

**"ESTUDIO EVALUACIÓN Y MODELACIÓN HIDRÁULICA-
SEDIMENTOLÓGICO FÍSICA Y MATEMÁTICA DEL RÍO MAIPO
PARA EL SEGUIMIENTO DE EXPLOTACIONES DE ÁRIDOS Y
OBRAS DE PROTECCIÓN EXISTENTES EN EL SECTOR
CONFLUENCIA RÍO CLARILLO A PUENTE NALTAHUA"**

**INFORME ETAPA N°2
TRABAJOS DE TERRENO**

Región Metropolitana

Diciembre 2015



ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	4
2	MARCO TEÓRICO	5
	2.1 SISTEMAS UAS	5
	2.2 TRIMBLE UX5	5
	2.2.1 <i>FUNCIONAMIENTO GENERAL</i>	5
	2.2.2 <i>CÁMARA DIGITAL PARA IMÁGENES DE ALTA CALIDAD</i>	6
	2.2.3 <i>ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO</i>	8
	2.2.4 <i>PUNTOS DE CONTROL TERRESTRE</i>	9
	2.2.5 <i>SOFTWARE DE PROCESAMIENTO</i>	10
	2.3 SISTEMA GPS	10
	2.3.1 <i>GPS TIEMPO REAL (RTK)</i>	11
3	ZONA DE ESTUDIO	12
4	METODOLOGÍA	13
	4.1 CARACTERÍSTICAS DEL TRABAJO	13
	4.2 FLUJO GENERAL DE TRABAJO	14
	4.3 PLANIFICACIÓN DE VUELOS	15
	4.4 MATERIALIZACIÓN Y MEDICIÓN DE PUNTOS DE CONTROL TERRESTRE	21
	4.5 VUELOS	29
	4.6 POSTPROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	31
	4.6.1 <i>Ajuste mediante puntos de paso.</i>	33
	4.6.2 <i>Ajuste mediante puntos de control terrestre.</i>	34
	4.7 ENTREGABLES DE LEVANTAMIENTO AÉREO	34
	4.7.1 <i>Nube de Puntos</i>	34
	4.7.2 <i>Ortomosaico</i>	34
	4.8 CONTROL DE CALIDAD DE LOS DATOS	35
	4.8.1 <i>Comparación mediante puntos de control terrestre</i>	36
	4.8.2 <i>Comparación mediante perfiles transversales</i>	49
	4.8.3 <i>TOLERANCIAS</i>	52
5	CONCLUSIONES	53
6	RESULTADOS	54
	6.1 INSTRUMENTAL UTILIZADO	55
	6.1.1 <i>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL INSTRUMENTAL UTILIZADO.</i>	56

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 4-1 : TABLA DE PLANIFICACIÓN DE ALTURAS DE VUELO.....	16
TABLA 4-2 : LISTADO PUNTOS DE CONTROL TERRESTRE	24
TABLA 4-3 : DETALLE DE VUELOS REALIZADOS	30
TABLA 4-4 : PUNTOS PERFIL LEVANTADO VS NUBE DE PUNTOS.....	50
TABLA 4-5 : RESUMEN PERFIL LEVANTADO VS NUBE DE PUNTOS.....	51
TABLA 4-6 : TABLA DE TOLERANCIAS ETT-DOH 2011	52
TABLA 6-1 : LISTADO DE PLANOS	54
TABLA 6-2 : INSTRUMENTAL UTILIZADO.	55

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2-1 : ESQUEMA FUNCIONAMIENTO UX5	5
FIGURA 2-2 : CÁMARA SONY NEX-5R	7
FIGURA 2-3 : EJEMPLO DE PUNTOS DE CONTROL TERRESTRE	9
FIGURA 3-1 : ZONA DE ESTUDIO.....	12
FIGURA 4-1 : PLANIFICACIÓN DE VUELO	17
FIGURA 4-2 : PARÁMETROS DE VUELO.....	18
FIGURA 4-3 : PLANIFICACIÓN DE VUELO	19
FIGURA 4-4 : SIMULACIÓN DE VUELO	20
FIGURA 4-5 : MATERIALIZACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL TERRESTRE	21
FIGURA 4-6 : DISTRIBUCIÓN PUNTOS DE CONTROL TERRESTRE	22
FIGURA 4-7 : MEDICIÓN DE PUNTO DE CONTROL TERRESTRE CON GPS RTK	22
FIGURA 4-8 : PUNTO DE CONTROL TERRESTRE EN PUENTE MAIPO.	23
FIGURA 4-9 : EQUIPO LISTO PARA EL VUELO.....	29
FIGURA 4-10 : IMPORTACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL TERRESTRE	31
FIGURA 4-11 : IMPORTACIÓN DE DATOS DE VUELO	32
FIGURA 4-12 : INFORMACIÓN DE FOTOS DE VUELO	33
FIGURA 4-13 : UBICACIÓN PERFIL DE CONTROL 1.....	49

1 INTRODUCCIÓN

El presente corresponde al Informe Técnico N°2 y expone los principales aspectos y consideraciones de las faenas realizadas por la Unidad de Operaciones del Instituto Nacional de Hidráulica (INH) en el Río Maipo, en la región metropolitana, en el contexto del contrato “ESTUDIO EVALUACIÓN Y MODELACIÓN HIDRÁULICA-SEDIMENTOLÓGICO FÍSICA Y MATEMÁTICA DEL RÍO MAIPO PARA EL SEGUIMIENTO DE EXPLOTACIONES DE ÁRIDOS Y OBRAS DE PROTECCIÓN EXISTENTES EN EL SECTOR CONFLUENCIA RÍO CLARILLO A PUENTE NALTAHUA”.

En esta entrega se contemplan los levantamientos topobatimétricos mediante aerofotogrametría no tripulada y complemento con topografía tradicional y GNSS RTK.

El objetivo de los levantamientos topográficos es generar planos de planta y perfiles longitudinales y transversales al eje del río.

La campaña de terreno es desarrollada entre los meses de Junio y Septiembre de 2015.

Para cuantificar la información levantada, se utiliza el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Geográficamente, la información está referida al huso 19 de la proyección UTM, con referencia al datum WGS-1984.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 SISTEMAS UAS

Los sistemas aéreos no tripulados UAS (por sus siglas en inglés: Unmanned Aerial Systems) son hoy en día una herramienta revolucionaria en el ámbito de la topografía y cartografía, poniendo a su disposición técnicas que hasta hace unos años eran de muy difícil adquisición, desarrolladas exclusivamente por los grandes especialistas en fotogrametría, o bien su costo era demasiado elevado para poner en práctica en ciertos trabajos.

2.2 TRIMBLE UX5

2.2.1 FUNCIONAMIENTO GENERAL

El UAS Trimble UX5 está compuesto básicamente por el avión con motor eléctrico y por la estación de control terrestre, los cuales se comunican mediante un enlace radial, y luego de una planificación de vuelo el avión realiza el levantamiento fotogramétrico de forma automática, con total seguridad. Luego es posible procesar las imágenes y obtener productos de alta calidad.



Figura 2-1 : Esquema funcionamiento UX5

2.2.2 CÁMARA DIGITAL PARA IMÁGENES DE ALTA CALIDAD

El Trimble UX5 usa las últimas novedades del mercado de las cámaras digitales, lo que garantiza una calidad de imagen óptima con la máxima precisión fotogramétrica. A diferencia de una cámara compacta tradicional, la cámara del UX5 tiene un sensor de imagen de gran tamaño que captura imágenes en color muy nítidas, incluso en zonas poco iluminadas o con nubosidad.

Trimble ha seleccionado la cámara Sony NEX- 5R debido a su sensor APS-C de gran tamaño y a su resolución de 16.1 MP. La superficie del sensor es de 365.04 mm²; este mayor tamaño del sensor implica que el tamaño de cada píxel individual también es superior al de muchas otras cámaras utilizadas en UAS. Este tamaño de píxel, líder en su clase, es importante ya que permite un fuerte aumento de la sensibilidad a la luz, rango dinámico y relación señal- ruido, lo que reduce drásticamente el ruido incluso en valores altos del ISO. Esto permite al usuario utilizar una velocidad de obturación fija y una ISO ajustada automáticamente que oscila entre 100 y 3200, produciendo imágenes nítidas y de alto contraste, con un brillo constante, incluso en condiciones de luz adversas y cambiantes, así como en zonas de sombra. Esto elimina la necesidad de los usuarios de ajustar el brillo y variar manualmente la velocidad de obturación y el ISO a un valor fijo durante el vuelo. El tamaño del sensor, y por el ende el tamaño de cada píxel individual, son importantísimos para poder obtener imágenes de alta calidad. Por lo tanto, si se comparan 2 cámaras compactas de 16.1 MP, una resulta ser muy superior a la otra debido al tamaño del sensor y de los píxeles. El tamaño de los píxeles de la cámara Sony NEX-5R se aproxima al tamaño de los píxeles de las cámaras de formato medio y grande utilizadas en levantamientos aéreos convencionales, con la misma calidad de imagen como resultado.

Desde un punto de vista fotogramétrico, la mayor ventaja de la cámara usada en el Trimble UX5, en comparación con las cámaras compactas

usadas en otros UAS, es el lente exterior. Un lente externo fijo ofrece una geometría interna más estable, que resulta en una calibración de la cámara más fiable que la de un objetivo retráctil. Para el UX5, ha sido elegido un lente exterior Voigtlander de 15 mm de longitud focal fija, con enfoque mecánico y anillo de apertura. Para aumentar aún más la estabilidad de la geometría interna, un adaptador personalizado ha sido diseñado por Trimble para reemplazar la cámara estándar y montajes del lente, que permiten movimientos de rotación del punto principal, por un adaptador montado con un tornillo de dos partes. Además, el lente está equipado con un tornillo de un colimador durante la producción, garantizando no sólo imágenes nítidas a cualquier altura de vuelo sobre el terreno dentro del rango recomendado (75 - 750 m), sino también una longitud focal más estable a lo largo de todos los proyectos. La mejora de la estabilidad de la cámara se traduce directamente en una mayor precisión de los productos finales.

La cámara Sony NEX-5R viene con una Tarjeta SD de 16 GB, la cual permite almacenar hasta 2.400 fotografías a la más alta resolución, lo que significa que esta tarjeta puede almacenar la información de 6 vuelos de 400 fotografías cada uno. Los formatos de grabación y descarga de las fotografías pueden ser JPEG o RAW.



Figura 2-2 : Cámara Sony NEX-5R

2.2.3 ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO

- Avión tipo: Ala fija
- Peso: 2.5 kg
- Superficie alar: 34 dm²
- Dimensiones: 100 x 65 x 10.5 cm
- Material: Marco de carbono y cuerpo de polipropileno expandido
- Propulsión: Motor eléctrico sin escobillas de 700 W
- Batería: Polímero de Litio 14.8 V – 6000 mAh
- Cámara: Sony NEX-5R de 16.1 MP y sensor APS-C de 365.04 mm²
- Controlador: Robusta Trimble Tablet PC
- Autonomía: 50 minutos
- Recorrido por vuelo: 60 Km
- Velocidad crucero: 80 km/h
- Altitud de vuelo sobre el terreno: 75 – 750 m
- Altitud geográfica máxima: 5.000 msnm
- Límite climático: Viento de 65 km/h y lluvia ligera
- Resolución (tamaño píxel): 2.4 – 24 cm
- Traslape fotografías: 70 – 90%
- Alcance de control: 5 Km
- Tipo de despegue: Catapulta de lanzamiento

- Tipo de aterrizaje: Con el vientre
- Espacio para aterrizar: 50 x 30 m

2.2.4 PUNTOS DE CONTROL TERRESTRE

Al igual que cualquier levantamiento aerofotogramétrico convencional, el realizado por el Trimble UX5 necesita de apoyo terrestre, a través de puntos de control georreferenciados. Básicamente se necesitan instalar 5 puntos por vuelo, uno en cada esquina del polígono, más otro en el centro. Estos puntos deben materializarse en terreno con marcas que sean visibles después en las fotografías, y levantados topográficamente mediante instrumentos GNSS en RTK. Estos puntos de control permitirán ajustar el levantamiento y georreferenciarlo al sistema de coordenadas que se necesite.



Figura 2-3 : Ejemplo de puntos de control terrestre

2.2.5 SOFTWARE DE PROCESAMIENTO

El módulo de fotogrametría del software Trimble Business Center (TBC) permite obtener resultados de alta calidad a partir de la información obtenida con los vuelos del Trimble UX5. Basándose en la avanzada tecnología del software Inpho, que tiene más de 30 años de experiencia en procesamiento fotogramétrico, TBC ha incorporado este módulo de fotogrametría con flujos de trabajo optimizados, y que genera excelentes resultados sin la necesidad de que el usuario tenga experiencia o conocimientos especializados en fotogrametría.

El módulo de fotogrametría de TBC se integra perfectamente con los otros módulos topográficos

(estándar y avanzado) del software TBC, haciendo posible procesar proyectos cartográficos completos con imágenes aéreas, imágenes de instrumentos que utilicen tecnología Trimble VISION, GNSS y observaciones de estación total y escáner láser.

El proceso de triangulación aérea ajusta las estaciones fotogramétricas, localizando automáticamente los puntos de unión coincidentes de las imágenes superpuestas para corregir sus orientaciones y posiciones relativas. Los puntos de control terrestre pueden registrarse fácilmente a través de un archivo de coordenadas para corregir la posición absoluta y la escala de las estaciones.

2.3 SISTEMA GPS

El Sistema de Posicionamiento Global - GPS, permite determinar y transportar coordenadas de puntos materializados sobre la superficie terrestre, referidas a la superficie analítica que representa la Tierra, el elipsoide del sistema geodésico mundial WGS-84.

Con observación de la fase portadora, se puede determinar vectores relativos (ΔX , ΔY , ΔZ) con precisión planimétrica en latitud y longitud (Φ , λ) o norte y este (N, E) del orden de $\pm (0,005m + 1 \text{ a } 2ppm)$ (partes por millón de la longitud del vector), es decir 1 a 2mm/km; por ejemplo, las

coordenadas Norte y Este transportadas a una distancia de 1.000 m, tendrán una precisión relativa de 6 a 7 mm, lo que corresponde a una precisión relativa horizontal entre 1/166.000 y 1/ 142.000. Por otra parte la precisión altimétrica (h), respecto al elipsoide, es algo menos precisa que la planimétrica, alcanzando el orden de $\pm (0,010\text{m} + 3 \text{ a } 4\text{ppm})$. Estas precisiones se alcanzan empleando los procedimientos y bajo las condiciones citadas en los Aspectos Normativos de las Secciones 2.304.7 y 2.312.9 del Manual de Carreteras, Versión 2001.

2.3.1 GPS TIEMPO REAL (RTK)

En la solución en tiempo-real usando la fase portadora (RTK), el receptor base se instala en una estación de coordenadas fijas y envía vía radio las observaciones al receptor móvil, donde se realiza el procesamiento de la solución por “doble frecuencia”. Es importante indicar, que el software de procesamiento de datos de la colectora de información, debe tener ingresado el modelo geoidal a utilizar, en este caso el EGM96, lo que permite obtener la Referenciación altimétrica adecuada para este orden de precisión. De no ser así, el usuario deberá cargarlo antes de iniciar el proceso de medición.

En RTK no existe un protocolo de comunicación patrón para los fabricantes de receptores GPS, de modo que cada uno de ellos usa un formato particular, por lo tanto generalmente no hay compatibilidad entre receptores de diferentes marcas. Con esta metodología se pueden obtener precisiones cercanas al rango de los 1 a 5 cm.

Para el levantamiento mediante metodologías GPS deberán tenerse presente las siguientes recomendaciones adicionales:

- a) En terrenos de topografía difícil o vegetación densa y alta, las determinaciones pueden quedar distorsionadas por efectos de obstrucción e interferencia.
- b) En trazados sinuosos en planta y/o alzado, los intervalos de grabación de dato y su relación con la velocidad de recorrido deben estudiarse de modo de contar con una densidad de puntos adecuada.

3 ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se extiende por 37.5 kilómetros del Río Maipo, entre la confluencia del Río Clarillo, en Puente Alto y el Puente Naltahua, en Isla de Maipo.

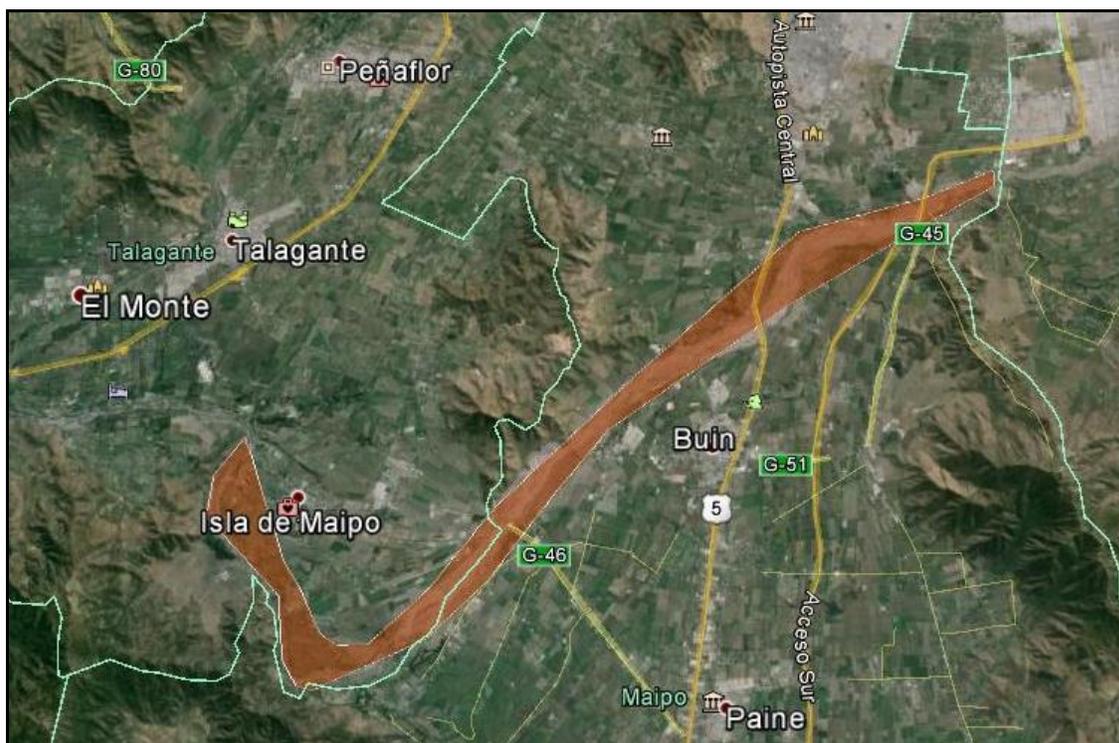


Figura 3-1 : Zona de estudio

4 METODOLOGÍA

4.1 Características del trabajo

El trabajo consiste en la realización de un vuelo fotogramétrico Digital en la cuenca del Río Maipo, entre el sector confluencia río Clarillo y el puente Naltahua, Región Metropolitana, sobre una superficie aproximada de 2.500 Hectáreas.

La extensión del levantamiento queda delimitada por los caminos de ripio (servidumbre) existentes en las riberas norte y sur. En caso de no existir caminos de servidumbre en alguna de las riberas, se deberá llegar a igualar la cota del camino de la ribera contraria.

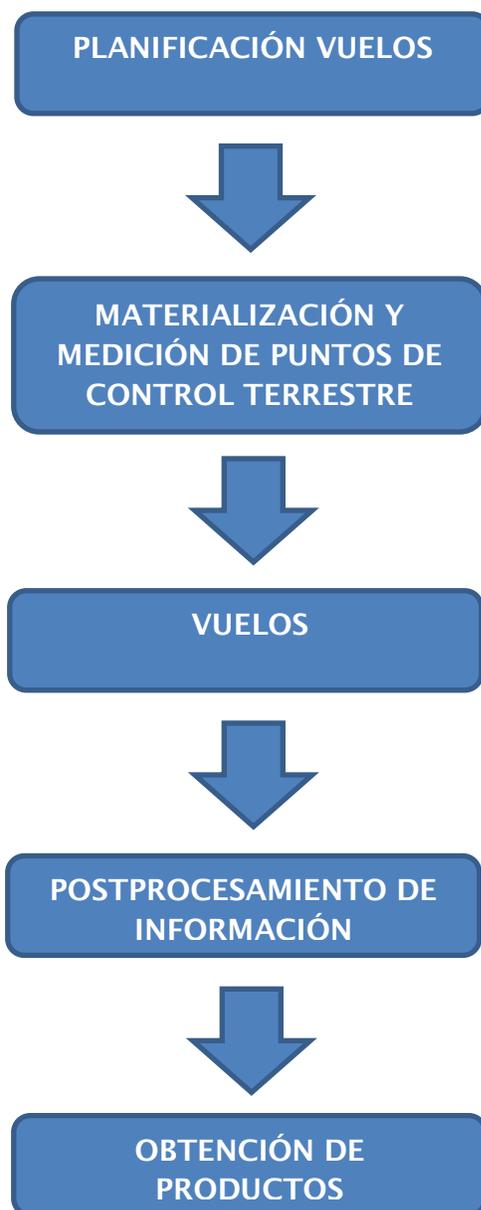
En los sectores en los que existen defensas fluviales, éstas últimas definirán el límite de la superficie a levantar (parte posterior de la defensa).

Los objetivos del trabajo son la captura de la nube de puntos con una resolución, en general de un punto por m².

Debido a la gran extensión de los trabajos a realizar, las alturas de vuelo seleccionadas para realizarlos fluctuaron entre los 250 y 375 metros, lo que lleva a tener una resolución de imágenes que van desde los 8 a los 12 centímetros.

Los puntos de apoyo terrestre que se utilizan para el ajuste del levantamiento son referenciados a partir de los vértices geodésicos generados en la Etapa 1 del presente estudio.

4.2 Flujo general de trabajo



4.3 PLANIFICACIÓN DE VUELOS

Los parámetros que se deben definir en la planificación de los vuelos son: la altura de vuelo y el traslape de fotografías. Estos parámetros tienen directa relación con el área que se necesita cubrir y el tamaño del píxel a obtener con las fotografías.

La altura de vuelo se debe definir en atención a los diferentes obstáculos naturales o artificiales que se encuentren en terreno, como por ejemplo cerros o torres de alta tensión.

Se deben tener en cuenta además, factores propios del equipo, como por ejemplo la autonomía de vuelo del UAV, que en este caso corresponde a aproximadamente 50 minutos (tiempo de duración de la batería).

Altura Vuelo (m)	Tamaño Píxel (cm)	Área Cubierta (Km ²)
75	2,4	0,76
100	3,2	1,20
125	4	1,57
150	4,8	2,08
200	6,4	2,96
250	8	3,84
300	9,6	4,72
350	11,2	5,09
400	12,8	6,49
500	16	8,25
600	19,2	9,04
750	24	12,65

Tabla 4-1 : Tabla de planificación de alturas de vuelo

El primer paso para la planificación de un vuelo es la creación de una misión de vuelo. La misión de vuelo es creada en el software Aerial Imaging.

Para comenzar a crear una misión de vuelo se debe elegir desde el software la zona a levantar desde el mapa satelital que el software tiene disponible o bien importarla desde Google Earth.

Al crear la misión de vuelo se deben definir los parámetros como altura de vuelo y traslape de fotografías.

Dependiendo de estos parámetros definirán factores como líneas de vuelo, tamaño de píxeles de las fotografías y tiempo estimado de vuelo para la misión.



Figura 4-1 : Planificación de vuelo



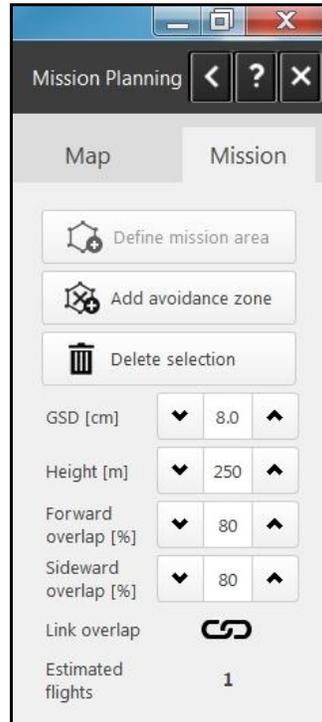


Figura 4-2 : Parámetros de vuelo

Una vez creada la misión se debe exportar a la tableta controladora, según el siguiente esquema:



Luego de cargada la misión de vuelo planificada, en la libreta controladora se especifican la altura de vuelo (a partir de la cual se define la cantidad de líneas de vuelo), punto de despegue y aterrizaje.

En esta etapa es posible ajustar o cambiar los parámetros definidos anteriormente.



Figura 4-3 : Planificación de vuelo

En esta etapa también se define el sector por el cual comenzará y terminará la medición, como así también, el sector de aproximación para el aterrizaje. Esto se debe realizar en terreno, pues se debe observar el entorno de la pista de aterrizaje escogida, pues el espacio aéreo de aproximación a la pista debe estar libre de elementos como árboles altos, cables o edificaciones.

Para verificar que el comportamiento del equipo sea el esperado, es posible realizar una simulación del vuelo, previo al despegue, para poder corregir algún factor si es necesario.

En la Figura 4-4 se muestra una simulación de vuelo, en donde se indica con color celeste las líneas de vuelo ya ejecutadas y en color naranja las líneas de vuelo por ejecutar.



Figura 4-4 : Simulación de vuelo

El plano N° 4332 muestra el detalle Cobertura vuelos UAV realizados.

4.4 MATERIALIZACIÓN Y MEDICIÓN DE PUNTOS DE CONTROL TERRESTRE

La orientación absoluta de los levantamientos es realizada mediante Puntos de control terrestre, los que fueron medidos mediante equipos GNSS en Tiempo Real.

Los puntos de apoyo terrestre son materializados mediante triángulos de cal de lados de 2.5 metros. Estos triángulos son definidos en gabinete y materializados en terreno, momentos antes de realizar el vuelo.



Figura 4-5 : Materialización de puntos de control terrestre

Las coordenadas y cotas de dichos puntos de apoyo fueron asignadas desde los vértices geodésicos generados en la Etapa 1 del presente estudio.

Por lo general, para cada vuelo realizado se utilizaron 9 puntos de apoyo terrestre, cantidad que puede variar dependiendo de la accesibilidad y necesidad de éstos. La recomendación del fabricante del equipo, indica que se deben utilizar un mínimo de 5, distribuidos como se muestra en la Figura 4-6.



Figura 4-6 : Distribución puntos de control terrestre



Figura 4-7 : Medición de punto de control terrestre con GPS RTK





Figura 4-8 : Punto de control terrestre en Puente Maipo.

Para la identificación de cada punto de control terrestre se creó una nomenclatura que utiliza tres dígitos, los dos primeros corresponden al número del vuelo y el tercero corresponde al número correlativo del punto dentro de ese vuelo.

Por ejemplo, el punto de control **055** indica que corresponde al vuelo 05 y al punto 5 dentro de ese vuelo.

Para asegurar la buena calidad de la información cada vuelo incluye tres puntos de control del vuelo anterior, por lo que cada vuelo tiene un traslape con respecto al vuelo anterior y al vuelo siguiente.

La Tabla 4-1 muestra el detalle de todos los puntos de control terrestre utilizados para el levantamiento en los distintos vuelos.

Tabla 4-2 : Listado puntos de control terrestre

NOMBRE	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m)
011	6270680.223	339185.790	495.289
012	6270474.596	339261.432	489.041
013	6270012.406	339521.908	508.129
014	6271039.623	340168.813	513.876
015	6270935.779	340216.878	503.612
016	6270727.667	340372.902	514.196
017	6271669.877	340600.027	514.367
018	6271529.320	340708.217	509.968
019	6271219.850	341034.275	510.847
021	6272249.106	340845.752	520.927
022	6271963.411	341149.346	512.774
023	6271830.765	341429.552	523.700
024	6272960.669	341106.971	526.239
025	6272770.140	341371.087	518.378
026	6272613.026	341656.930	527.241
031	6273428.227	341396.960	527.093
032	6273325.639	341715.536	529.668
033	6273082.333	342072.394	534.463
034	6273908.090	341835.516	534.869
035	6273602.559	342059.943	532.349
036	6273373.011	342465.472	540.239
041	6274175.465	342360.366	542.248
042	6273936.590	342595.435	534.585
043	6273604.550	342804.095	543.385
044	6274355.600	343168.269	556.698
045	6274075.717	343368.362	543.687
046	6273711.631	343667.439	551.289
051	6274452.862	344174.526	558.921
052	6274139.443	344262.878	550.859
053	6273930.459	344389.433	558.723

054	6274694.989	345033.621	566.878
055	6274464.418	345111.834	559.148
056	6274192.684	345267.429	566.424
061	6275296.882	345928.752	591.576
062	6275004.136	346024.213	572.159
063	6274868.328	346235.044	585.294
064	6275773.762	346629.260	600.119
065	6275518.392	346764.297	583.467
066	6275161.735	347026.368	589.284
071	6276003.082	347331.697	599.843
072	6275895.277	347640.447	591.142
073	6275558.473	347766.740	598.478
074	6276261.474	348297.551	625.532
075	6276050.085	348232.254	596.191
076	6275932.481	348495.092	612.259
081	6270306.919	338538.414	489.014
082	6270096.542	338634.897	483.013
083	6269848.845	338792.729	488.631
084	6269930.152	337786.790	481.447
085	6269722.803	337913.269	475.680
086	6269526.545	337984.598	482.698
091	6269506.823	336875.863	472.730
092	6269186.299	337114.641	466.149
093	6268932.572	337190.953	473.639
094	6269211.398	336296.131	466.082
095	6268675.910	336634.243	461.841
096	6268574.695	336650.532	465.487
101	6268651.358	335680.281	459.550
102	6268420.082	336058.515	456.877
103	6268237.211	336092.757	459.153
104	6268211.067	335120.120	453.613
105	6267904.728	335364.588	449.003
106	6267705.686	335533.103	451.635
111	6267634.048	334570.368	446.375
112	6267184.865	334759.660	436.309
113	6266997.471	335015.867	444.147
114	6266906.071	333968.526	438.478

115	6266660.182	334294.329	437.214
116	6266478.004	334519.171	438.241
121	6266460.096	333623.488	429.710
122	6266389.310	333761.557	429.260
123	6266208.652	334063.973	432.914
124	6266331.321	333085.653	427.210
125	6266185.044	333355.322	427.369
126	6265969.807	333445.264	429.733
131	6265755.843	332227.995	418.959
132	6265478.293	332553.054	419.223
133	6265378.100	332880.099	421.229
135	6264696.244	331956.473	410.634
136	6264492.634	332256.381	410.387
141	6264035.390	330965.675	412.381
142	6263688.800	331289.481	399.102
143	6263543.550	331551.726	402.537
144	6262981.670	330737.178	394.484
145	6262789.830	330988.325	391.155
146	6262677.290	331143.735	392.283
151	6262207.832	329860.433	386.025
152	6262046.452	330147.631	382.741
153	6261786.339	330564.889	383.702
154	6261651.770	329304.352	379.123
155	6261382.051	329654.617	376.555
156	6261215.962	329918.909	379.237
161	6261142.266	328737.200	372.691
162	6260978.064	329024.982	370.571
163	6260464.984	329517.432	371.527
164	6260523.978	328051.966	364.583
166	6259773.301	328919.474	362.721
171	6259801.141	327696.045	359.686
172	6259563.732	328097.744	357.449
173	6259359.973	328412.267	359.404
174	6259381.889	327364.180	357.340
176	6258975.099	327796.893	354.553
181	6258697.249	326809.556	350.784
182	6258494.510	326881.279	345.545

183	6258382.876	327030.905	349.944
184	6258290.471	326075.974	342.953
185	6258115.794	326087.187	342.531
186	6257899.713	326162.986	345.821
191	6258442.021	325307.575	343.312
192	6258297.665	325310.125	338.412
193	6258102.788	325299.802	342.240
194	6258329.619	324776.139	339.373
195	6258118.619	324514.300	335.932
196	6257951.211	324480.895	335.551
201	6257771.337	324227.933	341.545
202	6258183.477	324142.872	335.198
203	6257993.845	324056.975	334.059
204	6258589.274	323888.786	332.460
205	6258263.261	323579.872	342.124
211	6259357.256	323854.512	330.703
212	6259216.860	323733.959	331.189
213	6259179.007	323532.742	337.197
214	6260584.664	323652.948	328.998
215	6260420.407	323362.544	333.136
221	6261399.044	323463.795	328.639
222	6261305.014	323352.107	327.883
224	6262115.736	323069.342	325.380
225	6262002.497	322830.777	324.536
226	6261985.028	322468.915	323.938
231	6262960.321	322122.165	321.690
232	6262736.358	321883.516	319.727
233	6262579.209	321582.047	318.506
234	6263660.503	321288.646	316.974
235	6263512.134	321249.400	313.060
236	6263204.840	320744.605	334.361
241	6264386.615	321665.392	315.233
242	6264080.588	321173.298	312.068
243	6264111.389	320644.707	314.314
244	6265055.419	321702.209	308.081
245	6265047.928	321375.141	312.238
246	6265019.155	321018.878	338.557



251	6266396.928	322430.362	305.795
252	6266503.570	322331.842	304.092
253	6266628.529	322040.292	304.547
254	6265029.041	321017.069	338.738
255	6265760.308	321627.942	346.806
256	6265600.712	321842.109	306.981
257	6265055.377	321702.246	308.132
258	6265047.989	321375.113	312.340

4.5 VUELOS

Previo a la ejecución de cada vuelo es necesario realizar un check list para verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los componentes del sistema.

Una vez realizado el chequeo se está en condiciones de comenzar el vuelo.



Figura 4-9 : Equipo listo para el vuelo

Una vez finalizado el vuelo se deben descargar las fotografías desde la cámara y el archivo de misión, que contiene toda la información levantada durante el vuelo.

Tabla 4-3 : Detalle de vuelos realizados

N° de vuelo	Fecha	Cantidad de fotos	Altura de vuelo	Traslape de fotos	Tamaño píxel
1	24/06/2015	455	350	80 %	11.2
2	24/06/2015	364	350	80 %	11.2
3	25/06/2015	522	250	80 %	8.0
4	30/06/2015	714	250	80 %	8.0
5	01/07/2015	624	280	80 %	8.9
6	02/07/2015	330	375	80 %	12.0
7	08/07/2015	468	300	80 %	9.6
8	07/07/2015	540	280	80 %	8.9
9	09/07/2015	517	250	80 %	8.0
10	13/07/2015	495	250	80 %	8.0
11	14/07/2015	555	250	80 %	8.0
12	15/07/2015	253	350	80 %	11.2
13	20/07/2015	360	350	80 %	11.2
14	21/07/2015	384	350	80 %	11.2
15	23/07/2015	630	250	80 %	8.0
16	23/07/2015	703	250	80 %	8.0
17	27/07/2015	540	250	80 %	8.0
18	28/07/2015	588	250	80 %	8.0
19	29/07/2015	234	350	80 %	11.2
20	30/07/2015	126	400	80 %	12.8
21	04/08/2015	217	400	80 %	12.8
22	26/08/2015	308	350	80 %	11.2
23	25/08/2015	350	380	80 %	12.2
24	24/08/2015	338	375	80 %	12.0
25	09/10/2015	374	350	80 %	11.2

4.6 POSTPROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Una vez recopilada la información de cada vuelo se debe realizar su postprocesamiento en el módulo Fotogramétrico del Software Trimble Business Center.

Para esto se debe crear un proyecto con el sistema de coordenadas correspondiente a la zona de levantamiento e importar el archivo de vuelo y las coordenadas de los puntos de control terrestre.

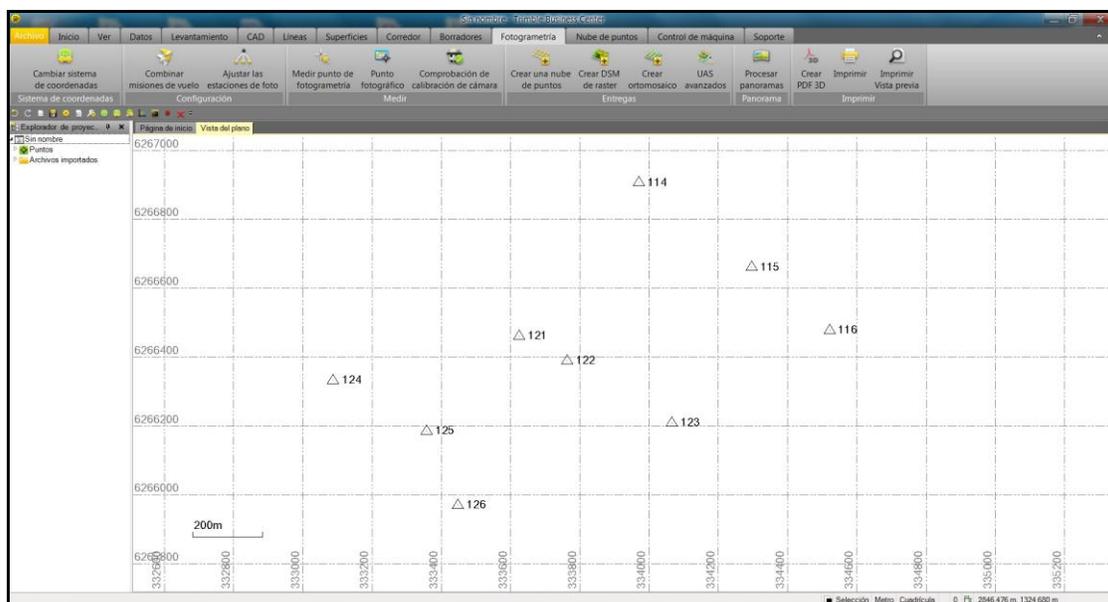


Figura 4-10 : Importación de puntos de control terrestre

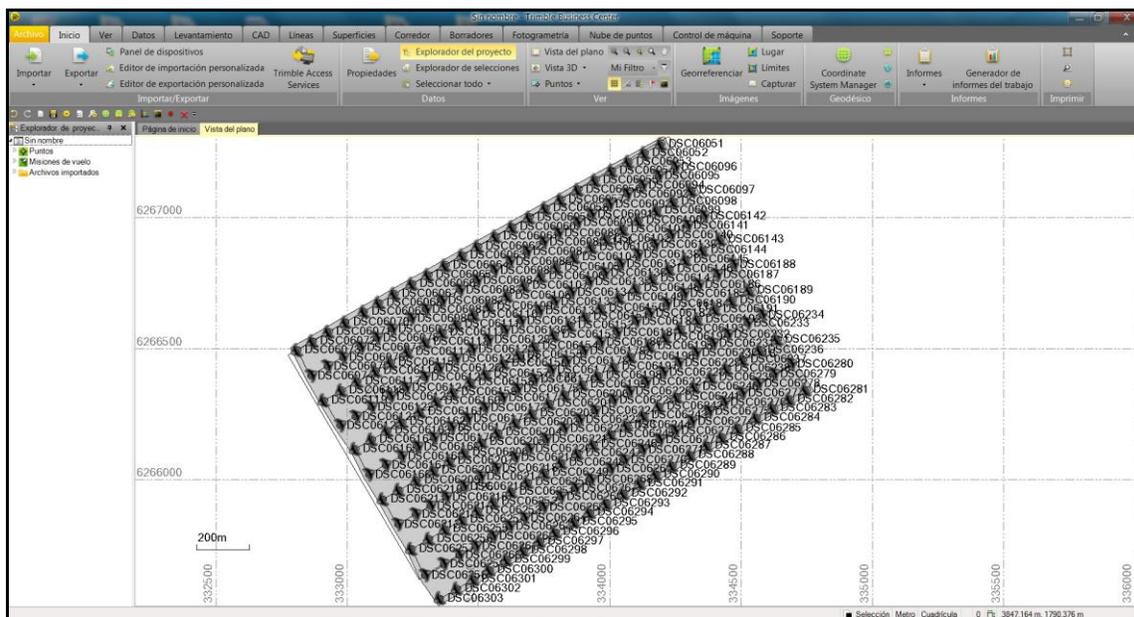


Figura 4-11 : Importación de datos de vuelo

Como se puede apreciar en la Figura 4-11, la importación de datos de vuelo muestra la ubicación de todas las líneas de vuelo, así como la ubicación de cada fotografía tomada a través de las mismas.

Al hacer un acercamiento de cada punto en donde se tomaron fotografías se puede apreciar que se muestra el nombre identificador de la fotografía y una vista miniatura de la imagen obtenida (Figura 4-12).

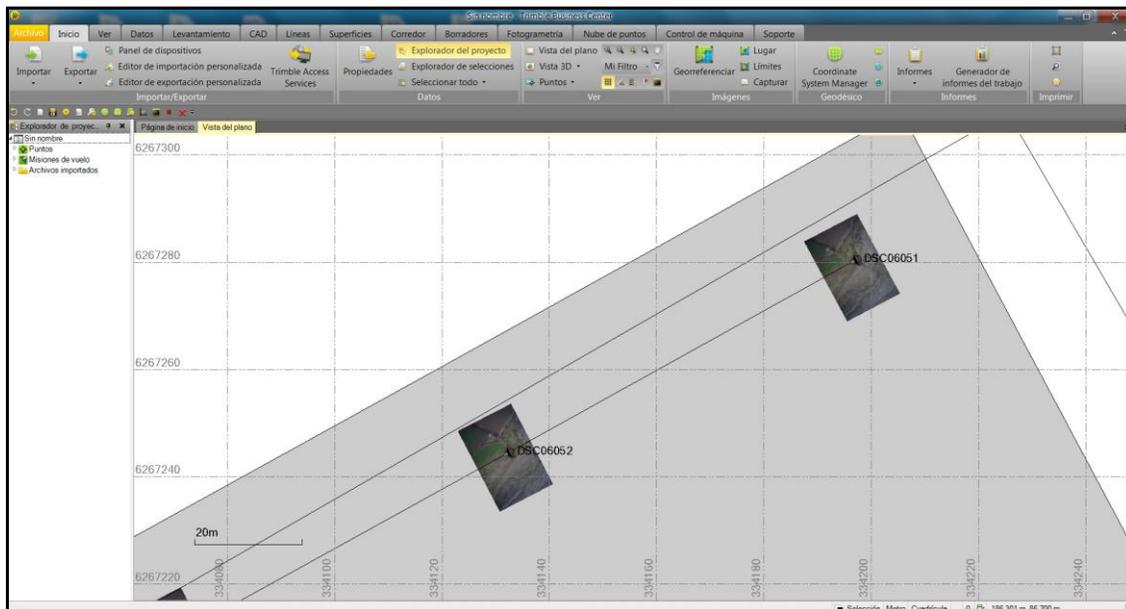


Figura 4-12 : Información de fotos de vuelo

Antes de utilizar los datos importados de levantamiento aéreo para crear un ortomosaico, un modelo de superficie digital basado en ráster (DSM) o una nube de puntos, debe ajustar las estaciones de fotografía aérea. Para esto existen dos tipos de ajuste:

4.6.1 Ajuste mediante puntos de paso.

Un punto de paso es un punto de una imagen fotográfica que representa la misma ubicación en una imagen adyacente. Cuando se realiza un ajuste con puntos de paso, Trimble Business Center identifica automáticamente los puntos de paso de las imágenes fotográficas y las hace coincidir de modo tal que las estaciones de fotografía aérea queden orientadas correctamente entre sí. Además, crea una referencia con el terreno según las posiciones GNSS autónomas que se registraron cuando se capturaron

las imágenes. Este es el ajuste mínimo que se requiere antes de crear entregas de levantamiento aéreo.

4.6.2 Ajuste mediante puntos de control terrestre.

Un punto de control terrestre (GCP) es una ubicación de coordenada levantada con un alto nivel de precisión para una característica física que se puede identificar en el terreno y que se usa para georreferenciar imágenes. Para este proyecto se usaron objetivos fácilmente identificables para señalar los puntos de control terrestre. Este ajuste permite realizar observaciones de fotogrametría a los puntos de control terrestre para ofrecer una referencia más precisa de las estaciones de fotografía aérea, en comparación con las que se obtendrían si se usara solo el ajuste con puntos de paso.

4.7 ENTREGABLES DE LEVANTAMIENTO AÉREO

4.7.1 Nube de Puntos

Es un conjunto de vértices en un sistema de coordenadas tridimensional, generalmente definido por las coordenadas X, Y y Z, ideado para representar la superficie externa de un objeto.

Los puntos generados se exportan en formato *.las que es un formato universal para datos LIDAR, es decir, datos con gran volumen de información. Las nubes de puntos generadas a partir de cada levantamiento son tratadas mediante filtros con la finalidad de eliminar puntos correspondientes a vegetación y agua.

4.7.2 Ortomosaico

Un ortomosaico es una foto compuesta por múltiples ortofotos georreferenciadas que han sido corregidas para reducir la distorsión de la lente y el relieve topográfico. Se puede usar para medir distancias

realmente planas, ya que es una representación ortográfica (sin perspectiva) de la superficie de la Tierra.

4.8 CONTROL DE CALIDAD DE LOS DATOS

A continuación se realiza un control de coordenadas en planimetría y principalmente altimetría, comparando algunos puntos de control escogidos aleatoriamente con las nubes de puntos generadas en cada vuelo.

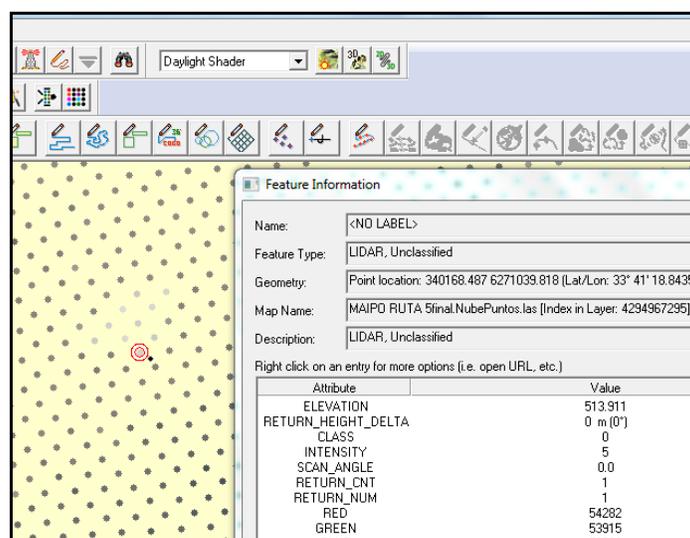
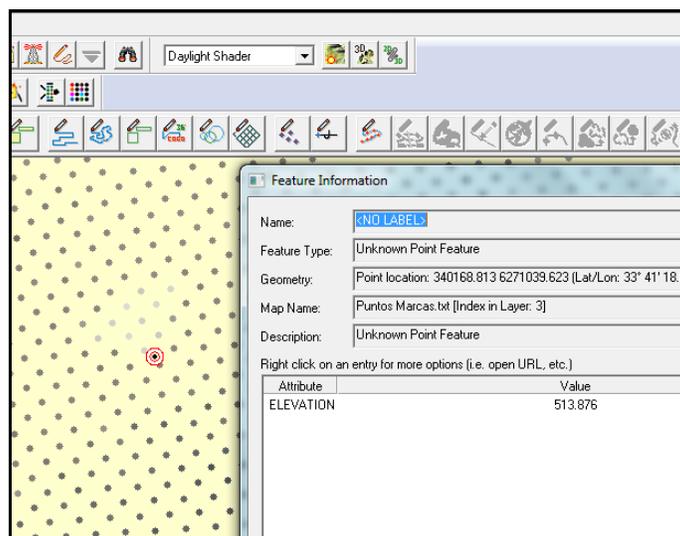
La comparación se realiza comparando el punto de control seleccionado con el punto de la nube de puntos que se encuentre más cercano a él. Esto debido a que la nube de puntos generada entrega una malla de aproximadamente 0.5 m y es poco probable que el vértice del triángulo coincida con uno de los puntos de la malla.

Además, se realiza una comparación entre un perfil transversal levantado con tecnología GPS RTK, que es contrastado con el perfil obtenido en la misma posición desde la nube de puntos generada a partir de los vuelos realizados.

4.8.1 Comparación mediante puntos de control terrestre

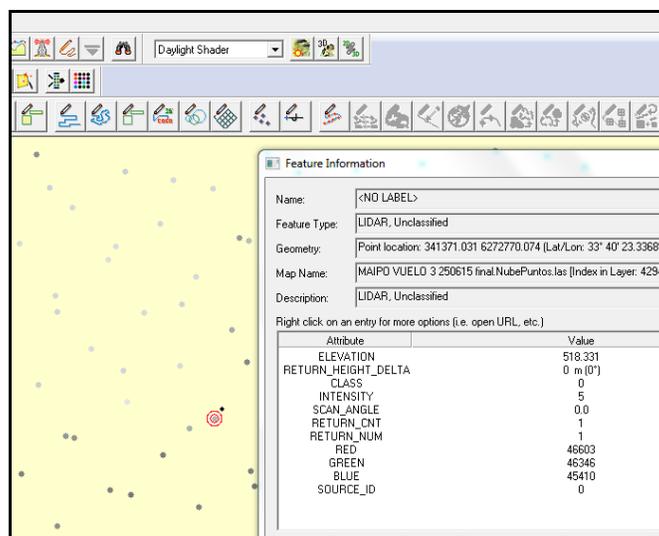
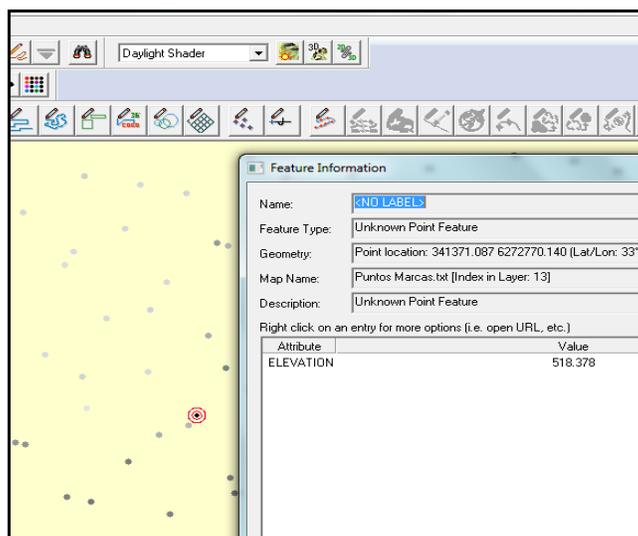
Para el punto de control terrestre 014

COTA PUNTO DE CONTROL	513.896 m
COTA PUNTO MÁS CERCANO	513.911 m
DIFERENCIA	0.035 m



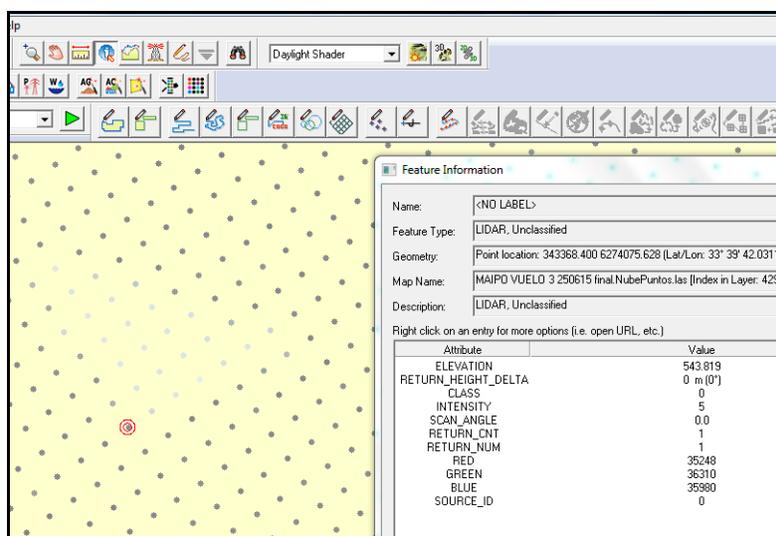
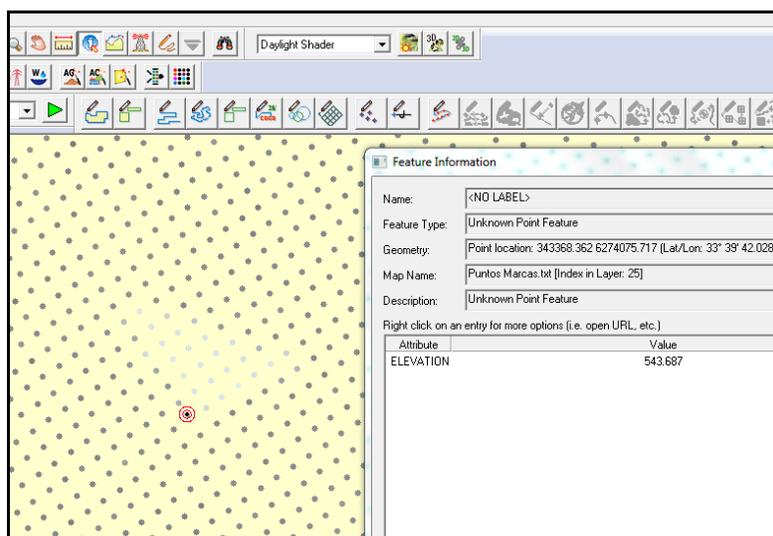
Para el punto de control terrestre 025

COTA PUNTO DE CONTROL	518.378 m
COTA PUNTO MÁS CERCANO	518.331 m
DIFERENCIA	0.047 m



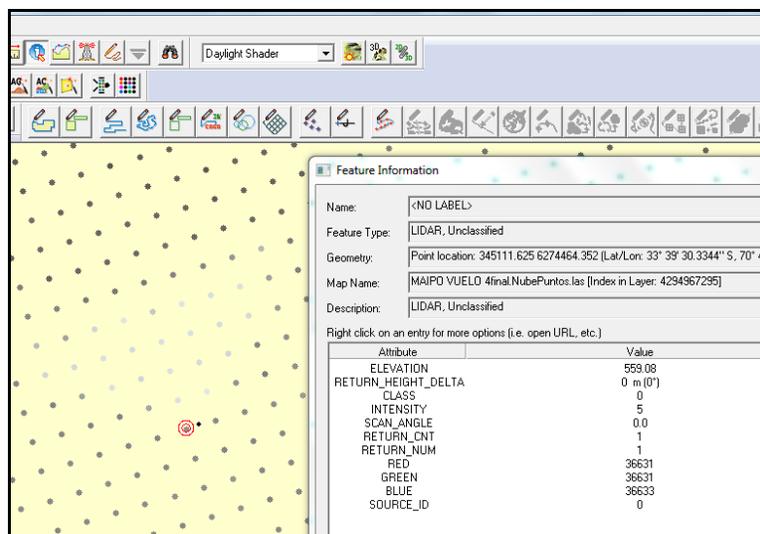
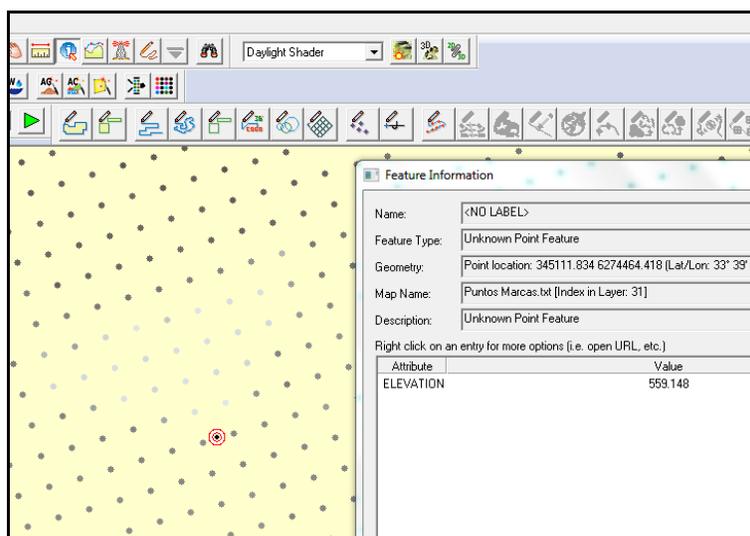
Para el punto de control terrestre 045

COTA PUNTO DE CONTROL	543.687 m
COTA PUNTO MÁS CERCANO	543.819 m
DIFERENCIA	0.132 m



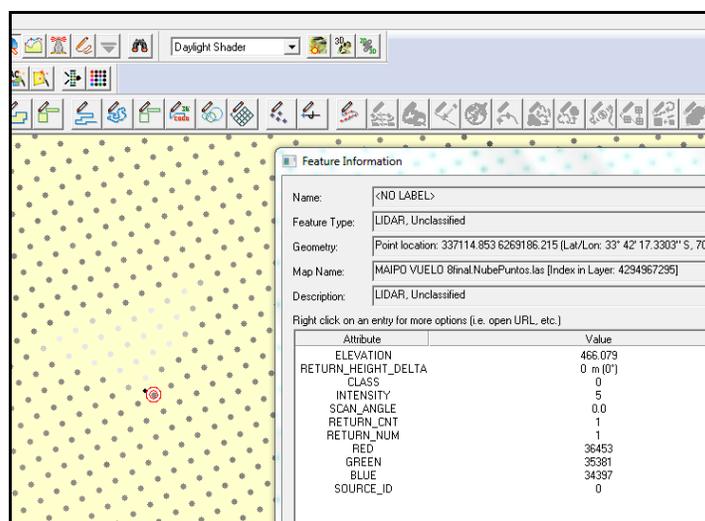
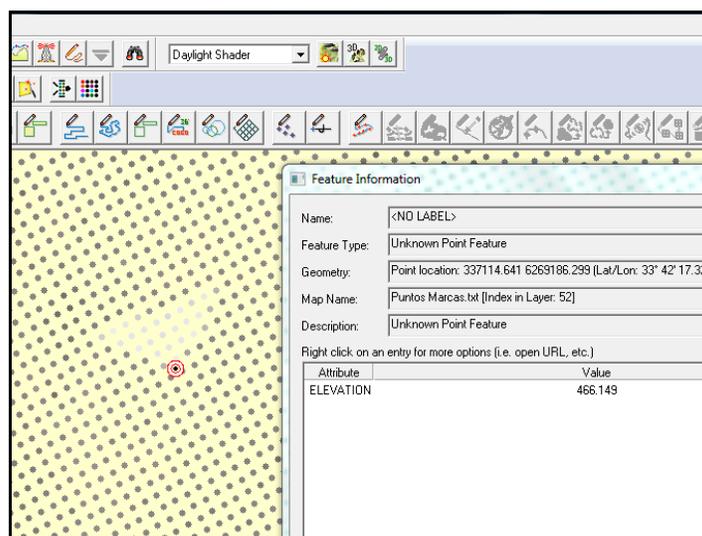
Para el punto de control terrestre 055

COTA PUNTO DE CONTROL	559.148 m
COTA PUNTO MÁS CERCANO	559.080 m
DIFERENCIA	0.068 m



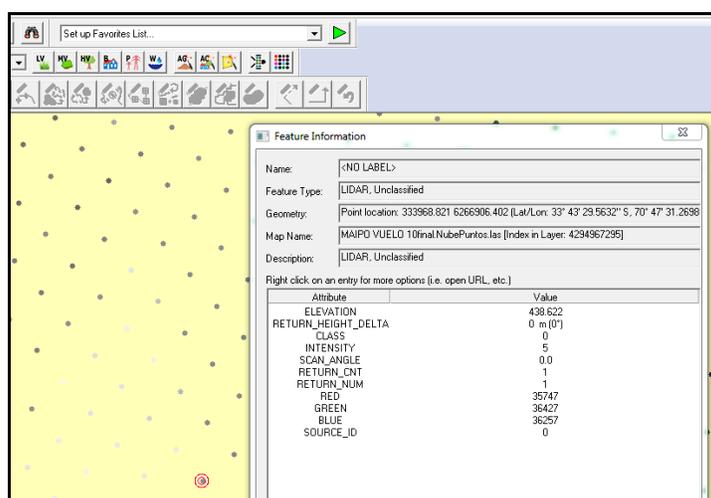
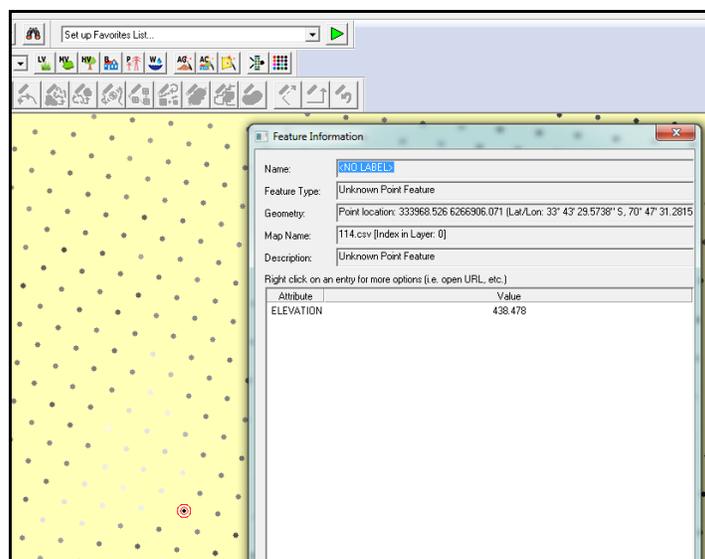
Para el punto de control terrestre 092

COTA PUNTO DE CONTROL	466.149 m
COTA PUNTO MÁS CERCANO	466.079 m
DIFERENCIA	0.070 m



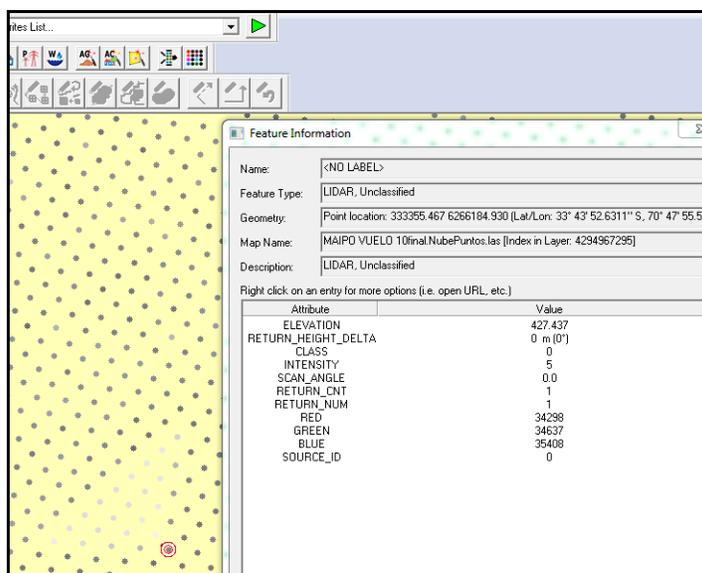
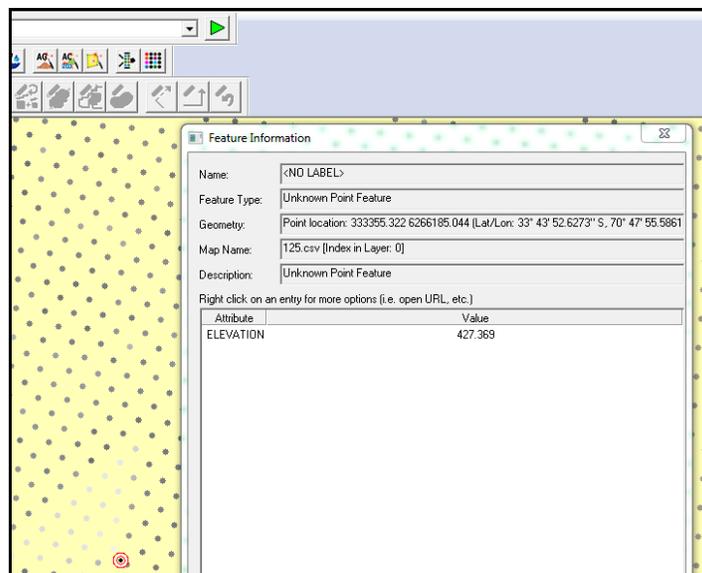
Para el punto de control terrestre 114

COTA PUNTO DE CONTROL	438.478 m
COTA PUNTO MÁS CERCANO	438.622 m
DIFERENCIA	0.144 m



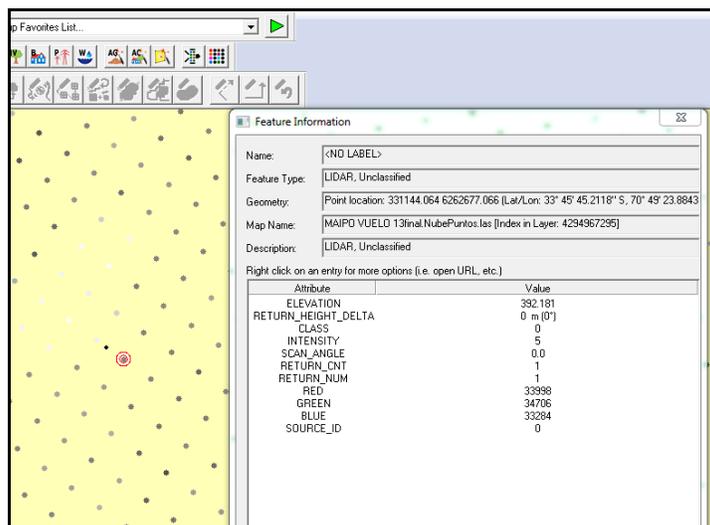
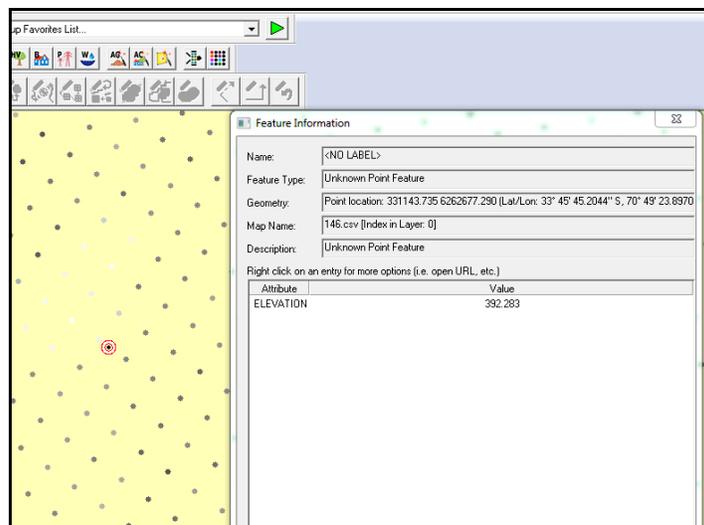
Para el punto de control terrestre 125

COTA PUNTO DE CONTROL	427.369 m
COTA PUNTO MÁS CERCANO	427.437 m
DIFERENCIA	0.058 m



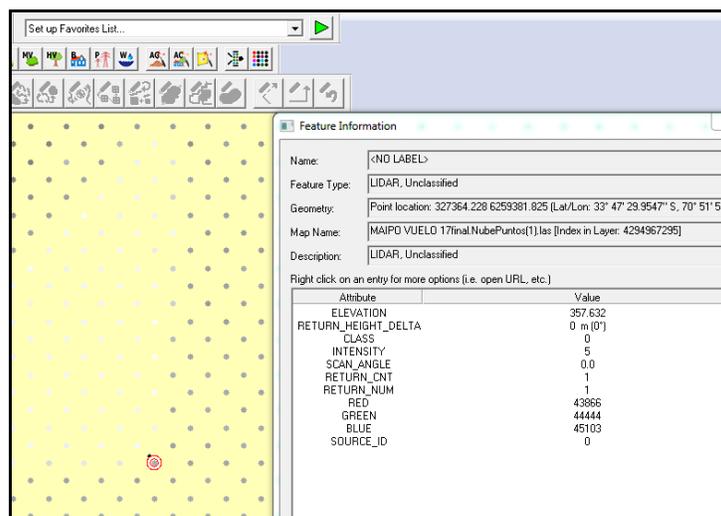
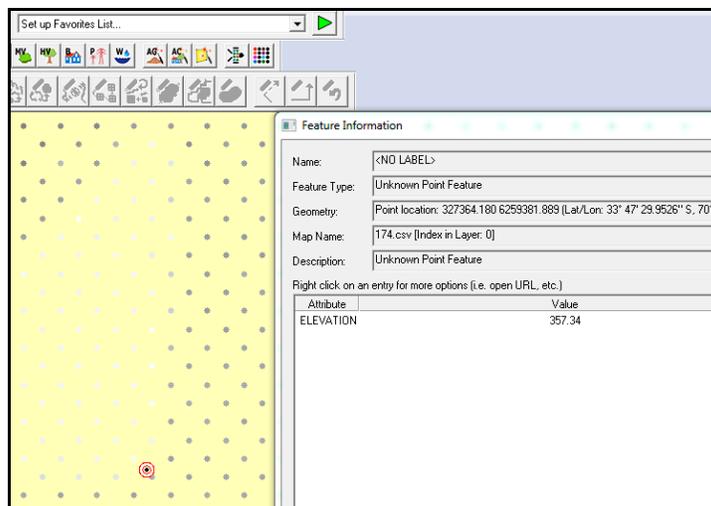
Para el punto de control terrestre 146

COTA PUNTO DE CONTROL	392.283 m
COTA PUNTO MÁS CERCANO	392.181 m
DIFERENCIA	0.102 m



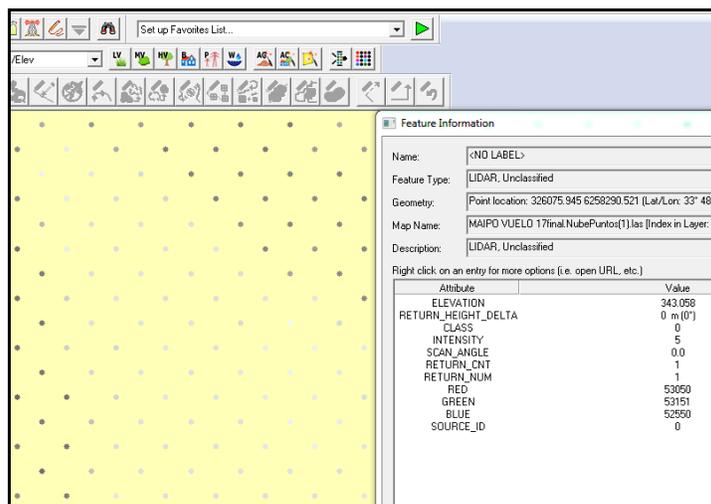
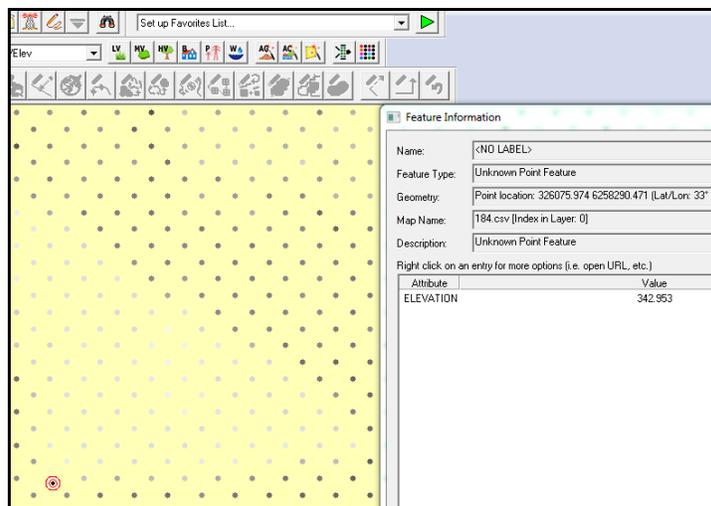
Para el punto de control terrestre 174

COTA PUNTO DE CONTROL	357.340 m
COTA PUNTO MÁS CERCANO	357.632 m
DIFERENCIA	0.292 m



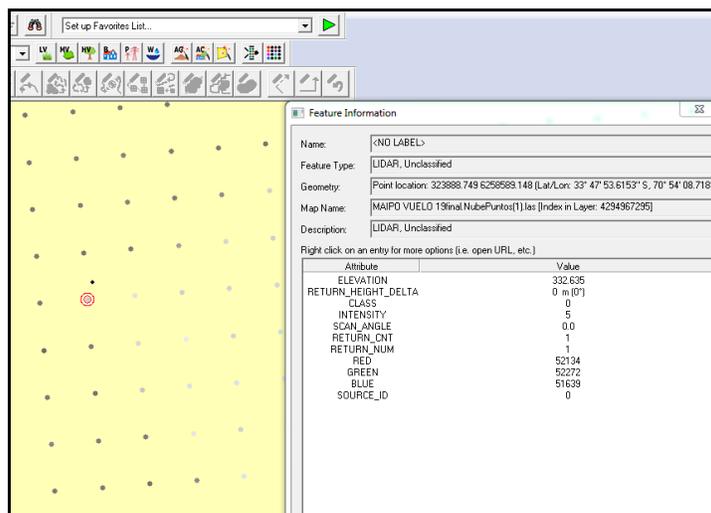
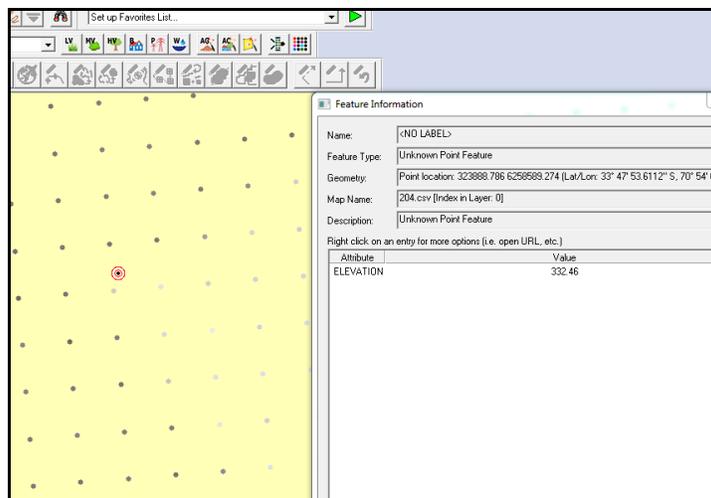
Para el punto de control terrestre 184

COTA PUNTO DE CONTROL	342.953 m
COTA PUNTO MÁS CERCANO	343.058 m
DIFERENCIA	0.105 m



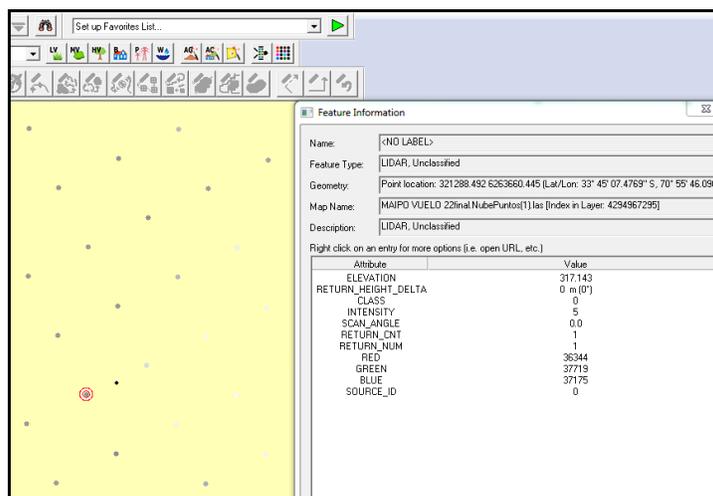
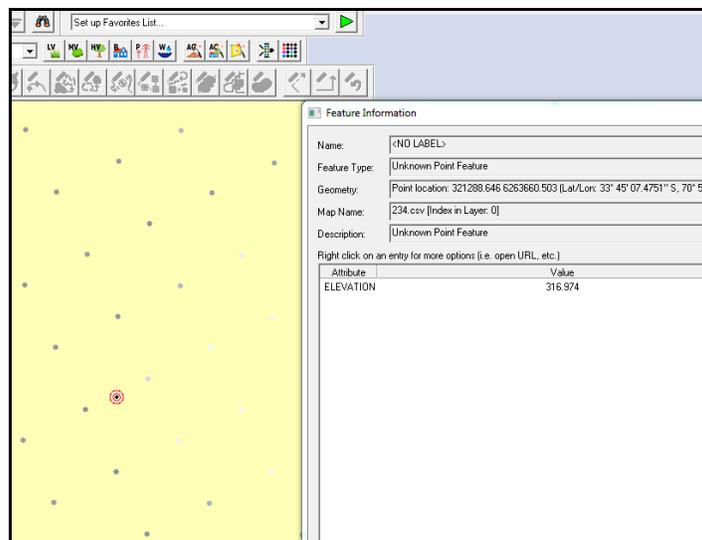
Para el punto de control terrestre 204

COTA PUNTO DE CONTROL	332.460 m
COTA PUNTO MÁS CERCANO	332.635 m
DIFERENCIA	0.175 m



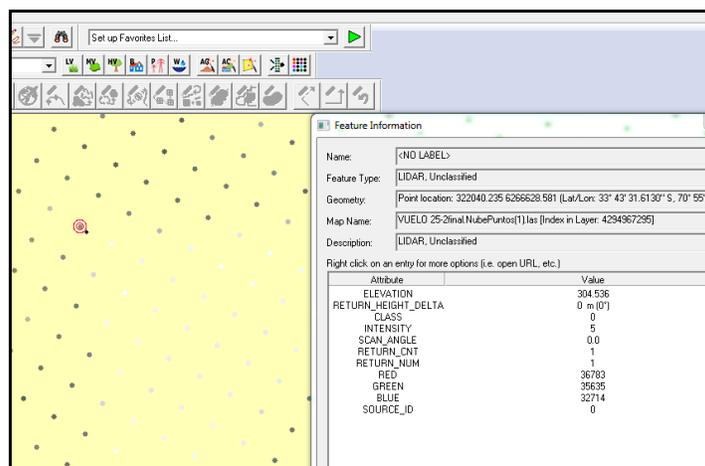
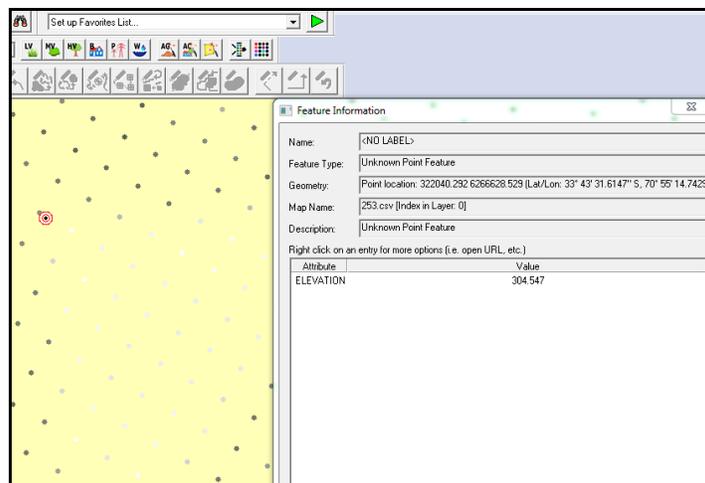
Para el punto de control terrestre 234

COTA PUNTO DE CONTROL	316.974 m
COTA PUNTO MÁS CERCANO	317.143 m
DIFERENCIA	0.169 m



Para el punto de control terrestre 253

COTA PUNTO DE CONTROL	304.547 m
COTA PUNTO MÁS CERCANO	304.536 m
DIFERENCIA	0.011 m



4.8.2 Comparación mediante perfiles transversales

Se midió con tecnología GPS RTK, un perfil transversal al eje del río, a unos 350 metros aguas arriba del puente Maipo, con la finalidad de comparar las cotas con el mismo perfil obtenido desde la superficie generada con la nube de puntos de los levantamientos.



Figura 4-13 : Ubicación perfil de control 1

El detalle de los puntos del perfil medido, así como la comparación con respecto a la superficie, se muestra en la siguiente tabla:



Tabla 4-4 : Puntos perfil levantado vs nube de puntos

NÚMERO DE PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DIFERENCIA RESPECTO A NUBE DE PUNTOS
1	340367.232	6271251.040	510.011	0.051
2	340373.231	6271243.520	510.039	0.085
3	340378.262	6271237.840	510.764	0.067
4	340384.350	6271228.710	511.012	0.048
5	340390.027	6271219.540	511.109	0.047
6	340398.618	6271206.270	506.798	0.305
7	340403.839	6271197.370	506.732	0.140
8	340407.275	6271190.510	506.615	0.139
9	340411.076	6271183.100	506.017	0.258
10	340417.174	6271175.230	505.97	0.287
11	340422.004	6271166.800	505.83	0.070
12	340426.846	6271158.310	505.866	0.131
13	340431.497	6271150.270	505.93	0.106
14	340435.850	6271143.700	506.081	0.148
15	340439.691	6271138.040	505.366	0.111
16	340444.950	6271129.710	505.308	0.123
17	340449.723	6271121.950	505.235	0.136
18	340452.969	6271115.480	505.104	0.170
19	340457.305	6271108.230	504.902	0.164
20	340462.068	6271101.550	504.761	0.187
21	340464.964	6271096.300	504.61	0.101
22	340468.571	6271091.270	504.472	0.042
23	340471.732	6271087.220	504.461	0.005
24	340474.583	6271082.630	504.385	0.094
25	340477.457	6271078.510	504.447	0.003
26	340479.514	6271073.010	504.682	0.053
27	340483.505	6271065.670	504.514	0.280
28	340488.780	6271057.180	504.554	0.180
29	340496.541	6271044.570	505.454	0.183
30	340502.744	6271033.700	505.996	0.241
31	340507.973	6271024.110	506.455	0.226
32	340514.595	6271014.650	506.802	0.219

33	340522.384	6271001.960	504.862	0.411
34	340529.200	6270991.820	504.401	0.261
35	340533.584	6270982.240	504.739	0.218
36	340538.262	6270974.420	503.983	0.282
37	340544.724	6270963.320	504.913	0.183
38	340551.666	6270952.510	505.478	0.039
39	340558.155	6270941.480	505.867	0.164
40	340564.730	6270931.210	506.258	0.181
41	340570.791	6270920.700	506.777	0.219
42	340577.581	6270911.280	506.973	0.144
43	340582.986	6270899.670	507.224	0.229
44	340590.342	6270889.760	507.392	0.217
45	340596.622	6270878.540	507.438	0.139
46	340601.922	6270868.830	507.207	0.114
47	340606.692	6270860.260	506.952	0.256
48	340613.438	6270849.300	506.52	0.245
49	340618.303	6270842.290	506.471	0.325
50	340625.010	6270831.430	511.767	0.184
51	340631.804	6270821.730	512.024	0.141
52	340638.427	6270811.060	511.944	0.180
53	340645.167	6270800.000	512.403	0.125
54	340650.202	6270790.820	512.745	0.395
55	340658.351	6270776.930	512.672	0.132
56	340665.638	6270765.120	513.427	0.147
57	340670.909	6270756.650	513.191	0.122
58	340670.895	6270756.670	513.195	0.120
59	340676.890	6270747.410	516.301	0.269

En resumen se tiene que:

Tabla 4-5 : Resumen perfil levantado vs nube de puntos

Tolerancia	Cantidad	Porcentaje
PUNTOS CON DIFERENCIA MENOR A 0.25 m	48	81.36%
PUNTOS CON DIFERENCIA MENOR A 0.50 m	59	100%

4.8.3 TOLERANCIAS

Según lo indicado en el Capítulo referido a Fotogrametría en las “Especificaciones Técnicas Topográficas – ETT DOH, del año 2011”, se indica en el punto “12.2 Tolerancia” (página 77) lo siguiente:

La tolerancia de las restituciones ejecutadas para la DOH se dividirá en planimétrica y altimétrica.

La tolerancia planimétrica está relacionada con la precisión del apoyo terrestre, por lo que bastará conformidad con estos puntos. Sin embargo la planimetría podrá ser revisada en terreno en cuanto a las líneas y áreas para posteriormente compararla con su representación en el plano.

La tolerancia altimétrica está definida por un medio de la curva de nivel y con una aceptación del 90% de los puntos de control. Sin embargo el error entre puntos adyacentes no podrá superar la tolerancia anteriormente definida.

Estos puntos serán inspeccionados, por lo cual deberán ser colimados en puntos distinguibles. En zonas urbanas estos puntos deberán estar ubicados en las intersecciones de los ejes de las calles o avenidas ó cualquier elemento fotoidentificable. Además se muestra la siguiente tabla, que indica las tolerancias la momento de identificar el plano.

Tabla 4-6 : Tabla de tolerancias ETT-DOH 2011

ESCALA DEL PLANO	VERIFICACION DEL PLANO EN TERRENO (90% de los puntos verificados presentarán un error menor o igual que)	
	ALTIMET.	PLANIMET.
1:500 Curvas c/0,5 m	0.25	0.25
1:1.000 Curvas c/1,0 m	0.50	0.50
1:2.000 Curvas c/2,0 m	1.00	1.00
1:5.000 Curvas c/5,0 m	2.50	2.50
1:10.000 Curvas c/10,0 m	5.00	5.00
1:20.000 Curvas c/20,0 m	10.00	10.00
1:50.000 Curvas c/50,0 m	25.00	25.00

5 CONCLUSIONES

El levantamiento aerofotogramétrico con tecnología UAV se realizó en óptimas condiciones técnicas y meteorológicas, lo que permitió cumplir con la planificación de los vuelos y así obtener los resultados de acuerdo a los objetivos propuestos.

El levantamiento de autocontrol ejecutado permitió comprobar las precisiones alcanzadas por los productos provenientes del levantamiento UAV. Esto se logró, al realizar las comparaciones entre dos métodos de levantamientos independientes. Los resultados obtenidos cumplieron ampliamente con las tolerancias esperadas de acuerdo a la escala, pues el 100% de los datos comparados se encuentra en el rango ± 0.50 m, lo que permite asegurar una alta calidad y precisión de los entregables.

Como resultado del levantamiento con UAV se logró levantar el área de proyecto y con ellos generar los productos cartográficos escala 1:1000, los cuales son: Nube de puntos (*.xyz), Ortofotos (*.tif, *.ecw), Ortomosaico (*.tif, *.ecw), Fotografías Aéreas (*.tif) y modelo de curvas de nivel (*.dwg). Todos los productos en Sistemas de referencia SIRGAS.

Las tolerancias indicadas en las Especificaciones Técnicas Topográficas - ETT DOH, del año 2011, como también en el Manual de Carreteras para trabajos de levantamientos Fotogramétricos, están en concordancia a lo obtenido en el control de calidad realizado, por lo que con los resultados obtenidos se puede concluir que los productos cumplen con lo solicitado por el cliente y los datos que se puedan obtener de ellos reflejan la realidad de la cuenca, en el tramo levantado, al momento de ser realizados los vuelos.

6 RESULTADOS

A partir de los entregables generados por cada vuelo, se generaron planos de planta en el software Civil 3D, obteniéndose curvas de nivel cada 0.5 metros.

También se generaron planos de perfiles longitudinales y transversales cada 50 metros.

Tabla 6-1 : Listado de Planos

DESCRIPCIÓN	LÁMINAS	NÚMERO
Planta General proyecto, Plano de Situación	1 de 4	4335
Planta General, Cobertura vuelos UAV	2 de 4	4335
Planta General, Puntos de control terrestre	3 de 4	4335
Planta General, Distribución de láminas	4 de 4	4335
Planta de Detalle y perfil longitudinal	21	4336
Secciones Transversales	60	4337

6.1 INSTRUMENTAL UTILIZADO

Para realizar los levantamientos se utilizaron dos tipos de receptores GPS de doble frecuencia, provistos de radios internas.

EQUIPO	MARCA	MODELO
UAV	TRIMBLE	UX5
GPS RTK	TRIMBLE	R6-2
GPS RTK	NAVCOM	LAND-PAK SF-3040

Tabla 6-2 : Instrumental utilizado.

6.1.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL INSTRUMENTAL UTILIZADO.



**VEHÍCULO NO
TRIPULADO PARA LA
ADQUISICIÓN DE IMÁGENES
AÉREAS TRIMBLE UX5**

**UN NUEVO ESTÁNDAR EN CARTOGRAFÍA -
INDEPENDIEMENTE DEL TRABAJO**

DISEÑADO PARA AYUDAR A LOS PROFESIONALES DE LA TOPOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA QUE REQUIEREN LA PRECISIÓN MÁS ALTA PARA TRABAJAR CON EFICIENCIA, EL TRIMBLE UX5 ESTABLECE LA NUEVA NORMA EN TOPOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA. ESTO LO CONSIGUE COMBINANDO UN SISTEMA ROBUSTO MUY FÁCIL DE USAR CON UNA CÁMARA PERSONALIZADA QUE GENERA LOS RESULTADOS MÁS IMPRESIONANTES. EL TRIMBLE UX5 LE MANTIENE PRODUCTIVO TODO EL DÍA, INDEPENDIEMENTE DEL TRABAJO QUE ESTÉ REALIZANDO.

¿POR QUÉ EL TRIMBLE UX5?

- + Adquisición de imágenes de alta calidad y precisión
- + Puede utilizarse en todo tipo de clima y terreno
- + Alineamientos precisos en espacios confinados
- + Preparado para uso intensivo. Una solución duradera y confiable.
- + Flujos de trabajo completamente automatizados que facilitan el uso y permiten la operación segura



www.trimble.com/uas

UNA PLATAFORMA PEQUEÑA Y UNA ALTA CALIDAD DE ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

La solución de adquisición de imágenes aéreas Trimble® UX5 usa las últimas novedades del mercado de las cámaras digitales, lo que garantiza una calidad de imagen óptima con la máxima precisión fotogramétrica. A diferencia de la cámara compacta tradicional, la cámara del UX5 tiene un sensor de imagen de gran tamaño que captura imágenes en color muy nítidas, incluso en la oscuridad y con nubosidad. La cámara y sus componentes ópticos personalizados hacen que el UX5 pueda capturar datos con una resolución de hasta 2,4 cm.

FLUJOS DE TRABAJO QUE GARANTIZAN LA FACILIDAD DE USO

La nueva aplicación Adquisición de imágenes aéreas de Trimble Access™ se ejecuta en la robusta PC Trimble Tablet y permite a los usuarios planificar sus misiones aéreas, hacer comprobaciones previas al vuelo y controlar los vuelos – todo ello con flujos de trabajo intuitivos que garantizan resultados confiables. En el campo, el operador es guiado paso a paso a través de las secuencias previas y posteriores al vuelo con listas de verificación digitales. Muchas de las comprobaciones del Trimble UX5 son verificadas automáticamente por el software y no requieren ninguna interacción por parte del operador. Estos flujos de trabajo rápidos e intuitivos permiten al Trimble UX5 estar listo para el vuelo en menos de 10 minutos garantizando con ello un tiempo de inactividad mínimo.

MÁXIMO RENDIMIENTO

Para que los operadores del Trimble UX5 se mantengan productivos todo el día incluso en condiciones climáticas extremas, Trimble ha diseñado un sistema muy robusto. El Trimble UX5 soporta fuertes vientos, lluvia ligera, y temperaturas extremas de calor y frío lo que lo convierte en una solución confiable para el registro de datos de calidad sin comprometer la cobertura.





HOJA DE DATOS

RECEPTOR GPS TRIMBLE® R6

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

- Diseño de sistema flexible e integrado
- Escalable para añadir capacidad a medida que cambian las necesidades de su negocio
- Posicionamiento GPS líder de la industria, que incluye L2C
- Preparado para Trimble Integrated Surveying™



Esté preparado para todo, con el sistema receptor GPS Trimble R6. El Trimble R6 combina avanzada tecnología GNSS con la escalabilidad y la flexibilidad de adaptarse y crecer a medida que cambian las necesidades de su negocio.

Con opciones de comunicación integradas, soluciones flexibles de colector de datos, una selección de software de campo y opciones de actualización a GNSS, usted está preparado para cuanto desee trabajar hoy, y listo para los cambios que pueda traer el mañana.

DISEÑO DE SISTEMA FLEXIBLE E INTEGRADO

El receptor mismo combina un receptor GPS altamente integrado y avanzado, una antena de precisión, una batería de larga duración y comunicaciones integradas en una carcasa resistente y fiable. Escija el tipo de comunicación más adecuado para la manera como trabaja su cuadrilla.

El módem celular integrado agiliza la operación dentro de las redes VR5. La RX o RX/TX UHF integrada agiliza las aplicaciones de móvil/base RTK.

Para tener soporte de constelaciones adicional, también puede escoger añadir soporte de GLONASS a las señales GPS L1, L2 y L2C, que son parte estándar del Trimble R6.

ESCALABILIDAD PARA DAR RESPUESTA A SUS CAMBIANTES NECESIDADES

Con soluciones Trimble como el Trimble R6, su negocio tiene la flexibilidad de escoger las capacidades que necesita hoy y la escalabilidad para añadir más funcionalidad a medida que sus necesidades cambian en el futuro.

- Trimble TSC2 o Controlador de Trimble CU
Mediante una computadora de mano o una unidad controladora desmontable, los sistemas de móvil basados en el Trimble R6 son livianos, flexibles y sin cables. El Trimble TSC2® ofrece un teclado completo y capacidades de expansión para ofrecer versatilidad e integración con los instrumentos ópticos Trimble.
- Software de Campo Trimble
El software de campo Trimble pone en sus manos el poder de gestionar de manera impecable el flujo de datos, la eficiencia en el campo y una verdadera solución Integrated Surveying™. El innovador software Trimble Access le permite controlar con precisión cualquier situación de levantamiento. Hay disponibles también Flujos de Trabajo Simplificados

opcionales, para generar resultados rápidos en tareas especializadas.

- Software Trimble Business Center Office
Transfiera fácilmente datos GNSS a la oficina para el procesamiento de los datos. Aproveche la potencia del ajuste de red de Trimble Business Center, combinando sus mediciones ópticas y GPS para obtener los mejores resultados generales.

TECNOLOGÍA GNSS QUE MARCA LA DIFERENCIA

El receptor Trimble R6 da la exactitud y la fiabilidad necesarias para hacer levantamientos de precisión con un rastreo superior y rendimiento de RTK. Con GPS L2C incluido y la opción GLONASS, puede rastrear más satélites y medir con mayor eficacia en ambientes difíciles. L2C da más que sólo señales adicionales. La avanzada estructura de señales da una mejor potencia para un rastreo de satélites más fiable.

Reduzca el tiempo de inactividad causado por la pérdida de enganche y el tiempo necesario para reinicializar, con la avanzada tecnología de posicionamiento y rastreo de Trimble.

INTEGRATED SURVEYING™ PARA UNA SOLUCIÓN TOTAL

Lleve el poder de las tecnologías GNSS y Óptica a cada sitio de obra. Con Trimble Integrated Surveying, su controlador Trimble funciona como punto común de integración, de modo que todos los datos se recolecten en un solo archivo de trabajo.

Con Trimble I.S. Rover, puede aprovechar la alta productividad de la captura de datos GPS cuando hay buena visibilidad, y pasar sin problemas a utilizar estaciones totales robóticas Trimble para realizar mediciones precisas en lugares difíciles de alcanzar.

Basta con añadir un prisma al jalón del móvil y conectarlo a un sistema óptico robótico. Esta solución integrada aumenta al máximo lo mejor de ambas técnicas de levantamientos con una eficiencia en el campo incluso mayor.



El sistema GPS Trimble R6 se muestra con el controlador Trimble TSC2. También se ofrece compatibilidad con el controlador Trimble CU.

RECEPTOR GPS TRIMBLE R6

ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO

Mediciones

- Tecnología Trimble R-Track
- Chip GNSS Avanzado Trimble Maxwell 5 para Levantamientos Personalizados con 72 canales
- Correlator múltiple de alta precisión para mediciones de pseudorange GNSS
- Datos de medición de pseudorange sin filtrar ni afinar para obtener una correlación de dominios de baja duración, baja cantidad de errores multitrayecto y bajo nivel de ruido, con una alta respuesta dinámica
- Mediciones de fase de portadora GNSS con muy bajo nivel de ruido y una precisión de <1 mm en un ancho de banda de 1 Hz
- Relaciones de señal a ruido informadas en dB-Hz
- Probadá tecnología de rastreo de baja elevación Trimble
- Señales de satélite rastreadas en simultáneo:
 - GPS: L1C/A, L2E, L2E (método Trimble para rastrear L2P)
 - GLONASS: L1C/A, L1P, L2C/A (sólo GLONASS M), L2P
 - SBAS: L1C/A

Posicionamiento GPS diferencial de código¹

Horizontal 0,25 m + 1 ppm RMS
Vertical 0,50 m + 1 ppm RMS
Precisión de posicionamiento diferencial WAAS² por lo general, menos de 5 m 3DRMS

Levantamientos GNSS Static y FastStatic³

Horizontal 3 mm + 0,1 ppm RMS
Vertical 3,5 mm + 0,4 ppm RMS

Levantamientos cinemáticos⁴

Horizontal 10 mm + 1 ppm RMS
Vertical 20 mm + 1 ppm RMS
Tiempo de inicialización⁵ por lo general, menos de 25 segundos
Fiabilidad de la inicialización⁶ por lo general, más de un 99,9%

HARDWARE

Características físicas

Dimensiones (Ancho x Alto) 19 cm x 10,9 cm (7,5 pulg x 4,3 pulg), incluidos los conectores
Peso 1,34 kg (2,95 lb) con batería interna, radio interna, antena UHF estándar.
Móvil RTK completo de menos de 3,70 kg (8,16 lb) incluidas baterías, jalón, controlador y soporte

Temperatura⁷

Funcionamiento -40 °C a +65 °C (-40 °F a +149 °F)
Almacenamiento -40 °C a +75 °C (-40 °F a +167 °F)
Humedad 100%, con condensación
Impermeabilidad al agua y polvo Protección contra ingreso de polvo según norma IP67, con protección contra inmersión temporal a una profundidad de 1 m (3,28 pies)

© 2006-2008, Trimble Navigation Limited. Reservados todos los derechos. Trimble, el logo del Globo terráqueo y el Triángulo y TCC son marcas comerciales de Trimble Navigation Limited, registradas en los Estados Unidos y en otros países. Integrated Surveying, Maxwell, R-Track y Trimble Survey Controller son marcas comerciales de Trimble Navigation Limited. La marca con la palabra Bluetooth y los logos son propiedad de Bluetooth SIG, Inc. y todo uso de dichos marcas por parte de Trimble Navigation Limited es bajo licencia. Todas las otras marcas son propiedad de sus respectivos titulares. NP 022543-2300-E (11/08)

Golpes y vibraciones Las pruebas confirman que cumple los siguientes estándares ambientales:
Golpes Apagado: Diseñado para resistir una caída desde un jalón de 2 m (6,6 pies) sobre superficies duras.
Encendido: De diente de sierra hasta 40 G, 10 mseg
Vibraciones MIL-STD-810F, FIG. 514.5C-1

Aspectos eléctricos

- Alimentación de 11 V CC a 28 V CC de entrada de potencia externa con protección contra sobretensión en Puerto 1 (Lemo de 7 pines)
- Batería de ión-litio recargable y removible de 7,4 V y 2,4 Ah en el compartimento interno para batería. El consumo de energía es 3,2 W, en modo móvil RTK con radio interna. Duración de funcionamiento con batería interna:
 - Opción de sólo recepción de 450 MHz 5,8 horas⁸
 - Opción de recepción/transmisión de 450 MHz 3,7 horas⁸
 - GSM/GPRS 4,1 horas⁸
- Certificación Clase B Parte 15, 22, 24 Certificación FCC, 850/1900 MHz. Módulo GSM/GPRS Clase 10. Aprobación de Marca CE y aprobación de C-tick

Comunicaciones y almacenamiento de datos

- Serial de 3 cables (Lemo de 7 pines) en Puerto 1. Serial RS-232 completo en el Puerto 2 (Dsub de 9 pines)
- Opción de receptor/transmisor de 450 MHz completamente integrado y sellado:
 - Potencia de transmisión: 0,5 W
 - Alcance⁹: 3-5 km por lo general / 10 km óptimo
- Opción de GSM/GPRS interno completamente integrado y sellado⁷
- Puerto de comunicaciones de 2,4 GHz completamente integrado y sellado (Bluetooth®)⁹
- Soporte de teléfono móvil externo para módems GSM/GPRS/CDPD para operaciones de RTK y VRS
- Almacenamiento de datos en memoria interna de 11 MB: 302 horas de observables brutos, basado en grabación cada 15 segundos desde un promedio de 6 satélites
- Posicionamiento de 1 Hz, 2 Hz, 5 Hz y 10 Hz
- Entrada y salida CMR+, CMRx, RTCM 2.1, RTCM 2.3, RTCM 3.0, RTCM 3.1
- 16 salidas NMEA, salidas GSOF, RT17 y RT27. Soporta BINEX y portadora suavizada

1 La precisión y la fiabilidad pueden estar sujetas a anomalías debido a multitrayecto, obstrucciones, geometría de satélites y condiciones atmosféricas. Siempre siga las prácticas de levantamiento recomendadas.
2 Depende del rendimiento del sistema WAAS/EGNOS.
3 Puede resultar afectado por las condiciones atmosféricas, multitrayecto de señal, obstrucciones y geometría de satélites.
4 Puede resultar afectado por las condiciones atmosféricas, multitrayecto de señal y geometría de satélites. La fiabilidad de la inicialización se monitorea constantemente para asegurar la más alta calidad.
5 Normalmente, el receptor operará a -40 °C y las baterías internas se miden a -20 °C.
6 Varía según el terreno y las condiciones de operación.
7 Varía según la temperatura.
8 Varía según la temperatura y la velocidad de transmisión de datos inalámbricos.
9 Las aprobaciones de tipo Bluetooth son específicas según el país. Comuníquese con su Socio Autorizado de Distribución de Trimble local para obtener más información.

Las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso.



AMÉRICA DEL NORTE

Trimble Engineering & Construction Group
5475 Kellenburger Road
Dayton, Ohio 45424-1099
EE.UU.
800-538-7800 (Teléfono sin cargo)
Teléfono +1-937-245-5154
Fax +1-937-233-9441

EUROPA

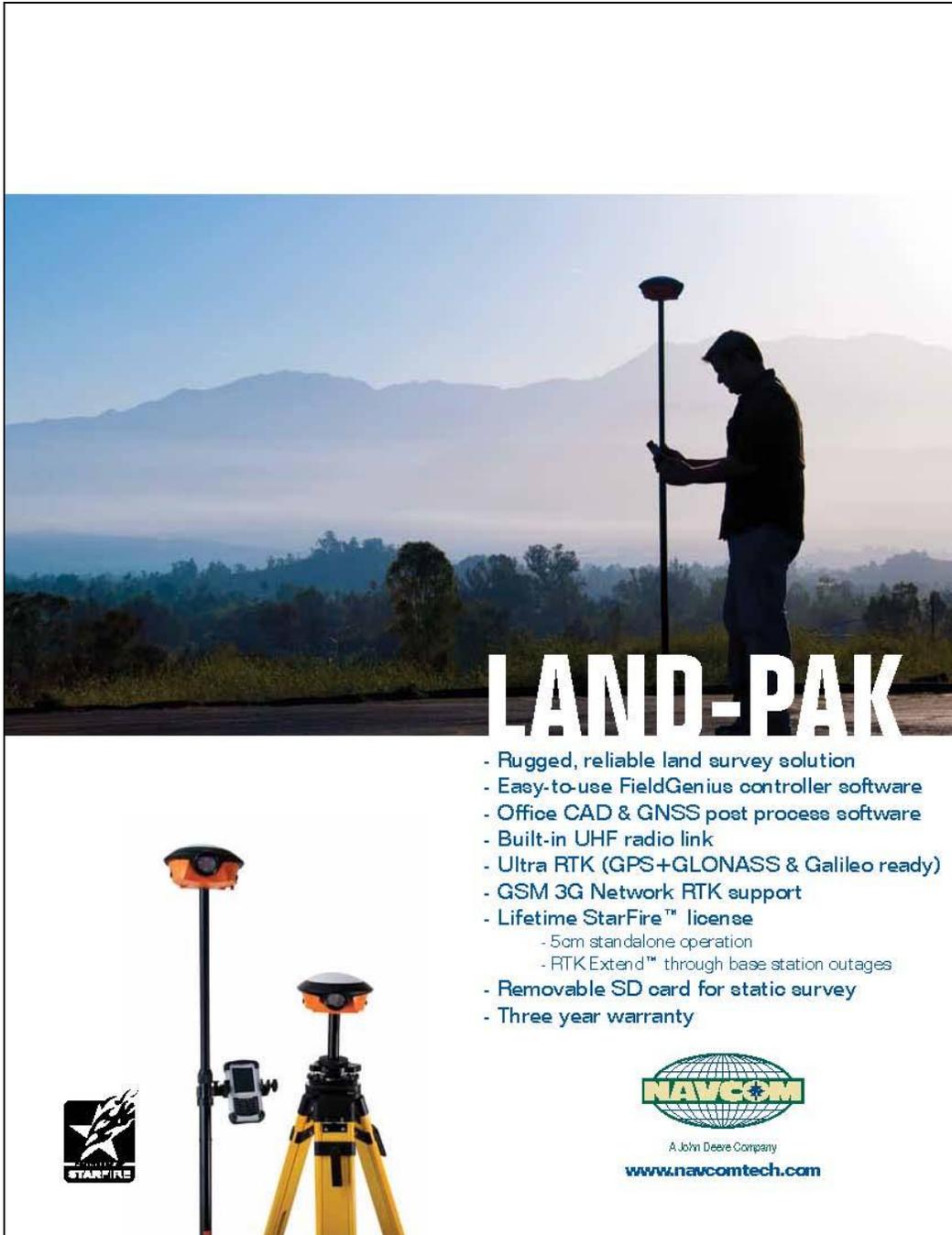
Trimble Germany GmbH
Am Prime Parc 11
65479 Raunheim • ALEMANIA
Teléfono +49-6142-2100-0
Fax +49-6142-2100-550

ASIA-PACÍFICO

Trimble Navigation Singapore Pty Limited
80 Marine Parade Road
#22-06 Parkway Parade
Singapore 449269 • SINGAPUR
Teléfono +65-6348-2212
Fax +65-6348-2232



www.trimble.com

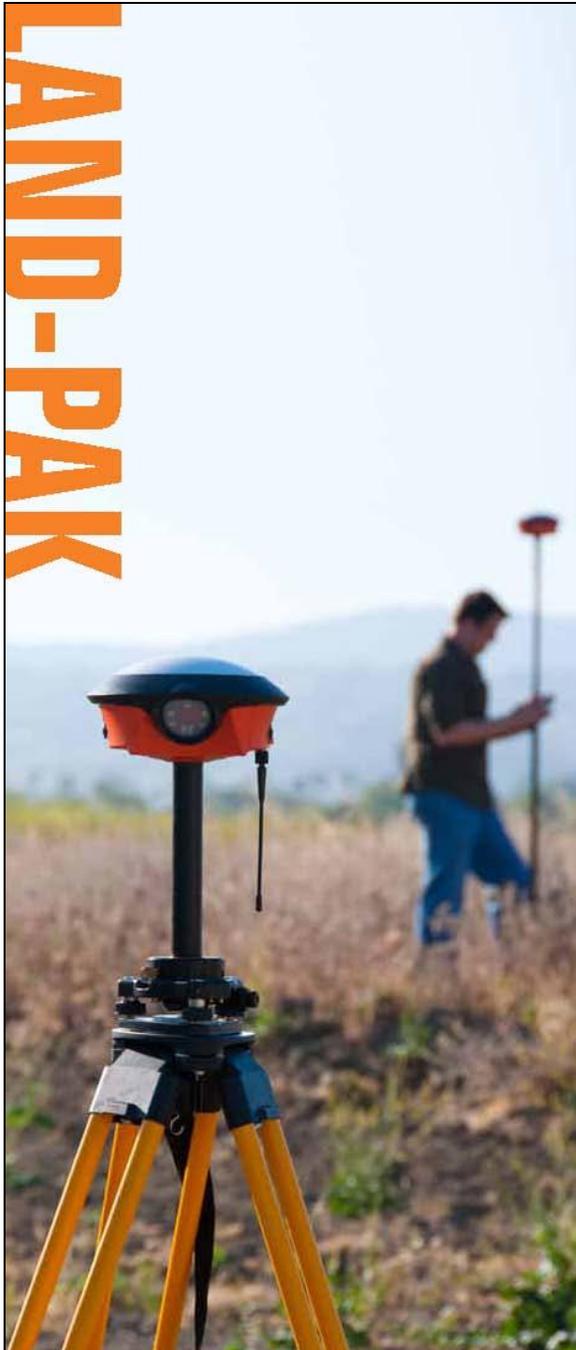


LAND-PAK

- Rugged, reliable land survey solution
- Easy-to-use FieldGenius controller software
- Office CAD & GNSS post process software
- Built-in UHF radio link
- Ultra RTK (GPS+GLONASS & Galileo ready)
- GSM 3G Network RTK support
- Lifetime StarFire™ license
 - 5cm standalone operation
 - RTK Extend™ through base station outages
- Removable SD card for static survey
- Three year warranty




A John Deere Company
www.navcomtech.com



LAND-PAK

The LAND-PAK system provides an unprecedented level of performance and flexibility by including Ultra RTK, StarFire and RTK-Extend capabilities as standard. With Ultra RTK, users receive centimeter level performance up to 40 km from the base station while StarFire provides five centimeter accuracy anywhere, anytime without the need for a base station. NavCom's patented RTK-Extend feature allows users to work in challenging environments and maintain RTK-level accuracy even during base station radio outages.

LAND-PAK includes, as standard, easy to use controller, office and GNSS post processing software, the SF-3040 GNSS receiver along with all the necessary hardware and accessories making it a complete turn-key land survey solution. The rugged, waterproof and shock proof design coupled with hot swappable batteries ensures continuous operation in the harshest of environments.

UHF and GSM communication links with support for multiple RTK formats allows the LAND-PAK rover to work with a variety of base stations and RTK networks. The Sapphire™ GNSS technology with multi-constellation (GPS, GLONASS and Galileo ready) support and superior signal sensitivity allows operation even in shaded environments.

Quick setup, ease of use and superb performance allows LAND-PAK to meet the needs of even the most demanding surveyor.

FEATURES

- Integrated UHF and GSM support
- Bluetooth® cable free, all-on-the pole design
- Multi-constellation support (GPS, GLONASS and Galileo ready)
- Ultra RTK (up to 40km baseline)
- Network RTK with support for multiple message formats
- Built-in StarFire receiver with lifetime license
- StarFire five centimeter standalone accuracy
- RTK-Extend: Coast through base station outages
- Dual hot swappable batteries for continuous operation
- SF-3040 GNSS receiver operates as a base or rover
- Waterproof and shock resistant
- Three year warranty



All The Right Tools Included



LAND-PAK System

SF-3040 Receivers (Qty 2) Included

- L1, L2, G1, (G2 or L5) Navigation 5Hz
- StarFire Enabled
- Lifetime StarFire License
- RTK including Network RTK
- RTK Extend

Receiver Accessories Included

- USB Configuration Flash Drive
- 1 Watt UHF 403.473Mhz (Qty 2)
- UHF Module Antenna
- Li-Ion Batteries (Qty 4)
- SD Memory Cards (Qty 2)
- USB Device Cable, 6ft
- COM1 Serial Cable, 6ft
- Battery Charger, Dual Bay (Qty 2)

Hardware Accessories Included

- Aluminum Rover Pole
- Clamp & Pole Clamp for Controller
- Wood & Fiberglass Tripod
- Fiberglass Extension Pod
- Tribrach w/ optical plummet
- Fixed Tribrach Adapter
- GPS Pocket Rod/Tape Measure
- Hard Shell Transit Case
- Canvas Tripod Bag

LAND-PAK Controller and Software Included

- NavCom Nautix X7 Controller Kit

Software Included

- NavCom Field Genius Survey Software
- NavCom SurveyCAD 2011
- NavCom StarPoint Post Processing Software

LAND-PAK Network Rover

SF-3040 Receivers (Qty 1) Included

- L1, L2, G1, (G2 or L5) Navigation 5Hz
- StarFire Enabled
- Lifetime StarFire License
- RTK including Network RTK
- RTK Extend

Receiver Accessories Included

- USB Configuration Flash Drive
- Li-Ion Batteries (Qty 2)
- SD Memory Cards (Qty 1)
- USB Device Cable, 6ft
- COM1 Serial Cable, 6ft
- Battery Charger, Dual Bay (Qty 1)

Hardware Accessories Included

- Aluminum Rover Pole
- Clamp & Pole Clamp for Controller
- GPS Pocket Rod/Tape Measure
- Hard Shell Transit Case

LAND-PAK Controller and Software Included

- NavCom Nautix X7 Controller Kit

Software Included

- NavCom Field Genius Survey Software
- NavCom SurveyCAD 2011
- NavCom StarPoint Post Processing Software

LAND-PAK
More
Your Complete Survey System

LAND-PAK TECHNICAL SPECIFICATIONS

PERFORMANCE⁽¹⁾

- Multi-constellation Support
Multi-frequency GNSS SBAS GPS, Glonass and Galileo ready StarFire, WAAS, EGNOS, MSAS & GAGAN
- Accuracy (RMS)
RTK <40cm
RTK Extend (<15min) StarFire
Static (post processed) 5mm + 0.5ppm / 10mm + 0.5ppm
Velocity 0.01ms
Position & Raw data rates 1Hz, 5Hz, 10Hz

COMMUNICATIONS

- Integrated UHF radio 1 watt, 403-473MHz
- GSM 3G Integrated in the controller
- Ports 2 x RS232, USB 2.0 (Host or Device), Bluetooth™
- Data message formats
Differential Correction RTCM 2.3 and 3.1, SBAS, and StarFire (proprietary)
RTK Correction CMR/CMR+, RTCM, NavCom Proprietary UltraRTK™
- Memory Removable 2 GB SD card

ENVIRONMENTAL

- Power
Batteries Li-Ion 2.2 Ah 7.4v
External Power Nominal 12v DC, 0.5A (9-32v range)
- Temperature (ambient)
Operating -20° to +45° C (-4° to +113° F)
Storage -40° to +85° C (-40° to +185° F)
- Enclosure IP66 (waterproof/dustproof)
Shock resistant (2m pole drop)
FCC / CE
- Certifications

CONTROLLER

- Type Nautiz X7
- Display Sunlight readable, Color LED / Touch screen, VGA resolution (480x640)
Windows® Mobile 6.1
- Operating system
- Communication PAN: Bluetooth 2.0 + EDR
- WLAN: Integrated 802.11b/g
GSM/UMTS (HSDPA/EDGE)
- Battery 5600 mAh Li-ion battery pack
- Storage 4 GB INAND Flash
- Camera Integrated 3MP camera & LED Flash
- Temperature -30 C to +60 C
- Enclosure Waterproof (IP67), Shock/vibration resistant (MIL-STD-810G)
- Certifications FCC / CE

⁽¹⁾ Performance dependent on location, satellite geometry, atmospheric conditions and GNSS corrections. Technical specifications subject to change at NavCom's discretion

LAND-PAK DATA COLLECTOR SOFTWARE

NavCom FIELDGENIUS KEY FEATURES

- Modern Windows Interface with Smart Menus, Smart Objects, Incredible Graphics
- Real-Time Drawing Generation with Automatic Linework
- Enter, edit and stake points
- Built in COGO – Intersections, Inversing, Traversing
- DXF Import of Background and Coordination of lines, arcs, polylines and points
- 3D Data View with Dynamic Zoom, Pan, Scroll
- Import/Export DXF, ASCII or FBK for painless Autodesk import of raw data, points and linework
- Automatic Geodetic Transformations
- One Button File Transfer to Desktop Systems
- RTK network support via GSM
- StarFire support
- Support for total stations

LAND-PAK DESKTOP SOFTWARE

NavCom SURVEYCAD 2011 KEY FEATURES

- Integrated Survey, Design and CAD Functions – Download, calculate, design, draft, check and print – all incorporated into a productive field-to-finish package
- Powerful Survey Calculations – COGO, coordinate transformations, Multi-point averaging, cluster analysis, right of ways, areas, fixed areas, mass intersections, multiple perpendicular ties and stake computations
- Complete Traverse or Network Adjustments – Angle Balance, Transit, Compass, Crandall's Classical Methods, Vertical Balance, Full 3D Least Squares Adjustment and Reprocessing & pre-analysis
- Active Drawing technology – Enables verification, editing, printing and manipulation of data in the drawing, in the coordinate and traverse databases, and during COGO calculations

LAND-PAK GNSS POST PROCESSING SOFTWARE

NavCom STARPOINT KEY FEATURES

- Base Station data
 - Utilize data from a dedicated or nearby base station
 - Automatically searches the internet and downloads data from a nearby base station(s)
- Coordinate System
 - 62 standard datums and 22 standard ellipsoids predefined
 - 12 different map projection templates including full support for the US State-Plane coordinate system
- Rigorous Automated Processing Engine
 - Static
 - Rapid static
 - Stop and go
 - Kinematic
 - Semi-kinematic
 - OTF (for single and dual frequency receivers)
- Quality Control
 - Editing of GNSS data file properties
 - Graphical representations of phase or code residuals
 - Graphical tools to help analyze cycle-slip occurrences in data
 - Loop closure utilities for users creating networks of baselines
 - Common vector analysis
 - Least Squares Adjustment to adjust network of baselines



A John Deere Company

20780 MADRONA AVENUE, TORRANCE, CA 90503 USA

WWW.NAVCOMTECH.COM • SALES@NAVCOMTECH.COM

TEL: +1 310 381 2000 • FAX: +1 310 381 2001

© 2012 NavCom Technology, Inc.
NCT-09042012v1