



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA



**Allianza
México REDD+**
Con la gente por sus bosques

CartoData

Mayo 2014

Adquisición de datos LiDAR y fotografía.

Comunidad Forestal Oaxaca 1.

ALIANZA MÉXICO PARA LA REDUCCIÓN DE
EMISIONES POR DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN

www.alianza-mredd.org

Este informe ha sido posible gracias al generoso apoyo del pueblo de los Estados Unidos a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) bajo los términos de su Acuerdo de Cooperación No. AID-523-A-11-00001 (Proyecto de Reducción de Emisiones por la Deforestación y la Degradación de Bosques de México) implementado por el adjudicatario principal TheNatureConservancy y sus socios (Rainforest Alliance, Woods HoleResearch Center y Espacios Naturales y Desarrollo Sustentable).

Los contenidos y opiniones expresadas aquí son responsabilidad de sus autores y no reflejan los puntos de vista del Proyecto de Reducción de Emisiones por la Deforestación y la Degradación de Bosques de México y de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, el Gobierno de los Estados Unidos.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	5
Adquisición de datos LiDAR	6
Estaciones de control GPS.....	8
Trayectoria de la aeronave	10
Procesamiento del LiDAR.....	18
Procesamiento y Control de Calidad.....	20
Validación de cobertura y precisión de la información. (QC)	22
Clasificación de los datos LiDAR.....	30
Reporte estadístico del entregable LiDAR (186 archivos LAS v1.2).	33
Entregables	34
Archivos ASCII.....	36
Modelo Digital de Terreno	37
Modelo Digital de Superficie.....	39
Imágenes de simulación de sombreado del relieve.	41
Imágenes de intensidad.	43
Imágenes y ortofoto.....	44

Fotoíndice	45
Generación de ortofotos.....	46
Anexos.....	48
Anexo 1 Especificaciones técnicas	48
Anexo 2. Resultados de la trayectoria	49

INTRODUCCIÓN

En 2013 The Nature Conservancy, contrató a CartoData para la adquisición de datos LiDAR y fotografía aérea en 8 sitios de interés en diferentes estados de la República Mexicana, entre ellos Jalisco, Chihuahua, Estado de México, Michoacán, Oaxaca, Chiapas, Yucatán y Campeche.

El alcance del proyecto esta descrito en el contrato CNOMEX-072213.

Este informe corresponde a las actividades aéreas y de post-procesamiento ejecutadas en la Comunidad Forestal de Oaxaca 1, como se muestra en la figura 1 de este informe, esta zona comprende un total de 2 transectos y 1 cuadrantes (99.48 km²)

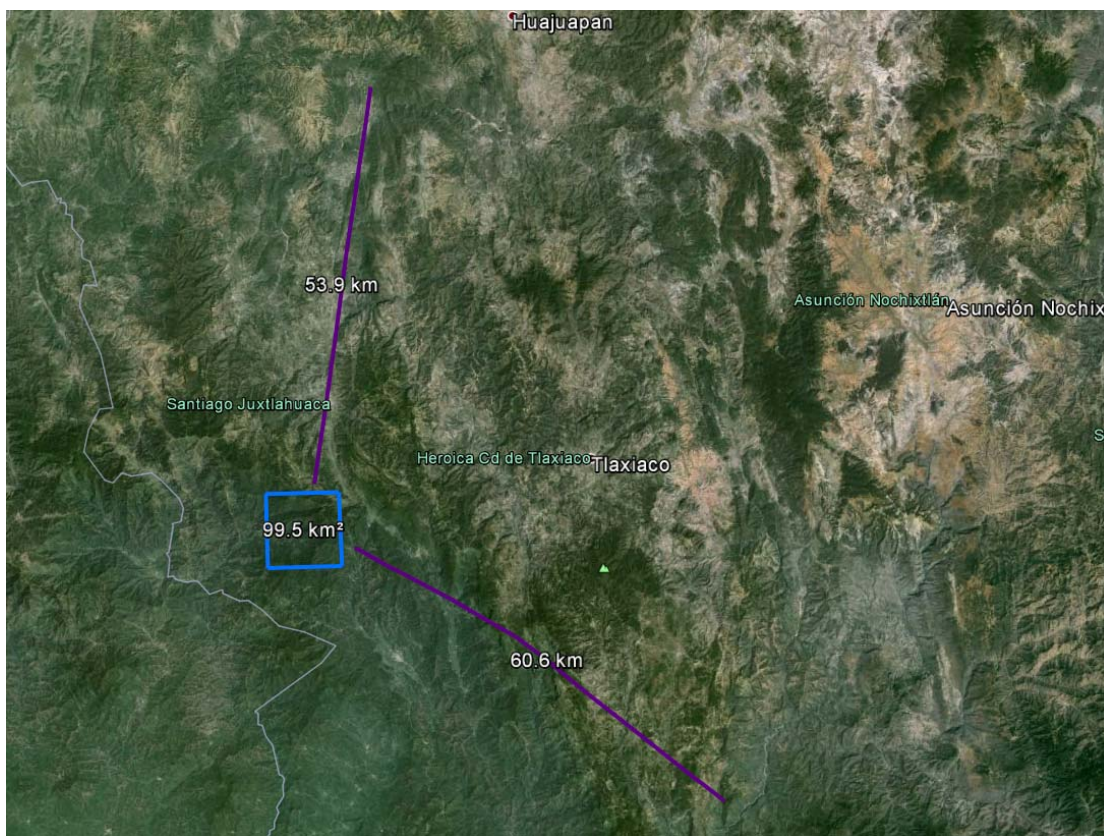


Figure 1 Comunidad Forestal Oaxaca 1

Todas las fases del proyecto, fueron ejecutadas de acuerdo a las especificaciones técnicas contenidas en el Anexo 1

ADQUISICIÓN DE DATOS LIDAR

Los vuelos se realizaron utilizando un sensor Riegl LMS Q780, equipado con un GPS/IMU de NovAtel y una cámara de 80mpx , todos estos montados sobre un Cessna T206.

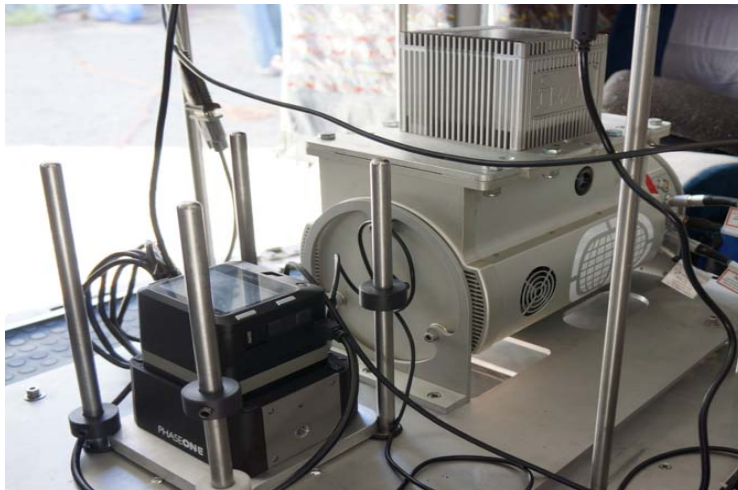


Figure 2 LiDAR y camara



Figure 3 Aeronave

Se generaron los planes de vuelo, mismos que fueron elaborados bajo los siguientes parámetros:

- 400kHz de frecuencia
- Campo de visión (FOV) de 30° equivalente a un angulo de +/-15° .
- Altura de vuelo 3,500 pies
- Velocidad de la aeronave 100 nudos
- Sobreposición en las lineas de vuelo con 50%

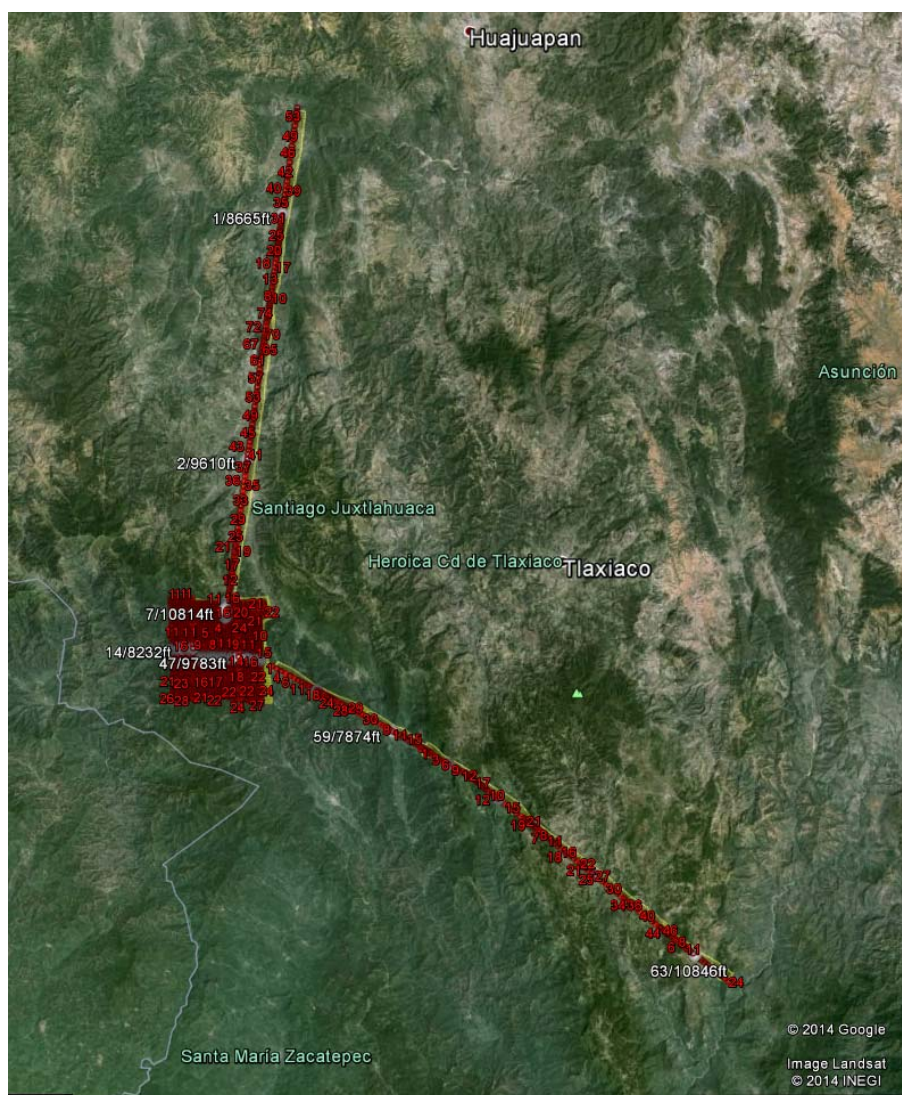
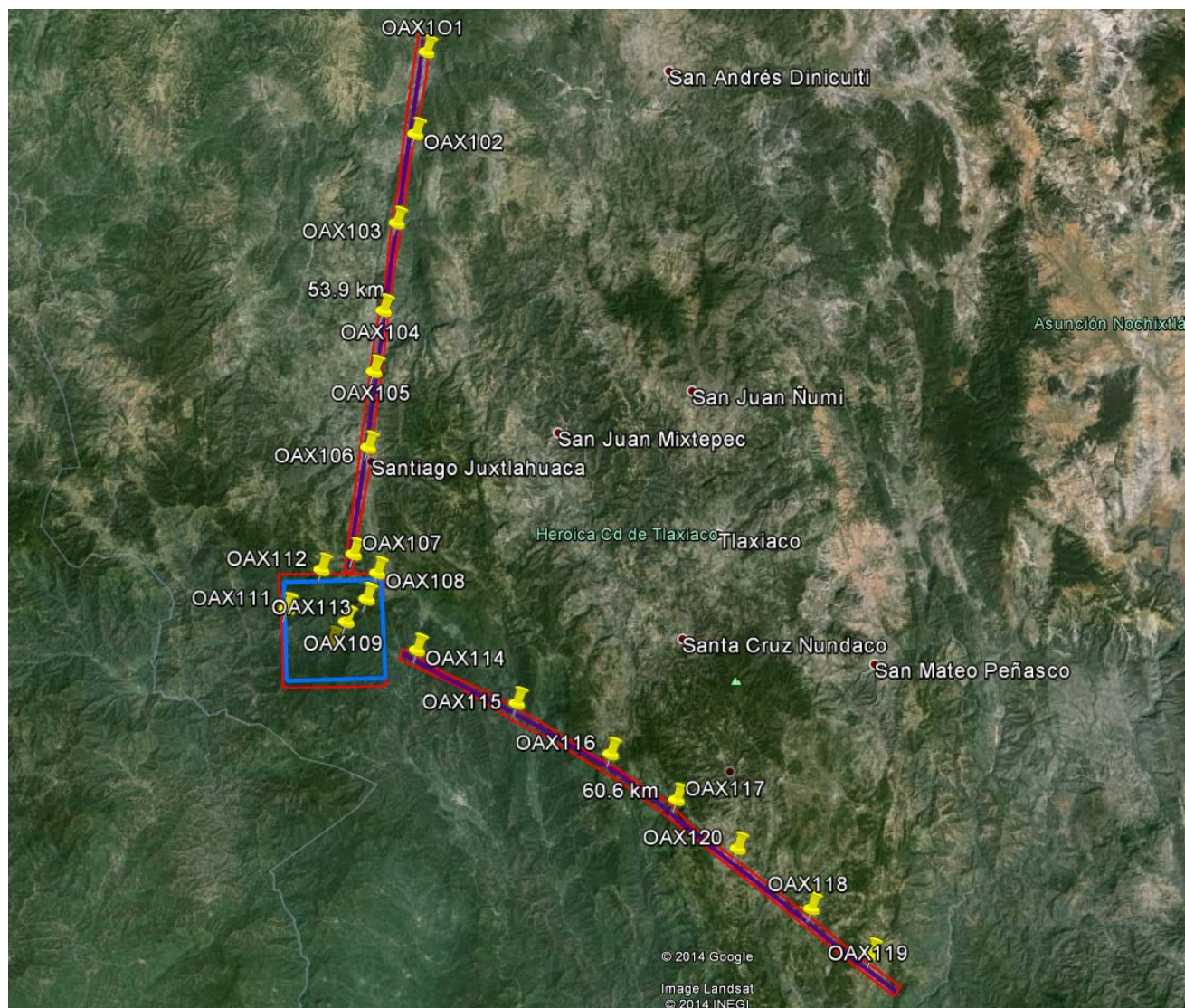


Figure 4 Planes de vuelo

ESTACIONES DE CONTROL GPS

De manera simultánea, durante los vuelos se posicionaron GPS de doble frecuencia, mismos que son instalados 15 minutos antes de despegar, y se apagan 15 minutos después de finalizado el vuelo.

Estos GPS junto con la información del GPS/IMU aerotransportado, nos ayudan a obtener la trayectoria del avión y su posición en todo momento.



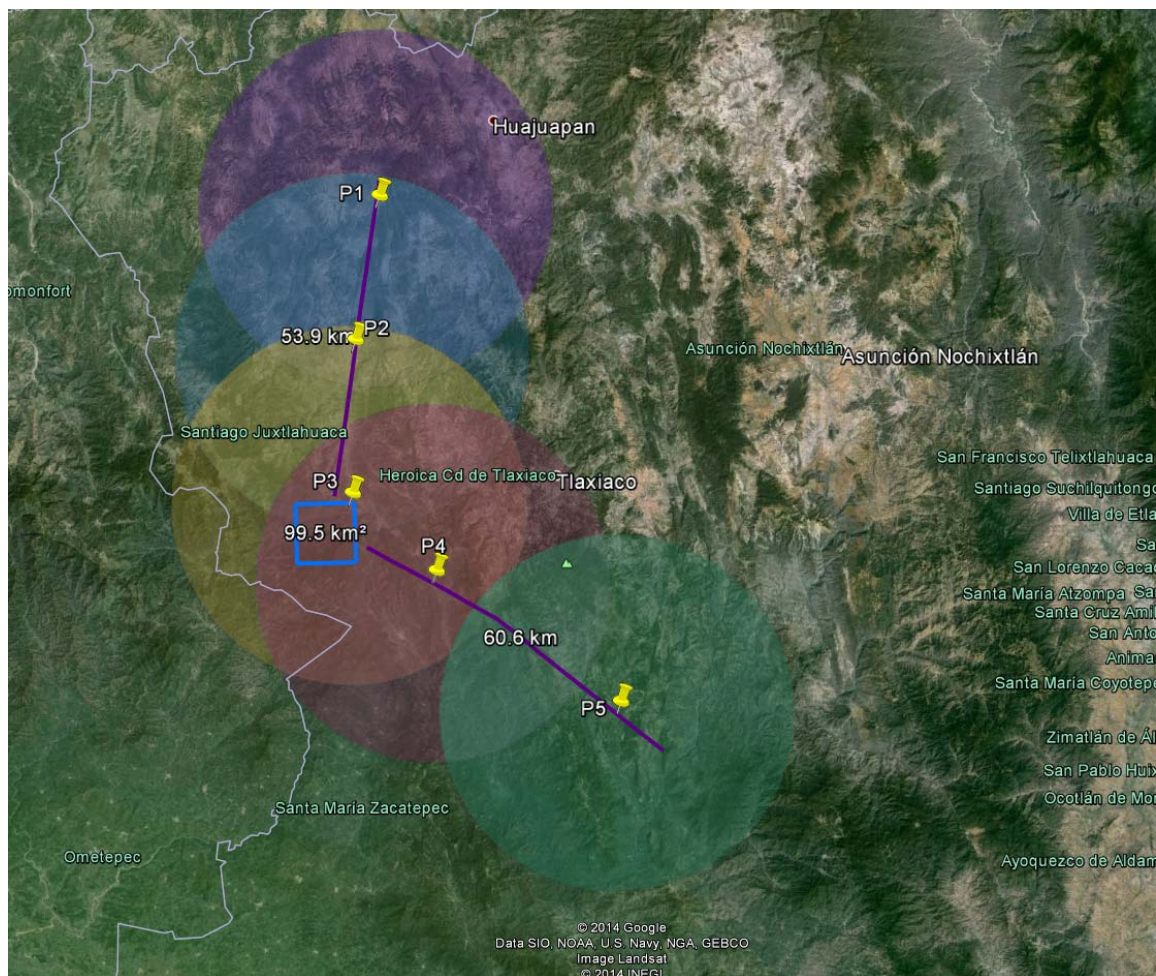


Figure 5 Planeación de ubicación para puntos de control y bases

TRAYECTORIA DE LA AERONAVE

La trayectoria de la aeronave durante la misión es esencial para garantizar la precisión requerida en proyectos con tecnología LiDAR, el proceso de la trayectoria consta de lo siguiente:

- Descargar los datos GPS de las dos estaciones activas del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática INEGI <ftp://geodesia.inegi.org.mx/> para este proyecto se utilizaron las estaciones ubicadas en Puebla (ICEP), Oaxaca (OAX2) y Veracruz (UVER).
- Se comienzan los cálculos de coordenadas para los puntos base en conjunto con la información descargada anteriormente. Todo esto se realiza usando el software GrafNet 8.2. La precisión hasta este paso puede ser comprobada al examinar los residuales de la triangulación de la red como se muestra a continuación.

Para más detalles de los resultados, por favor revisar el archive .txt incluidos en esta entrega.

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos en el ajuste de los puntos de control de la sesión con fecha 25 de Enero 2014.

Residuales de los puntos de control (Ajuste realizado)			
Nombre de la estación	RE (m)	RN (m)	RH (m)
ICEP	0.0019	-0.0203	0.0163
OAX2	0.0200	0.0155	-0.0385
UVER	-0.0215	-0.0035	0.0215
RMS	0.0170	0.0149	0.0271

COORDENADAS DE SALIDA DE LAS ESTACIONES			
Nombre de la estación	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
G3044	17 16 04.35828	-98 00 31.88411	1735.3630
G6003	17 00 07.85665	-96 43 19.16140	1516.9611
G6042	16 52 28.57352	-97 34 38.25600	2195.2473
ICEP	19 01 58.88555	-98 11 15.34493	2150.3484
OAX2	17 04 42.02538	-96 43 00.25570	1607.2306
P0040	17 14 36.54647	-97 59 54.89963	1753.7089
T6408	17 27 13.85077	-98 00 25.63119	1709.7782
UVER	19 09 55.68106	-96 06 51.66942	3.2425

Calculo de trayectoria usando las coordenadas de la estación base, y la información del GPS/IMU aerotransportado usando el software Inertial Explorer 8.2

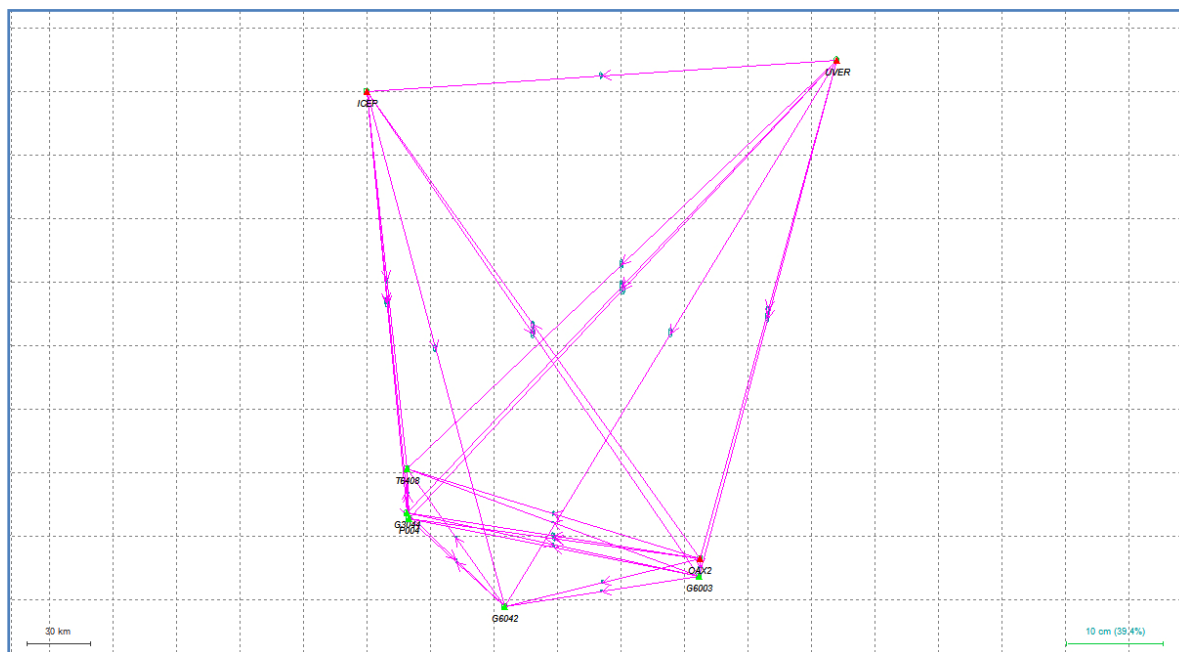


Figure 6 Ajuste de la base y estaciones activas

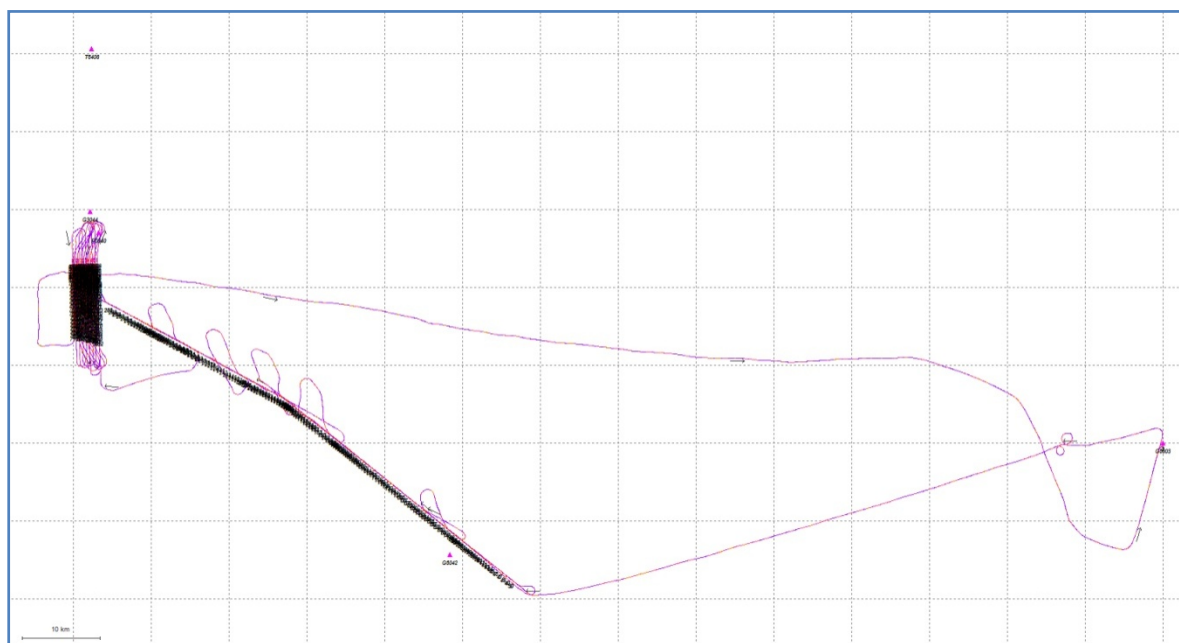


Figure 7 Trayectoria calculada desde el despegue del avión y hasta su aterrizaje

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos en el ajuste de los puntos de control de la sesión con fecha 26 de Enero 2014.

Residuales de los puntos de control (Ajuste realizado)			
Nombre de la estación	RE (m)	RN (m)	RH (m)
ICEP	0.0020	-0.0175	-0.0211
OAX2	0.0243	0.0149	0.0081
UVER	-0.0269	0.0030	0.0122
RMS	0.0210	0.0134	0.0148

COORDENADAS DE SALIDA DE LAS ESTACIONES			
Nombre de la estación	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
G3044	17 16 04.35824	-98 00 31.88473	1735.4546
G6003	17 00 07.85138	-96 43 19.15581	1516.9885
G6042	17 05 59.87905	-97 52 35.25284	1122.0075
ICEP	19 01 58.88563	-98 11 15.34502	2150.3062

OAX2	17 04 42.02535	-96 43 00.25565	1607.2737
P0040	17 14 36.54601	-97 59 54.90050	1753.7991
T6408	17 27 13.85076	-98 00 25.63168	1709.8625
UVER	19 09 55.68104	-96 06 51.66975	3.2287

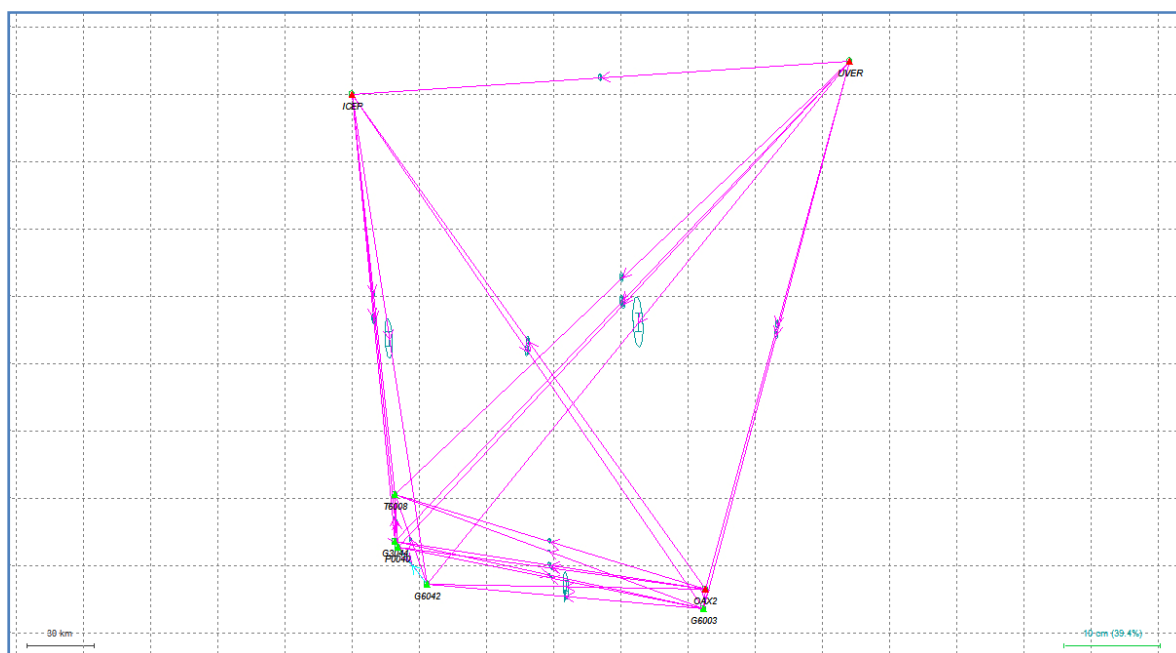


Figure 8 Ajuste de la base y estaciones activas

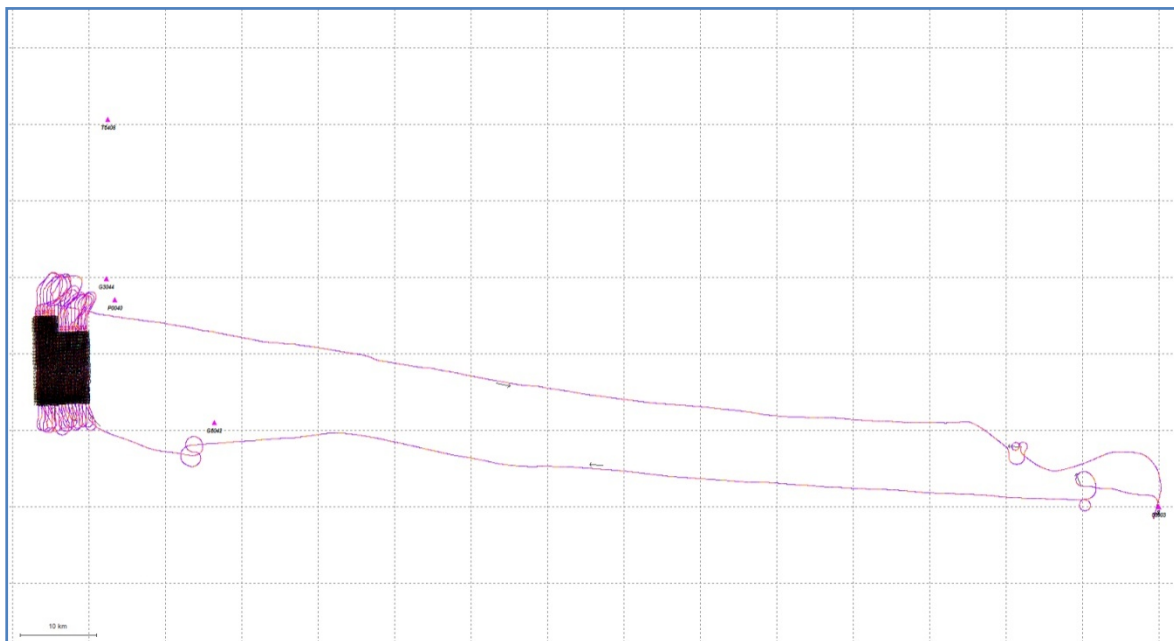


Figure 9 Trayectoria calculada desde el despegue del avión y hasta su aterrizaje

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos en el ajuste de los puntos de control de la sesión con fecha 27 de Enero 2014.

Residuales de los puntos de control (Ajuste realizado)			
Nombre de la estación	RE (m)	RN (m)	RH (m)
ICEP	0.0001	-0.0166	-0.0307
OAX2	0.0264	0.0135	0.0306
TOL2	-0.0270	0.0043	-0.0006
RMS	0.0218	0.0126	0.0250

COORDENADAS DE SALIDA DE LAS ESTACIONES			
Nombre de la estación	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
G3044	17 16 04.35836	-98 00 31.88467	1735.4812
G6003	17 00 07.85730	-96 43 19.15750	1517.0245
ICEP	19 01 58.88568	-98 11 15.34510	2150.2913
OAX2	17 04 42.02531	-96 43 00.25558	1607.2897
P0010	17 40 30.36541	-97 57 49.71945	1363.1932
T6408	17 27 13.85063	-98 00 25.63162	1709.9034
UVER	19 09 55.68111	-96 06 51.66978	3.2076

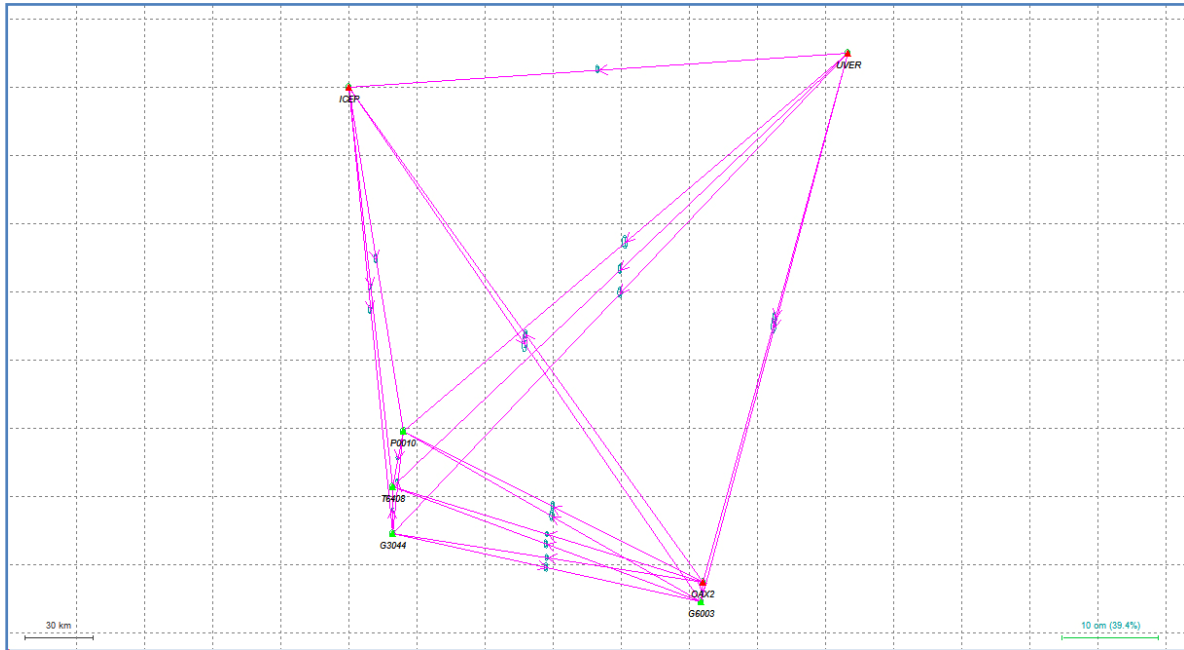


Figure 10 Ajuste de la base y estaciones activas



Figure 11 Trayectoria calculada desde el despegue del avión y hasta su aterrizaje

La precisión de la trayectoria se puede analizar viendo el valor Q (Quality) y PDOP, parámetros que son reportados a cada segundo por el software. El valor Q va desde 1 para muy bueno hasta 6 para

malo. El valor Q es el indicador de la exactitud posicional que el software determina considerando el número y ubicación de los satélites GPS junto con la información de la Unidad de Medición Inercial (IMU).

En el Anexo 2 se muestra una impresión de pantalla parcial de los resultados del cálculo de las trayectorias. Información relevante para ver en esos reportes es el numero de satélites “S”, la calidad de la observación, expresada como “Q” y el PDOP que va del 1 al 4, siendo uno la geometría ideal para la constelación de los satélites.

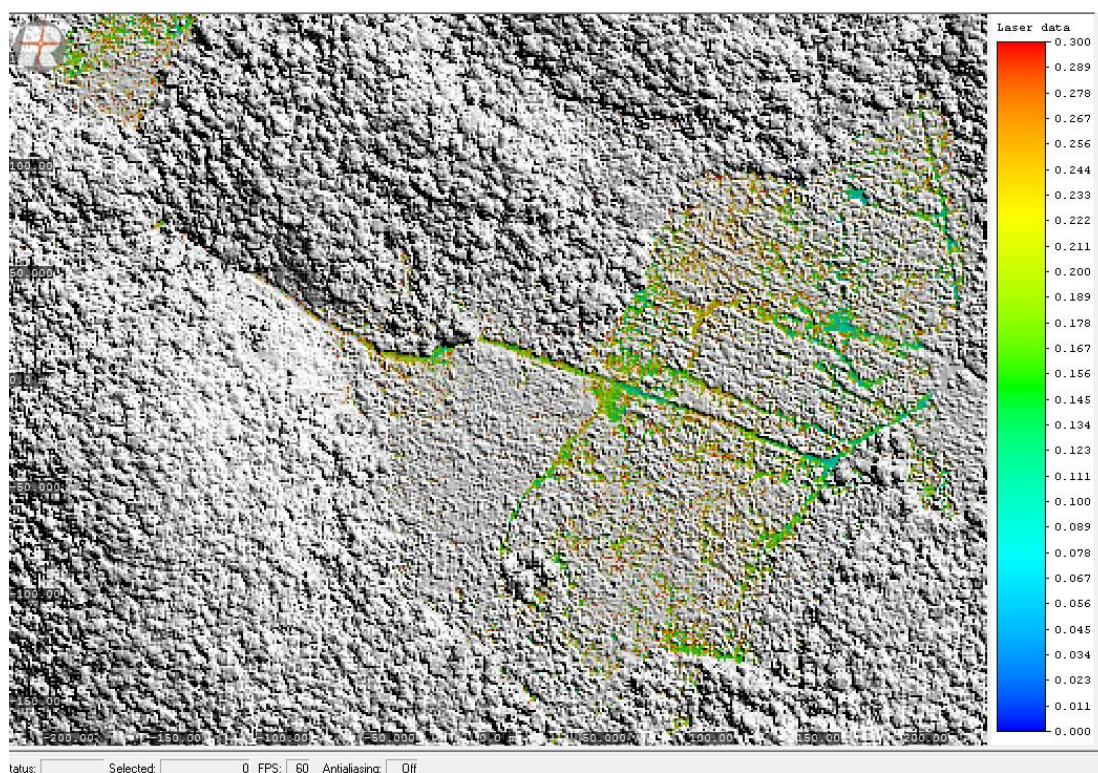
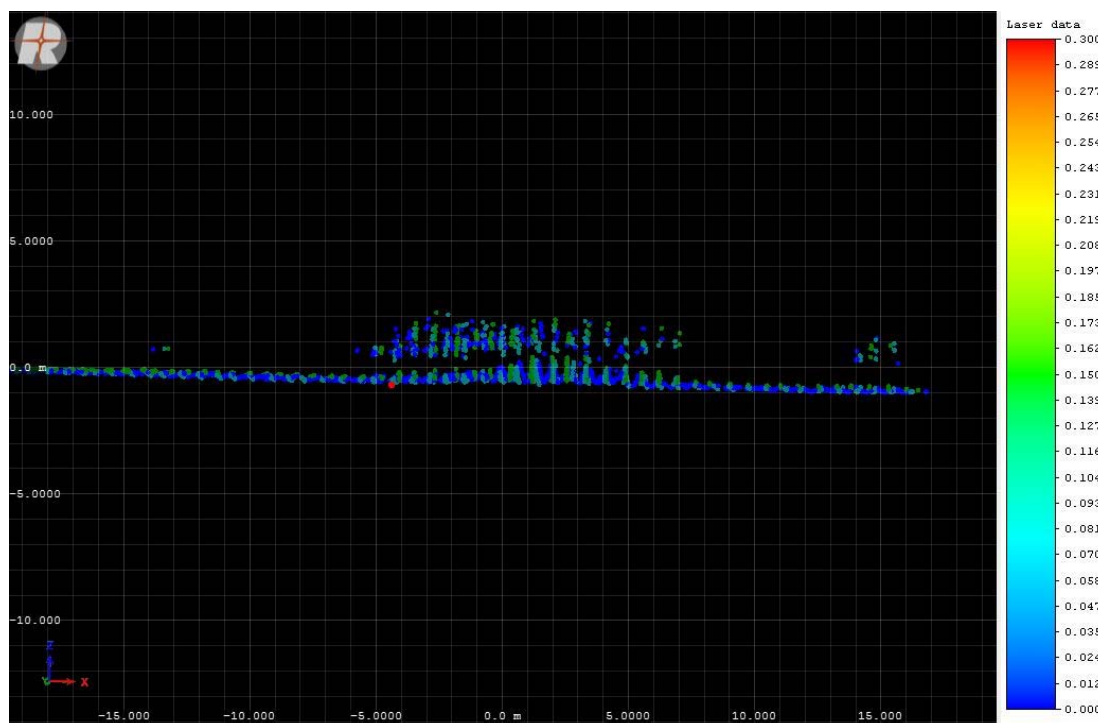
PROCESAMIENTO DEL LIDAR

Una vez que se ha calculado la trayectoria del vuelo LiDAR, se post procesan los datos utilizando el software RiProcess, este software realiza un ajuste a la nube de puntos de líneas sobrepuestas para alinearlas vertical y horizontalmente.



Figure 12 Ajuste de nube de puntos LiDAR

ALIANZA MÉXICO PARA LA REDUCCIÓN DE
EMISIONES POR DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN
Informe LiDAR y fotografía aérea
Comunidad Forestal Oaxaca 1



Los parámetros del procesamiento son esenciales para obtener los resultados deseados y acordes a las especificaciones del proyecto.

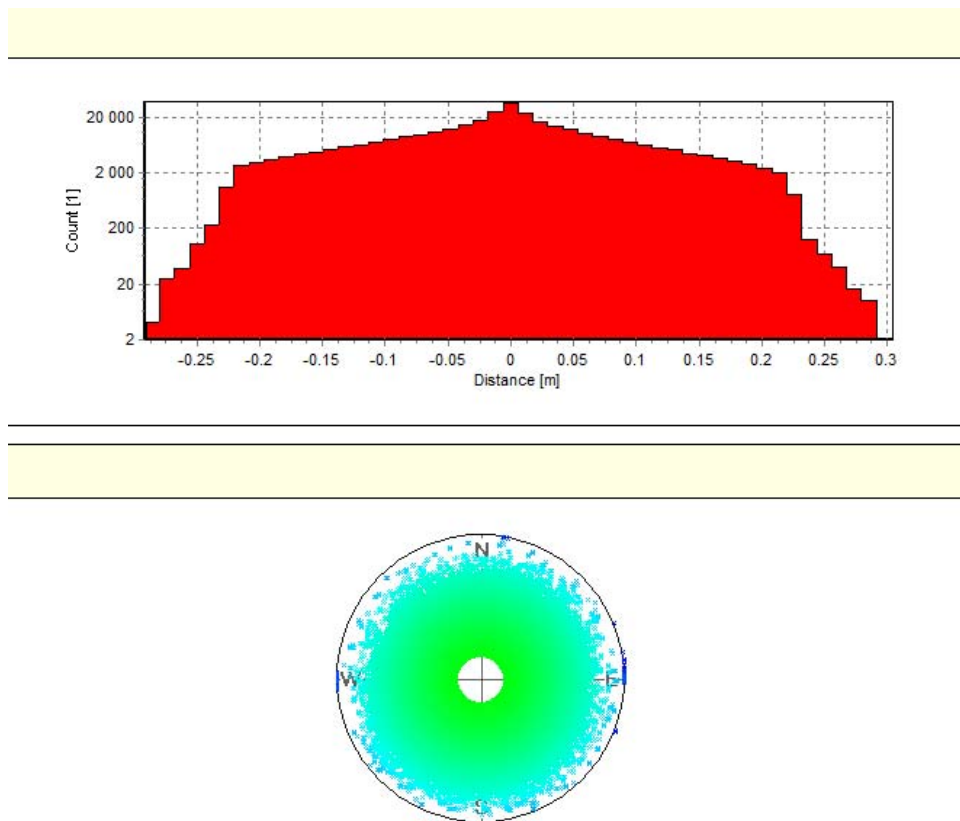


Figure 13 Histograma de residuales y grafica de orientación.

Una vez realizado el procesamiento de los datos y analizados los resultados, se exporta la información en formato LAS, para su posterior análisis y control de calidad.

Procesamiento y Control de Calidad

Para garantizar la buena calidad de la información y el cumplimiento de las especificaciones se realizaron diversos controles de calidad durante el procesamiento y generación de los entregables.

Para el proyecto denominado Oaxaca 1 se adquirieron un total de 75 líneas de vuelo en tres sesiones los días 25, 26 y 27 de enero del 2014.

Cada una de las líneas cuenta con un campo de visión de 60° (-30° a 30° sobre el nadir) para así obtener la cobertura y la calidad adecuada sobre los primeros 30° (-15° a 15° sobre el nadir) tal como se requiere contractualmente.

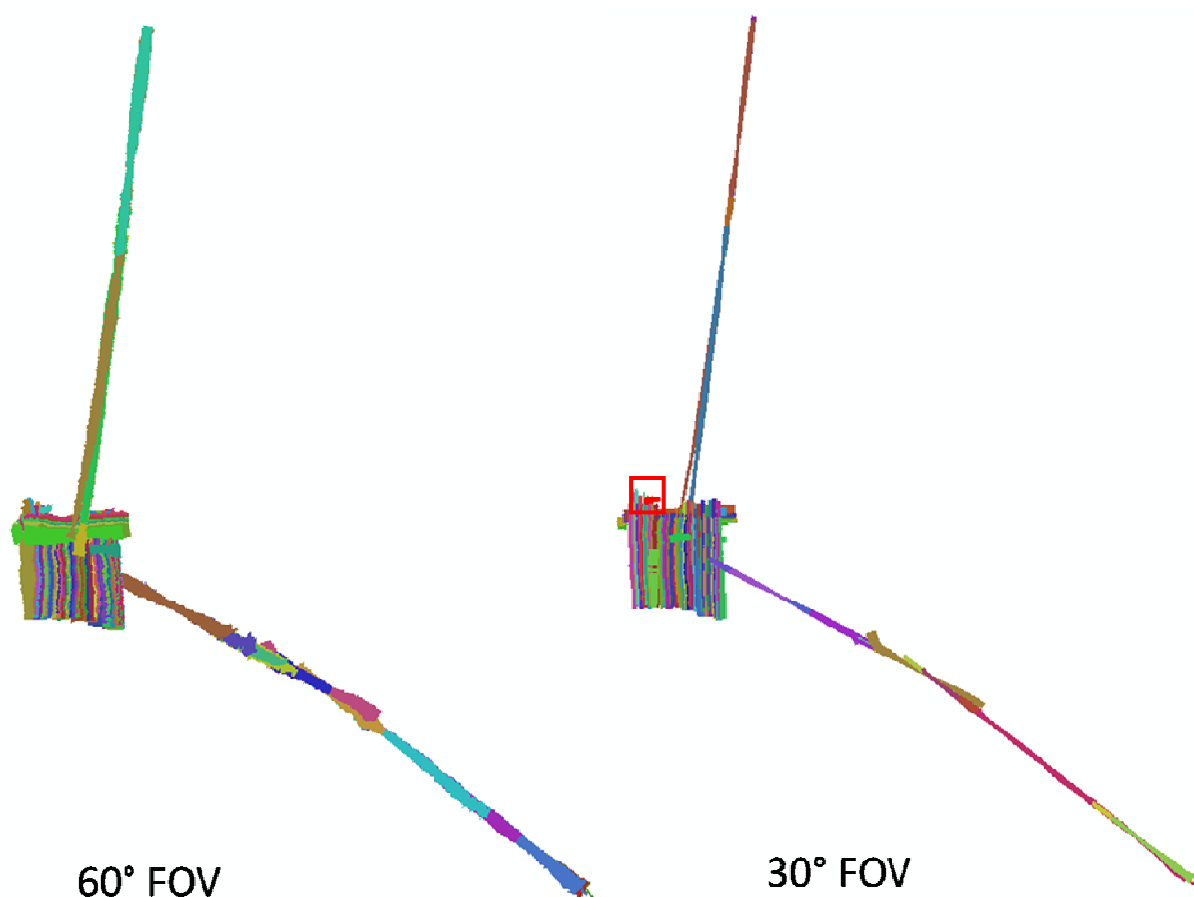


Figure 14 Vista de las 75 líneas de vuelo

Una vez garantizada la cobertura del proyecto se descarto una línea de vuelo que no estaba dentro del proyecto, pues era inicio de línea y tenía menor densidad de puntos. (marcado en un recuadro rojo de la figura 14 de este reporte.

Validación de cobertura y precisión de la información. (QC)

Quedando 74 líneas de vuelo efectivas dentro del proyecto, se validó que el traslape entre éstas fuera al menos 50%, procurando que toda la zona estuviera cubierta al menos por dos líneas de vuelo diferentes. Los resultados fueron superiores, ya que obtuvimos zonas donde se cruzaban hasta 8 líneas.

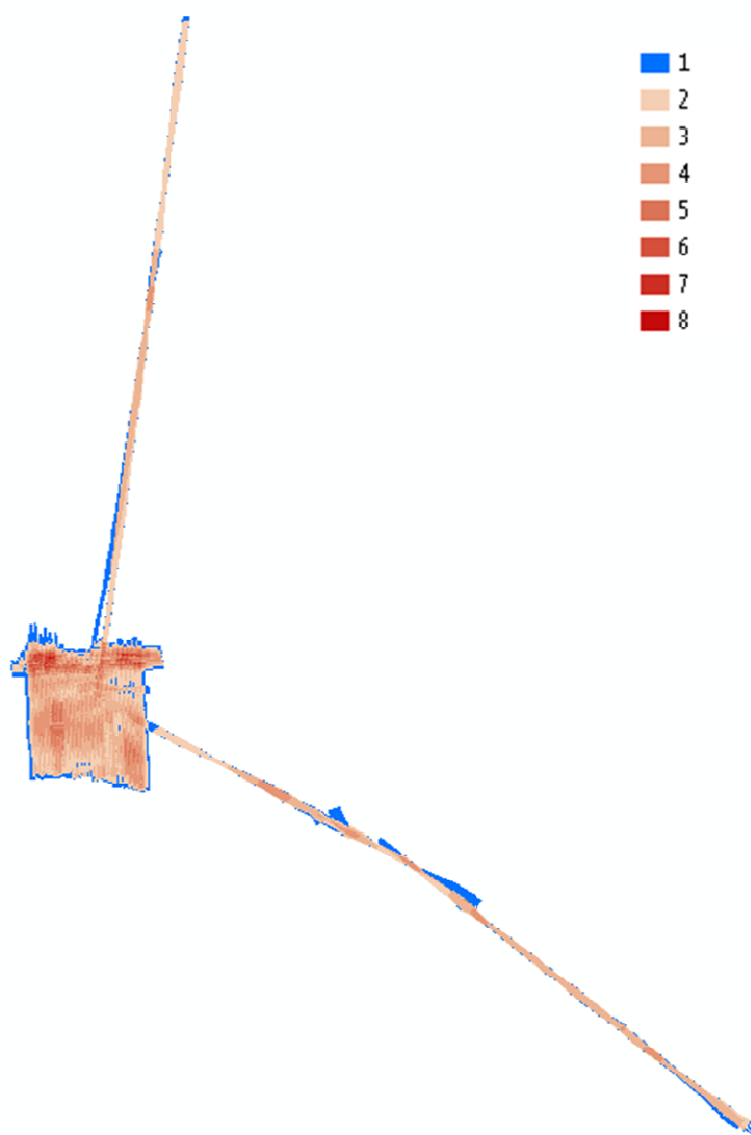


Figure 15 Cantidad de traslape entre líneas de vuelo, el color azul muestra las únicas zonas donde el traslape no es mayor al 50%.

El procesamiento de los datos LiDAR cuenta con una precisión relativa de ± 15 cm en vertical para áreas planas, esto significa que la variación de elevación entre las líneas traslapadas específicamente en zonas planas y libres de vegetación debe encontrarse en ese rango.

Con el fin de validar esta precisión se realizó un muestreo en diferentes puntos, buscando zonas planas y comprobando que la separación entre los puntos de diferentes líneas no tuvieran mayor separación a 15cm.

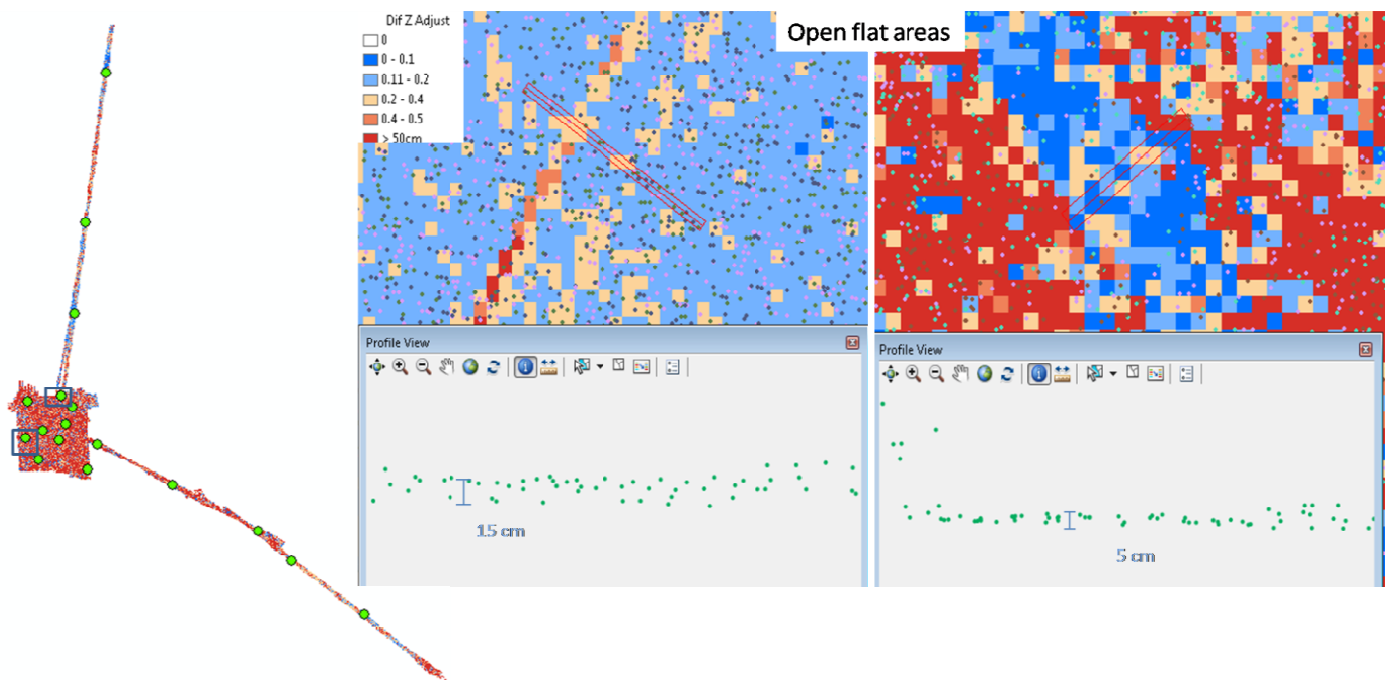


Figure 16 *Distribución de los muestreos en el proyecto. Dos de ellos en zonas planas donde la diferencia de elevación oscila entre los límites.*

Las especificaciones técnicas requieren una densidad de 8 puntos por metro cuadrado, por lo cual se hizo un cálculo preliminar de densidad, considerando las 74 líneas e incluyendo el total de retornos por pulso, obteniendo resultados muy superiores a lo esperado.

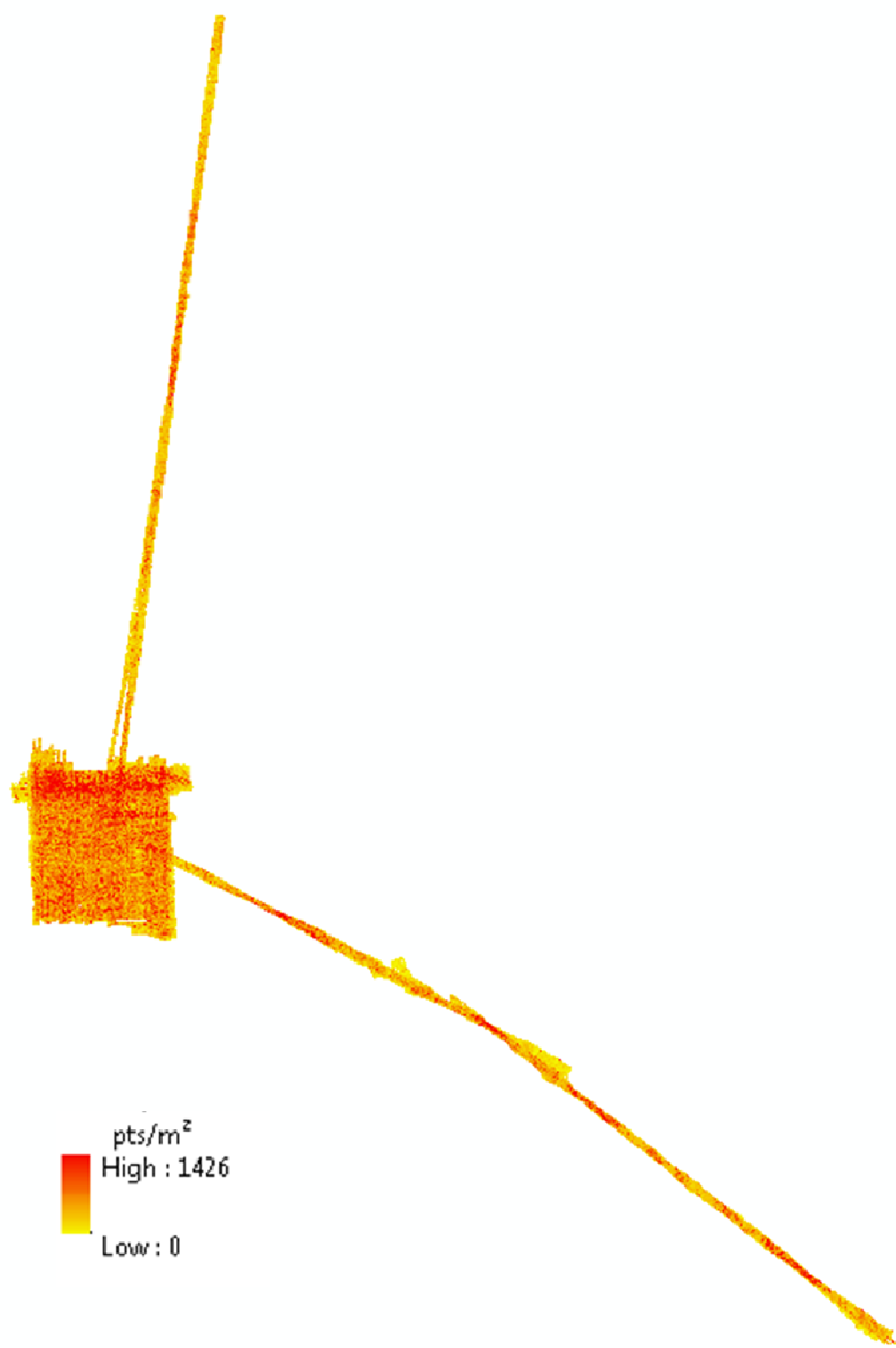


Figure 17 Cálculo preliminar de densidad de puntos por metro cuadrado.

Conociendo la densidad de puntos por metro cuadrado se genero el polígono de cobertura para el transecto, mismo que se usara para determinar la cobertura del total de los entregables.

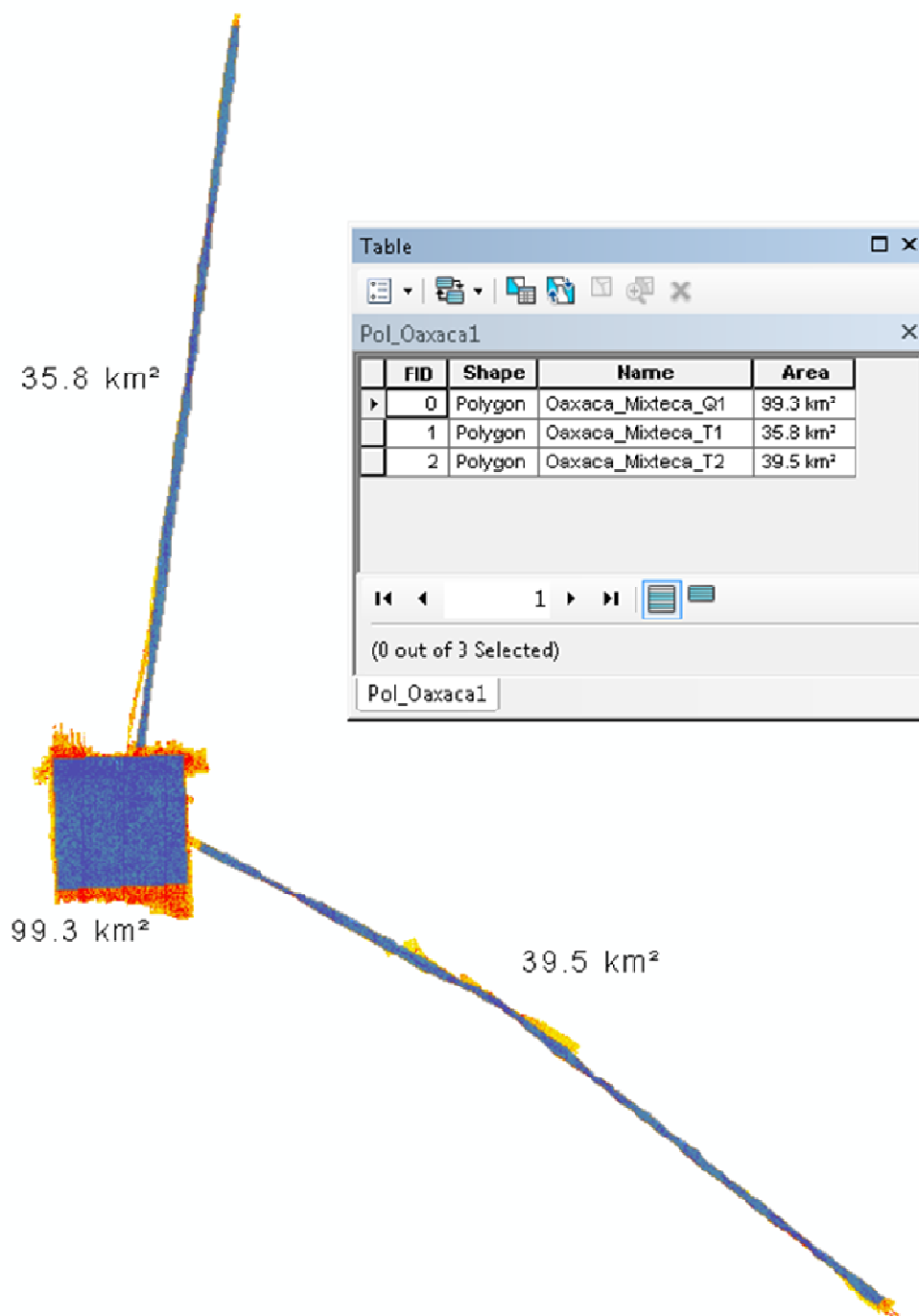


Figure 18 Conjunto de polígonos de cobertura para el proyecto.

Delimitando los límites del proyecto (un cuadrante y dos transectos), se calculó nuevamente la densidad de puntos excluyendo las zonas no requeridas, y se obtuvieron resultados de hasta 1426 puntos en un metro cuadrado.

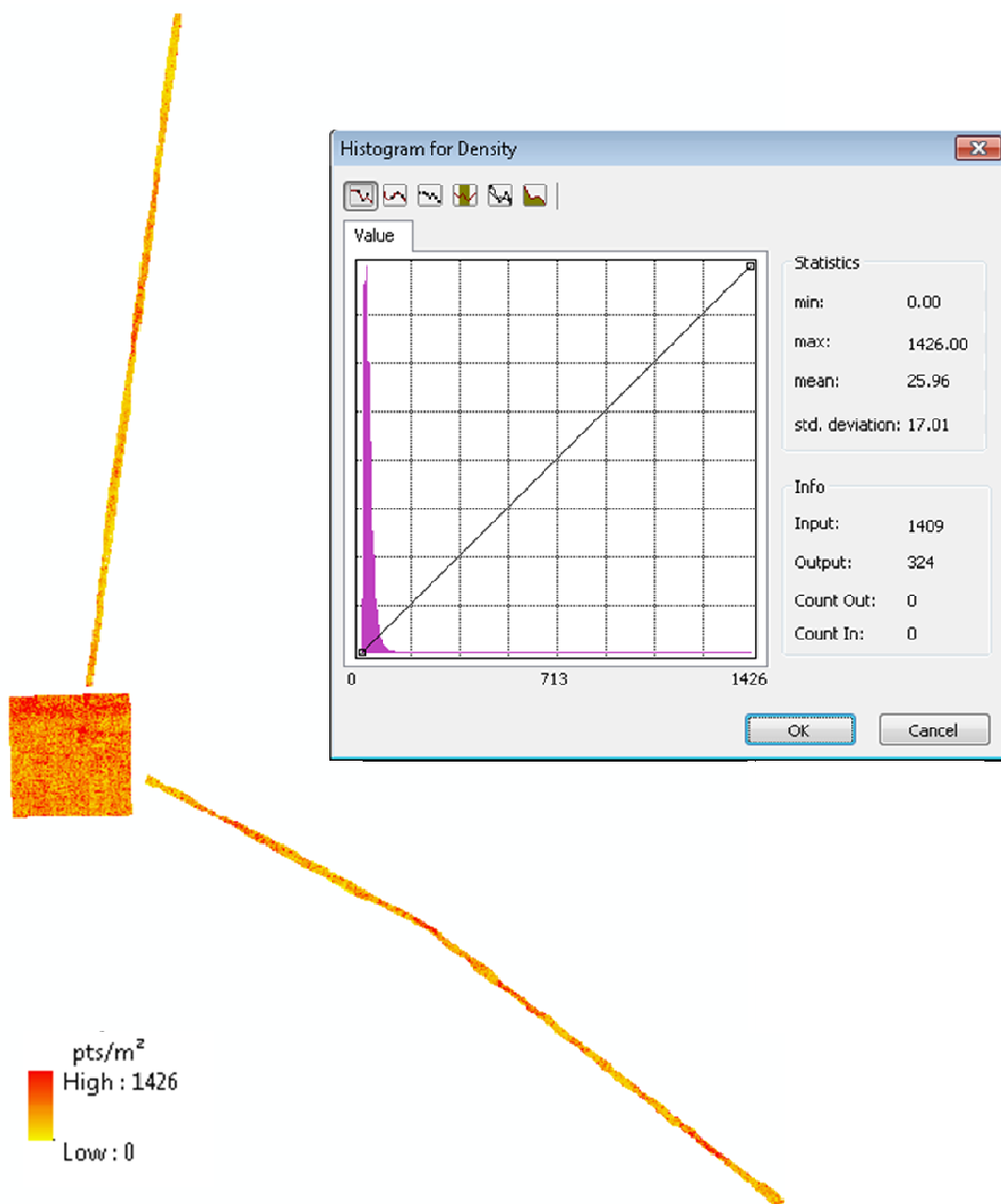


Figure 19 Densidad de puntos por metro cuadrado para el área que delimita el proyecto.

Debido a diversos factores como pueden ser; vegetación, reflectancia, topografía, entre otros, la densidad de puntos puede ser menor a la estimada, por lo cual se revisó y analizó las zonas con menos de los puntos esperados.

Identificamos que aproximadamente un 5 % del proyecto tiene menos de 8 pts/m², sin embargo observamos que la distribución de estos es dispersa, por lo tanto no tiene un efecto directo en la calidad de los productos generados.

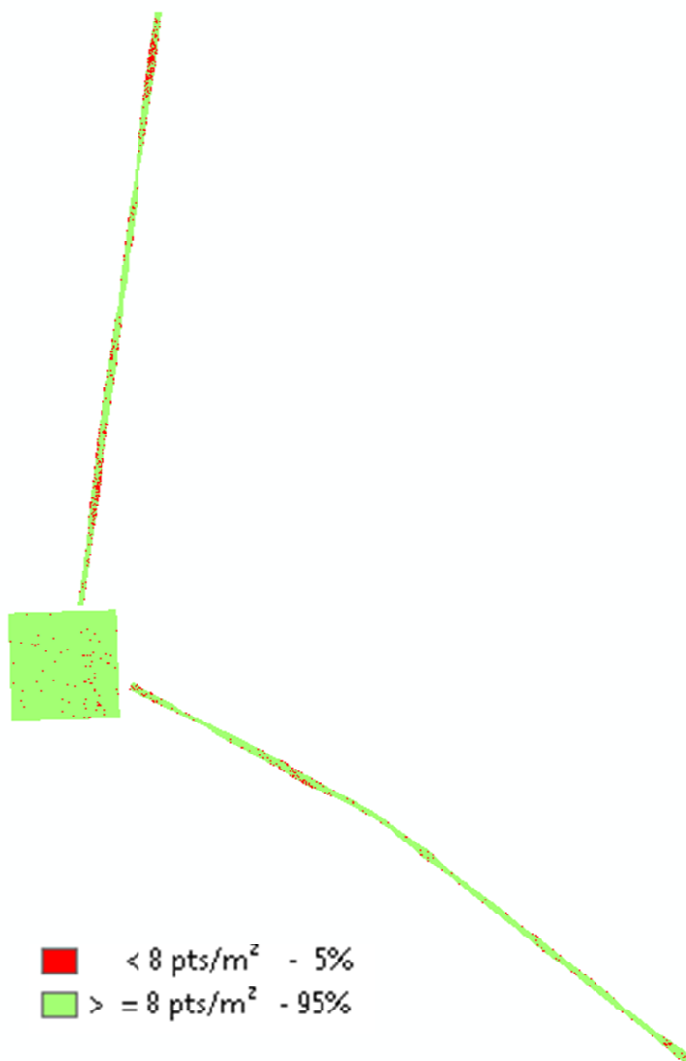


Figure 20 Distribución y porcentaje de coberturas del proyecto basado en la densidad de puntos por metro cuadrado.

Con el fin de validar la precisión absoluta de los datos LiDAR se realizó una comprobación con los puntos de apoyo levantados para el proceso de aerotriangulación, utilizando principalmente los puntos que caen dentro de los límites del proyecto.

De un total de 22 puntos de apoyo levantados se utilizaron 12 puntos para realizar la comprobación de la precisión, analizando visualmente las diferencias de elevación entre el punto levantado y los datos LiDAR, obteniendo un RMSE = 0.14m

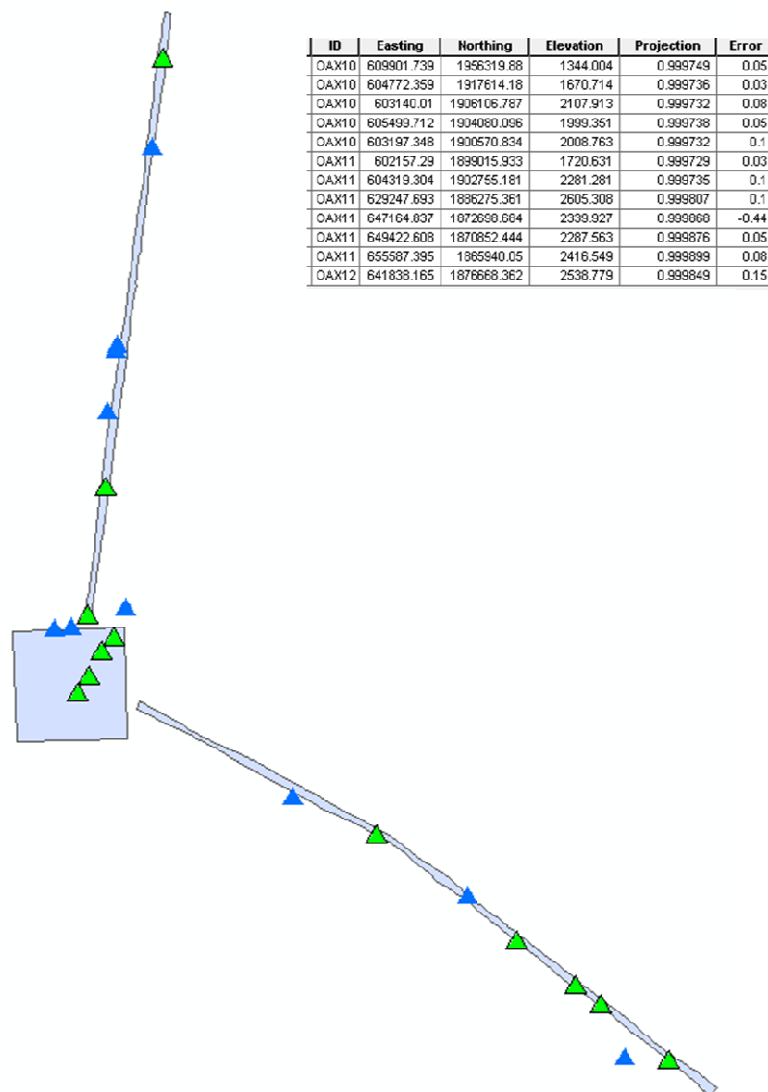


Figure 21 Distribución y cálculo de las diferencias de elevación, los 12 puntos verdes fueron los utilizados para el cálculo del RMSE.

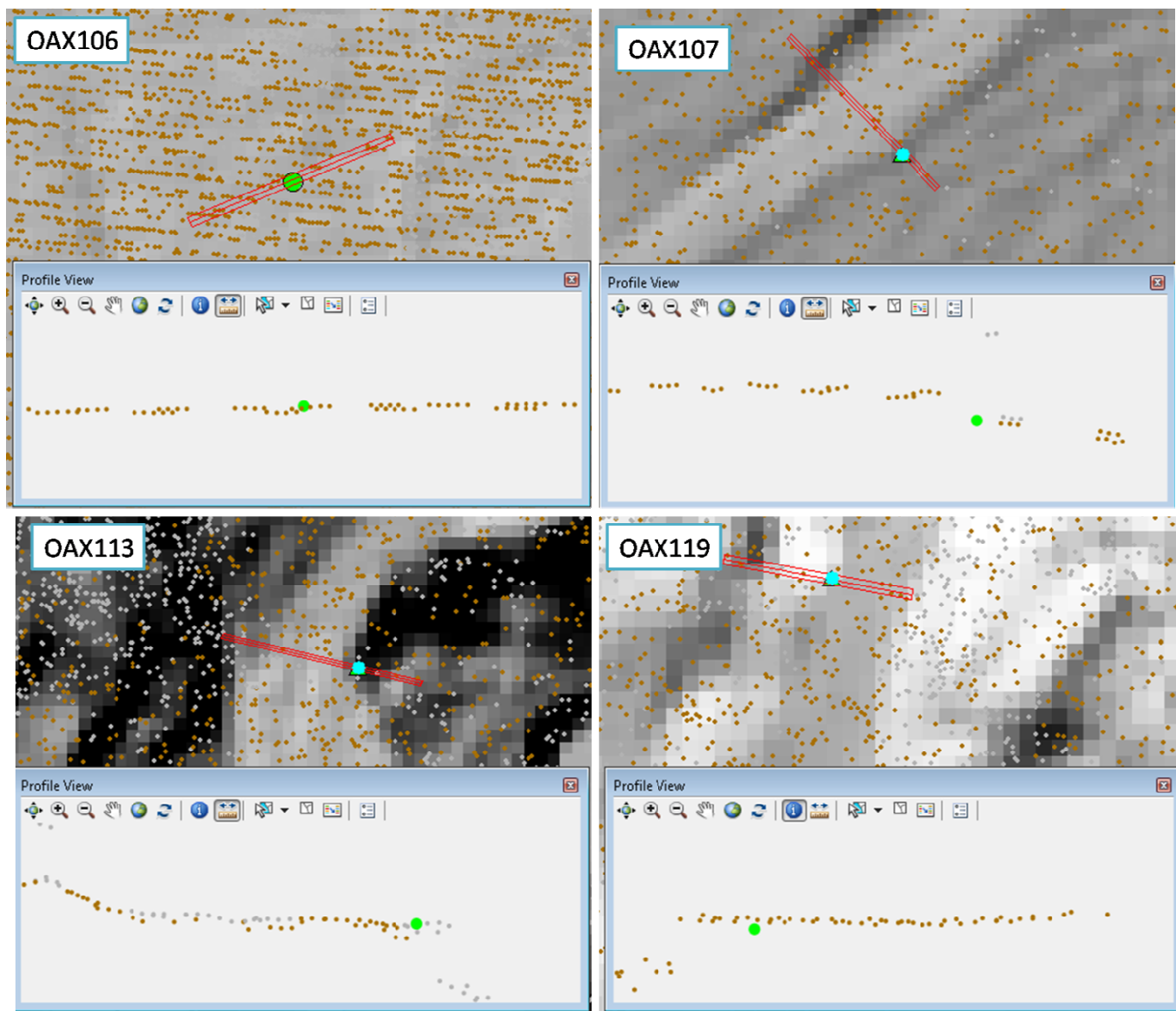


Figure 22 Ejemplos de la cuantificación visual del error entre los puntos de apoyo y LiDAR. Los puntos verdes corresponden al punto de apoyo comparado con LiDAR, apreciado desde una vista transversal.

Clasificación de los datos LiDAR

Tras validar la cobertura y que la misma cuente con las características técnicas necesarias, se realizó una clasificación de los puntos de acuerdo a las especificaciones del formato LAS v1.2. Clasificando los puntos que corresponden al terreno como *Class = 2* .

Con el fin de hacer más eficiente el proceso de clasificación se dividió el total de datos en hojas de 800 por 800 metros cada una, más 10 metros de traslape entre sí, asegurando que la clasificación sea optima. Este formato de hojas fue únicamente temporal.

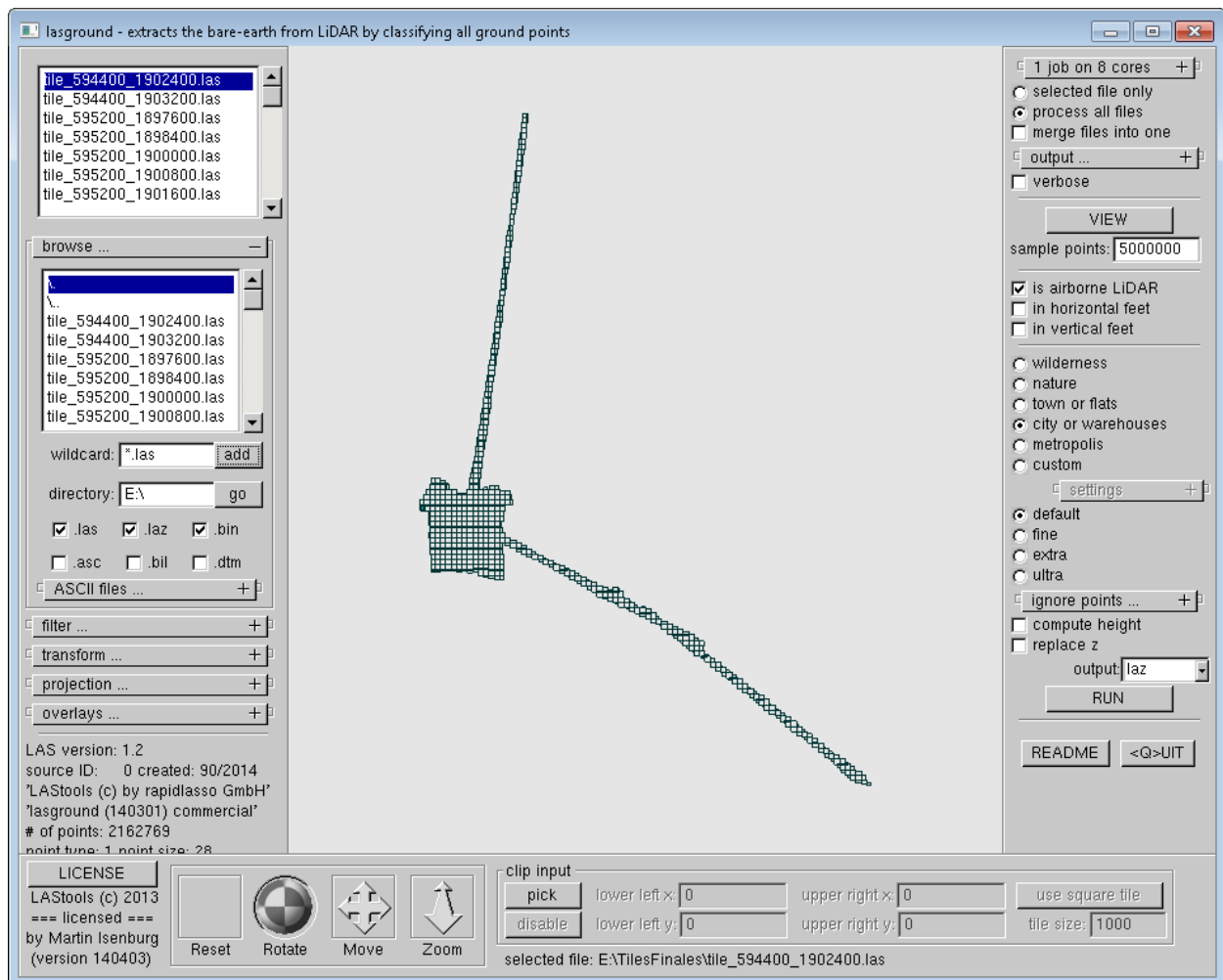


Figure 23 Clasificación de la nube de puntos usando el software LASTools (c) 2013

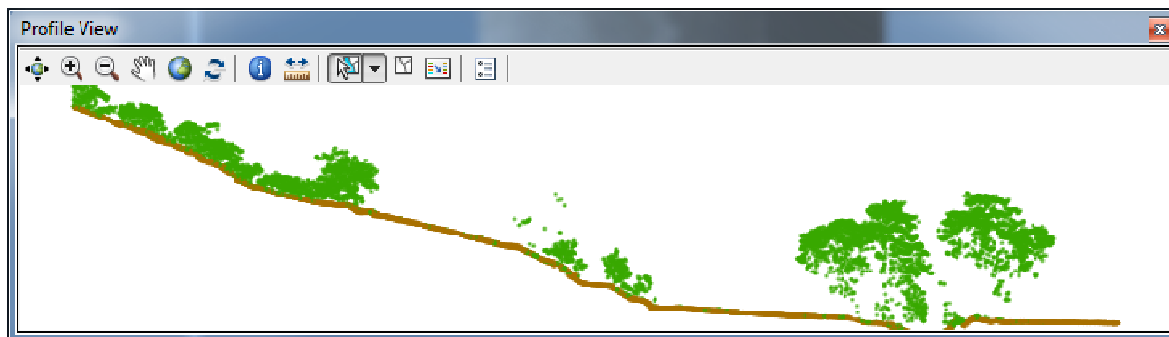


Figure 24 Vista de un corte transversal sobre la nube de puntos clasificada, los puntos en café están clasificados como bare-earth los puntos en verde como unclassified

Tras la clasificación se realiza un control de calidad buscando errores en el terreno debido a puntos mal clasificados. Este procedimiento consiste en identificar los errores y reclasificarlos puntos manualmente.

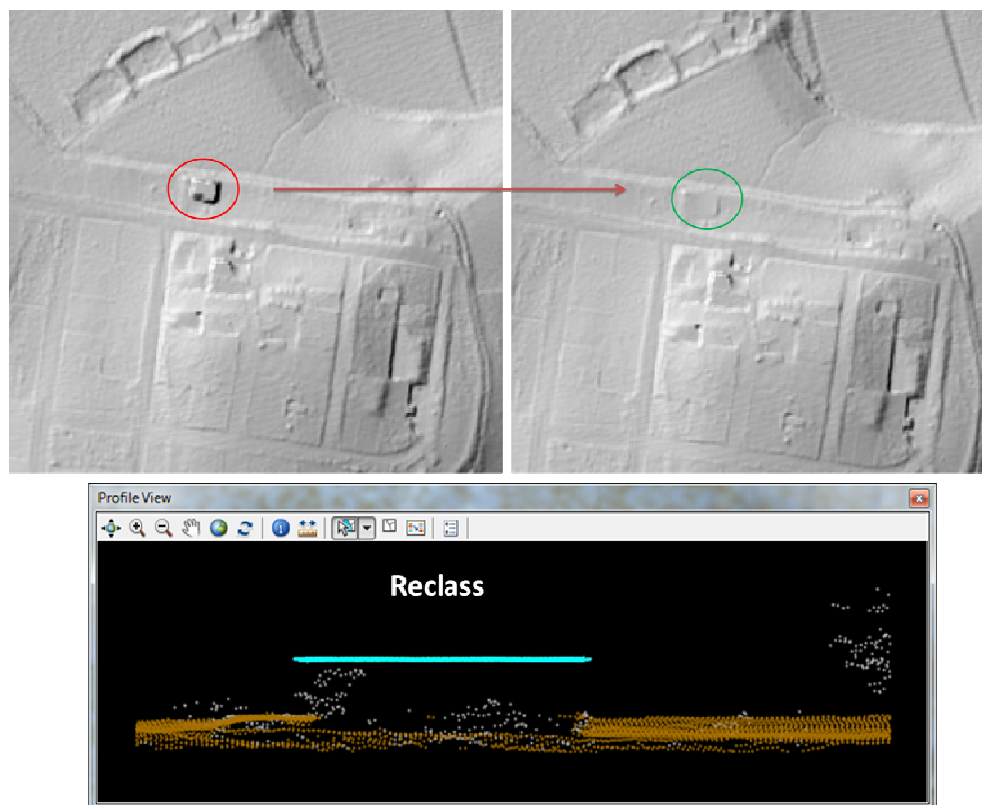


Figure 25 Ejemplo de los errores detectados en el terreno debido a puntos mal clasificados, corrección mediante la reclasificación manual y el resultado tras la misma.

Una vez completado el control de calidad, se reconstruyeron las hojas temporales, se cortó la información de acuerdo al formato de entrega y se limitó a los polígonos definidos previamente como límites del proyecto.

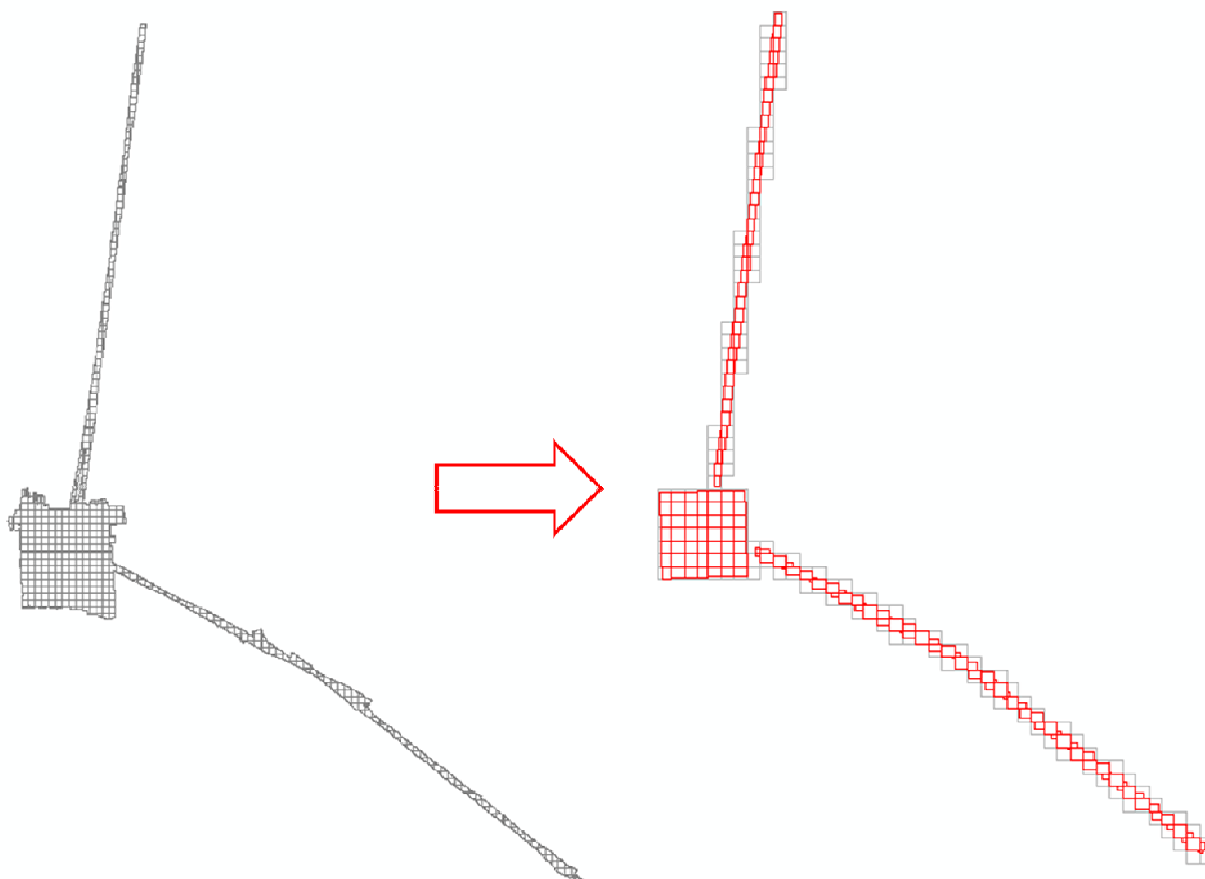


Figure 26 Generación de entregables LiDAR. 164 hojas de 1,500 x 1500 metros.

Reporte estadístico del entregable LiDAR (186 archivos LAS v1.2).

Distribución de puntos según su clasificación.

ClassCodes	Points	Percent	Z Min	Z Max
1_Unclassified	3,663,140,147	80.75	-275.57	3608.45
2_Ground	873,028,864	19.25	954.35	2888.82

Distribución del total de puntos según su número de retorno:

Returns	Points	Percent	Z Min	Z Max
First	2,167,973,579	47.79	-273.77	3608.45
Second	1,341,262,681	29.57	-275.57	3607.3
Third	692,340,643	15.26	-274.8	3605.77
Fourth	253,744,932	5.59	759.04	3599.28
Fifth	65,986,246	1.45	954.44	3222.15
Sixth	12,685,826	0.28	955.15	3188.91
Seventh	2,175,104	0.05	956.4	3174.06
All	4,536,169,011	100	-275.57	3608.45

Rangos según principales atributos de los datos.

Attributes	Range_Min	Range_Max
Return_No	1	7
Intensity	245	65535
Class_Code	1	2
Scan_Angle	-15	15
User_Data	0	0
Point_Source	1	74

Entregables

Para un manejo más adecuado de la información se realizó una malla ortogonal y cartesiana con dimensiones de 1.5 km por 1.5 km. Donde R#### corresponde a la Fila y C#### a la columna, obteniendo un total de 186 hojas.

El origen de la malla se calculó a partir de un par de coordenadas en UTM en valores cerrados y múltiplos de 500 (ej. 253,000 : 2,973,500) mismo que está ubicado en el extremo superior izquierdo del polígono de cobertura para esta localidad. De esta forma las filas aumentan hacia el Sur y las columnas hacia el Este.

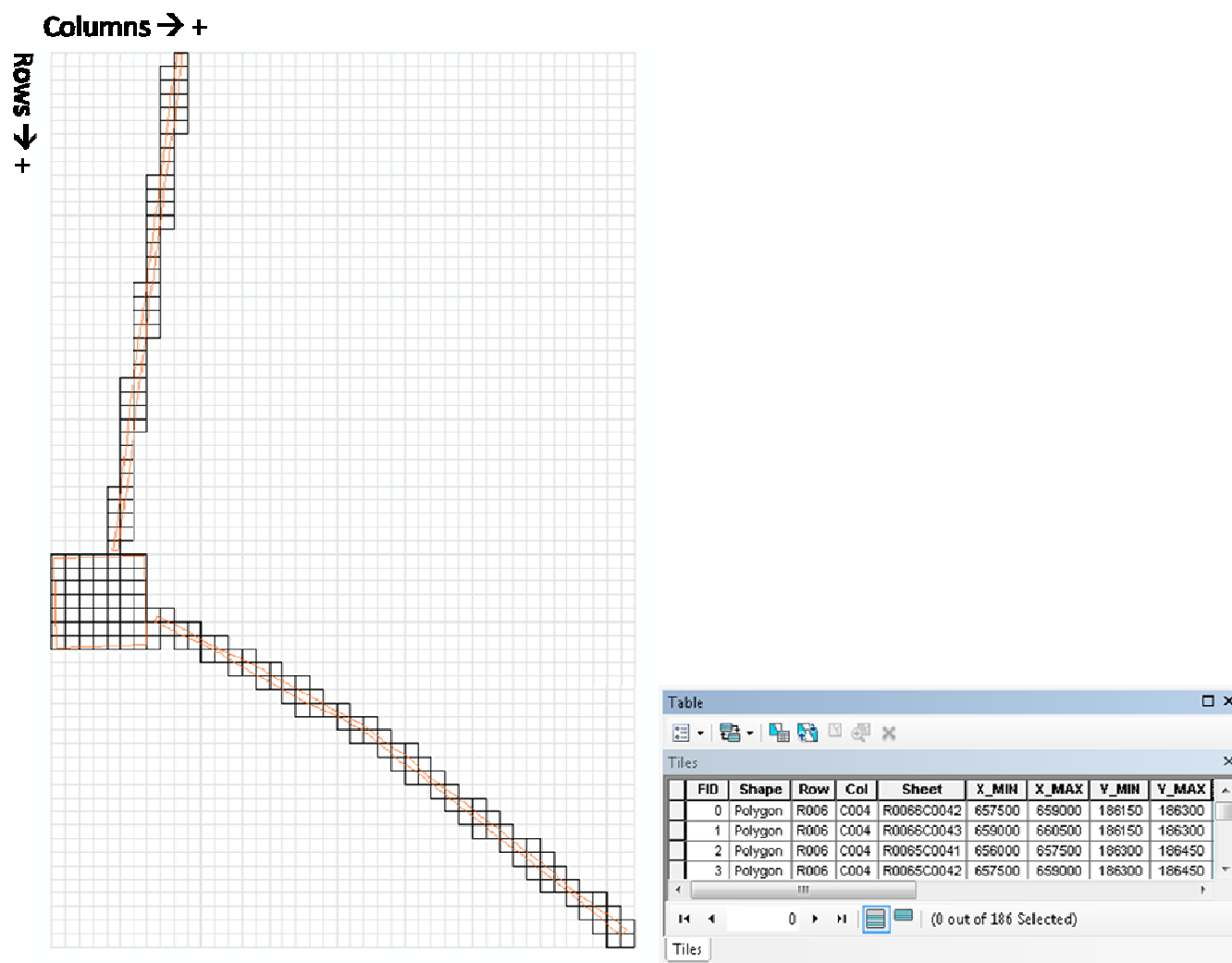


Figure 27 Formato de hojas

Archivos ASCII

Terminados los controles de calidad sobre los datos LiDAR, se genera primero el listado de las coordenadas para cada punto clasificado como Terreno, mismos que serán usados para la generación del Modelo Digital de Terreno.

La estructura de los archivos entregados corresponde con el formato de hojas previamente definido e incluye X, Y, Z, Intensidad, Retorno y Numero de Retornos para cada punto usado en el MDT.

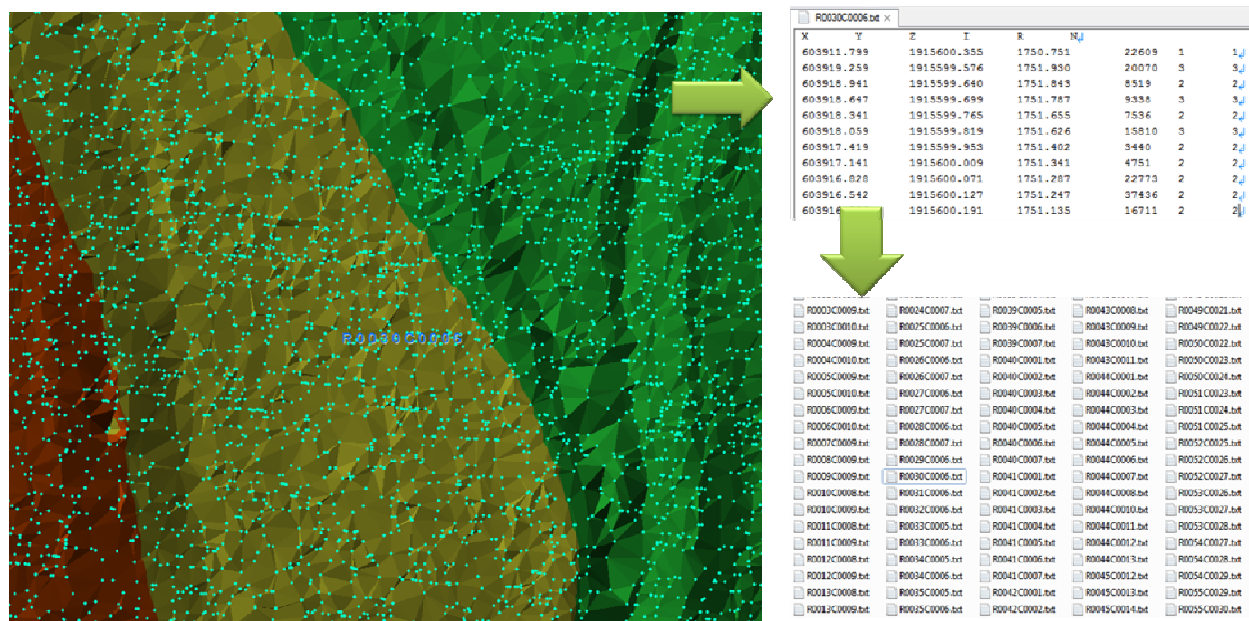


Figure 28 Extracción de coordenadas para cada punto usado en el MDT.

Modelo Digital de Terreno

A la par se generó el Modelo Digital de Elevación, mediante un proceso de interpolación basado en una Red de Triángulos Irregulares (TIN) para los puntos clasificados como terreno (class = 2). Posteriormente se rasterizó con una resolución de 1m por pixel.

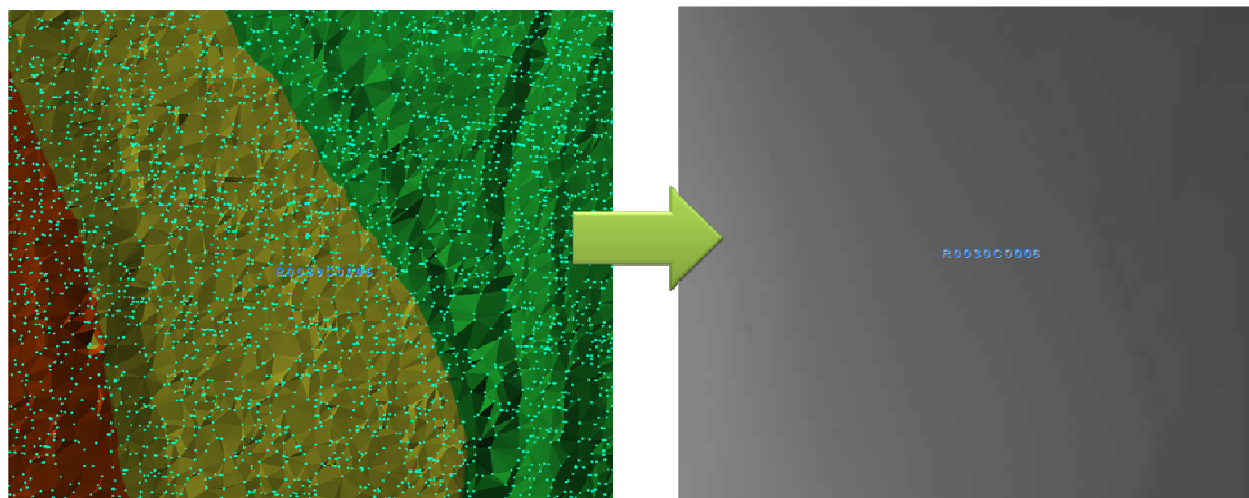


Figure 29 Proceso de interpolación y rasterización del MDT.

El entregable final se dividió en 186 archivos TIF apegándose a la estructura de entrega definida y se validó que no existieran errores en las zonas de transición entre hoja y hoja, obteniendo valores de elevación continuos en todo el proyecto.

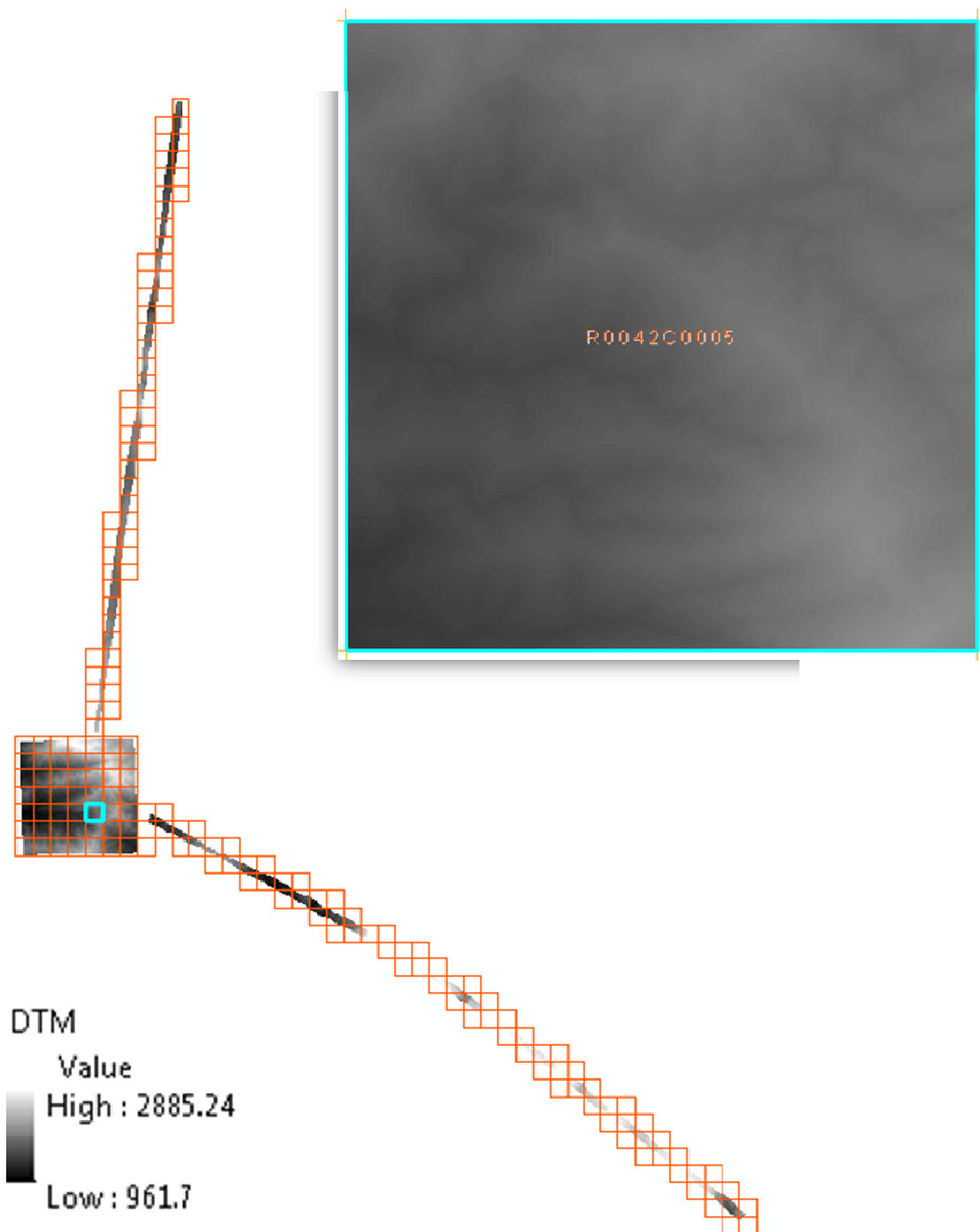


Figure 30 Modelo Digital del Terreno, con resolución de 1m por pixel.

Modelo Digital de Superficie

El Modelo Digital de Superficie, representa la superficie escaneada incluyendo la vegetación y los elementos antrópicos existentes. A diferencia del MDT, para su generación se utilizaron los puntos identificados como primer retorno para obtener el valor máximo de elevación en cada píxel.

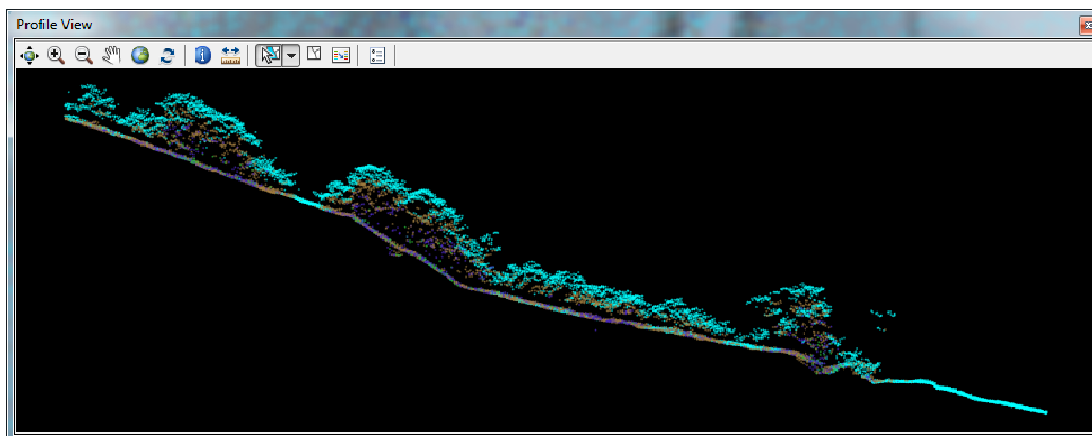


Figure 31 Vista transversal mostrando los puntos del primer retorno en color cian.



Figure 32 Rasterización del Modelo Digital de Superficie.

El entregable final se dividió en 186 archivos TIF con resolución de 1m por pixel, apegándose a la estructura de entrega definida y se validó que no existieran errores en las zonas de transición entre hoja y hoja, obteniendo valores de elevación continuos en todo el proyecto.

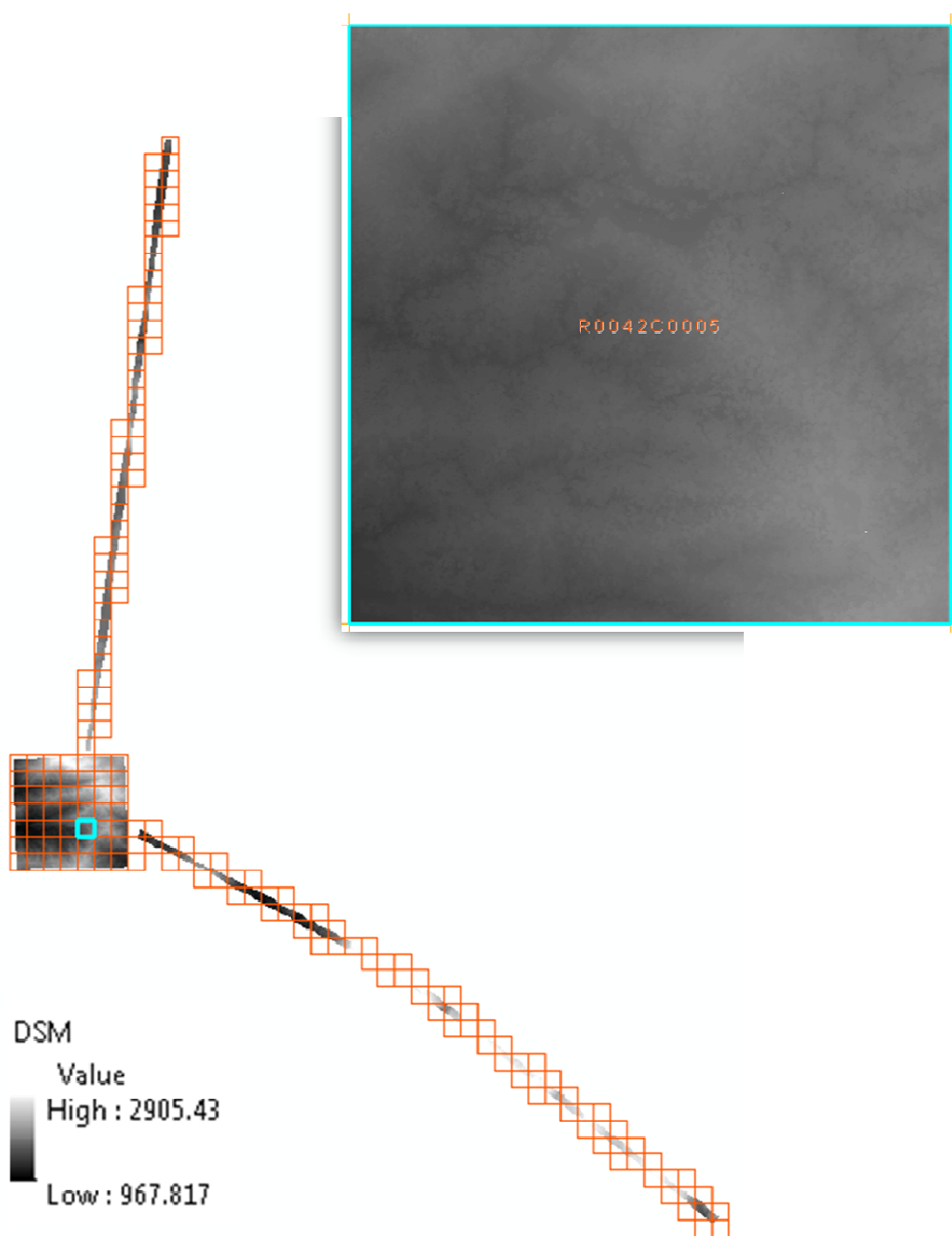


Figure 33 Modelo Digital de Superficie, con resolución de 1m por pixel.

Imágenes de simulación de sombreado del relieve.

Partiendo de ambos Modelos Digitales de Elevación (Terreno y Superficie) se generaron imágenes que simulan sombras, mediante una representación 3D en escala de grises de la superficie, tomando los Modelos Digitales de Elevación como fuente del relieve y determinando una posición relativa del sol para proyectar la sombra.

Cada entregable final se dividió en 186 archivos TIF con resolución de 1m por pixel, apegándose a la estructura de entrega definida y se validó que no existieran errores en las zonas de transición entre hoja y hoja, obteniendo imágenes continuas en todo el proyecto.

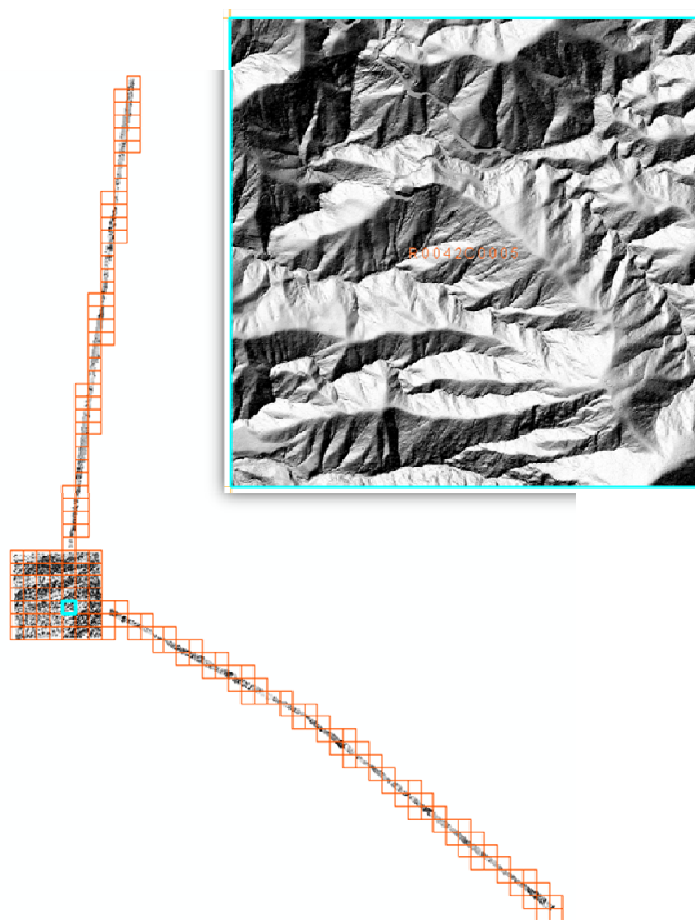


Figure 34 *Imágenes de simulación de sombreado para el Modelo Digital de Terreno*

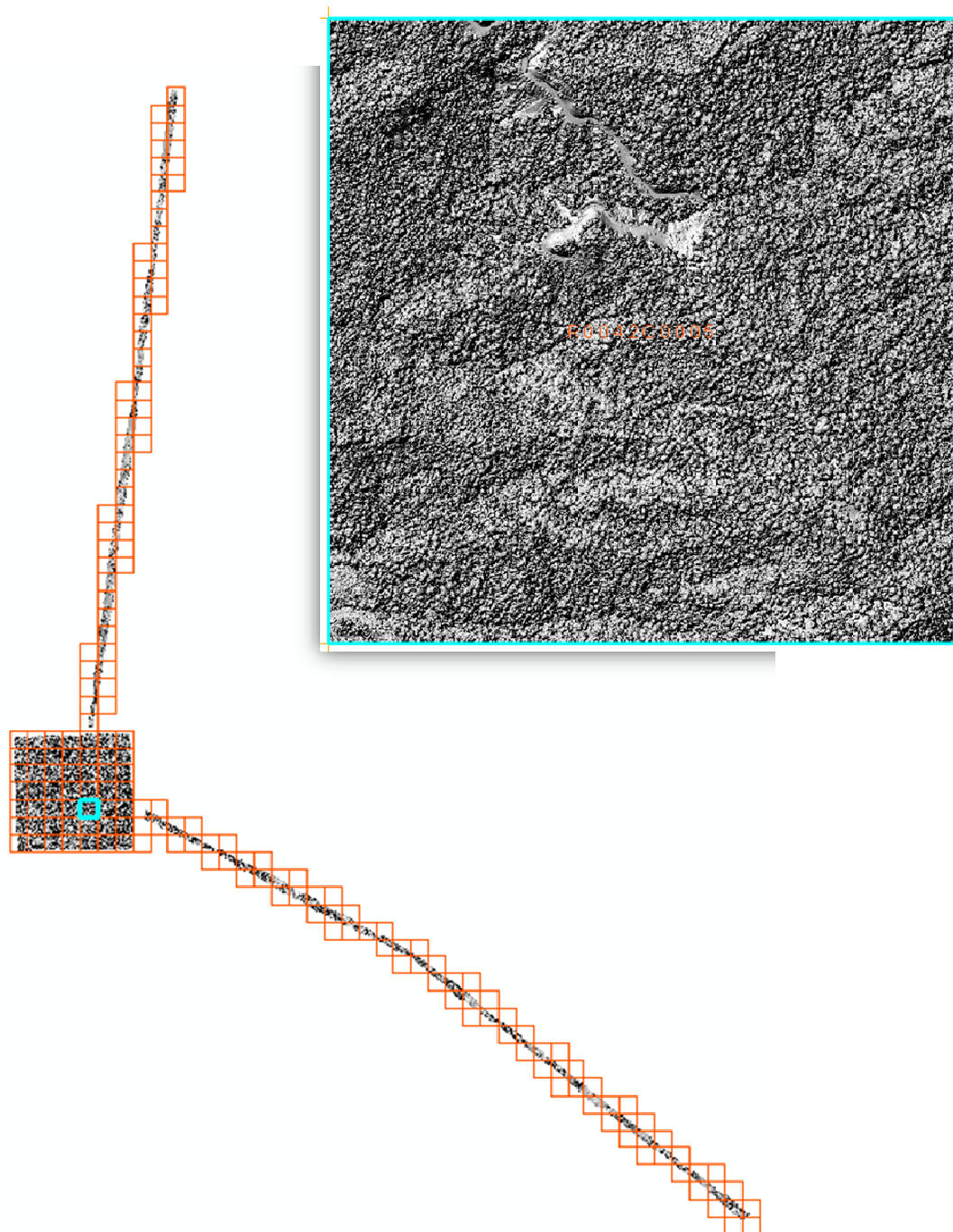


Figure 35 *Imágenes de simulación de sombreado para el Modelo Digital de Superficie.*

Imágenes de intensidad.

Las Imágenes de intensidad se generan en base al valor de intensidad de los puntos LiDAR, esta medida representa la fuerza de retorno del pulso láser que genera el punto, basada en la reflectividad del objeto alcanzado por el pulso láser.

El valor de para cada pixel se determina con el promedio de la intensidad del total de puntos contenidos en ese pixel y se convierte a 8 bits, para obtener una imagen en escala de grises visualmente balanceada.

La entrega final se dividió en 186 archivos TIF con resolución de 1m por pixel, apegándose a la estructura de entrega definida y se validó que no existieran errores en las zonas de transición entre hoja y hoja, obteniendo imágenes continuas en todo el proyecto.

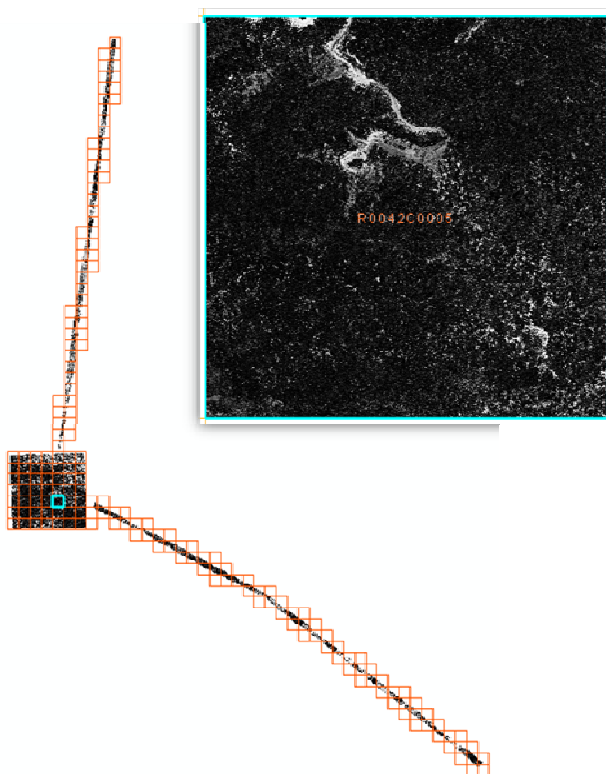


Figure 36 *Imágenes de intensidad.*

IMÁGENES Y OROTOFOTO

Las imágenes son procesadas una vez que se ha volado, es el departamento de procesamiento de imágenes el que se encarga de revisar el histograma de cada imagen, buscando una distribución homogénea, y validando que no exista nubosidad en las imágenes. Dependiendo del tipo de terreno y la complejidad del mismo, podría haber imágenes en donde exista nubosidad parcial, en esos casos nos aseguramos de que el porcentaje que contenga nubes no sea mayor al 7% de la imagen.

Fotoíndice



Figure 37 Fotoíndice

Generación de ortofotos

El primer paso para la generación de ortofotos, es hacer la rectificación de las imágenes para eliminar las distorsiones horizontales y verticales principalmente debidas al relieve. Esto se realiza en el software Application Master de Inpho. Ya que las imágenes están rectificadas, el siguiente proceso es el Mosaikueo de las hojas, aquí es donde se unen las imágenes para formar hojas de Ortofoto de un determinado tamaño. Esto se hace en el software OrthoVista también software desarrollado por Inpho.

Al generar las hojas de Ortofoto, el software genera un archivo de cortes, desde el que se unen las fotografías.

Como uno de nuestros controles de calidad, hay un grupo de operadores, que revisan cada corte, asegurando continuidad en la imagen, corrigiendo posibles deformaciones en construcciones y/o vialidades.

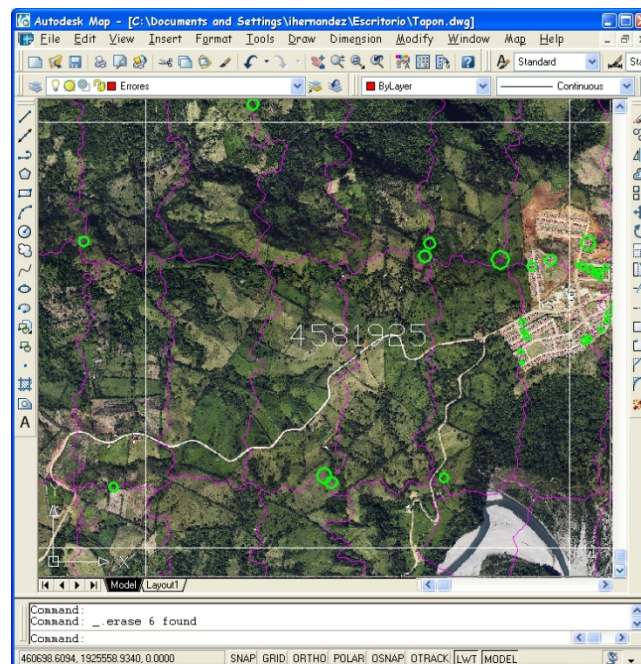


Figure 38 Identificación de errores en base a archivo de corte

El formato de hojas de la ortofoto fue el mismo que los entregables del LiDAR con el fin de facilitar el manejo de los datos tanto con imágenes como con los puntos LiDAR.

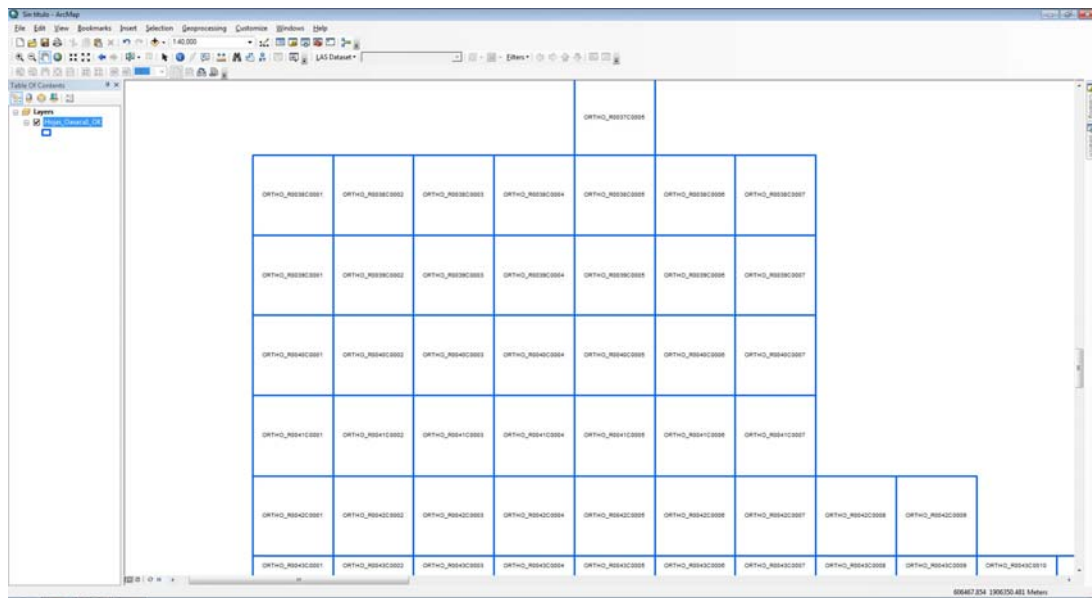
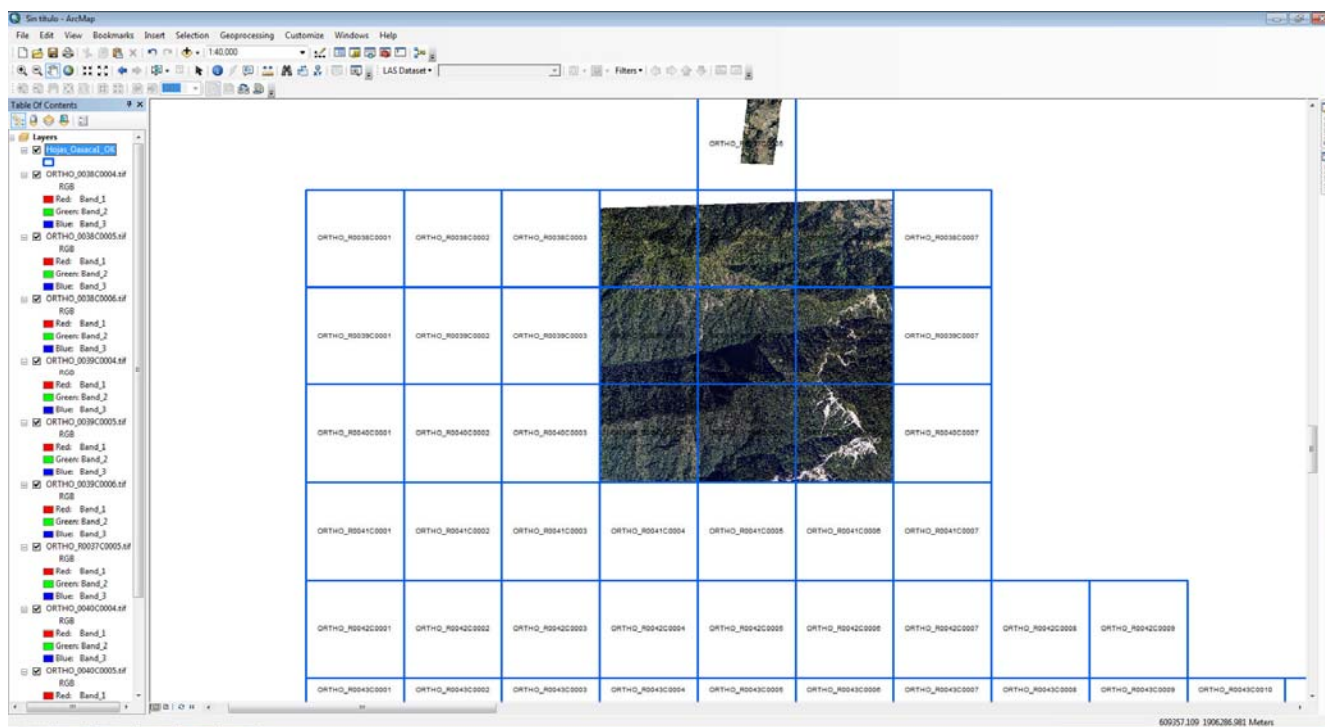


Figure 39 Formato de hojas

A continuación se presenta un ejemplo de la ortofoto generada.



ANEXOS

Anexo 1 Especificaciones técnicas

Lidar Technical specifications

Technical specifications	
8 Pulse density per sq. meter	5 pulses per sq. meter for individual tree canopy measurements and high-resolution ground models (1-m grid). Excluding water and low reflectance surfaces. Required.
8 Returns per Pulse	Minimum 5 possible returns per pulse for improved mid- and lower-canopy structure measurements. Desired. If 4 returns not possible, indicate in the proposal the expected number of returns/pulse
Maximum pulse width = 30cm	Required. Normally between 0.1 to 0.3 mrad.
Maximum scan angle = +/- 15 deg	Required.
Coverage completeness	No voids because of cloud cover or instrument failure.
Absolute LIDAR measurement accuracy	Horizontal: +/-0.5 m in flat areas and 0.75 m in slope areas Vertically: +/-0.15 m in open flat areas and 0.5 m in wooded or slopes over 20%
Swath-to-swath LIDAR relative accuracy	Horizontal: +/-0.30 m Vertically: +/-0.15 m Flightline to flightline adjustment of bias is required prior to ground point filtering.

Anexo 2. Resultados de la trayectoria

Project: SesiónGPS2014_01_25
Program: Inertial Explorer Version 8.20.0522
Profile: LiDAR Resultados
Source: GPS epochs(Smoothed Combined)
ProcessInfo: SesiónGPS2014_01_25 by unknown on 1/31/2014 at 11:22:56

Datum: ITRF92, (processing datum)
Master 1: Name G6003, Status ENABLED
Antenna height 1.583 m, to L1-PC (ASH802129, MeasDist 1.480 m to mark/ARP)
Position 17 00 07.85665, -96 43 19.16140, 1516.961 m (ITRF92, Ellipsoidal hgt)
Master 2: Name G6042, Status ENABLED
Antenna height 2.033 m, to L1-PC (ASH802129, MeasDist 1.930 m to mark/ARP)
Position 16 52 28.57352, -97 34 36.25600, 2195.247 m (ITRF92, Ellipsoidal hgt)
Master 3: Name P0040, Status ENABLED
Antenna height 0.064 m, to L1-PC (ASH701975.01AGP, MeasDist 0.000 m to mark/ARP)
Position 17 14 36.54647, -97 59 54.89963, 1753.709 m (ITRF92, Ellipsoidal hgt)
Master 4: Name T6408, Status ENABLED
Antenna height 1.804 m, to L1-PC (TRMR8_GNSS, MeasDist 1.700 m to mark/ARP)
Position 17 27 13.85077, -98 00 25.63119, 1709.778 m (ITRF92, Ellipsoidal hgt)
Master 5: Name G3044, Status ENABLED
Antenna height 1.719 m, to L1-PC (MAG990596, MeasDist 1.617 m to mark/ARP)
Position 17 16 04.35828, -98 00 31.88411, 1735.363 m (ITRF92, Ellipsoidal hgt)
Remote: Antenna height 0.000 m, to L1-PC (Generic)
UTC Offset: 16 s
Geoid: EGM96-world.wpg (Absolute correction)

Map projection info:
Defined grid: UTM, Zone 14
UTM Zone: 14

W-P-K Settings:
System: Map (UTM, Zone 14)
Order: W primary, P secondary, K-tertiary
Axes: X-Forward, Y-left, Z-up (conventional frame)
Borersight: off

UTCdate (YMD)	UTCtime (HMS)	GPSTime (sec)	Station	Eastings (m)	Northing (m)	H-MSL (m)	Latitude (deg)	Longitude (deg)	H-Ell (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Heading (deg)	COG (deg)	Omega (deg)	Phi (deg)	Kappa (deg)	H2Speed (m/s)
2014/01/25	16:04:26.00	57882.0000	1148-K	742516.983	1881337.735	1520.77	17.0033664000	-96.7220911667	1518.389	-0.0672	5.6492	197.2143	0	-5.3976	1.6710	253.5276	0.004
2014/01/25	16:04:27.00	57883.0000	1150-K	742516.983	1881337.736	1520.77	17.0033664083	-96.7220911667	1518.389	-0.0653	5.6568	197.2186	0	-5.4053	1.6718	253.5235	0.001
2014/01/25	16:04:28.00	57884.0000	1152-K	742516.983	1881337.739	1520.77	17.0033664333	-96.7220911639	1518.388	-0.0570	5.6616	197.2173	0	-5.4123	1.6650	253.5250	0.007
2014/01/25	16:04:29.00	57885.0000	1154-K	742516.983	1881337.739	1520.76	17.0033664361	-96.7220911694	1518.388	-0.0615	5.6452	197.2267	0	-5.3950	1.6656	253.5152	0.003
2014/01/25	16:04:30.00	57886.0000	1156-K	742516.982	1881337.740	1520.76	17.0033664444	-96.7220911722	1518.387	-0.0730	5.6476	197.2269	0	-5.3940	1.6773	253.5150	0.005
2014/01/25	16:04:31.00	57887.0000	1158-K	742516.982	1881337.740	1520.76	17.0033664500	-96.7220911750	1518.386	-0.0795	5.6571	197.2188	0	-5.4015	1.6855	253.5232	0.006
2014/01/25	16:04:32.00	57888.0000	1160-K	742516.982	1881337.740	1520.76	17.0033664500	-96.7220911778	1518.386	-0.0626	5.6527	197.2291	0	-5.4018	1.6690	253.5130	0.007
2014/01/25	16:04:33.00	57889.0000	1162-K	742516.982	1881337.740	1520.76	17.0033664472	-96.7220911806	1518.386	-0.0785	5.6502	197.2146	0	-5.3953	1.6822	253.5272	0.007
2014/01/25	16:04:34.00	57890.0000	1164-K	742516.982	1881337.739	1520.76	17.0033664417	-96.7220911806	1518.386	-0.0711	5.6379	197.2249	0	-5.3853	1.6726	253.5167	0.008
2014/01/25	16:04:35.00	57891.0000	1166-K	742516.981	1881337.738	1520.76	17.0033664306	-96.7220911861	1518.385	-0.0643	5.6340	197.2154	0	-5.3838	1.6640	253.5261	0.002
2014/01/25	16:04:36.00	57892.0000	1168-K	742516.981	1881337.738	1520.76	17.0033664250	-96.7220911861	1518.385	-0.0635	5.6419	197.2265	0	-5.3913	1.6666	253.5153	0.004
2014/01/25	16:04:37.00	57893.0000	1170-K	742516.980	1881337.738	1520.76	17.0033664278	-96.7220911917	1518.384	-0.0746	5.6637	197.2140	0	-5.4094	1.6822	253.5282	0.011
2014/01/25	16:04:38.00	57894.0000	1172-K	742516.980	1881337.739	1520.76	17.0033664361	-96.7220911972	1518.384	-0.0796	5.6559	197.2156	0	-5.4005	1.6849	253.5264	0.004
2014/01/25	16:04:39.00	57895.0000	1174-K	742516.980	1881337.739	1520.76	17.0033664361	-96.7220911944	1518.383	-0.0847	5.6650	197.2171	0	-5.4077	1.6926	253.5251	0.002
2014/01/25	16:04:40.00	57896.0000	1176-K	742516.980	1881337.740	1520.76	17.0033664444	-96.7220911917	1518.383	-0.0821	5.6747	197.2018	0	-5.4182	1.6914	253.5406	0.006
2014/01/25	16:04:41.00	57897.0000	1178-K	742516.981	1881337.740	1520.76	17.0033664472	-96.7220911861	1518.382	-0.0729	5.6724	197.2216	0	-5.4180	1.6838	253.5209	0.005
2014/01/25	16:04:42.00	57898.0000	1180-K	742516.981	1881337.740	1520.76	17.0033664444	-96.7220911833	1518.382	-0.0622	5.6580	197.2235	0	-5.4072	1.6696	253.5187	0.003
2014/01/25	16:04:43.00	57899.0000	1182-K	742516.982	1881337.740	1520.76	17.0033664472	-96.7220911778	1518.382	-0.0631	5.6385	197.2040	0	-5.3888	1.6631	253.5376	0.006
2014/01/25	16:04:44.00	57900.0000	1184-K	742516.983	1881337.739	1520.76	17.0033664417	-96.7220911667	1518.381	-0.0682	5.6269	197.2146	0	-5.3759	1.6657	253.5267	0.007
2014/01/25	16:04:45.00	57901.0000	1186-K	742516.984	1881337.741	1520.76	17.0033664583	-96.7220911583	1518.380	-0.0642	5.6427	197.2104	0	-5.3923	1.6659	253.5313	0.006
2014/01/25	16:04:46.00	57902.0000	1188-K	742516.984	1881337.743	1520.76	17.0033664778	-96.7220911556	1518.379	-0.0721	5.6571	197.2037	0	-5.4041	1.6770	253.5383	0.008
2014/01/25	16:04:47.00	57903.0000	1190-K	742516.985	1881337.745	1520.76	17.0033664917	-96.7220911500	1518.379	-0.0658	5.6480	197.2138	0	-5.3968	1.6693	253.5281	0.004
2014/01/25	16:04:48.00	57904.0000	1192-K	742516.985	1881337.747	1520.76	17.0033665056	-96.7220911500	1518.378	-0.0617	5.6585	197.2082	0	-5.4082	1.6678	253.5340	0.005
2014/01/25	16:04:49.00	57905.0000	1194-K	742516.984	1881337.747	1520.76	17.0033665111	-96.7220911528	1518.379	-0.0650	5.6578	197.2277	0	-5.4061	1.6726	253.5145	0.005
2014/01/25	16:04:50.00	57906.0000	1196-K	742516.984	1881337.748	1520.76	17.0033665167	-96.7220911611	1518.379	-0.0537	5.6348	197.2157	0	-5.3876	1.6541	253.5259	0.007
2014/01/25	16:04:51.00	57907.0000	1198-K	742516.983	1881337.748	1520.76	17.0033665194	-96.7220911694	1518.379	-0.0526	5.6391	197.2165	0	-5.3920	1.6544	253.5253	0.011
2014/01/25	16:04:52.00	57908.0000	1200-K	742516.982	1881337.748	1520.76	17.0033665194	-96.7220911750	1518.379	-0.0599	5.6510	197.2180	0	-5.4013	1.6649	253.5240	0.007
2014/01/25	16:04:53.00	57909.0000	1202-K	742516.981	1881337.747	1520.76	17.0033665111	-96.7220911889	1518.380	-0.0709	5.6575	197.2006	0	-5.4049	1.6756	253.5414	0.003
2014/01/25	16:04:54.00	57910.0000	1204-K	742516.981	1881337.746	1520.76	17.0033664972	-96.7220911889	1518.380	-0.0748	5.6760	197.2371	0	-5.4205	1.6881	253.5056	0.004
2014/01/25	16:04:55.00	57911.0000	1206-K	742516.979	1881337.745	1520.76	17.0033664944	-96.7220912028	1518.381	-0.0659	5.6741	197.2138	0	-5.4219	1.6768	253.5288	0.011
2014/01/25	16:04:56.00	57912.0000	1208-K	742516.978	1881337.744	1520.76	17.0033664861	-96.7220912139	1518.382	-0.0585	5.6887	197.2253	0	-5.4376	1.6749	253.5178	0.001



www.alianza-mredd.org

ALIANZA MÉXICO PARA LA REDUCCIÓN DE
EMISIONES POR DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN