163890,111	7,244
579	724489,878	1163830,111	8,680
580	724489,878	1163770,111	8,203
581	724489,878	1163710,111	3,046
582	724489,878	1163650,111	-2,496
583	724489,878	1163590,111	9,584
584	724489,878	1163530,111	7,685
585	724549,878	1164970,111	-7,095
586	724549,878	1164910,111	7,338
587	724549,878	1164850,111	21,242
588	724549,878	1164790,111	6,969
589	724549,878	1164730,111	-0,814
590	724549,878	1164670,111	9,543
591	724549,878	1164610,111	13,425
592	724549,878	1164550,111	0,315
593	724549,878	1164490,111	8,130
594	724549,878	1164430,111	5,052
595	724549,878	1164370,111	9,782
596	724549,878	1164310,111	6,048
597	724549,878	1164250,111	6,497
598	724549,878	1164190,111	2,902
599	724549,878	1164130,111	4,823
600	724549,878	1164070,111	2,814
601	724549,878	1164010,111	1,527
602	724549,878	1163950,111	5,072
603	724549,878	1163890,111	5,438
604	724549,878	1163830,111	7,807
605	724549,878	1163770,111	7,528
606	724549,878	1163710,111	12,482
607	724549,878	1163650,111	5,167
608	724549,878	1163590,111	1,098
609	724549,878	1163530,111	2,292
610	724609,878	1164970,111	-17,299
611	724609,878	1164910,111	2,704
612	724609,878	1164850,111	2,649
613	724609,878	1164790,111	-1,759
614	724609,878	1164730,111	5,982
615	724609,878	1164670,111	17,216
616	724609,878	1164610,111	11,767
617	724609,878	1164550,111	0,699
618	724609,878	1164490,111	2,428
619	724609,878	1164430,111	-5,150
620	724609,878	1164370,111	0,736

229	723409,878	1164070,111	5,170
230	723409,878	1164010,111	2,686
231	723409,878	1163950,111	3,734
232	723409,878	1163890,111	17,241
233	723409,878	1163830,111	16,650
234	723409,878	1163770,111	11,561
235	723409,878	1163710,111	2,971
236	723409,878	1163650,111	11,532
237	723409,878	1163590,111	9,448
238	723409,878	1163530,111	23,847
239	723469,878	1164490,111	4,517
240	723469,878	1164430,111	5,966
241	723469,878	1164370,111	6,848
242	723469,878	1164310,111	-0,567
243	723469,878	1164250,111	0,784
244	723469,878	1164190,111	8,730
245	723469,878	1164130,111	5,545
246	723469,878	1164070,111	17,696
247	723469,878	1164010,111	1,667
248	723469,878	1163950,111	7,502
249	723469,878	1163890,111	-1,709
250	723469,878	1163830,111	11,939
251	723469,878	1163770,111	9,385
252	723469,878	1163710,111	1,057
253	723469,878	1163650,111	0,770
254	723469,878	1163590,111	-0,687
255	723469,878	1163530,111	5,266
256	723529,878	1164490,111	1,026
257	723529,878	1164430,111	0,955
258	723529,878	1164370,111	-3,033
259	723529,878	1164310,111	1,280
260	723529,878	1164250,111	14,154
261	723529,878	1164190,111	18,293
262	723529,878	1164130,111	13,199
263	723529,878	1164070,111	2,331
264	723529,878	1164010,111	7,794
265	723529,878	1163950,111	19,431
266	723529,878	1163890,111	13,524
267	723529,878	1163830,111	0,208
268	723529,878	1163770,111	4,870
269	723529,878	1163710,111	5,932
270	723529,878	1163650,111	4,494
271	723529,878	1163590,111	-4,129
272	723529,878	1163530,111	5,685
273	723589,878	1164490,111	-0,305
274	723589,878	1164430,111	7,528
275	723589,878	1164370,111	-7,855
276	723589,878	1164310,111	-4,826
277	723589,878	1164250,111	0,572
278	723589,878	1164190,111	18,338
279	723589,878	1164130,111	13,784
280	723589,878	1164070,111	2,726
281	723589,878	1164010,111	5,766
282	723589,878	1163950,111	-2,410
283	723589,878	1163890,111	-1,687
284	723589,878	1163830,111	-2,849
285	723589,878	1163770,111	-4,520
286	723589,878	1163710,111	8,837
287	723589,878	1163650,111	-0,970
288	723589,878	1163590,111	3,113

621	724609,878	1164310,111	8,665
622	724609,878	1164250,111	2,276
623	724609,878	1164190,111	5,862
624	724609,878	1164130,111	9,062
625	724609,878	1164070,111	8,833
626	724609,878	1164010,111	4,809
627	724609,878	1163950,111	4,953
628	724609,878	1163890,111	3,645
629	724609,878	1163830,111	8,701
630	724609,878	1163770,111	5,394
631	724609,878	1163710,111	11,512
632	724609,878	1163650,111	3,217
633	724609,878	1163590,111	3,099
634	724609,878	1163530,111	5,299
635	724669,878	1164970,111	-10,613
636	724669,878	1164910,111	2,105
637	724669,878	1164850,111	7,040
638	724669,878	1164790,111	-8,483
639	724669,878	1164730,111	-0,402
640	724669,878	1164670,111	7,924
641	724669,878	1164610,111	23,902
642	724669,878	1164550,111	0,390
643	724669,878	1164490,111	-0,418
644	724669,878	1164430,111	5,795
645	724669,878	1164370,111	14,766
646	724669,878	1164310,111	10,032
647	724669,878	1164250,111	6,211
648	724669,878	1164190,111	-1,080
649	724669,878	1164130,111	-3,418
650	724669,878	1164070,111	-0,011
651	724669,878	1164010,111	2,740
652	724669,878	1163950,111	0,993
653	724669,878	1163890,111	3,252
654	724669,878	1163830,111	7,718
655	724669,878	1163770,111	6,069
656	724669,878	1163710,111	7,566
657	724669,878	1163650,111	3,996
658	724669,878	1163590,111	0,807
659	724669,878	1163530,111	5,124
660	724729,878	1164970,111	-11,694
661	724729,878	1164910,111	-13,183
662	724729,878	1164850,111	5,334
663	724729,878	1164790,111	5,723
664	724729,878	1164730,111	4,732
665	724729,878	1164670,111	3,759
666	724729,878	1164610,111	8,700
667	724729,878	1164550,111	0,212
668	724729,878	1164490,111	-4,335
669	724729,878	1164430,111	8,732
670	724729,878	1164370,111	7,333
671	724729,878	1164310,111	3,662
672	724729,878	1164250,111	6,684
673	724729,878	1164190,111	-1,077
674	724729,878	1164130,111	-12,315
675	724729,878	1164070,111	-4,397
676	724729,878	1164010,111	11,827
677	724729,878	1163950,111	-4,511
678	724729,878	1163890,111	1,630
679	724729,878	1163830,111	2,914
680	724729,878	1163770,111	6,434

289	723589,878	1163530,111	4,650
290	723649,878	1164490,111	8,398
291	723649,878	1164430,111	13,111
292	723649,878	1164370,111	-0,231
293	723649,878	1164310,111	2,485
294	723649,878	1164250,111	9,197
295	723649,878	1164190,111	2,967
296	723649,878	1164130,111	-8,622
297	723649,878	1164070,111	7,296
298	723649,878	1164010,111	24,028
299	723649,878	1163950,111	16,130
300	723649,878	1163890,111	4,946
301	723649,878	1163830,111	-4,490
302	723649,878	1163770,111	4,140
303	723649,878	1163710,111	8,453
304	723649,878	1163650,111	2,276
305	723649,878	1163590,111	3,368
306	723649,878	1163530,111	8,153
307	723709,878	1164490,111	15,166
308	723709,878	1164430,111	1,404
309	723709,878	1164370,111	-3,102
310	723709,878	1164310,111	10,595
311	723709,878	1164250,111	6,076
312	723709,878	1164190,111	14,253
313	723709,878	1164130,111	18,206
314	723709,878	1164070,111	19,091
315	723709,878	1164010,111	11,605
316	723709,878	1163950,111	2,882
317	723709,878	1163890,111	5,808
318	723709,878	1163830,111	8,990
319	723709,878	1163770,111	13,597
320	723709,878	1163710,111	6,307
321	723709,878	1163650,111	6,347
322	723709,878	1163590,111	6,949
323	723709,878	1163530,111	8,695
324	723769,878	1164490,111	2,501
325	723769,878	1164430,111	6,663
326	723769,878	1164370,111	0,751
327	723769,878	1164310,111	3,549
328	723769,878	1164250,111	10,379
329	723769,878	1164190,111	4,957
330	723769,878	1164130,111	10,430
331	723769,878	1164070,111	0,820
332	723769,878	1164010,111	-0,407
333	723769,878	1163950,111	-3,137
334	723769,878	1163890,111	-2,857
335	723769,878	1163830,111	-7,269
336	723769,878	1163770,111	3,037
337	723769,878	1163710,111	9,173
338	723769,878	1163650,111	6,320
339	723769,878	1163590,111	0,341
340	723769,878	1163530,111	1,681
341	723829,878	1164490,111	10,246
342	723829,878	1164430,111	16,739
343	723829,878	1164370,111	16,770
344	723829,878	1164310,111	4,484
345	723829,878	1164250,111	2,809
346	723829,878	1164190,111	12,986
347	723829,878	1164130,111	8,590
348	723829,878	1164070,111	2,925

681	724729,878	1163710,111	6,628
682	724729,878	1163650,111	7,126
683	724729,878	1163590,111	-1,484
684	724729,878	1163530,111	-1,147
685	724789,878	1164970,111	-12,550
686	724789,878	1164910,111	0,244
687	724789,878	1164850,111	2,482
688	724789,878	1164790,111	-0,557
689	724789,878	1164730,111	1,719
690	724789,878	1164670,111	3,986
691	724789,878	1164610,111	7,025
692	724789,878	1164550,111	9,154
693	724789,878	1164490,111	-5,179
694	724789,878	1164430,111	15,817
695	724789,878	1164370,111	8,289
696	724789,878	1164310,111	1,010
697	724789,878	1164250,111	7,730
698	724789,878	1164190,111	3,353
699	724789,878	1164130,111	-5,865
700	724789,878	1164070,111	1,697
701	724789,878	1164010,111	5,258
702	724789,878	1163950,111	-1,082
703	724789,878	1163890,111	5,998
704	724789,878	1163830,111	8,094
705	724789,878	1163770,111	6,547
706	724789,878	1163710,111	6,223
707	724789,878	1163650,111	6,751
708	724789,878	1163590,111	9,437
709	724789,878	1163530,111	7,529
710	724849,878	1164970,111	14,056
711	724849,878	1164910,111	-15,371
712	724849,878	1164850,111	0,116
713	724849,878	1164790,111	5,615
714	724849,878	1164730,111	12,554
715	724849,878	1164670,111	1,576
716	724849,878	1164610,111	6,553
717	724849,878	1164550,111	23,434
718	724849,878	1164490,111	2,077
719	724849,878	1164430,111	-2,258
720	724849,878	1164370,111	10,802
721	724849,878	1164310,111	12,801
722	724849,878	1164250,111	16,795
723	724849,878	1164190,111	2,666
724	724849,878	1164130,111	4,079
725	724849,878	1164070,111	10,443
726	724849,878	1164010,111	8,182
727	724849,878	1163950,111	3,751
728	724849,878	1163890,111	14,188
729	724849,878	1163830,111	12,665
730	724849,878	1163770,111	18,379
731	724849,878	1163710,111	22,143
732	724849,878	1163650,111	17,167
733	724849,878	1163590,111	14,383
734	724849,878	1163530,111	9,897
735	724909,878	1164970,111	-7,883
736	724909,878	1164910,111	17,409
737	724909,878	1164850,111	28,646
738	724909,878	1164790,111	13,465
739	724909,878	1164730,111	-6,797
740	724909,878	1164670,111	4,532

349	723829,878	1164010,111	9,381
350	723829,878	1163950,111	18,268
351	723829,878	1163890,111	11,507
352	723829,878	1163830,111	9,478
353	723829,878	1163770,111	9,672
354	723829,878	1163710,111	11,529
355	723829,878	1163650,111	7,092
356	723829,878	1163590,111	8,240
357	723829,878	1163530,111	-1,063
358	723889,878	1164490,111	8,818
359	723889,878	1164430,111	5,438
360	723889,878	1164370,111	15,854
361	723889,878	1164310,111	2,970
362	723889,878	1164250,111	-10,286
363	723889,878	1164190,111	-11,887
364	723889,878	1164130,111	3,671
365	723889,878	1164070,111	0,194
366	723889,878	1164010,111	3,045
367	723889,878	1163950,111	1,149
368	723889,878	1163890,111	3,348
369	723889,878	1163830,111	-0,604
370	723889,878	1163770,111	11,276
371	723889,878	1163710,111	2,775
372	723889,878	1163650,111	8,992
373	723889,878	1163590,111	5,998
374	723889,878	1163530,111	12,862
375	723949,878	1164490,111	4,219
376	723949,878	1164430,111	13,446
377	723949,878	1164370,111	-3,961
378	723949,878	1164310,111	6,549
379	723949,878	1164250,111	-7,474
380	723949,878	1164190,111	8,959
381	723949,878	1164130,111	3,707
382	723949,878	1164070,111	2,731
383	723949,878	1164010,111	8,342
384	723949,878	1163950,111	2,145
385	723949,878	1163890,111	10,821
386	723949,878	1163830,111	5,447
387	723949,878	1163770,111	2,289
388	723949,878	1163710,111	7,349
389	723949,878	1163650,111	2,298
390	723949,878	1163590,111	-0,093
391	723949,878	1163530,111	-6,113
392	724009,878	1164490,111	7,228

741	724909,878	1164610,111	2,684
742	724909,878	1164550,111	2,682
743	724909,878	1164490,111	27,409
744	724909,878	1164430,111	10,769
745	724909,878	1164370,111	11,571
746	724909,878	1164310,111	1,027
747	724909,878	1164250,111	-0,003
748	724909,878	1164190,111	-2,916
749	724909,878	1164130,111	-3,214
750	724909,878	1164070,111	5,597
751	724909,878	1164010,111	4,814
752	724909,878	1163950,111	12,059
753	724909,878	1163890,111	0,952
754	724909,878	1163830,111	18,470
755	724909,878	1163770,111	12,885
756	724909,878	1163710,111	10,216
757	724909,878	1163650,111	14,708
758	724909,878	1163590,111	13,406
759	724909,878	1163530,111	9,136
760	724969,878	1164970,111	5,439
761	724969,878	1164910,111	4,168
762	724969,878	1164850,111	6,808
763	724969,878	1164790,111	4,742
764	724969,878	1164730,111	4,281
765	724969,878	1164670,111	2,494
766	724969,878	1164610,111	19,605
767	724969,878	1164550,111	-1,675
768	724969,878	1164490,111	7,065
769	724969,878	1164430,111	5,932
770	724969,878	1164370,111	23,737
771	724969,878	1164310,111	7,617
772	724969,878	1164250,111	22,851
773	724969,878	1164190,111	8,065
774	724969,878	1164130,111	6,574
775	724969,878	1164070,111	5,264
776	724969,878	1164010,111	9,201
777	724969,878	1163950,111	6,919
778	724969,878	1163890,111	-3,488
779	724969,878	1163830,111	7,459
780	724969,878	1163770,111	8,537
781	724969,878	1163710,111	9,786
782	724969,878	1163650,111	-1,253
783	724969,878	1163590,111	4,372
784	724969,878	1163530,111	12,627

### **APÉNDICE 3.**

*Reporte del procesamiento de data GPS de los puntos de control terrestre en GNSS Solutions.  
Elaboración propia.*

## Vista de levantamiento

GNSS Solutions

(C) 2012 Trimble Navigation Limited. All rights reserved. Spectra Precision is a Division of Trimble Navigation Limited.

24/07/2016 08:49:21 a.m.

[www.spectraprecision.com](http://www.spectraprecision.com)

Nombre del proyecto: P1(rectorado)  
Sistema de referencia espacial: WGS 84  
Zona horaria: (UTC-04:00) Caracas  
Unidades lineales: Metros

### Resumen del sistema de coordenadas

#### Sistema de coordenadas

Nombre:	WGS 84
Tipo:	Geográfico
Nombre de la unidad:	Radianes
Radianes por unidad:	1
Datum vertical:	Elipsoide
Unidad vertical :	Metros
Metros por unidad:	1

#### Datum

Nombre:	WGS 84
Nombre del elipsoide:	WGS 84
Semieje mayor:	6378137.000 m
Inversa aplastamiento:	298.257223563
DX a WGS84:	0.0000 m
DY a WGS84:	0.0000 m
DZ a WGS84:	0.0000 m
RX a WGS84:	-0.000000 "
RY a WGS84:	-0.000000 "
RZ a WGS84:	-0.000000 "
ppm a WGS84:	0.000000000000

Puntos de control:	1
Puntos de referencia:	0
Puntos registrados:	2
Puntos objetivo:	0
Puntos intermedios:	0

### Puntos de control

Nombre	Componentes	Error	Estado	Error de control
CCS1	Long. 66° 54' 48.66570"W	0.000	FIJO	
	Lat. 10° 30' 09.11877"N	0.000	FIJO	
	Altura elipse 913.568	0.000	FIJO	
Descripción	CCS1			



## Puntos registrados

Nombre	95%		Error	Estado
	Componentes			
G200	Long. 66° 53' 23.94557"W		0.007	Ajustado
	Lat. 10° 29' 27.46180"N		0.007	Ajustado
	Altura elipse	846.349	0.009	Ajustado
<i>Descripción ucv</i>				
P100	Long. 66° 53' 26.67495"W		0.007	Ajustado
	Lat. 10° 29' 33.00619"N		0.007	Ajustado
	Altura elipse	850.627	0.008	Ajustado
<i>Descripción clavo</i>				

## Archivos

Nombre	Hora inicial	Muestreo	Generaciones	Tamaño (KB)	Tipo
_data_remos_REMOS-05_2016_07_22_CCS1204I.16O	16/07/22 08:30:00	5	8640	4833	L1/L2 GPS
BROVEA16.204	16/07/22 10:49:10	5	211	92	L1 GPS/WAAS
B1234A16.204	16/07/22 10:49:00	5	1833	894	L1 GPS/WAAS

## Ocupaciones

Emplazamiento	Hora inicial	Período de tiempo	Tipo	Archivo
CCS1	22 Julio 2016 08:30:00.00	11:59:55.00	Static	_data_remos_REMOS-05_2016_07_22_CCS1204I.16O
P100	22 Julio 2016 10:49:10.00	00:17:30.00	Static	BROVEA16.204
G200	22 Julio 2016 10:49:00.00	02:32:45.00	Static	B1234A16.204

## Procesos

Referencia	Archivo de referencia	Remoto	Archivo del receptor remoto	Modo	NUM
CCS1	_data_remos_REMOS-05_2016_07_22_CCS1204I.16O	G200	B1234A16.204	Estático	1
CCS1	_data_remos_REMOS-05_2016_07_22_CCS1204I.16O	P100	BROVEA16.204	Estático	
2	G200	B1234A16.204	P100 BROVEA16.204	Estático	3

## Vectores procesados

Identificador de vector	Vector 95%		Error SV	PDOP	QA	Solución
	Longitud	Resid.				
CCS1 - P100 16/07/22 10:49:10.00 +00:17:30.00	2730.031	0.014	X	2348.666	9 1.9	Fijo
			Y	849.159	0.006	
			Z	-1102.619	0.005	
CCS1 - G200 16/07/22 10:49:00.00 +02:32:45.00	2877.783	0.014	X	2435.528	10 1.5	Fijo
			Y	857.080	0.006	
			Z	-1270.926	0.006	
G200 - P100 16/07/22 10:49:10.00 +00:17:30.00	189.569	0.002	X	-86.873	9 1.9	Fijo
			Y	-7.913	0.001	
			Z	168.306	0.001	

## Vectores ajustados

Identificador de vector	Vector Longitud		Resid.	Componentes	Tau		Prueba	QA
	Longitud	Resid.			Resid.	Prueba		
CCS1 - P100 16/07/22 10:49:10.00	2730.028	0.006	X	2348.661	-0.005			
			Y	849.162	0.003			
			Z	-1102.619	-0.000			
CCS1 - G200 16/07/22 10:49:00.00	2877.786	0.007	X	2435.534	0.005			
			Y	857.076	-0.004			
			Z	-1270.925	0.001			



Altura elipse 913.568 0.000 FIJO  
 Descripción CCS1

### Puntos registrados

Nombre	95%		Error	Estado
	Componentes			
G200	Long. 66° 53' 23.94567"W		0.002	Ajustado
	Lat. 10° 29' 27.46181"N		0.002	Ajustado
	Altura elipse	846.344	0.002	Ajustado
Descripción ucv				
P200	Long. 66° 53' 32.74961"W		0.002	Ajustado
	Lat. 10° 29' 30.75266"N		0.002	Ajustado
	Altura elipse	853.616	0.002	Ajustado
Descripción clavo				

### Archivos

Nombre	Hora inicial	Muestreo	Generaciones	Tamaño (KB)	Tipo
B1234A16.204	16/07/22 10:49:00		5 1833	894	L1 GPS/WAAS
BROVEB16.204	16/07/22 11:13:35		5 204	96	L1 GPS/WAAS
_data_remos_REMOS-05_2016_07_22_CCS1204I.16O	16/07/22 08:30:00		5 8640	4833	L1/L2

GPS

### Ocupaciones

Emplazamiento	Hora inicial	Período de tiempo	Tipo	Archivo
G200	22 Julio 2016 10:49:00.00	02:32:45.00	Static	B1234A16.204
P200	22 Julio 2016 11:13:35.00	00:16:55.00	Static	BROVEB16.204
CCS1	22 Julio 2016 08:30:00.00	11:59:55.00	Static	_data_remos_REMOS-05_2016_07_22_CCS1204I.16O

### Procesos

Referencia	Archivo de referencia	Remoto	Archivo del receptor remoto	Modo	NUM
1	CCS1	_data_remos_REMOS-05_2016_07_22_CCS1204I.16O	P200 BROVEB16.204	Estático	
	CCS1	_data_remos_REMOS-05_2016_07_22_CCS1204I.16O	G200 B1234A16.204	Estático	2
	G200	B1234A16.204	P200 BROVEB16.204	Estático	3

### Vectores procesados

Identificador de vector	Vector 95% Longitud	Vector 95% Error	Componentes	Error SV	PDOP	QA	Solución
G200 - P200	286.303	0.002	X -250.687	0.001	10 1.6	Fijo	
16/07/22 11:13:35.00			Y -94.726	0.001			
+00:16:55.00			Z 100.759	0.001			
CCS1 - P200	2593.067	0.158	X 2184.846	0.064	10 1.6	No Fijo	
16/07/22 11:13:35.00			Y 762.338	0.064			
+00:16:55.00			Z -1170.164	0.064			
CCS1 - G200	2877.783	0.014	X 2435.528	0.006	10 1.5	Fijo	
16/07/22 10:49:00.00			Y 857.080	0.006			
+02:32:45.00			Z -1270.926	0.006			

### Vectores ajustados

Identificador de vector	Vector Longitud	Resid.	Vector	Tau	Resid.	Prueba	QA
G200 - P200	286.303	0.000	X -250.687	0.000			
16/07/22 11:13:35.00			Y -94.726	-0.000			
			Z 100.759	0.000			
CCS1 - P200	2593.068	0.016	X 2184.841	-0.005			
16/07/22 11:13:35.00			Y 762.354	0.015			

			Z	-1170.166	-0.003
CCS1 - G200	2877.783	0.000	X	2435.528	0.000
16/07/22 10:49:00.00			Y	857.080	-0.000
			Z	-1270.926	-0.000

## Vista de levantamiento

GNSSE Solutions  
 (C) 2012 Trimble Navigation Limited. All rights reserved. Spectra Precision is a Division of Trimble Navigation Limited.  
 24/07/2016 09:22:06 a.m.  
[www.spectraprecision.com](http://www.spectraprecision.com)

Nombre del proyecto: P3(INMU)  
 Sistema de referencia espacial: WGS 84  
 Zona horaria: (UTC-04:00) Caracas  
 Unidades lineales: Metros

## Resumen del sistema de coordenadas

### Sistema de coordenadas

Nombre:	WGS 84
Tipo:	Geográfico
Nombre de la unidad:	Radianes
Radianes por unidad:	1
Datum vertical:	Elipsoide
Unidad vertical :	Metros
Metros por unidad:	1

### Datum

Nombre:	WGS 84
Nombre del elipsoide:	WGS 84
Semieje mayor:	6378137.000 m
Inversa aplastamiento:	298.257223563
DX a WGS84:	0.0000 m
DY a WGS84:	0.0000 m
DZ a WGS84:	0.0000 m
RX a WGS84:	-0.000000 "
RY a WGS84:	-0.000000 "
RZ a WGS84:	-0.000000 "
ppm a WGS84:	0.000000000000

Puntos de control:	1
Puntos de referencia:	0
Puntos registrados:	2
Puntos objetivo:	0
Puntos intermedios:	0

## Puntos de control

Nombre	95% Componentes		Error	Estado	Error de control
CCS1	Long. 66° 54' 48.66570"W		0.000	FIJO	
	Lat. 10° 30' 09.11877"N		0.000	FIJO	
	Altura elipse	913.568	0.000	FIJO	
Descripción CCS1					

## Puntos registrados

Nombre	95% Componentes		Error	Estado
--------	-----------------	--	-------	--------

G200	Long. 66° 53' 23.94552"W	0.006	Ajustado
	Lat. 10° 29' 27.46181"N	0.007	Ajustado
	Altura elipse 846.347	0.009	Ajustado
	<i>Descripción ucv</i>		
P300	Long. 66° 53' 39.52685"W	0.006	Ajustado
	Lat. 10° 29' 28.69665"N	0.007	Ajustado
	Altura elipse 857.063	0.008	Ajustado
	<i>Descripción clavo</i>		

### Archivos

Nombre	Hora inicial	Muestreo	Generaciones	Tamaño (KB)	Tipo
B1234A16.204	16/07/22 10:49:00	5	1833	894	L1 GPS/WAAS
BROVEC16.204	16/07/22 11:36:50	5	200	85	L1 GPS/WAAS
GPS	_data_remos_REMOS-05_2016_07_22_CCS1204I.16O	16/07/22 08:30:00	5	8640	4833 L1/L2

### Ocupaciones

Emplazamiento	Hora inicial	Período de tiempo	Tipo	Archivo
G200	22 Julio 2016 10:49:00.00	02:32:45.00	Static	B1234A16.204
P300	22 Julio 2016 11:36:50.00	00:16:35.00	Static	BROVEC16.204
CCS1	22 Julio 2016 08:30:00.00	11:59:55.00	Static	_data_remos_REMOS-05_2016_07_22_CCS1204I.16O

### Procesos

Referencia	Archivo de referencia	Remoto	Archivo del receptor remoto	Modo	NUM
CCS1	_data_remos_REMOS-05_2016_07_22_CCS1204I.16O	P300	BROVEC16.204	Estático	1
CCS1	_data_remos_REMOS-05_2016_07_22_CCS1204I.16O	G200	B1234A16.204	Estático	2
G200	B1234A16.204	P300	BROVEC16.204	Estático	3

### Vectores procesados

Identificador de vector	Vector Longitud	Vector Error	95% Componentes	Vector Error	95% SV PDOP	QA	Solución
G200 - P300	475.507	0.003	X -434.426	0.001	8 1.8	Fijo	
16/07/22 11:36:50.00			Y -189.313	0.001			
+00:16:35.00			Z 39.263	0.001			
CCS1 - G200	2877.784	0.014	X 2435.529	0.006	10 1.5	Fijo	
16/07/22 10:49:00.00			Y 857.080	0.006			
+02:32:45.00			Z -1270.926	0.006			
CCS1 - P300	2442.818	0.013	X 2001.113	0.005	8 1.8	Fijo	
16/07/22 11:36:50.00			Y 667.768	0.005			
+00:16:35.00			Z -1231.662	0.005			

### Vectores ajustados

Identificador de vector	Vector Longitud	Vector Resid.	Tau Componentes	Resid.	Prueba	QA
G200 - P300	475.507	0.001	X -434.426	0.001		
16/07/22 11:36:50.00			Y -189.312	0.000		
			Z 39.263	0.000		
CCS1 - G200	2877.788	0.005	X 2435.534	0.005		
16/07/22 10:49:00.00			Y 857.079	-0.001		
			Z -1270.925	0.000		
CCS1 - P300	2442.814	0.005	X 2001.108	-0.005		
16/07/22 11:36:50.00			Y 667.767	-0.001		
			Z -1231.662	-0.000		

## Vista de levantamiento

GNSS Solutions  
 (C) 2012 Trimble Navigation Limited. All rights reserved. Spectra Precision is a Division of Trimble Navigation Limited.  
 24/07/2016 09:43:29 a.m.  
[www.spectraprecision.com](http://www.spectraprecision.com)

Nombre del proyecto: P4(HIG)  
 Sistema de referencia espacial: WGS 84  
 Zona horaria: (UTC-04:00) Caracas  
 Unidades lineales: Metros

### Resumen del sistema de coordenadas

#### Sistema de coordenadas

**Nombre:** WGS 84  
**Tipo:** Geográfico  
**Nombre de la unidad:** Radianes  
**Radianes por unidad:** 1  
**Datum vertical:** Elipsoide  
**Unidad vertical :** Metros  
**Metros por unidad:** 1

#### Datum

**Nombre:** WGS 84  
**Nombre del elipsoide:** WGS 84  
**Semieje mayor:** 6378137.000 m  
**Inversa aplastamiento:** 298.257223563  
**DX a WGS84:** 0.0000 m  
**DY a WGS84:** 0.0000 m  
**DY a WGS84:** 0.0000 m  
**RX a WGS84:** -0.000000 "  
**RY a WGS84:** -0.000000 "  
**RZ a WGS84:** -0.000000 "  
**ppm a WGS84:** 0.000000000000

Puntos de control: 1  
 Puntos de referencia: 0  
 Puntos registrados: 2  
 Puntos objetivo: 0  
 Puntos intermedios: 0

### Puntos de control

Nombre	95%		Error	Estado	Error de control
	Componentes				
CCS1	Long. 66° 54' 48.66570"W		0.000	FIJO	
	Lat. 10° 30' 09.11877"N		0.000	FIJO	
Altura elipse	913.568		0.000	FIJO	
Descripción	CCS1				

### Puntos registrados

Nombre	95%		Error	Estado
	Componentes			
G200	Long. 66° 53' 23.94533"W		0.083	Ajustado
	Lat. 10° 29' 27.46191"N		0.098	Ajustado
Altura elipse	846.375		0.122	Ajustado
Descripción	ucv			
P400	Long. 66° 53' 44.97471"W		0.077	Ajustado
	Lat. 10° 29' 27.85901"N		0.099	Ajustado

Altura elipse 864.213 0.136 Ajustado  
 Descripción clave

### Archivos

Nombre	Hora inicial	Muestreo	Generaciones	Tamaño (KB)	Tipo
B1234A16.204	16/07/22 10:49:00	5	1833	894	L1 GPS/WAAS
BROVED16.204	16/07/22 12:02:35	5	194	85	L1 GPS/WAAS
_data_remos_REMOS-05_2016_07_22_CCS1204I.16O	16/07/22 08:30:00	5	8640	4833	L1/L2 GPS

### Ocupaciones

Emplazamiento	Hora inicial	Período de tiempo	Tipo	Archivo
G200	22 Julio 2016 10:49:00.00	02:32:45.00	Static	B1234A16.204
P400	22 Julio 2016 12:02:35.00	00:16:05.00	Static	BROVED16.204
CCS1	22 Julio 2016 08:30:00.00	11:59:55.00	Static	_data_remos_REMOS-05_2016_07_22_CCS1204I.16O

### Procesos

Referencia	Archivo de referencia	Remoto	Archivo del receptor remoto	Modo	NUM
CCS1	_data_remos_REMOS-05_2016_07_22_CCS1204I.16O	P400	BROVED16.204	Estático	1
CCS1	_data_remos_REMOS-05_2016_07_22_CCS1204I.16O	G200	B1234A16.204	Estático	2
G200	B1234A16.204	P400	BROVED16.204	Estático	3

### Vectores procesados

Identificador de vector	Vector 95% Longitud	Vector 95% Error	Componentes	Error SV	PDOP	QA	Solución
G200 - P400	640.293	0.161	X -582.848	0.071	8 2.0	No	Móvil
16/07/22 12:02:35.00			Y -264.641	0.064			
+00:16:05.00			Z 15.105	0.060			
CCS1 - G200	2877.786	0.014	X 2435.537	0.006	10 1.5		Fijo
16/07/22 10:49:00.00			Y 857.070	0.006			
+02:32:45.00			Z -1270.922	0.006			
CCS1 - P400	2315.585	0.015	X 1853.328	0.006	8 1.7		Fijo
16/07/22 12:02:35.00			Y 591.955	0.006			
+00:16:05.00			Z -1255.666	0.006			

### Vectores ajustados

Identificador de vector	Vector Longitud	Resid.	Componentes	Tau	Resid.	Prueba	QA
G200 - P400	639.924	0.768	X -582.237	0.611			No
16/07/22 12:02:35.00			Y -265.084	-0.443			
			Z 15.247	0.142			
CCS1 - G200	2877.791	0.019	X 2435.550	0.013			No
16/07/22 10:49:00.00			Y 857.057	-0.013			
			Z -1270.917	0.005			
CCS1 - P400	2315.579	0.023	X 1853.313	-0.015			No
16/07/22 12:02:35.00			Y 591.972	0.017			
			Z -1255.670	-0.004			

## Vista de levantamiento

GNSS Solutions

(C) 2012 Trimble Navigation Limited. All rights reserved. Spectra Precision is a Division of Trimble Navigation Limited.

24/07/2016 09:49:06 a.m.

[www.spectraprecision.com](http://www.spectraprecision.com)

Nombre del proyecto: P5(OBE)  
Sistema de referencia espacial: WGS 84  
Zona horaria: (UTC-04:00) Caracas  
Unidades lineales: Metros

### Resumen del sistema de coordenadas

#### Sistema de coordenadas

Nombre: WGS 84  
Tipo: Geográfico  
Nombre de la unidad: Radianes  
Radianes por unidad: 1  
Datum vertical: Elipsoide  
Unidad vertical : Metros  
Metros por unidad: 1

#### Datum

Nombre: WGS 84  
Nombre del elipsoide: WGS 84  
Semieje mayor: 6378137.000 m  
Inversa aplastamiento: 298.257223563  
DX a WGS84: 0.0000 m  
DY a WGS84: 0.0000 m  
DY a WGS84: 0.0000 m  
RX a WGS84: -0.000000 "  
RY a WGS84: -0.000000 "  
RZ a WGS84: -0.000000 "  
ppm a WGS84: 0.000000000000

Puntos de control: 1  
Puntos de referencia: 0  
Puntos registrados: 2  
Puntos objetivo: 0  
Puntos intermedios: 0

### Puntos de control

Nombre	95% Componentes	Error	Estado	Error de control
CCS1	Long. 66° 54' 48.66570"W	0.000	FIJO	
	Lat. 10° 30' 09.11877"N	0.000	FIJO	
	Altura elipse 913.568	0.000	FIJO	
	Descripción CCS			



## Puntos registrados

Nombre	95%		Error	Estado
	Componentes			
G200	Long.	66° 53' 23.94562"W	0.005	Ajustado
	Lat.	10° 29' 27.46164"N	0.007	Ajustado
	Altura elipse	846.346	0.010	Ajustado
	Descripción	ucv		
P500	Long.	66° 53' 44.07866"W	0.005	Ajustado
	Lat.	10° 29' 24.04254"N	0.007	Ajustado
	Altura elipse	861.607	0.010	Ajustado
	Descripción	clavo		

## Archivos

Nombre	Hora inicial	Muestreo	Generaciones	Tamaño (KB)	Tipo
B1234A16.204	16/07/22 10:49:00	5	1833	894	L1 GPS/WAAS
BROVEE16.204	16/07/22 12:23:10	5	193	70	L1 GPS/WAAS
GPS	_data_remos_REMOS-05_2016_07_22_CCS1204I.160	16/07/22 08:30:00	5	8640	4833 L1/L2

## Ocupaciones

Emplazamiento	Hora inicial	Período de tiempo	Tipo	Archivo
G200	22 Julio 2016 10:49:00.00	02:32:45.00	Static	B1234A16.204
P500	22 Julio 2016 12:23:10.00	00:16:00.00	Static	BROVEE16.204
CCS1	22 Julio 2016 08:30:00.00	11:59:55.00	Static	_data_remos_REMOS-05_2016_07_22_CCS1204I.160

## Procesos

Referencia	Archivo de referencia	Remoto	Archivo del receptor remoto	Modo	NUM
CCS1	_data_remos_REMOS-05_2016_07_22_CCS1204I.160	P500	BROVEE16.204	Estático	1
CCS1	_data_remos_REMOS-05_2016_07_22_CCS1204I.160	G200	B1234A16.204	Estático	2
G200	B1234A16.204	P500	BROVEE16.204	Estático	3

## Vectores procesados

Identificador de vector	Vector 95%		Error	Vector 95%		SV	PDOP	QA	Solución
	Longitud	Resid.		Componentes	Resid.				
G200 - P500 16/07/22 12:23:10.00 +00:16:00.00	621.436	0.005	X	-549.779	0.002	6	4.1	Fijo	
			Y	-271.696	0.002				
			Z	-100.532	0.002				
CCS1 - G200 16/07/22 10:49:00.00 +02:32:45.00	2877.783	0.014	X	2435.528	0.006	10	1.5	Fijo	
			Y	857.080	0.006				
			Z	-1270.926	0.006				
CCS1 - P500 16/07/22 12:23:10.00 +00:16:00.00	2404.092	0.013	X	1885.754	0.005	7	2.4	Fijo	
			Y	585.379	0.006				
			Z	-1371.466	0.005				

## Vectores ajustados

Identificador de vector	Vector Longitud		Resid.	Vector Tau		Resid.	Prueba	QA
	Longitud	Resid.		Componentes	Resid.			
G200 - P500 16/07/22 12:23:10.00	621.436	0.001	X	-549.779	0.000			
			Y	-271.696	-0.000			
			Z	-100.532	-0.000			
CCS1 - G200 16/07/22 10:49:00.00	2877.787	0.006	X	2435.531	0.003			
			Y	857.078	-0.002			
			Z	-1270.931	-0.005			

CCS1 - P500	2404.089	0.005	X	1885.752	-0.002
16/07/22 12:23:10.00			Y	585.382	0.003
			Z	-1371.463	0.003

## Vista de levantamiento

### GNSS Solutions

(C) 2012 Trimble Navigation Limited. All rights reserved. Spectra Precision is a Division of Trimble Navigation Limited.

30/07/2016 07:39:14 p.m.

[www.spectraprecision.com](http://www.spectraprecision.com)

Nombre del proyecto: ARQ01  
 Sistema de referencia espacial: WGS 84  
 Zona horaria: (UTC-04:00) Caracas  
 Unidades lineales: Metros

## Resumen del sistema de coordenadas

### Sistema de coordenadas

Nombre:	WGS 84
Tipo:	Geográfico
Nombre de la unidad:	Radianes
Radianes por unidad:	1
Datum vertical:	Elipsoide
Unidad vertical :	Metros
Metros por unidad:	1

### Datum

Nombre:	WGS 84
Nombre del elipsoide:	WGS 84
Semieje mayor:	6378137.000 m
Inversa aplastamiento:	298.257223563
DX a WGS84:	0.0000 m
DY a WGS84:	0.0000 m
DY a WGS84:	0.0000 m
RX a WGS84:	-0.000000 "
RY a WGS84:	-0.000000 "
RZ a WGS84:	-0.000000 "
ppm a WGS84:	0.000000000000

Puntos de control:	1
Puntos de referencia:	0
Puntos registrados:	2
Puntos objetivo:	0
Puntos intermedios:	0

## Puntos de control

Nombre	Componentes	Error	95%	
			Estado	Error de control
CCS1	Long. 66° 54' 48.65674"W Lat. 10° 30' 09.11556"N	0.000 0.000	FIJO	FIJO

Altura elipse 913.297 0.000 FIJO  
 Descripción CCS1

### Puntos registrados

Nombre	95%		Error	Estado
	Componentes			
ARQ1	Long. 66° 53' 12.45333"W		0.004	Ajustado
	Lat. 10° 29' 23.06512"N		0.005	Ajustado
	Altura elipse 843.385		0.006	Ajustado
Descripción rover				
G200	Long. 66° 53' 23.93649"W		0.004	Ajustado
	Lat. 10° 29' 27.45883"N		0.005	Ajustado
	Altura elipse 846.095		0.006	Ajustado
Descripción clavo				

### Archivos

Nombre	Hora inicial	Muestreo	Generaciones	Tamaño (KB)	Tipo
B1234B16.211	16/07/29 09:05:40		5 190	86	L1 GPS/WAAS
BROVEA16.211	16/07/29 08:35:15		5 3047	1427	L1 GPS/WAAS
-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160	16/07/29 08:30:00		5 8640	4818	L1/L2 GPS

### Ocupaciones

Emplazamiento	Hora inicial	Período de tiempo	Tipo	Archivo
ARQ1	29 Julio 2016 09:05:40.00	00:15:50.00	Static	B1234B16.211
G200	29 Julio 2016 08:35:15.00	04:13:50.00	Static	BROVEA16.211
CCS1	29 Julio 2016 08:30:00.00	11:59:55.00	Static	-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.16°

### Procesos

Referencia	Archivo de referencia	Remoto	Archivo del receptor remoto	Modo	NUM
CCS1	-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160		G200 BROVEA16.211	Estático	1
CCS1	-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160		ARQ1 B1234B16.211	Estático	2
G200	BROVEA16.211	ARQ1	B1234B16.211	Estático	3

### Vectores procesados

Identificador de vector	Vector	95%	Vector	95%	Error SV	PDOP	QA	Solución
	Longitud	Error		Componentes				
G200 - ARQ1 16/07/29 09:05:40.00 +00:15:50.00	374.434	0.003	X	329.808	0.001	9	2.3	Fijo
			Y	116.923	0.001			
			Z	-133.253	0.001			
CCS1 - ARQ1 16/07/29 09:05:40.00 +00:15:50.00	3250.766	0.017	X	2765.348	0.007	10	1.9	Fijo
			Y	973.987	0.007			
			Z	-1404.167	0.007			
CCS1 - G200 16/07/29 08:35:15.00 +04:13:50.00	2877.788	0.014	X	2435.545	0.006	10	1.5	Fijo
			Y	857.064	0.006			
			Z	-1270.914	0.006			

### Vectores ajustados

Identificador de vector	Vector	Longitud	Resid.	Vector	Tau	Resid.	Prueba	QA
	Longitud	Resid.	Componentes	Resid.	Prueba	QA		
G200 - ARQ1 16/07/29 09:05:40.00	374.434	0.000	X	329.808	-0.000			
			Y	116.923	0.000			
			Z	-133.253	0.000			

CCS1 - ARQ1	3250.769	0.003	X	2765.350	0.003
16/07/29 09:05:40.00			Y	973.987	-0.001
			Z	-1404.167	-0.001
CCS1 - G200	2877.786	0.003	X	2435.543	-0.003
16/07/29 08:35:15.00			Y	857.063	-0.000
			Z	-1270.915	-0.000

## Vista de levantamiento

### GNSS Solutions

(C) 2012 Trimble Navigation Limited. All rights reserved. Spectra Precision is a Division of Trimble Navigation Limited.

30/07/2016 07:48:51 p.m.

[www.spectraprecision.com](http://www.spectraprecision.com)

Nombre del proyecto: BIBLIO  
 Sistema de referencia espacial: WGS 84  
 Zona horaria: (UTC-04:00) Caracas  
 Unidades lineales: Metros

## Resumen del sistema de coordenadas

### Sistema de coordenadas

Nombre:	WGS 84
Tipo:	Geográfico
Nombre de la unidad:	Radianes
Radianes por unidad:	1
Datum vertical:	Elipsoide
Unidad vertical :	Metros
Metros por unidad:	1

### Datum

Nombre:	WGS 84
Nombre del elipsoide:	WGS 84
Semieje mayor:	6378137.000 m
Inversa aplastamiento:	298.257223563
DX a WGS84:	0.0000 m
DY a WGS84:	0.0000 m
DZ a WGS84:	0.0000 m
RX a WGS84:	-0.000000 "
RY a WGS84:	-0.000000 "
RZ a WGS84:	-0.000000 "
ppm a WGS84:	0.000000000000

Puntos de control:	1
Puntos de referencia:	0
Puntos registrados:	2
Puntos objetivo:	0
Puntos intermedios:	0

## Puntos de control

Nombre	95%		Error	Estado	Error de control
	Componentes				
CCS1	Long.	66° 54' 48.65674"W	0.000	FIJO	
	Lat.	10° 30' 09.11556"N	0.000	FIJO	
	Altura elipse	913.297	0.000	FIJO	
	Descripción	CCS1			

## Puntos registrados

Nombre	95%		Error	Estado
	Componentes			
BIBL	Long.	66° 53' 27.73749"W	0.007	Ajustado
	Lat.	10° 29' 20.12150"N	0.006	Ajustado
	Altura elipse	848.368	0.008	Ajustado
	Descripción	rover		
G200	Long.	66° 53' 23.93652"W	0.006	Ajustado
	Lat.	10° 29' 27.45888"N	0.006	Ajustado
	Altura elipse	846.091	0.008	Ajustado
	Descripción	clavo		

## Archivos

Nombre	Hora inicial	Muestreo	Generaciones	Tamaño (KB)	Tipo
B1234C16.211	16/07/29 09:38:40	5	182	80	L1 GPS/WAAS
BROVEA16.211	16/07/29 08:35:15	5	3047	1427	L1 GPS/WAAS
-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160	16/07/29 08:30:00	5	8640	4818	L1/L2 GPS

## Ocupaciones

Emplazamiento	Hora inicial	Período de tiempo	Tipo	Archivo
BIBL	29 Julio 2016 09:38:40.00	00:15:05.00	Static	B1234C16.211
G200	29 Julio 2016 08:35:15.00	04:13:50.00	Static	BROVEA16.211
CCS1	29 Julio 2016 08:30:00.00	11:59:55.00	Static	-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160

## Procesos

Referencia	Archivo de referencia	Remoto	Archivo del receptor remoto	Modo	NUM
CCS1	-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160	G200	BROVEA16.211	Estático	1
CCS1	-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160	BIBL	B1234C16.211	Estático	2
G200	BROVEA16.211	BIBL	B1234C16.211	Estático	3

## Vectores procesados

Identificador de vector	Vector 95%		Componentes	Error SV	PDOP	QA	Solución
	Longitud	Error					
G200 - BIBL 16/07/29 09:38:40.00 +00:15:05.00	253.389	0.003	X -89.331	0.001	8	2.0	Fijo
			Y -85.187	0.001			
			Z -221.290	0.001			
CCS1 - BIBL 16/07/29 09:38:40.00 +00:15:05.00	2885.679	0.016	X 2346.203	0.006	7	2.2	Fijo
			Y 771.880	0.007			
			Z -1492.205	0.006			
CCS1 - G200 16/07/29 08:35:15.00 +04:13:50.00	2877.788	0.014	X 2435.545	0.006	10	1.5	Fijo
			Y 857.064	0.006			
			Z -1270.914	0.006			

## Vectores ajustados

Identificador de vector	Vector Longitud		Resid.	Vector Tau		Prueba	QA
	Longitud	Resid.		Componentes	Resid.		
G200 - BIBL 16/07/29 09:38:40.00	253.390	0.001	X	-89.331	-0.001		
			Y	-85.186	0.000		

			Z	-221.291	-0.000
CCS1 - BIBL	2885.684	0.006	X	2346.209	0.006
16/07/29 09:38:40.00			Y	771.881	0.000
			Z	-1492.204	0.000
CCS1 - G200	2877.784	0.006	X	2435.540	-0.005
16/07/29 08:35:15.00			Y	857.067	0.003
			Z	-1270.914	0.001

## Vista de levantamiento

GNSS Solutions

(C) 2012 Trimble Navigation Limited. All rights reserved. Spectra Precision is a Division of Trimble Navigation Limited.

30/07/2016 07:31:30 p.m.

[www.spectraprecision.com](http://www.spectraprecision.com)

Nombre del proyecto: BIOANALISIS  
 Sistema de referencia espacial: WGS 84  
 Zona horaria: (UTC-04:00) Caracas  
 Unidades lineales: Metros

## Resumen del sistema de coordenadas

### Sistema de coordenadas

Nombre:	WGS 84
Tipo:	Geográfico
Nombre de la unidad:	Radianes
Radianes por unidad:	1
Datum vertical:	Elipsoide
Unidad vertical :	Metros
Metros por unidad:	1

### Datum

Nombre:	WGS 84
Nombre del elipsoide:	WGS 84
Semieje mayor:	6378137.000 m
Inversa aplastamiento:	298.257223563
DX a WGS84:	0.0000 m
DY a WGS84:	0.0000 m
DZ a WGS84:	0.0000 m
RX a WGS84:	-0.000000 "
RY a WGS84:	-0.000000 "
RZ a WGS84:	-0.000000 "
ppm a WGS84:	0.000000000000

Puntos de control:	1
Puntos de referencia:	0
Puntos registrados:	2
Puntos objetivo:	0
Puntos intermedios:	0

## Puntos de control

Nombre	95%		Error	Estado	Error de control
	Componentes				
CCS1	Long. 66° 54' 48.65674"W		0.000	FIJO	
	Lat. 10° 30' 09.11556"N		0.000	FIJO	
	Altura elipse	913.297	0.000	FIJO	
	Descripción	CCS1			

## Puntos registrados

Nombre	95%		Error	Estado
	Componentes			
BIOA	Long. 66° 53' 12.06037"W		0.005	Ajustado
	Lat. 10° 29' 32.58819"N		0.006	Ajustado
	Altura elipse	843.967	0.008	Ajustado
	Descripción	rover		
G200	Long. 66° 53' 23.93648"W		0.004	Ajustado
	Lat. 10° 29' 27.45875"N		0.006	Ajustado
	Altura elipse	846.199	0.007	Ajustado
	Descripción	clavo		

## Archivos

Nombre	Hora inicial	Muestreo	Generaciones	Tamaño (KB)	Tipo
-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS1	12111.160	16/07/29 08:30:00	5	8640	4818 L1/L2 GPS
B1234A16.211	16/07/29 08:38:00	5	224	79	L1 GPS/WAAS
BROVEA16.211	16/07/29 08:35:15	5	3047	1427	L1 GPS/WAAS

## Ocupaciones

Emplazamiento	Hora inicial	Período de tiempo	Tipo	Archivo
CCS1	29 Julio 2016 08:30:00.00	11:59:55.00	Static	-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160
BIOA	29 Julio 2016 08:38:00.00	00:18:35.00	Static	B1234A16.211
G200	29 Julio 2016 08:35:15.00	04:13:50.00	Static	BROVEA16.211

## Procesos

Referencia	Archivo de referencia	Remoto	Archivo del receptor remoto	Modo	NUM
CCS1	-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160	G200	BROVEA16.211	Estático	1
CCS1	-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160	BIOA	B1234A16.211	Estático	2
G200	BROVEA16.211	BIOA	B1234A16.211	Estático	3

## Vectores procesados

Identificador de vector	Vector	95%	Vector	95%	Error SV	PDOP	QA	Solución
	Longitud	Error	Componentes					
CCS1 - BIOA	3145.605	0.017	X	2755.652	0.007	6	2.6	Fijo
16/07/29 08:38:00.00			Y	1027.154	0.007			
+00:18:35.00			Z	-1116.318	0.007			
CCS1 - G200	2877.785	0.014	X	2435.584	0.006	10	1.5	Fijo
16/07/29 08:35:15.00			Y	856.972	0.006			
+04:13:50.00			Z	-1270.896	0.006			
G200 - BIOA	394.085	0.003	X	320.066	0.001	5	3.5	Fijo
16/07/29 08:38:00.00			Y	170.191	0.001			
+00:18:35.00			Z	154.583	0.001			

## Vectores ajustados

Identificador de vector	Vector	Tau	Resid.	Prueba	QA
	Longitud	Componentes			

CCS1 - BIOA	3145.604	0.006	X	2755.650	-0.002
16/07/29 08:38:00.00			Y	1027.159	0.005
			Z	-1116.315	0.003
CCS1 - G200	2877.785	0.004	X	2435.583	-0.001
16/07/29 08:35:15.00			Y	856.969	-0.003
			Z	-1270.898	-0.002
G200 - BIOA	394.085	0.000	X	320.066	0.000
16/07/29 08:38:00.00			Y	170.190	-0.000
			Z	154.583	-0.000

## **Vista de levantamiento**

### **GNSS Solutions**

(C) 2012 Trimble Navigation Limited. All rights reserved. Spectra Precision is a Division of Trimble Navigation Limited.

30/07/2016 08:44:10 p.m.

[www.spectraprecision.com](http://www.spectraprecision.com)

Nombre del proyecto: BROCAL PZA  
 Sistema de referencia espacial: WGS 84  
 Zona horaria: (UTC-04:00) Caracas  
 Unidades lineales: Metros

## **Resumen del sistema de coordenadas**

### Sistema de coordenadas

<b>Nombre:</b>	WGS 84
<b>Tipo:</b>	Geográfico
<b>Nombre de la unidad:</b>	Radianes
<b>Radianes por unidad:</b>	1
<b>Datum vertical:</b>	Elipsoide
<b>Unidad vertical :</b>	Metros
<b>Metros por unidad:</b>	1

### Datum

<b>Nombre:</b>	WGS 84
<b>Nombre del elipsoide:</b>	WGS 84
<b>Semieje mayor:</b>	6378137.000 m
<b>Inversa aplastamiento:</b>	298.257223563
<b>DX a WGS84:</b>	0.0000 m
<b>DY a WGS84:</b>	0.0000 m
<b>DY a WGS84:</b>	0.0000 m
<b>RX a WGS84:</b>	-0.000000 "
<b>RY a WGS84:</b>	-0.000000 "
<b>RZ a WGS84:</b>	-0.000000 "
<b>ppm a WGS84:</b>	0.000000000000

Puntos de control:	0
Puntos de referencia:	0
Puntos registrados:	3
Puntos objetivo:	0



Puntos intermedios: 0

### Puntos registrados

Nombre	95%		Error	Estado
	Componentes			
0010	Long.	66° 53' 21.06209"W	0.009	Ajustado
	Lat.	10° 29' 35.85220"N	0.009	Ajustado
	Altura elipse	851.151	0.007	Ajustado
<i>Descripción rover</i>				
CCS1	Long.	66° 54' 48.63405"W	0.000	Ajustado
	Lat.	10° 30' 09.17616"N	0.000	Ajustado
	Altura elipse	916.741	0.000	Ajustado
<i>Descripción CCS1</i>				
G200	Long.	66° 53' 23.91352"W	0.009	Ajustado
	Lat.	10° 29' 27.51953"N	0.009	Ajustado
	Altura elipse	849.650	0.007	Ajustado
<i>Descripción clavo</i>				

### Archivos

Nombre	Hora inicial	Muestreo	Generaciones	Tamaño (KB)	Tipo
BROVEA16.211	16/07/29 08:35:15	5	3047	1427	L1 GPS/WAAS
-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160	16/07/29 08:30:00	5	8640	4818	L1/L2 GPS
B1234E16.211	16/07/29 10:33:00	5	182	76	L1 GPS/WAAS

### Ocupaciones

Emplazamiento	Hora inicial	Período de tiempo	Tipo	Archivo
G200	29 Julio 2016 08:35:15.00	04:13:50.00	Static	BROVEA16.211
CCS1	29 Julio 2016 08:30:00.00	11:59:55.00	Static	-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160
0010	29 Julio 2016 10:33:00.00	00:15:05.00	Static	B1234E16.211

### Procesos

Referencia	Archivo de referencia	Remoto	Archivo del receptor remoto	Modo	NUM		
CCS1	-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160	G200	BROVEA16.211	Estático	1		
CCS1	-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160	0010	B1234E16.211	Estático	2		
G200	BROVEA16.211	0010	B1234E16.211	Estático	3		

### Vectores procesados

Identificador de vector	Vector 95%		Error	Vector 95%		Error SV	PDOP	QA	Solución
	Longitud			Componentes					
G200 - 0010 16/07/29 10:33:00.00 +00:15:05.00	270.347	0.004	X	62.036	0.002	5	3.1	Fijo	
			Y	75.567	0.002				
			Z	252.049	0.001				
CCS1 - 0010 16/07/29 10:33:00.00 +00:15:05.00	2854.095	0.015	X	2497.645	0.006	6	2.8	Fijo	
			Y	932.529	0.006				
			Z	-1018.832	0.006				
CCS1 - G200 16/07/29 08:35:15.00 +04:13:50.00	2877.785	0.014	X	2435.584	0.006	9	1.6	Fijo	
			Y	856.972	0.006				
			Z	-1270.896	0.006				

### Vectores ajustados

Identificador de vector	Vector Longitud		Resid.	Vector Tau		Resid.	Prueba	QA
	Longitud			Componentes				
G200 - 0010 16/07/29 10:33:00.00	270.348	0.002	X	62.038	0.001			No
			Y	75.566	-0.000			

			Z	252.050	0.001	
CCS1 - 0010	2854.089	0.017	X	2497.632	-0.013	<b>No</b>
16/07/29 10:33:00.00			Y	932.534	0.004	
			Z	-1018.842	-0.010	
CCS1 - G200	2877.791	0.012	X	2435.594	0.010	<b>No</b>
16/07/29 08:35:15.00			Y	856.967	-0.005	
			Z	-1270.892	0.004	

## Vista de levantamiento

### GNSS Solutions

(C) 2012 Trimble Navigation Limited. All rights reserved. Spectra Precision is a Division of Trimble Navigation Limited.

30/07/2016 09:05:34 p.m.

[www.spectraprecision.com](http://www.spectraprecision.com)

Nombre del proyecto: CANCHA FACES  
 Sistema de referencia espacial: WGS 84  
 Zona horaria: (UTC-04:00) Caracas  
 Unidades lineales: Metros

## Resumen del sistema de coordenadas

### Sistema de coordenadas

Nombre:	WGS 84
Tipo:	Geográfico
Nombre de la unidad:	Radianes
Radianes por unidad:	1
Datum vertical:	Elipsoide
Unidad vertical :	Metros
Metros por unidad:	1

### Datum

Nombre:	WGS 84
Nombre del elipsoide:	WGS 84
Semieje mayor:	6378137.000 m
Inversa aplastamiento:	298.257223563
DX a WGS84:	0.0000 m
DY a WGS84:	0.0000 m
DZ a WGS84:	0.0000 m
RX a WGS84:	-0.000000 "
RY a WGS84:	-0.000000 "
RZ a WGS84:	-0.000000 "
ppm a WGS84:	0.000000000000

Puntos de control:	1
Puntos de referencia:	0
Puntos registrados:	2
Puntos objetivo:	0
Puntos intermedios:	0

## Puntos de control

Nombre	95%		Error	Estado	Error de control
	Componentes				
CCS1	Long.	66° 54' 48.65674"W	0.000	FIJO	
	Lat.	10° 30' 09.11556"N	0.000	FIJO	
	Altura elipse	913.297	0.000	FIJO	
<i>Descripción</i> CCS1					

## Puntos registrados

Nombre	95%		Error	Estado
	Componentes			
FAC0	Long.	66° 53' 15.25433"W	0.001	Ajustado
	Lat.	10° 29' 30.07338"N	0.001	Ajustado
	Altura elipse	843.780	0.001	Ajustado
<i>Descripción</i> rovercancha				
G200	Long.	66° 53' 23.93641"W	0.005	Ajustado
	Lat.	10° 29' 27.45884"N	0.005	Ajustado
	Altura elipse	846.096	0.007	Ajustado
<i>Descripción</i> clavo				

## Archivos

Nombre	Hora inicial	Muestreo	Generaciones	Tamaño (KB)	Tipo
BROVEA16.211	16/07/29 08:35:15	5	3047	1427	L1 GPS/WAAS
B1234H16.211	16/07/29 12:06:50	5	185	74	L1 GPS/WAAS
-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160	16/07/29 08:30:00	5	8640	4818	L1/L2 GPS

## Ocupaciones

Emplazamiento	Hora inicial	Período de tiempo	Tipo	Archivo
G200	29 Julio 2016 08:35:15.00	04:13:50.00	Static	BROVEA16.211
FAC0	29 Julio 2016 12:06:50.00	00:15:20.00	Static	B1234H16.211
CCS1	29 Julio 2016 08:30:00.00	11:59:55.00	Static	-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160

## Procesos

Referencia	Archivo de referencia	Remoto	Archivo del receptor remoto	Modo	NUM
CCS1	-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160	FAC0	B1234H16.211	Estático	1
CCS1	-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160	G200	BROVEA16.211	Estático	2
G200	BROVEA16.211	FAC0	B1234H16.211	Estático	3

## Vectores procesados

Identificador de vector	Vector 95%		Error	Vector 95%		Error SV	PDOP	QA	Solución
	Longitud			Componentes					
G200 - FAC0 16/07/29 12:06:50.00 +00:15:20.00	276.007	0.002	X	236.217	0.001	8	2.0	Fijo	
			Y	119.191	0.001				
			Z	78.579	0.001				
CCS1 - G200 16/07/29 08:35:15.00 +04:13:50.00	2877.788	0.014	X	2435.545	0.006	10	1.5	Fijo	
			Y	857.064	0.006				
			Z	-1270.914	0.006				
CCS1 - FAC0 16/07/29 12:06:50.00 +00:15:20.00	3084.489	0.016	X	2672.021	0.007	8	2.0	Fijo	
			Y	976.237	0.007				
			Z	-1192.200	0.007				

## Vectores ajustados

Identificador de vector	Vector Longitud		Vector Resid.	Componentes	Tau	
	Longitud	Resid.			Resid.	Prueba QA
G200 - FAC0 16/07/29 12:06:50.00 +00:15:20.00	276.007	0.004	X	236.217	0.001	
			Y	119.191	0.001	
			Z	78.579	0.001	
CCS1 - G200 16/07/29 08:35:15.00 +04:13:50.00	2877.788	0.009	X	2435.545	0.004	
			Y	857.064	0.006	
			Z	-1270.914	0.009	
CCS1 - FAC0 16/07/29 12:06:50.00 +00:15:20.00	3084.489	0.007	X	2672.021	0.005	
			Y	976.237	0.004	
			Z	-1192.200	0.009	

## Vista de levantamiento

### GNSS Solutions

(C) 2012 Trimble Navigation Limited. All rights reserved. Spectra Precision is a Division of Trimble Navigation Limited.

30/07/2016 07:56:43 p.m.

[www.spectraprecision.com](http://www.spectraprecision.com)

Nombre del proyecto: CANCHA TENIS  
 Sistema de referencia espacial: WGS 84  
 Zona horaria: (UTC-04:00) Caracas  
 Unidades lineales: Metros

## Resumen del sistema de coordenadas

### Sistema de coordenadas

<b>Nombre:</b>	WGS 84
<b>Tipo:</b>	Geográfico
<b>Nombre de la unidad:</b>	Radianes
<b>Radianes por unidad:</b>	1
<b>Datum vertical:</b>	Elipsoide
<b>Unidad vertical :</b>	Metros
<b>Metros por unidad:</b>	1

### Datum

<b>Nombre:</b>	WGS 84
<b>Nombre del elipsoide:</b>	WGS 84
<b>Semieje mayor:</b>	6378137.000 m
<b>Inversa aplastamiento:</b>	298.257223563
<b>DX a WGS84:</b>	0.0000 m
<b>DY a WGS84:</b>	0.0000 m
<b>DY a WGS84:</b>	0.0000 m
<b>RX a WGS84:</b>	-0.000000 "
<b>RY a WGS84:</b>	-0.000000 "
<b>RZ a WGS84:</b>	-0.000000 "
<b>ppm a WGS84:</b>	0.000000000000

Puntos de control: 1

Puntos de referencia: 0  
Puntos registrados: 2  
Puntos objetivo: 0  
Puntos intermedios: 0

### Puntos de control

95%				
Nombre	Componentes	Error	Estado	Error de control
CCS1	Long. 66° 54' 48.65674"W	0.000	FIJO	
	Lat. 10° 30' 09.11556"N	0.000	FIJO	
	Altura elipse 913.297	0.000	FIJO	
<i>Descripción CCS1</i>				

### Puntos registrados

95%				
Nombre	Componentes	Error	Estado	
G200	Long. 66° 53' 23.93640"W	0.005	Ajustado	
	Lat. 10° 29' 27.45883"N	0.006	Ajustado	
	Altura elipse 846.096	0.007	Ajustado	
<i>Descripción clavo</i>				
TENS	Long. 66° 53' 15.77998"W	0.006	Ajustado	
	Lat. 10° 29' 36.55041"N	0.006	Ajustado	
	Altura elipse 846.594	0.008	Ajustado	
<i>Descripción rover</i>				

### Archivos

Nombre	Hora inicial	Muestreo	Generaciones	Tamaño (KB)	Tipo
B1234D16.211	16/07/29 10:07:40	5	182	70	L1 GPS/WAAS
BROVEA16.211	16/07/29 08:35:15	5	3047	1427	L1 GPS/WAAS
-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160	16/07/29 08:30:00	5	8640	4818	L1/L2 GPS

### Ocupaciones

Emplazamiento	Hora inicial	Período de tiempo	Tipo	Archivo
TENS	29 Julio 2016 10:07:40.00	00:15:05.00	Static	B1234D16.211
G200	29 Julio 2016 08:35:15.00	04:13:50.00	Static	BROVEA16.211
CCS1	29 Julio 2016 08:30:00.00	11:59:55.00	Static	-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160

### Procesos

Referencia	Archivo de referencia	Remoto	Archivo del receptor remoto	Modo	NUM
CCS1	-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160	G200	BROVEA16.211	Estático	1
CCS1	-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160	TENS	B1234D16.211	Estático	2
G200	BROVEA16.211	TENS	B1234D16.211	Estático	3

### Vectores procesados

Identificador de vector	Vector 95%		Error	Vector 95%		Error SV	PDOP	QA	Solución
	Longitud			Componentes					
G200 - TENS 16/07/29 10:07:40.00 +00:15:05.00	373.611	0.003	X	208.372	0.001	7	2.4	Fijo	
			Y	143.709	0.002				
			Z	274.798	0.001				
CCS1 - TENS 16/07/29 10:07:40.00 +00:15:05.00	2997.340	0.162	X	2643.927	0.066	6	2.6	No Móvil	
			Y	1000.725	0.066				
			Z	-996.116	0.065				
CCS1 - G200 16/07/29 08:35:15.00	2877.788	0.014	X	2435.545	0.006	10	1.5	Fijo	
			Y	857.064	0.006				

+04:13:50.00

Z -1270.914 0.006

### Vectores ajustados

Identificador de vector	Vector Longitud		Vector Resid.	Tau		Prueba	QA
	Longitud	Resid.		Componentes	Resid.		
G200 - TENS 16/07/29 10:07:40.00	373.611	0.000	X	208.372	0.000		
			Y	143.709	-0.000		
			Z	274.798	0.000		
CCS1 - TENS 16/07/29 10:07:40.00	2997.347	0.048	X	2643.917	-0.009		
			Y	1000.772	0.047		
			Z	-996.116	0.000		
CCS1 - G200 16/07/29 08:35:15.00	2877.788	0.001	X	2435.546	0.001		
			Y	857.063	-0.001		
			Z	-1270.914	-0.000		

### Vista de levantamiento

#### GNSS Solutions

(C) 2012 Trimble Navigation Limited. All rights reserved. Spectra Precision is a Division of Trimble Navigation Limited.

30/07/2016 08:56:38 p.m.

[www.spectraprecision.com](http://www.spectraprecision.com)

Nombre del proyecto: CANCHA TRASB  
Sistema de referencia espacial: WGS 84  
Zona horaria: (UTC-04:00) Caracas  
Unidades lineales: Metros

### Resumen del sistema de coordenadas

#### Sistema de coordenadas

Nombre: WGS 84  
Tipo: Geográfico  
Nombre de la unidad: Radianes  
Radianes por unidad: 1  
Datum vertical: Elipsoide  
Unidad vertical : Metros  
Metros por unidad: 1

#### Datum

Nombre: WGS 84  
Nombre del elipsoide: WGS 84  
Semieje mayor: 6378137.000 m  
Inversa aplastamiento: 298.257223563  
DX a WGS84: 0.0000 m  
DY a WGS84: 0.0000 m  
DY a WGS84: 0.0000 m  
RX a WGS84: -0.000000 "  
RY a WGS84: -0.000000 "  
RZ a WGS84: -0.000000 "  
ppm a WGS84: 0.000000000000

Puntos de control: 1  
Puntos de referencia: 0  
Puntos registrados: 2  
Puntos objetivo: 0  
Puntos intermedios: 0

### Puntos de control

Nombre	95%		Error	Estado	Error de control
	Componentes				
CCS1	Long. 66° 54' 48.65674"W		0.000	FIJO	
	Lat. 10° 30' 09.11556"N		0.000	FIJO	
	Altura elipse	913.297	0.000	FIJO	
<i>Descripción</i> CCS1					

### Puntos registrados

Nombre	95%		Error	Estado
	Componentes			
G200	Long. 66° 53' 23.93639"W		0.007	Ajustado
	Lat. 10° 29' 27.45868"N		0.009	Ajustado
	Altura elipse	846.102	0.011	Ajustado
<i>Descripción</i> <i>clavo</i>				
TRAB	Long. 66° 53' 43.55530"W		0.007	Ajustado
	Lat. 10° 29' 17.42914"N		0.009	Ajustado
	Altura elipse	854.028	0.011	Ajustado
<i>Descripción</i> <i>rovertrasbordo</i>				

### Archivos

Nombre	Hora inicial	Muestreo	Generaciones	Tamaño (KB)	Tipo
B1234G16.211	16/07/29 11:32:15	5	194	81	L1 GPS/WAAS
BROVEA16.211	16/07/29 08:35:15	5	3047	1427	L1 GPS/WAAS
-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160	16/07/29 08:30:00	5	8640	4818	L1/L2 GPS

### Ocupaciones

Emplazamiento	Hora inicial	Período de tiempo	Tipo	Archivo
TRAB	29 Julio 2016 11:32:15.00	00:16:05.00	Static	B1234G16.211
G200	29 Julio 2016 08:35:15.00	04:13:50.00	Static	BROVEA16.211
CCS1	29 Julio 2016 08:30:00.00	11:59:55.00	Static	-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160

### Procesos

Referencia	Archivo de referencia	Remoto	Archivo del receptor remoto	Modo	NUM
G200	BROVEA16.211	TRAB	B1234G16.211	Estático	1
CCS1	-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160		G200	BROVEA16.211	Estático 2
CCS1	-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160		TRAB	B1234G16.211	Estático 3

### Vectores procesados

Identificador de vector	Vector Longitud	95% Error	Vector Componentes	95% Error SV	PDOP	QA	Solución	
G200 - TRAB 16/07/29 11:32:15.00 +00:16:05.00	671.610	0.004	X	-523.716	0.002	9	1.9	Fijo
			Y	-292.940	0.002			
			Z	-301.608	0.002			
CCS1 - TRAB 16/07/29 11:32:15.00 +00:16:05.00	2538.934	0.013	X	1911.836	0.005	10	1.6	Fijo
			Y	564.111	0.005			
			Z	-1572.530	0.005			
CCS1 - G200 16/07/29 08:35:15.00 +04:13:50.00	2877.788	0.014	X	2435.545	0.006	11	1.5	Fijo
			Y	857.064	0.006			
			Z	-1270.914	0.006			

## Vectores ajustados

Identificador de vector	Vector Longitud		Vector	Tau		Prueba	QA
	Longitud	Resid.		Componentes	Resid.		
G200 - TRAB 16/07/29 11:32:15.00	671.610	0.001	X	-523.716	0.000		
			Y	-292.941	-0.001		
			Z	-301.608	-0.001		
CCS1 - TRAB 16/07/29 11:32:15.00	2538.931	0.008	X	1911.833	-0.003	<b>No</b>	
			Y	564.117	0.006		
			Z	-1572.526	0.004		
CCS1 - G200 16/07/29 08:35:15.00	2877.790	0.008	X	2435.548	0.003	<b>No</b>	
			Y	857.058	-0.006		
			Z	-1270.918	-0.004		

## Vista de levantamiento

### GNSS Solutions

(C) 2012 Trimble Navigation Limited. All rights reserved. Spectra Precision is a Division of Trimble Navigation Limited.

30/07/2016 09:14:23 p.m.

[www.spectraprecision.com](http://www.spectraprecision.com)

Nombre del proyecto: CANCHA TS  
 Sistema de referencia espacial: WGS 84  
 Zona horaria: (UTC-04:00) Caracas  
 Unidades lineales: Metros  
**Resumen del sistema de coordenadas**

### Sistema de coordenadas

Nombre: WGS 84  
 Tipo: Geográfico  
 Nombre de la unidad: Radianes  
 Radianes por unidad: 1  
 Datum vertical: Elipsoide  
 Unidad vertical : Metros  
 Metros por unidad: 1

### Datum

Nombre: WGS 84  
 Nombre del elipsoide: WGS 84  
 Semieje mayor: 6378137.000 m  
 Inversa aplastamiento: 298.257223563  
 DX a WGS84: 0.0000 m  
 DY a WGS84: 0.0000 m  
 DZ a WGS84: 0.0000 m  
 RX a WGS84: -0.000000 "  
 RY a WGS84: -0.000000 "  
 RZ a WGS84: -0.000000 "  
 ppm a WGS84: 0.000000000000

Puntos de control: 1  
 Puntos de referencia: 0  
 Puntos registrados: 2



Puntos objetivo: 0  
Puntos intermedios: 0

### Puntos de control

Nombre	95%		Estado	Error de control
	Componentes	Error		
CCS1	Long. 66° 54' 48.65674"W	0.000	FIJO	
	Lat. 10° 30' 09.11556"N	0.000	FIJO	
Altura elipse	913.297	0.000	FIJO	
Descripción	CCS1			

### Puntos registrados

Nombre	95%		Estado
	Componentes	Error	
G200	Long. 66° 53' 23.93649"W	0.006	Ajustado
	Lat. 10° 29' 27.45873"N	0.008	Ajustado
Altura elipse	846.195	0.012	Ajustado
Descripción	clavo		
TS00	Long. 66° 53' 18.05718"W	0.006	Ajustado
	Lat. 10° 29' 36.49415"N	0.008	Ajustado
Altura elipse	846.625	0.012	Ajustado
Descripción	rovercanchatrabsocia		

### Archivos

Nombre	Hora inicial	Muestreo	Generaciones	Tamaño (KB)	Tipo
B1234116.211	16/07/29 12:28:30	5	183	79	L1 GPS/WAAS
BROVEA16.211	16/07/29 08:35:15	5	3047	1427	L1 GPS/WAAS
-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160	16/07/29 08:30:00	5	8640	4818	L1/L2 GPS

### Ocupaciones

Emplazamiento	Hora inicial	Período de tiempo	Tipo	Archivo
TS00	29 Julio 2016 12:28:30.00	00:15:10.00	Static	B1234116.211
G200	29 Julio 2016 08:35:15.00	04:13:50.00	Static	BROVEA16.211
CCS1	29 Julio 2016 08:30:00.00	11:59:55.00	Static	-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160

### Procesos

Referencia	Archivo de referencia	Remoto	Archivo del receptor remoto	Modo	NUM
CCS1	-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160	G200	BROVEA16.211	Estático	1
CCS1	-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160	TS00	B1234116.211	Estático	2
G200	BROVEA16.211	TS00	B1234116.211	Estático	3

### Vectores procesados

Identificador de vector	Vector 95%		Error	Componentes	Error SV	PDOP	QA	Solución
	Longitud	Error						
G200 - TS00 16/07/29 12:28:30.00 +00:15:10.00		330.247	0.003	X 144.775	0.001	9 2.1		Fijo
				Y 116.297	0.001			
				Z 273.090	0.001			
CCS1 - TS00 16/07/29 12:28:30.00 +00:15:10.00		2932.766	0.016	X 2580.353	0.006	9 1.9		Fijo
				Y 973.273	0.007			
				Z -997.815	0.006			
CCS1 - G200 16/07/29 08:35:15.00 +04:13:50.00		2877.785	0.014	X 2435.584	0.006	11 1.5		Fijo
				Y 856.972	0.006			
				Z -1270.896	0.006			

## Vectores ajustados

Identificador de vector	Vector Longitud		Vector	Tau		Prueba	QA
	Longitud	Resid.		Componentes	Resid.		
G200 - TS00 16/07/29 12:28:30.00	330.246	0.000	X	144.775	-0.000		
			Y	116.298	0.000		
			Z	273.089	-0.000		
CCS1 - TS00 16/07/29 12:28:30.00	2932.766	0.007	X	2580.357	0.004		
			Y	973.270	-0.004		
			Z	-997.810	0.005		
CCS1 - G200 16/07/29 08:35:15.00	2877.785	0.005	X	2435.582	-0.003		
			Y	856.972	0.000		
			Z	-1270.900	-0.004		

## Vista de levantamiento

### GNSS Solutions

(C) 2012 Trimble Navigation Limited. All rights reserved. Spectra Precision is a Division of Trimble Navigation Limited.

30/07/2016 08:49:40 p.m.

[www.spectraprecision.com](http://www.spectraprecision.com)

Nombre del proyecto: ODON  
 Sistema de referencia espacial: WGS 84  
 Zona horaria: (UTC-04:00) Caracas  
 Unidades lineales: Metros

## Resumen del sistema de coordenadas

### Sistema de coordenadas

<b>Nombre:</b>	WGS 84
<b>Tipo:</b>	Geográfico
<b>Nombre de la unidad:</b>	Radianes
<b>Radianes por unidad:</b>	1
<b>Datum vertical:</b>	Elipsoide
<b>Unidad vertical :</b>	Metros
<b>Metros por unidad:</b>	1

### Datum

<b>Nombre:</b>	WGS 84
<b>Nombre del elipsoide:</b>	WGS 84
<b>Semieje mayor:</b>	6378137.000 m
<b>Inversa aplastamiento:</b>	298.257223563
<b>DX a WGS84:</b>	0.0000 m
<b>DY a WGS84:</b>	0.0000 m
<b>DY a WGS84:</b>	0.0000 m
<b>RX a WGS84:</b>	-0.000000 "
<b>RY a WGS84:</b>	-0.000000 "
<b>RZ a WGS84:</b>	-0.000000 "
<b>ppm a WGS84:</b>	0.000000000000

Puntos de control:	1
Puntos de referencia:	0
Puntos registrados:	2

Puntos objetivo: 0  
Puntos intermedios: 0

### Puntos de control

Nombre	95%		Error	Estado	Error de control
	Componentes				
CCS1	Long.	66° 54' 48.65674"W	0.000	FIJO	
	Lat.	10° 30' 09.11556"N	0.000	FIJO	
	Altura elipse	913.297	0.000	FIJO	
<i>Descripción CCS1</i>					

### Puntos registrados

Nombre	95%		Error	Estado
	Componentes			
G200	Long.	66° 53' 23.93645"W	0.004	Ajustado
	Lat.	10° 29' 27.45882"N	0.005	Ajustado
	Altura elipse	846.199	0.005	Ajustado
<i>Descripción clavo</i>				
ODO0	Long.	66° 53' 37.41806"W	0.004	Ajustado
	Lat.	10° 29' 17.30587"N	0.005	Ajustado
	Altura elipse	852.054	0.005	Ajustado
<i>Descripción rover</i>				

### Archivos

Nombre	Hora inicial	Muestreo	Generaciones	Tamaño (KB)	Tipo
B1234F16.211	16/07/29 11:08:00	5	207	91	L1 GPS/WAAS
BROVEA16.211	16/07/29 08:35:15	5	3047	1427	L1 GPS/WAAS
-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160	16/07/29 08:30:00	5	8640	4818	L1/L2 GPS

### Ocupaciones

Emplazamiento	Hora inicial	Período de tiempo	Tipo	Archivo
ODO0	29 Julio 2016 11:08:00.00	00:17:10.00	Static	B1234F16.211
G200	29 Julio 2016 08:35:15.00	04:13:50.00	Static	BROVEA16.211
CCS1	29 Julio 2016 08:30:00.00	11:59:55.00	Static	-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160

### Procesos

Referencia	Archivo de referencia	Remoto	Archivo del receptor remoto	Modo	NUM
CCS1	-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160	G200	BROVEA16.211	Estático	1
CCS1	-data-remos-REMOS-05-2016-07-29-CCS12111.160	ODO0	B1234F16.211	Estático	2
G200	BROVEA16.211	ODO0	B1234F16.211	Estático	3

### Vectores procesados

Identificador de vector	Vector 95%		Error	Componentes	Error SV	PDOP	QA	Solución
	Longitud	95%						
G200 - ODO0	515.252	0.004	X	-352.563	0.002	8	2.0	Fijo
16/07/29 11:08:00.00			Y	-218.455	0.002			
+00:17:10.00			Z	-305.714	0.001			
CCS1 - ODO0	2689.306	0.015	X	2083.019	0.006	9	1.8	Fijo
16/07/29 11:08:00.00			Y	638.510	0.006			
+00:17:10.00			Z	-1576.612	0.006			
CCS1 - G200	2877.785	0.014	X	2435.584	0.006	11	1.5	Fijo
16/07/29 08:35:15.00			Y	856.972	0.006			
+04:13:50.00			Z	-1270.896	0.006			

## Vectores ajustados

Identificador de vector	Vector		Tau		
	Longitud	Resid.	Componentes	Resid.	Prueba QA
G200 - ODO0 16/07/29 11:08:00.00	515.252	0.001	X	-352.563	-0.000
			Y	-218.455	-0.000
			Z	-305.714	-0.000
CCS1 - ODO0 16/07/29 11:08:00.00	2689.308	0.005	X	2083.021	0.002
			Y	638.514	0.004
			Z	-1576.610	0.002
CCS1 - G200 16/07/29 08:35:15.00	2877.784	0.002	X	2435.584	-0.000
			Y	856.970	-0.002
			Z	-1270.896	-0.000

#### **APÉNDICE 4.**

*Discrepancias en cota entre el MDE generado a partir del plano fotogramétrico a escala 1:1000 de la CUC, y el MDE generado por el VANT. Elaboración propia.*

COORDENADAS PUNTO		COTA FOTOGAMETRICO	COTA DEM	ΔTOTAL
ESTE	NORTE	(m)	(m)	(m)
730114.737	1160454.501	892.563	891.044	1.519
730175.568	1160454.908	887.555	889.033	-1.478
730175.979	1160393.443	887.564	888.531	-0.967
730236.400	1160455.315	883.000	884.551	-1.551
730236.811	1160393.850	884.444	885.281	-0.837
730237.222	1160332.385	900.000	900.254	-0.254
730297.231	1160455.721	879.928	881.716	-1.788
730297.642	1160394.256	879.928	881.297	-1.369
730299.287	1160148.396	872.285	872.673	-0.388
730299.698	1160086.931	870.568	870.821	-0.253
730358.062	1160456.128	878.053	879.617	-1.564
730358.474	1160394.663	877.918	878.787	-0.869
730358.885	1160333.198	877.375	877.871	-0.496
730360.119	1160148.803	870.832	870.863	-0.031
730360.530	1160087.338	866.869	868.419	-1.550
730418.894	1160456.536	874.000	875.230	-1.230
730419.305	1160395.071	874.000	874.669	-0.669
730419.717	1160333.605	874.350	874.996	-0.646
730420.128	1160272.140	873.000	873.368	-0.368
730420.539	1160210.675	870.932	871.547	-0.615
730420.951	1160149.210	870.000	870.754	-0.754
730421.362	1160087.745	865.990	867.457	-1.467
730478.902	1160579.873	878.272	878.730	-0.458
730479.314	1160518.408	874.432	875.979	-1.547
730479.725	1160456.943	873.866	874.875	-1.009
730480.137	1160395.478	873.730	872.894	0.836
730480.548	1160334.013	873.478	873.648	-0.170
730480.960	1160272.548	872.670	873.175	-0.505
730481.371	1160211.082	870.750	871.262	-0.512
730481.783	1160149.617	870.000	870.955	-0.955
730482.194	1160088.152	865.930	867.740	-1.810
730539.733	1160580.280	874.874	876.201	-1.327
730540.145	1160518.815	873.873	874.982	-1.109
730540.557	1160457.350	873.350	874.442	-1.092
730540.968	1160395.885	873.194	874.408	-1.214
730541.380	1160334.420	872.866	873.342	-0.476
730541.791	1160272.955	872.042	872.634	-0.592
730542.203	1160211.490	870.273	870.782	-0.509
730542.615	1160150.025	868.937	870.088	-1.151
730543.026	1160088.559	865.890	867.569	-1.679
730600.565	1160580.688	873.390	875.332	-1.942
730600.976	1160519.223	872.186	872.566	-0.380
730601.388	1160457.758	871.578	872.306	-0.728
730601.800	1160396.292	871.448	872.087	-0.639
730602.212	1160334.827	871.162	872.116	-0.954
730602.623	1160273.362	870.557	871.467	-0.910
730603.035	1160211.897	869.802	870.323	-0.521
730603.447	1160150.432	868.435	870.281	-1.846
730603.858	1160088.967	865.729	867.448	-1.719
730604.270	1160027.502	865.000	865.065	-0.065
730661.396	1160581.095	870.756	871.521	-0.765
730661.808	1160519.630	869.370	870.174	-0.804
730662.220	1160458.165	869.120	870.213	-1.093
730662.632	1160396.700	869.314	869.723	-0.409

COORDENADAS PUNTO		COTA FOTOGAMETRICO	COTA DEM	ΔTOTAL
ESTE	NORTE	(m)	(m)	(m)
730663.043	1160335.235	869.434	869.586	-0.152
730663.455	1160273.770	869.000	870.287	-1.287
730663.867	1160212.304	868.314	869.756	-1.442
730664.279	1160150.839	867.424	868.619	-1.195
730664.690	1160089.374	866.479	868.087	-1.608
730665.102	1160027.909	864.982	866.792	-1.810
730721.815	1160642.968	869.870	870.788	-0.918
730722.227	1160581.503	869.442	869.851	-0.409
730722.639	1160520.038	868.620	869.286	-0.666
730723.051	1160458.573	868.620	869.298	-0.678
730723.463	1160397.108	868.430	869.405	-0.975
730723.875	1160335.642	868.436	869.316	-0.880
730724.287	1160274.177	867.909	868.622	-0.713
730724.699	1160212.712	867.543	868.317	-0.774
730725.111	1160151.247	866.880	867.869	-0.989
730782.647	1160643.376	869.922	870.391	-0.469
730783.059	1160581.911	868.586	868.991	-0.405
730783.471	1160520.446	868.153	868.619	-0.466
730783.883	1160458.980	867.802	867.762	0.040
730784.295	1160397.515	867.690	867.594	0.096
730784.707	1160336.050	867.136	867.642	-0.506
730785.119	1160274.585	866.600	867.377	-0.777
730785.531	1160213.120	866.347	867.045	-0.698
730785.943	1160151.655	866.236	866.447	-0.211
730843.478	1160643.784	867.999	868.381	-0.382
730843.890	1160582.319	867.600	867.829	-0.229
730844.302	1160520.854	867.640	868.217	-0.577
730844.714	1160459.388	864.407	866.752	-2.345
730845.127	1160397.923	864.291	866.127	-1.836
730845.539	1160336.458	864.000	866.050	-2.050
730845.951	1160274.993	865.232	865.831	-0.599
730846.363	1160213.527	865.122	865.442	-0.320
730846.775	1160152.062	864.464	864.395	0.069
730904.309	1160644.192	867.087	867.033	0.054
730904.721	1160582.727	866.347	866.026	0.321
730905.134	1160521.262	865.822	865.675	0.147
730905.546	1160459.796	863.728	863.343	0.385
730905.958	1160398.331	863.410	863.626	-0.216
730906.370	1160336.866	863.253	863.974	-0.721
730906.783	1160275.401	863.538	864.390	-0.852
730907.195	1160213.935	864.000	864.902	-0.902
730965.140	1160644.600	865.620	865.154	0.466
730965.553	1160583.135	864.000	863.388	0.612
730965.965	1160521.670	863.174	862.703	0.471
730966.378	1160460.204	862.943	862.912	0.031
730966.790	1160398.739	862.384	863.069	-0.685
730967.202	1160337.274	862.097	863.053	-0.956
730967.615	1160275.809	862.000	863.620	-1.620
730968.027	1160214.343	863.130	864.891	-1.761
731025.559	1160706.474	865.000	864.853	0.147
731025.972	1160645.008	865.000	864.616	0.384
731026.384	1160583.543	863.430	862.534	0.896
731026.797	1160522.078	862.000	862.198	-0.198
731027.209	1160460.613	861.930	862.272	-0.342

COORDENADAS PUNTO		COTA FOTOGAMETRICO	COTA DEM	ΔTOTAL
ESTE	NORTE	(m)	(m)	(m)
731027.622	1160399.147	861.820	862.719	-0.899
731028.034	1160337.682	861.800	863.049	-1.249
731028.447	1160276.217	861.760	863.373	-1.613
731085.978	1160768.347	864.000	865.027	-1.027
731086.390	1160706.882	863.820	864.090	-0.270
731086.803	1160645.417	863.515	863.696	-0.181
731087.216	1160583.951	862.378	862.942	-0.564
731087.628	1160522.486	861.700	862.405	-0.705
731088.041	1160461.021	861.730	862.490	-0.760
731088.453	1160399.556	861.620	862.470	-0.850
731088.866	1160338.090	861.570	862.556	-0.986
731146.809	1160768.756	864.590	864.347	0.243
731147.222	1160707.291	863.370	864.151	-0.781
731147.634	1160645.825	862.449	862.900	-0.451
731148.047	1160584.360	862.000	861.927	0.073
731148.460	1160522.895	861.300	861.965	-0.665
731148.873	1160461.429	861.380	861.889	-0.509
731149.285	1160399.964	861.430	862.079	-0.649
731149.698	1160338.499	861.330	862.235	-0.905
731150.111	1160277.033	861.220	862.773	-1.553
731208.053	1160707.699	863.000	863.018	-0.018
731208.466	1160646.234	862.000	862.489	-0.489
731208.879	1160584.768	861.522	861.971	-0.449
731209.291	1160523.303	861.000	861.873	-0.873
731209.704	1160461.838	861.000	862.060	-1.060
731210.117	1160400.372	861.060	861.865	-0.805
731210.530	1160338.907	861.130	861.898	-0.768
731210.943	1160277.442	861.000	859.827	1.173
731268.884	1160708.108	862.097	861.329	0.768
731269.297	1160646.642	861.949	862.467	-0.518
731270.123	1160523.712	861.000	861.350	-0.350
731270.536	1160462.246	861.000	860.852	0.148
731270.949	1160400.781	861.000	860.381	0.619
731271.362	1160339.316	861.000	861.075	-0.075
731330.955	1160524.121	859.930	860.672	-0.742
731331.368	1160462.655	859.830	860.486	-0.656
731331.781	1160401.190	859.990	859.773	0.217



## **APÉNDICE 5.**

*Discrepancias en cota entre el MDE generado a partir de la data LIDAR de la CUC, y el MDE generado por el VANT. Grilla regular. Elaboración propia.*

COORDENADAS PUNTO		COTA LIDAR	COTA DEM	ΔTOTAL
ESTE	NORTE	(m)	(m)	(m)
730114.737	1160454.501	889.845	891.044	-1.199
730175.568	1160454.908	888.039	889.033	-0.994
730175.979	1160393.443	887.600	888.531	-0.931
730236.400	1160455.315	882.638	884.551	-1.913
730236.811	1160393.850	884.638	885.281	-0.643
730237.222	1160332.385	900.254	900.254	0.000
730297.231	1160455.721	880.194	881.716	-1.522
730297.642	1160394.256	879.737	881.297	-1.560
730299.287	1160148.396	873.078	872.673	0.405
730299.698	1160086.931	870.548	870.821	-0.273
730358.062	1160456.128	878.175	879.617	-1.442
730358.474	1160394.663	877.879	878.787	-0.908
730358.885	1160333.198	878.082	877.871	0.211
730360.119	1160148.803	870.629	870.863	-0.234
730360.530	1160087.338	867.816	868.419	-0.603
730418.894	1160456.536	873.198	875.230	-2.032
730419.305	1160395.071	873.440	874.669	-1.229
730419.717	1160333.605	874.093	874.996	-0.903
730420.128	1160272.140	873.060	873.368	-0.308
730420.539	1160210.675	870.664	871.547	-0.883
730420.951	1160149.210	869.866	870.754	-0.888
730421.362	1160087.745	866.586	867.457	-0.871
730478.902	1160579.873	878.299	878.730	-0.431
730479.314	1160518.408	874.582	875.979	-1.397
730479.725	1160456.943	873.861	874.875	-1.014
730480.137	1160395.478	874.167	872.894	1.273
730480.548	1160334.013	873.382	873.648	-0.266
730480.960	1160272.548	873.061	873.175	-0.114
730481.371	1160211.082	870.487	871.262	-0.775
730481.783	1160149.617	870.561	870.955	-0.394
730482.194	1160088.152	865.599	867.740	-2.141
730539.733	1160580.280	874.891	876.201	-1.310
730540.145	1160518.815	873.927	874.982	-1.055
730540.557	1160457.350	873.481	874.442	-0.961
730540.968	1160395.885	873.802	874.408	-0.606
730541.380	1160334.420	872.784	873.342	-0.558
730541.791	1160272.955	872.310	872.634	-0.324
730542.203	1160211.490	870.240	870.782	-0.542
730542.615	1160150.025	869.322	870.088	-0.766
730543.026	1160088.559	865.454	867.569	-2.115
730600.565	1160580.688	874.299	875.332	-1.033
730600.976	1160519.223	871.595	872.566	-0.971
730601.388	1160457.758	871.868	872.306	-0.438
730601.800	1160396.292	871.681	872.087	-0.406
730602.212	1160334.827	871.592	872.116	-0.524
730602.623	1160273.362	870.721	871.467	-0.746
730603.035	1160211.897	869.776	870.323	-0.547
730603.447	1160150.432	869.486	870.281	-0.795
730603.858	1160088.967	865.518	867.448	-1.930
730604.270	1160027.502	865.502	865.065	0.437
730661.396	1160581.095	870.944	871.521	-0.577
730661.808	1160519.630	869.327	870.174	-0.847
730662.220	1160458.165	869.711	870.213	-0.502

COORDENADAS PUNTO		COTA LIDAR	COTA DEM	ΔTOTAL
ESTE	NORTE	(m)	(m)	(m)
730662.632	1160396.700	869.606	869.723	-0.117
730663.043	1160335.235	869.726	869.586	0.140
730663.455	1160273.770	869.339	870.287	-0.948
730663.867	1160212.304	868.883	869.756	-0.873
730664.279	1160150.839	867.100	868.619	-1.519
730664.690	1160089.374	866.703	868.087	-1.384
730665.102	1160027.909	865.695	866.792	-1.097
730721.815	1160642.968	870.222	870.788	-0.566
730722.227	1160581.503	869.747	869.851	-0.104
730722.639	1160520.038	869.126	869.286	-0.160
730723.051	1160458.573	869.332	869.298	0.034
730723.463	1160397.108	868.930	869.405	-0.475
730723.875	1160335.642	869.424	869.316	0.108
730724.287	1160274.177	868.083	868.622	-0.539
730724.699	1160212.712	867.837	868.317	-0.480
730725.111	1160151.247	867.028	867.869	-0.841
730782.647	1160643.376	870.460	870.391	0.069
730783.059	1160581.911	868.830	868.991	-0.161
730783.471	1160520.446	868.661	868.619	0.042
730783.883	1160458.980	867.963	867.762	0.201
730784.295	1160397.515	867.552	867.594	-0.042
730784.707	1160336.050	867.374	867.642	-0.268
730785.119	1160274.585	866.651	867.377	-0.726
730785.531	1160213.120	866.685	867.045	-0.360
730785.943	1160151.655	866.899	866.447	0.452
730843.478	1160643.784	867.973	868.381	-0.408
730843.890	1160582.319	867.937	867.829	0.108
730844.302	1160520.854	868.452	868.217	0.235
730844.714	1160459.388	867.578	866.752	0.826
730845.127	1160397.923	865.565	866.127	-0.562
730845.539	1160336.458	864.801	866.050	-1.249
730845.951	1160274.993	865.314	865.831	-0.517
730846.363	1160213.527	865.428	865.442	-0.014
730846.775	1160152.062	864.618	864.395	0.223
730904.309	1160644.192	867.341	867.033	0.308
730904.721	1160582.727	866.668	866.026	0.642
730905.134	1160521.262	866.237	865.675	0.562
730905.546	1160459.796	863.236	863.343	-0.107
730905.958	1160398.331	863.546	863.626	-0.080
730906.370	1160336.866	863.469	863.974	-0.505
730906.783	1160275.401	863.618	864.390	-0.772
730907.195	1160213.935	864.242	864.902	-0.660
730965.140	1160644.600	865.743	865.154	0.589
730965.553	1160583.135	864.095	863.388	0.707
730965.965	1160521.670	863.496	862.703	0.793
730966.378	1160460.204	863.160	862.912	0.248
730966.790	1160398.739	862.576	863.069	-0.493
730967.202	1160337.274	862.236	863.053	-0.817
730967.615	1160275.809	861.979	863.620	-1.641
730968.027	1160214.343	863.511	864.891	-1.380
731025.559	1160706.474	865.109	864.853	0.256
731025.972	1160645.008	865.412	864.616	0.796
731026.384	1160583.543	863.432	862.534	0.898
731026.797	1160522.078	862.496	862.198	0.298
731027.209	1160460.613	861.991	862.272	-0.281

COORDENADAS PUNTO		COTA LIDAR	COTA DEM	ΔTOTAL
ESTE	NORTE	(m)	(m)	(m)
731027.622	1160399.147	862.229	862.719	-0.490
731028.034	1160337.682	862.207	863.049	-0.842
731028.447	1160276.217	861.739	863.373	-1.634
731085.978	1160768.347	864.224	865.027	-0.803
731086.390	1160706.882	863.859	864.090	-0.231
731086.803	1160645.417	863.462	863.696	-0.234
731087.216	1160583.951	863.082	862.942	0.140
731087.628	1160522.486	862.234	862.405	-0.171
731088.041	1160461.021	862.023	862.490	-0.467
731088.453	1160399.556	862.079	862.470	-0.391
731088.866	1160338.090	861.685	862.556	-0.871
731146.809	1160768.756	863.834	864.347	-0.513
731147.222	1160707.291	863.579	864.151	-0.572
731147.634	1160645.825	862.637	862.900	-0.263
731148.047	1160584.360	861.891	861.927	-0.036
731148.460	1160522.895	861.836	861.965	-0.129
731148.873	1160461.429	861.640	861.889	-0.249
731149.285	1160399.964	861.566	862.079	-0.513
731149.698	1160338.499	861.486	862.235	-0.749
731150.111	1160277.033	861.625	862.773	-1.148
731208.053	1160707.699	862.542	863.018	-0.476
731208.466	1160646.234	862.161	862.489	-0.328
731208.879	1160584.768	861.661	861.971	-0.310
731209.291	1160523.303	861.621	861.873	-0.252
731209.704	1160461.838	861.546	862.060	-0.514
731210.117	1160400.372	861.697	861.865	-0.168
731210.530	1160338.907	861.526	861.898	-0.372
731210.943	1160277.442	861.505	859.827	1.678
731268.884	1160708.108	862.280	861.329	0.951
731269.297	1160646.642	861.936	862.467	-0.531
731270.123	1160523.712	861.098	861.350	-0.252
731270.536	1160462.246	861.291	860.852	0.439
731270.949	1160400.781	861.451	860.381	1.070
731271.362	1160339.316	861.176	861.075	0.101
731330.955	1160524.121	859.641	860.672	-1.031
731331.368	1160462.655	859.800	860.486	-0.686
731331.781	1160401.190	859.833	859.773	0.060

## **APÉNDICE 6.**

---

*Discrepancias en cota entre el MDE generado a partir de la data LIDAR de la CUC, y el MDE generado por el VANT. Distribución arbitraria de puntos. Elaboración propia.*

COORDENADAS PUNTOS		COTA DEM	COTA LIDAR	Δ TOTAL
ESTE	NORTE	(m)	(m)	(m)
730798.566	1160321.075	867.024	866.915	0.109
730800.382	1160249.501	866.547	866.414	0.133
730820.095	1160200.334	865.369	865.372	-0.003
730893.691	1160189.347	864.873	864.520	0.353
730919.295	1160225.086	864.995	863.806	1.189
730917.253	1160263.792	864.400	863.414	0.986
730923.255	1160298.949	863.462	862.383	1.079
730971.473	1160284.866	863.189	861.930	1.259
731022.698	1160287.460	863.128	861.777	1.351
731098.851	1160293.824	862.721	861.463	1.258
731179.010	1160300.666	862.620	861.429	1.191
731287.029	1160339.210	860.923	860.722	0.201
731276.415	1160526.182	860.743	860.267	0.476
731261.514	1160562.901	861.236	860.846	0.390
731225.791	1160574.267	861.547	861.280	0.267
731185.684	1160589.605	861.785	861.658	0.127
731165.688	1160559.256	861.527	861.408	0.119
731191.202	1160564.229	861.537	861.404	0.133
731216.168	1160562.196	861.403	861.209	0.194
731146.477	1160618.556	862.291	862.279	0.012
731184.754	1160659.300	862.523	862.201	0.322
731176.430	1160679.922	863.963	863.721	0.242
731229.592	1160666.805	862.534	862.206	0.328
731270.520	1160647.070	862.461	861.923	0.538
731210.367	1160698.559	862.182	862.440	-0.258
731145.981	1160751.353	864.492	863.888	0.604
731113.325	1160758.204	864.777	863.823	0.954
731083.060	1160703.974	863.955	863.741	0.214
731064.009	1160729.458	865.166	864.624	0.542
731023.213	1160729.585	863.865	864.778	-0.913
730979.853	1160698.612	864.933	865.569	-0.636
730941.432	1160679.278	865.974	866.317	-0.343
731043.034	1160648.344	864.738	865.393	-0.655
730994.252	1160638.278	864.783	865.471	-0.688
730947.186	1160628.491	864.985	865.473	-0.488
730996.750	1160600.543	863.391	864.327	-0.936
731036.743	1160582.402	862.573	863.550	-0.977
731001.300	1160571.759	862.119	863.261	-1.142
730950.321	1160574.352	863.427	863.976	-0.549
730998.614	1160539.191	862.701	863.345	-0.644
730934.159	1160523.551	862.729	863.713	-0.984
730898.155	1160517.840	866.348	867.173	-0.825
730873.363	1160533.148	867.660	868.376	-0.716
730891.074	1160490.846	864.873	865.927	-1.054
730973.099	1160485.260	861.780	862.078	-0.298
730864.984	1160512.882	867.623	868.386	-0.763
730827.554	1160513.031	868.000	868.446	-0.446
730851.391	1160590.830	867.739	867.801	-0.062
730791.856	1160550.211	868.362	868.393	-0.031
730785.614	1160624.606	869.240	868.839	0.401
730723.542	1160637.596	870.712	870.129	0.583
730700.205	1160603.423	870.747	870.285	0.462
730664.793	1160568.368	871.301	870.815	0.486
730679.521	1160527.847	869.677	869.190	0.487
730719.549	1160494.699	869.284	869.177	0.107

COORDENADAS PUNTOS		COTA DEM	COTA LIDAR	Δ TOTAL
ESTE	NORTE	(m)	(m)	(m)
730766.819	1160474.205	868.394	868.606	-0.212
730686.974	1160420.443	869.375	869.199	0.176
730637.121	1160471.735	870.174	869.656	0.518
730621.156	1160519.652	872.199	871.307	0.892
730599.242	1160598.144	876.135	875.729	0.406
730519.038	1160568.393	876.207	874.820	1.387
730559.529	1160525.242	874.643	873.865	0.778
730467.271	1160521.223	876.119	874.513	1.606
730570.632	1160464.086	873.707	873.249	0.458
730583.271	1160410.344	872.541	872.413	0.128
730330.057	1160369.429	879.096	878.547	0.549
730258.378	1160397.564	883.872	882.660	1.212
730200.769	1160424.192	886.075	884.524	1.551
730132.062	1160422.532	890.453	888.749	1.704
730166.905	1160394.551	889.076	888.185	0.891
730166.343	1160478.589	890.985	890.728	0.257
730431.660	1160279.264	873.114	872.796	0.318
730500.087	1160263.714	872.879	872.745	0.134
730488.876	1160340.878	873.659	873.500	0.159
730358.088	1160323.794	877.768	877.384	0.384
730458.411	1160217.613	871.629	871.212	0.417
730487.563	1160181.990	870.760	870.140	0.620
730359.747	1160164.526	871.099	870.738	0.361
730329.690	1160157.922	871.569	871.421	0.148
730265.708	1160160.296	872.622	872.803	-0.181
730634.112	1160122.741	868.760	867.656	1.104
730659.976	1160164.135	868.886	868.085	0.801
730609.191	1160177.202	869.874	869.103	0.771
730590.067	1160223.497	870.790	870.240	0.550
730538.800	1160249.366	872.549	872.403	0.146
730620.516	1160260.319	870.767	870.083	0.684
730686.185	1160242.750	869.543	868.916	0.627
730574.711	1160328.246	872.396	872.283	0.113
730631.302	1160305.814	871.036	870.150	0.886
730736.863	1160275.105	868.293	867.798	0.495
730679.532	1160348.958	869.827	869.561	0.266
730591.731	1160388.990	872.348	872.216	0.132
730760.289	1160384.717	868.043	868.084	-0.041
730809.746	1160451.681	867.579	867.910	-0.331
730821.610	1160306.689	866.422	866.406	0.016
730919.552	1160319.551	863.820	863.183	0.637
730880.056	1160243.849	865.093	864.450	0.643
730742.117	1160170.888	867.690	867.190	0.500
730976.469	1160307.727	863.075	862.046	1.029
731145.332	1160346.679	862.206	861.513	0.693
731190.170	1160334.574	862.037	861.423	0.614
731131.881	1160432.832	862.031	861.940	0.091
731197.776	1160469.893	860.542	861.569	-1.027
731194.364	1160535.703	861.651	861.632	0.019
730935.922	1160433.893	863.156	863.286	-0.130
730910.741	1160378.758	864.088	863.924	0.164

## **APÉNDICE 7.**

---

*Discrepancias en cota entre el MDE generado a partir de la data LIDAR de la CUC, y el MDE generado a partir del modelo fotogramétrico. Elaboración propia.*



COORDENADAS PUNTO		COTA MODELO FOTOGRAMÉTRICO	COTA LIDAR	Δ TOTAL
ESTE	NORTE	(m)	(m)	(m)
729749.339	1160513.528	966.446	966.906	-0.460
729749.749	1160452.063	962.229	961.055	1.174
729750.159	1160390.598	963.562	963.645	-0.083
729750.570	1160329.134	929.777	930.560	-0.783
729810.170	1160513.934	949.492	949.824	-0.332
729810.580	1160452.469	936.863	936.233	0.630
729810.991	1160391.005	967.321	966.542	0.779
729811.401	1160329.540	949.009	948.089	0.920
729811.811	1160268.075	930.000	929.762	0.238
729812.222	1160206.610	903.528	904.498	-0.970
729812.632	1160145.145	897.770	897.761	0.009
729870.591	1160575.805	968.673	965.931	2.742
729871.001	1160514.340	931.764	931.010	0.754
729871.412	1160452.876	926.289	922.456	3.833
729871.822	1160391.411	953.474	952.105	1.369
729872.233	1160329.946	953.956	954.299	-0.343
729872.643	1160268.481	943.249	943.860	-0.611
729873.053	1160207.016	931.094	930.952	0.142
729873.464	1160145.551	918.785	922.283	-3.498
729928.547	1161006.466	898.760	895.485	3.275
729928.958	1160945.001	922.578	920.759	1.819
729929.369	1160883.536	939.525	937.527	1.998
729929.779	1160822.071	955.733	954.303	1.430
729930.190	1160760.606	972.000	972.249	-0.249
729930.601	1160699.141	972.000	973.117	-1.117
729931.011	1160637.676	950.175	949.069	1.106
729931.422	1160576.212	967.657	967.465	0.192
729931.832	1160514.747	929.364	929.025	0.339
729932.243	1160453.282	906.597	905.976	0.621
729932.654	1160391.817	934.299	934.289	0.010
729933.064	1160330.352	948.506	948.640	-0.134
729933.474	1160268.887	919.433	918.364	1.069
729933.885	1160207.422	902.880	902.434	0.446
729934.295	1160145.957	894.626	892.649	1.977
729989.378	1161006.873	907.657	907.673	-0.016
729989.788	1160945.408	913.877	916.282	-2.405
729990.199	1160883.943	919.551	920.710	-1.159
729990.610	1160822.478	931.746	929.895	1.851
729991.021	1160761.013	961.868	958.002	3.866
729991.432	1160699.548	943.161	941.087	2.074
729991.842	1160638.083	927.973	926.130	1.843
729992.253	1160576.618	948.638	948.681	-0.043
729992.664	1160515.153	924.516	923.659	0.857
729993.074	1160453.688	900.735	901.006	-0.271
729993.485	1160392.223	918.166	917.402	0.764
729993.895	1160330.758	947.894	947.192	0.702
729994.306	1160269.293	923.771	924.038	-0.267
729994.717	1160207.828	897.448	898.204	-0.756

COORDENADAS PUNTO		COTA MODELO FOTOGRAMÉTRICO	COTA LIDAR	Δ TOTAL
ESTE	NORTE	(m)	(m)	(m)
729995.127	1160146.363	887.069	887.350	-0.281
730050.208	1161007.279	879.529	882.265	-2.736
730050.619	1160945.814	888.000	883.642	4.358
730051.030	1160884.349	902.709	897.627	5.082
730051.441	1160822.884	928.348	924.951	3.397
730051.852	1160761.419	956.157	956.621	-0.464
730052.262	1160699.954	943.737	945.699	-1.962
730052.673	1160638.489	912.937	914.421	-1.484
730053.084	1160577.024	925.286	925.440	-0.154
730053.495	1160515.560	924.960	926.520	-1.560
730053.906	1160454.095	895.853	896.235	-0.382
730054.316	1160392.630	901.855	903.295	-1.440
730054.727	1160331.165	931.216	932.691	-1.475
730055.138	1160269.700	921.608	922.409	-0.801
730055.548	1160208.235	914.001	915.334	-1.333
730055.959	1160146.770	904.325	908.842	-4.517
730056.370	1160085.305	888.469	890.133	-1.664
730111.038	1161007.686	874.903	876.285	-1.382
730111.449	1160946.221	897.807	894.708	3.099
730111.860	1160884.756	922.940	921.199	1.741
730112.271	1160823.291	946.532	945.329	1.203
730112.682	1160761.826	964.868	964.503	0.365
730113.093	1160700.361	955.937	955.988	-0.051
730113.504	1160638.896	926.193	926.129	0.064
730113.915	1160577.431	902.942	907.549	-4.607
730114.326	1160515.966	900.000	899.960	0.040
730114.737	1160454.501	892.563	889.845	2.718
730115.148	1160393.036	891.965	891.680	0.285
730115.559	1160331.571	900.000	900.310	-0.310
730115.969	1160270.106	899.159	900.316	-1.157
730116.380	1160208.641	884.599	884.850	-0.251
730116.791	1160147.176	893.287	891.400	1.887
730117.202	1160085.711	901.502	902.033	-0.531
730117.612	1160024.246	896.816	896.878	-0.062
730118.023	1159962.781	886.584	888.067	-1.483
730171.869	1161008.093	887.754	888.704	-0.950
730172.280	1160946.628	920.795	919.577	1.218
730172.691	1160885.163	933.664	934.696	-1.032
730173.102	1160823.698	932.456	933.073	-0.617
730173.513	1160762.233	925.734	926.079	-0.345
730173.924	1160700.768	944.111	944.631	-0.520
730174.335	1160639.303	948.305	948.888	-0.583
730174.746	1160577.838	919.880	919.861	0.019
730175.157	1160516.373	895.698	893.497	2.201
730175.568	1160454.908	887.555	888.039	-0.484
730175.979	1160393.443	887.564	887.600	-0.036
730176.390	1160331.978	900.000	900.181	-0.181
730176.801	1160270.513	899.039	899.573	-0.534

COORDENADAS PUNTO		COTA MODELO FOTOGRAMÉTRICO	COTA LIDAR	Δ TOTAL
ESTE	NORTE	(m)	(m)	(m)
730177.212	1160209.048	887.129	887.914	-0.785
730177.623	1160147.583	874.912	873.080	1.832
730178.034	1160086.118	874.256	874.575	-0.319
730178.444	1160024.653	880.934	880.432	0.502
730178.855	1159963.188	886.718	884.928	1.790
730232.699	1161008.500	897.785	896.285	1.500
730233.110	1160947.035	902.091	903.045	-0.954
730233.522	1160885.570	900.223	901.606	-1.383
730233.933	1160824.105	897.570	896.661	0.909
730234.344	1160762.640	908.854	906.061	2.793
730234.755	1160701.175	935.614	931.395	4.219
730235.166	1160639.710	954.500	953.408	1.092
730235.577	1160578.245	925.411	925.897	-0.486
730235.989	1160516.780	901.087	900.538	0.549
730236.400	1160455.315	883.000	882.638	0.362
730236.811	1160393.850	884.444	884.638	-0.194
730237.222	1160332.385	900.000	900.254	-0.254
730237.633	1160270.920	899.599	900.111	-0.512
730238.044	1160209.455	888.734	888.437	0.297
730238.455	1160147.990	872.821	872.950	-0.129
730238.866	1160086.525	872.000	872.263	-0.263
730239.277	1160025.060	871.290	872.466	-1.176
730239.688	1159963.595	870.636	871.763	-1.127
730293.529	1161008.907	875.586	872.481	3.105
730294.763	1160824.512	898.973	897.397	1.576
730295.175	1160763.047	927.531	926.583	0.948
730295.586	1160701.582	943.090	943.114	-0.024
730295.997	1160640.117	938.215	939.177	-0.962
730296.409	1160578.652	917.096	917.336	-0.240
730297.231	1160455.721	879.928	880.194	-0.266
730297.642	1160394.256	879.928	879.737	0.191
730298.053	1160332.791	893.121	891.730	1.391
730298.464	1160271.326	899.000	900.009	-1.009
730298.876	1160209.861	883.615	882.601	1.014
730299.287	1160148.396	872.285	873.079	-0.794
730299.698	1160086.931	870.568	870.548	0.020
730300.109	1160025.466	869.442	869.457	-0.015
730300.520	1159964.001	868.965	868.989	-0.024
730354.360	1161009.314	866.723	866.617	0.106
730354.771	1160947.849	872.213	869.721	2.492
730355.594	1160824.919	911.390	911.937	-0.547
730356.006	1160763.454	932.000	932.027	-0.027
730356.417	1160701.989	919.207	919.525	-0.318
730356.828	1160640.524	922.973	922.105	0.868
730357.240	1160579.059	905.863	905.590	0.273
730357.651	1160517.594	887.918	886.450	1.468
730358.062	1160456.128	878.053	878.174	-0.121
730358.474	1160394.663	877.918	877.879	0.039

COORDENADAS PUNTO		COTA MODELO FOTOGRAMÉTRICO	COTA LIDAR	Δ TOTAL
ESTE	NORTE	(m)	(m)	(m)
730358.885	1160333.198	877.375	878.082	-0.707
730359.296	1160271.733	898.000	898.228	-0.228
730359.707	1160210.268	878.713	878.617	0.096
730360.119	1160148.803	870.832	870.629	0.203
730360.530	1160087.338	866.870	867.817	-0.947
730360.941	1160025.873	865.571	865.749	-0.178
730361.352	1159964.408	865.000	864.961	0.039
730415.190	1161009.721	865.000	866.003	-1.003
730415.602	1160948.256	884.013	883.575	0.438
730416.425	1160825.326	901.327	896.928	4.399
730416.837	1160763.861	928.000	929.103	-1.103
730417.248	1160702.396	904.689	903.808	0.881
730417.660	1160640.931	898.769	896.650	2.119
730418.071	1160579.466	901.318	900.298	1.020
730418.482	1160518.001	889.046	888.851	0.195
730418.894	1160456.536	874.000	873.198	0.802
730419.305	1160395.071	874.000	873.440	0.560
730419.717	1160333.605	874.350	874.093	0.257
730420.128	1160272.140	873.000	873.060	-0.060
730420.539	1160210.675	870.932	870.664	0.268
730420.951	1160149.210	870.000	869.866	0.134
730421.362	1160087.745	865.990	866.586	-0.596
730421.773	1160026.280	865.190	865.593	-0.403
730422.184	1159964.815	865.000	864.693	0.307
730476.021	1161010.129	888.063	889.018	-0.955
730476.432	1160948.664	914.101	915.725	-1.624
730476.844	1160887.199	909.556	911.770	-2.214
730477.256	1160825.733	901.515	899.466	2.049
730477.667	1160764.268	928.000	927.863	0.137
730478.079	1160702.803	922.010	922.542	-0.532
730478.491	1160641.338	897.928	896.408	1.520
730478.902	1160579.873	878.272	878.299	-0.027
730479.314	1160518.408	874.432	874.582	-0.150
730479.725	1160456.943	873.865	873.861	0.004
730480.137	1160395.478	873.730	874.167	-0.437
730480.548	1160334.013	873.478	873.382	0.096
730480.960	1160272.548	872.670	873.061	-0.391
730481.371	1160211.082	870.750	870.487	0.263
730481.783	1160149.617	870.000	870.561	-0.561
730482.194	1160088.152	865.930	865.599	0.331
730482.605	1160026.687	865.042	865.625	-0.583
730483.017	1159965.222	865.000	864.622	0.378
730536.851	1161010.536	913.507	913.235	0.272
730537.263	1160949.071	918.370	918.815	-0.445
730537.675	1160887.606	928.000	928.027	-0.027
730538.087	1160826.141	928.000	932.840	-4.840
730538.498	1160764.676	920.479	920.465	0.014
730538.910	1160703.211	910.615	911.356	-0.741

COORDENADAS PUNTO		COTA MODELO FOTOGRAMÉTRICO	COTA LIDAR	Δ TOTAL
ESTE	NORTE	(m)	(m)	(m)
730539.322	1160641.745	898.956	898.126	0.830
730539.733	1160580.280	874.874	874.891	-0.017
730540.145	1160518.815	873.873	873.927	-0.054
730540.557	1160457.350	873.350	873.481	-0.131
730540.968	1160395.885	873.194	873.802	-0.608
730541.380	1160334.420	872.866	872.784	0.082
730541.791	1160272.955	872.042	872.310	-0.268
730542.203	1160211.490	870.272	870.240	0.032
730542.615	1160150.025	868.937	869.322	-0.385
730543.026	1160088.559	865.890	865.454	0.436
730543.438	1160027.094	865.000	865.571	-0.571
730543.849	1159965.629	865.000	864.756	0.244
730597.682	1161010.944	888.368	883.444	4.924
730598.094	1160949.479	889.491	886.324	3.167
730598.506	1160888.014	901.087	900.718	0.369
730598.917	1160826.548	912.875	913.502	-0.627
730599.329	1160765.083	890.152	887.714	2.438
730599.741	1160703.618	878.735	879.091	-0.356
730600.153	1160642.153	888.291	887.865	0.426
730600.565	1160580.688	873.390	874.299	-0.909
730600.976	1160519.223	872.186	871.595	0.591
730601.388	1160457.758	871.578	871.868	-0.290
730601.800	1160396.292	871.448	871.681	-0.233
730602.212	1160334.827	871.162	871.592	-0.430
730602.623	1160273.362	870.557	870.721	-0.164
730603.035	1160211.897	869.802	869.776	0.026
730603.447	1160150.432	868.435	869.486	-1.051
730603.858	1160088.967	865.729	865.518	0.211
730604.270	1160027.502	865.000	865.502	-0.502
730604.681	1159966.037	865.000	864.652	0.348
730658.512	1161011.352	871.182	866.550	4.632
730658.924	1160949.886	871.245	870.464	0.781
730659.748	1160826.956	902.953	902.016	0.937
730660.160	1160765.491	897.573	897.086	0.487
730660.572	1160704.026	871.853	871.871	-0.018
730660.984	1160642.561	870.744	870.876	-0.132
730661.396	1160581.095	870.756	870.944	-0.188
730661.808	1160519.630	869.370	869.327	0.043
730662.220	1160458.165	869.120	869.711	-0.591
730662.632	1160396.700	869.314	869.606	-0.292
730663.043	1160335.235	869.434	869.726	-0.292
730663.455	1160273.770	869.000	869.339	-0.339
730663.867	1160212.304	868.314	868.883	-0.569
730664.279	1160150.839	867.424	867.100	0.324
730664.690	1160089.374	866.479	866.703	-0.224
730665.102	1160027.909	864.982	865.695	-0.713
730665.514	1159966.444	864.640	864.462	0.178
730719.343	1161011.759	864.002	865.029	-1.027

COORDENADAS PUNTO		COTA MODELO FOTOGRAMÉTRICO	COTA LIDAR	Δ TOTAL
ESTE	NORTE	(m)	(m)	(m)
730719.755	1160950.294	878.536	875.005	3.531
730720.579	1160827.364	910.000	913.299	-3.299
730720.991	1160765.899	891.742	890.033	1.709
730721.403	1160704.433	871.366	871.380	-0.014
730721.815	1160642.968	869.870	870.222	-0.352
730722.227	1160581.503	869.442	869.747	-0.305
730722.639	1160520.038	868.620	869.126	-0.506
730723.051	1160458.573	868.620	869.332	-0.712
730723.463	1160397.108	868.430	868.930	-0.500
730723.875	1160335.642	868.436	869.424	-0.988
730724.287	1160274.177	867.909	868.083	-0.174
730724.699	1160212.712	867.543	867.837	-0.294
730725.111	1160151.247	866.880	867.028	-0.148
730725.523	1160089.782	866.239	866.684	-0.445
730725.934	1160028.317	864.413	864.182	0.231
730780.173	1161012.167	884.751	878.780	5.971
730780.586	1160950.702	900.536	901.139	-0.603
730780.998	1160889.237	908.835	908.239	0.596
730781.410	1160827.772	910.000	918.230	-8.230
730781.822	1160766.307	910.000	911.972	-1.972
730782.234	1160704.841	890.577	891.077	-0.500
730782.647	1160643.376	869.922	870.460	-0.538
730783.059	1160581.911	868.586	868.830	-0.244
730783.471	1160520.446	868.153	868.661	-0.508
730783.883	1160458.980	867.802	867.963	-0.161
730784.295	1160397.515	867.690	867.552	0.138
730784.707	1160336.050	867.136	867.374	-0.238
730785.119	1160274.585	866.600	866.651	-0.051
730785.531	1160213.120	866.347	866.685	-0.338
730785.943	1160151.655	866.236	866.899	-0.663
730786.355	1160090.189	865.516	865.776	-0.260
730841.004	1161012.575	887.120	886.651	0.469
730841.416	1160951.110	880.089	879.818	0.271
730841.829	1160889.645	882.085	879.687	2.398
730842.241	1160828.180	886.228	884.217	2.011
730842.653	1160766.714	904.841	902.120	2.721
730843.066	1160705.249	892.216	892.392	-0.176
730843.478	1160643.784	867.999	867.973	0.026
730843.890	1160582.319	867.600	867.937	-0.337
730844.302	1160520.854	867.640	868.452	-0.812
730844.714	1160459.388	864.407	867.578	-3.171
730845.127	1160397.923	864.291	865.565	-1.274
730845.539	1160336.458	864.000	864.801	-0.801
730845.951	1160274.993	865.232	865.314	-0.082
730846.363	1160213.527	865.122	865.428	-0.306
730846.775	1160152.062	864.464	864.618	-0.154
730847.187	1160090.597	863.430	863.884	-0.454
730901.835	1161012.984	867.721	867.582	0.139

COORDENADAS PUNTO		COTA MODELO FOTOGRAMÉTRICO	COTA LIDAR	Δ TOTAL
ESTE	NORTE	(m)	(m)	(m)
730902.247	1160951.518	869.163	869.461	-0.298
730902.660	1160890.053	879.052	876.806	2.246
730903.072	1160828.588	893.385	889.632	3.753
730903.484	1160767.123	903.369	902.990	0.379
730903.897	1160705.657	882.229	881.570	0.659
730904.309	1160644.192	867.087	867.341	-0.254
730904.721	1160582.727	866.347	866.668	-0.321
730905.134	1160521.262	865.822	866.237	-0.415
730905.546	1160459.796	863.728	863.236	0.492
730905.958	1160398.331	863.410	863.546	-0.136
730906.370	1160336.866	863.253	863.469	-0.216
730906.783	1160275.401	863.538	863.618	-0.080
730907.195	1160213.935	864.000	864.242	-0.242
730907.607	1160152.470	863.710	864.347	-0.637
730962.665	1161013.392	866.075	866.983	-0.908
730963.078	1160951.927	880.090	874.925	5.165
730963.490	1160890.461	896.656	895.494	1.162
730963.903	1160828.996	911.000	910.655	0.345
730964.315	1160767.531	896.824	896.761	0.063
730964.728	1160706.065	868.894	869.037	-0.143
730965.140	1160644.600	865.620	865.743	-0.123
730965.553	1160583.135	864.000	864.095	-0.095
730965.965	1160521.670	863.174	863.496	-0.322
730966.378	1160460.204	862.943	863.160	-0.217
730966.790	1160398.739	862.384	862.576	-0.192
730967.202	1160337.274	862.097	862.236	-0.139
730967.615	1160275.809	862.000	861.979	0.021
730968.027	1160214.343	863.130	863.511	-0.381
730968.439	1160152.878	862.594	862.212	0.382
731023.496	1161013.800	862.000	862.012	-0.012
731023.909	1160952.335	888.186	886.331	1.855
731024.321	1160890.870	891.093	889.516	1.577
731024.734	1160829.404	892.718	892.503	0.215
731025.146	1160767.939	878.881	877.385	1.496
731025.559	1160706.474	865.000	865.109	-0.109
731025.972	1160645.008	865.000	865.412	-0.412
731026.384	1160583.543	863.430	863.432	-0.002
731026.797	1160522.078	862.000	862.496	-0.496
731027.209	1160460.613	861.930	861.991	-0.061
731027.622	1160399.147	861.820	862.229	-0.409
731028.034	1160337.682	861.800	862.207	-0.407
731028.447	1160276.217	861.760	861.739	0.021
731028.859	1160214.751	861.990	861.895	0.095
731029.271	1160153.286	861.550	860.306	1.244
731084.327	1161014.209	861.880	861.397	0.483
731084.739	1160952.743	862.000	862.196	-0.196
731085.152	1160891.278	862.836	861.306	1.530
731085.565	1160829.813	867.213	864.706	2.507

COORDENADAS PUNTO		COTA MODELO FOTOGRAMÉTRICO	COTA LIDAR	Δ TOTAL
ESTE	NORTE	(m)	(m)	(m)
731085.978	1160768.347	864.000	864.224	-0.224
731086.390	1160706.882	863.820	863.859	-0.039
731086.803	1160645.417	863.515	863.462	0.053
731087.216	1160583.951	862.378	863.082	-0.704
731087.628	1160522.486	861.700	862.234	-0.534
731088.041	1160461.021	861.730	862.023	-0.293
731088.453	1160399.556	861.620	862.079	-0.459
731088.866	1160338.090	861.570	861.685	-0.115
731089.279	1160276.625	861.450	861.607	-0.157
731089.691	1160215.160	861.296	861.628	-0.332
731090.104	1160153.694	861.130	861.447	-0.317
731145.157	1161014.617	861.850	861.451	0.399
731145.570	1160953.152	862.558	862.430	0.128
731145.983	1160891.687	863.538	863.530	0.008
731146.396	1160830.221	864.780	863.941	0.839
731146.809	1160768.756	864.590	863.834	0.756
731147.222	1160707.291	863.370	863.579	-0.209
731147.634	1160645.825	862.449	862.637	-0.188
731148.047	1160584.360	862.000	861.891	0.109
731148.460	1160522.895	861.300	861.836	-0.536
731148.873	1160461.429	861.380	861.640	-0.260
731149.285	1160399.964	861.430	861.566	-0.136
731149.698	1160338.499	861.330	861.486	-0.156
731150.111	1160277.033	861.220	861.625	-0.405
731150.523	1160215.568	861.000	861.012	-0.012
731150.936	1160154.103	860.927	861.277	-0.350
731205.988	1161015.026	861.830	862.176	-0.346
731206.401	1160953.561	863.000	864.037	-1.037
731206.814	1160892.095	868.757	868.401	0.356
731207.227	1160830.630	881.994	882.504	-0.510
731207.640	1160769.165	863.723	863.984	-0.261
731208.053	1160707.699	863.000	862.542	0.458
731208.466	1160646.234	862.000	862.161	-0.161
731208.879	1160584.768	861.522	861.661	-0.139
731209.291	1160523.303	861.000	861.621	-0.621
731209.704	1160461.838	861.000	861.546	-0.546
731210.117	1160400.372	861.060	861.697	-0.637
731210.530	1160338.907	861.130	861.526	-0.396
731210.943	1160277.442	861.000	861.505	-0.505
731211.355	1160215.976	861.000	860.959	0.041
731211.768	1160154.511	860.525	860.821	-0.296
731266.819	1161015.435	861.770	860.053	1.717
731267.232	1160953.969	862.928	864.088	-1.160
731267.645	1160892.504	885.334	884.300	1.034
731268.058	1160831.039	885.135	885.459	-0.324
731268.471	1160769.573	863.658	866.983	-3.325
731268.884	1160708.108	862.097	862.280	-0.183
731269.297	1160646.642	861.949	861.936	0.013



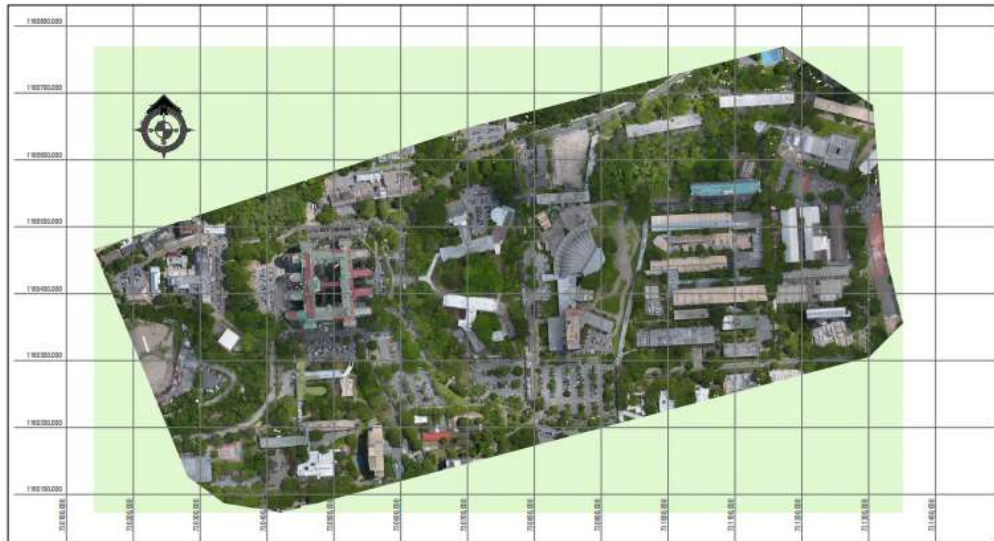
COORDENADAS PUNTO		COTA MODELO FOTOGAMÉTRICO	COTA LIDAR	Δ TOTAL
ESTE	NORTE	(m)	(m)	(m)
731269.710	1160585.177	861.172	860.677	0.495
731270.123	1160523.712	861.000	861.098	-0.098
731270.536	1160462.246	861.000	861.291	-0.291
731270.949	1160400.781	861.000	861.451	-0.451
731271.362	1160339.316	861.000	861.176	-0.176
731271.775	1160277.850	860.245	859.203	1.042
731272.187	1160216.385	860.740	860.593	0.147
731272.600	1160154.920	860.096	860.663	-0.567
731327.649	1161015.844	861.340	864.205	-2.865
731328.063	1160954.378	864.309	860.339	3.970
731328.476	1160892.913	871.120	872.434	-1.314
731328.889	1160831.447	873.500	873.206	0.294
731329.302	1160769.982	870.630	869.697	0.933
731329.715	1160708.517	862.245	862.259	-0.014
731330.128	1160647.051	862.000	862.144	-0.144
731330.542	1160585.586	860.000	859.816	0.184
731330.955	1160524.121	859.930	859.641	0.289
731331.368	1160462.655	859.830	859.800	0.030
731331.781	1160401.190	859.990	859.832	0.158
731332.194	1160339.724	860.000	860.043	-0.043
731333.020	1160216.794	860.000	860.461	-0.461
731333.433	1160155.328	859.790	858.715	1.075
731388.480	1161016.253	857.000	857.415	-0.415
731388.894	1160954.787	861.625	861.110	0.515
731389.307	1160893.322	870.020	869.630	0.390
731389.720	1160831.856	870.040	870.580	-0.540
731390.133	1160770.391	867.879	867.892	-0.013
731390.547	1160708.926	862.082	861.878	0.204
731390.960	1160647.460	860.466	860.433	0.033
731391.373	1160585.995	859.750	857.102	2.648
731391.786	1160524.529	859.670	857.141	2.529
731392.199	1160463.064	859.570	857.117	2.453
731392.613	1160401.599	859.740	859.691	0.049
731393.026	1160340.133	859.720	860.841	-1.121
731393.439	1160278.668	859.560	857.783	1.777
731393.852	1160217.202	859.609	854.659	4.950
731394.265	1160155.737	859.478	857.938	1.540
731449.311	1161016.662	865.000	865.486	-0.486
731449.724	1160955.196	857.541	858.404	-0.863
731450.138	1160893.731	859.059	859.856	-0.797
731450.551	1160832.265	857.000	861.768	-4.768
731450.965	1160770.800	858.953	859.724	-0.771
731451.378	1160709.335	855.000	854.564	0.436
731451.791	1160647.869	860.000	860.058	-0.058
731452.205	1160586.404	859.352	856.088	3.264
731452.618	1160524.938	859.400	857.163	2.237
731453.031	1160463.473	859.310	857.169	2.141
731453.444	1160402.007	859.392	859.830	-0.438

COORDENADAS PUNTO		COTA MODELO FOTOGAMÉTRICO	COTA LIDAR	Δ TOTAL
ESTE	NORTE	(m)	(m)	(m)
731453.858	1160340.542	859.350	857.221	2.129
731454.271	1160279.077	859.190	857.771	1.419
731454.684	1160217.611	859.000	859.333	-0.333
731455.097	1160156.146	859.000	857.848	1.152
731510.142	1161017.071	865.000	866.081	-1.081
731510.555	1160955.606	865.000	864.115	0.885
731510.969	1160894.140	861.680	857.858	3.822
731511.382	1160832.675	862.000	861.606	0.394
731511.796	1160771.209	861.630	861.333	0.297
731512.209	1160709.744	860.817	860.233	0.584
731512.623	1160648.278	859.355	859.760	-0.405
731513.036	1160586.813	855.000	855.139	-0.139
731513.450	1160525.347	859.050	859.500	-0.450
731513.863	1160463.882	859.040	859.865	-0.825
731514.276	1160402.416	859.000	858.435	0.565
731514.690	1160340.951	858.989	858.389	0.600
731515.103	1160279.486	859.000	854.981	4.019
731515.516	1160218.020	859.000	859.599	-0.599
731515.929	1160156.555	858.314	857.076	1.238
731570.973	1161017.480	865.000	866.691	-1.691
731571.386	1160956.015	854.000	851.825	2.175
731571.800	1160894.549	853.000	853.944	-0.944
731573.454	1160648.687	860.905	860.732	0.173
731573.868	1160587.222	859.000	858.054	0.946
731574.281	1160525.757	857.154	856.908	0.246
731574.695	1160464.291	858.173	858.186	-0.013
731575.108	1160402.826	858.430	854.816	3.614
731575.522	1160341.360	858.730	854.970	3.760
731575.935	1160279.895	859.000	854.703	4.297
731576.348	1160218.429	857.694	859.087	-1.393
731576.762	1160156.964	857.026	856.536	0.490
731631.804	1161017.890	865.000	866.824	-1.824
731632.631	1160894.959	853.000	853.289	-0.289
731633.872	1160710.562	860.270	860.100	0.170
731634.286	1160649.097	859.939	860.670	-0.731
731634.699	1160587.631	860.000	860.361	-0.361
731635.113	1160526.166	859.402	859.128	0.274
731635.527	1160464.700	855.000	851.953	3.047
731635.940	1160403.235	858.228	854.721	3.507
731636.354	1160341.769	858.640	854.933	3.707
731636.767	1160280.304	859.000	857.143	1.857
731637.181	1160218.838	857.313	859.053	-1.740
731637.594	1160157.373	856.000	855.958	0.042
731692.634	1161018.299	865.000	866.278	-1.278
731693.048	1160956.834	865.000	867.871	-2.871
731693.462	1160895.368	864.000	864.504	-0.504
731693.876	1160833.903	862.009	861.984	0.025
731694.290	1160772.437	860.561	860.475	0.086

COORDENADAS PUNTO		COTA MODELO FOTOGAMÉTRICO	COTA LIDAR	Δ TOTAL
ESTE	NORTE	(m)	(m)	(m)
731694.704	1160710.972	860.000	860.089	-0.089
731695.117	1160649.506	858.285	862.498	-4.213
731695.531	1160588.041	859.930	859.073	0.857
731695.945	1160526.575	859.794	859.701	0.093
731696.358	1160465.110	858.159	857.897	0.262
731696.772	1160403.644	858.220	858.167	0.053
731697.186	1160342.179	858.540	855.824	2.716
731697.599	1160280.713	858.951	858.332	0.619
731698.013	1160219.248	857.342	855.810	1.532
731698.427	1160157.782	856.354	856.385	-0.031

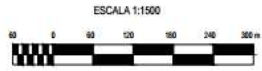
## **APÉNDICE 8**

*Ortofotomosaico definitivo*



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA GEODESICA Y  
 AGRIMENSURA

**ORTOFOTOPLANO UCV**



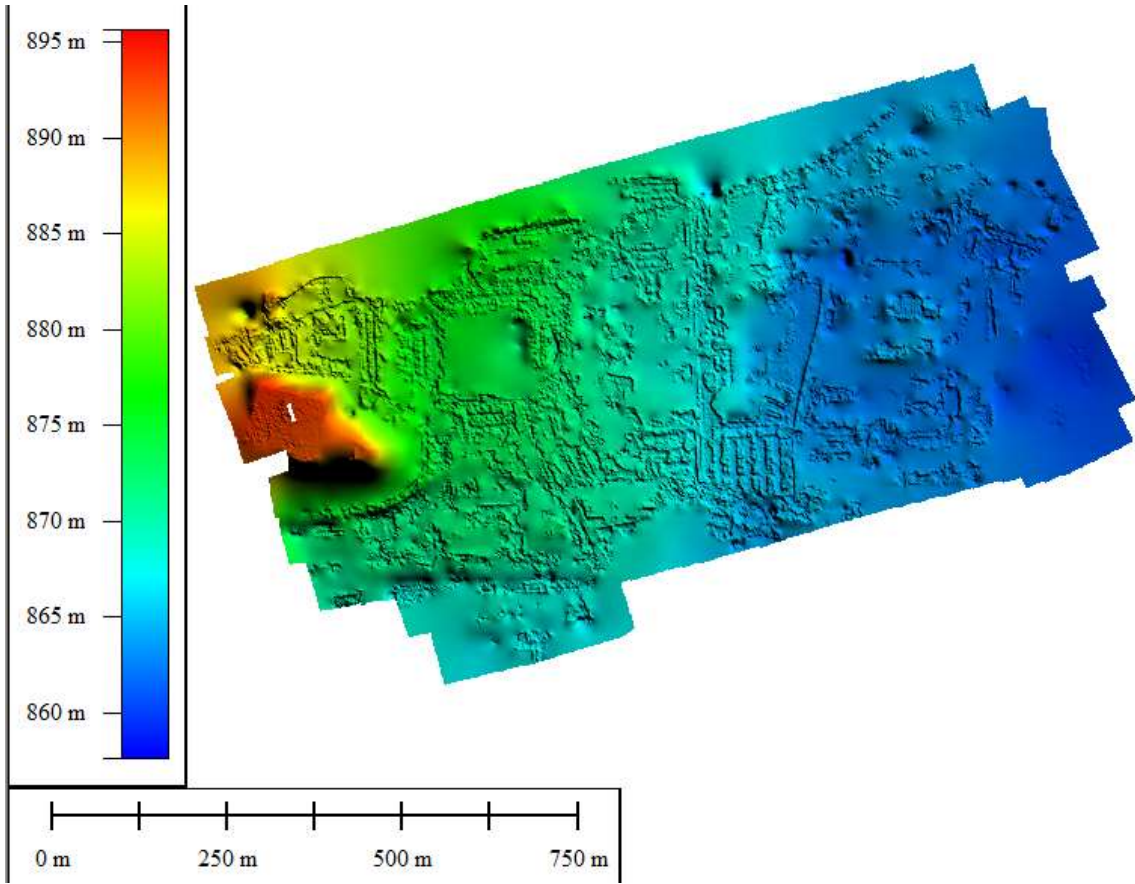
DÁTUM REGVEN  
 PROYECCIÓN UTM  
 HUSO 19  
 MERIDIANO CENTRAL -69°

Proyecto:			
ORTOFOTOPLANO UCV			
Elaborado:	Folios:	Hoja:	
Revisado:	Folios:	Hoja:	
Escala:	1:1500	Total Hojas:	1

---

## **APÉNDICE 9**

*MDE definitivo*



## **APÉNDICE 10**

*MDS definitivo*



