



Ministerio de Defensa Nacional



Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas



Ejército Ecuatoriano



Instituto Geográfico Militar

# Especificaciones Técnicas Generales de levantamiento de información mediante **SENSOR LIDAR** aerotransportado.

# SENSOR LIDAR



- MTA 1
- MTA 2
- MTA 3
- MTA 4
- MTA 5
- MTA 6
- MTA 7
- MTA 8
- MTA 9



# **Especificaciones Técnicas Generales de levantamiento de información mediante sensor LiDAR aerotransportado**

Elaborado Por:  
INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR

Versión 1.0  
**Diciembre de 2016**

## Contenido

Contenido .....	2
<b>1. ANTECEDENTES</b> .....	4
<b>2. DOCUMENTACIÓN DE SOPORTE</b> .....	4
<b>3. OBJETO</b> .....	4
<b>4. CAMPO DE APLICACIÓN</b> .....	4
<b>5. REFERENCIAS NORMATIVAS</b> .....	4
<b>6. DEFINICIONES</b> .....	4
<b>7. SÍNTESIS METODOLÓGICA</b> .....	4
7.1. Etapas de Fiscalización.....	4
7.2. Insumos.....	5
7.3. Unidad de Muestreo, Tamaño y Selección de la Muestra.....	5
7.4. Métodos de Control Primera Etapa.....	6
7.5. Métodos de Control Segunda Etapa.....	7
7.5.1.- Compleción.....	7
7.5.2.- Consistencia lógica.....	7
7.5.3.- Exactitud temática.....	7
<b>8. PARÁMETRIZACIÓN DE LOS PROCESOS (TOLERANCIAS, EXCEPCIONES Y PORCENTAJES)</b> .....	7
<b>9. RESULTADOS</b> .....	8

## **1. ANTECEDENTES**

El inicio de la tecnología LiDAR (Light Detection and Ranging) se remonta en la década de los 70, en los programas de investigación de la Agencia Espacial Estadounidense. Su costo elevado y las limitaciones para esa época frenaron su utilización por años, pero poco tiempo después se pudo evidenciar las aplicaciones de esta tecnología. La introducción de los Sistemas de Posicionamiento Global a finales de los 80 proporcionó de alta precisión posicional requerida para el uso del LiDAR de alta resolución. Con la llegada de los sistemas GPS se sumó la utilización de relojes ultra-precisos para la medida del tiempo de retorno del pulso láser y las unidades de medida inercial (Inertial Measurement Units – IMU), que permite el cálculo de los parámetros de orientación de los sensores láser. La rápida evolución de estos componentes permitió el aumento de la resolución de los sistemas LiDAR aprovechándolo en un gran número de aplicaciones.

LiDAR es un sistema que se basa en el uso de sensores activos, por lo que la captura de información no depende de las condiciones meteorológicas.

Aunque los datos LiDAR se han utilizado en aplicaciones de investigación y cartografía durante más de una década, todavía es una tecnología relativamente nueva (Stoker, 2013). Los avances y mejoras en la instrumentación, software, procesos, aplicaciones, y la comprensión son constantemente desarrollados.

Estas especificaciones hacen hincapié en el manejo de los datos de nubes de puntos LiDAR teniendo por objeto asegurar que el conjunto de datos fuente se mantiene intacta y viable para apoyar la amplia variedad de aplicaciones de DEM y de mapeo. El conjunto de datos de origen incluye los datos, metadatos, documentación descriptiva, información de calidad, y datos auxiliares recogidos de acuerdo con los parámetros mínimos que se describen en esta memoria.

El apego a estas especificaciones asegura que los datos de origen se manejan de manera uniforme por todos los proveedores de datos y se entregue en formatos claramente definidos.

## **2. DOCUMENTACIÓN DE SOPORTE**

Especificaciones técnicas de España. Plan Nacional de ortofotografía aérea.

## **3. OBJETO**

Armonización de los procesos, datos y documentos realizados entre distintos organismos y empresas públicas y/o privadas.

## **4. CAMPO DE APLICACIÓN**

Estas especificaciones y directrices son aplicables a levantamientos cartográficos utilizando tecnología LiDAR.

## **5. REFERENCIAS NORMATIVAS**

NA

## 6. DEFINICIONES

- Exactitud: Grado de concordancia entre el resultado de una prueba y el valor de referencia aceptado.
- Precisión: Medida de la repetitividad de un conjunto de mediciones, se expresa generalmente como un valor estadístico basado en un conjunto de mediciones repetidas, tales como la desviación estándar de la media de la muestra.
- Resolución espacial: Es una medida del nivel de detalle que puede verse en una imagen. Es el tamaño en terreno del mínimo objeto reconocible que puede detectar el sensor. Define el tamaño del pixel, que es la distancia correspondiente al tamaño de la mínima unidad de información en la imagen.
- Resolución radiométrica: Considera la variabilidad en la radiancia espectral que un sistema puede detectar. En una imagen se mide en número de bits

## 7. SÍNTESIS METODOLÓGICA

### 7.1 Sistemas Geodésicos de Referencia

- Sistema Geodésico de Referencia.- SIRGAS 2016.4
- Proyección cartográfica.- UNIVERSAL TRANSVERSA MERCATOR
- Huso UTM a emplear.- UTM 17 S ó UTM 18 S, dependiendo de la zona del proyecto
- Distribución de hojas.- La distribución se realizará dependiendo la escala en la que se requiera el proyecto, redondeado a múltiplos de 5 o 10 m.  
La distribución de hojas para un levantamiento con LiDAR debe ser de acuerdo a la escala de ejecución del proyecto.
- Modelo de geoide.- GRS 80

### 7.2 Vuelo Lidar

#### 7.2.1 Sensor LiDAR y equipos auxiliares

- Sensor.- LIDAR.
- Campo de visión transversal (FOV).- El máximo FOV permitido será de 0 a 60 efectivos. Detalles: Se adaptarán a la orografía para garantizar la máxima cobertura con la máxima densidad posible.
- Frecuencia de escaneado.- El sensor tendrá una frecuencia de escaneado comprendido entre el intervalo de 40 Hz a 400 Hz, con un FOV de 0 a 60°, según la especificación que requiere el cliente.
- Normas de seguridad.  
Potencia de pulso.- El vuelo LiDAR operará de acuerdo a las normas de seguridad ocular vigentes, siguiendo las instrucciones y recomendaciones

previstas por el fabricante del sensor. Se ajustará adecuadamente la potencia del láser a la altura de vuelo planificada según las especificaciones del equipo.

- Frecuencia de pulso.- Mínima de 30 kHz, asumiendo un FOV de 0 a 60°, según requerimiento técnico que el cliente especifique, se deberá considerar la altura de vuelo óptima para alcanzar los detalles requeridos.
- Resolución espacial (Densidad promedio).- El vuelo se planificará a una velocidad adecuada para garantizar un traslape mínimo de 70 % longitudinal y 40 % transversal que refiere a un mínimo distanciamiento entre líneas de barrido (amplitud de barrido, o máximo espaciado entre puntos en la dirección de vuelo), que permita obtener de manera homogénea por todo su ámbito la densidad promedio exigida por metro cuadrado sin considerar puntos de solape entre pasadas.

Para el cálculo de la densidad promedio por pasada, se tendrán en cuenta todos los puntos del primer retorno incluidos en la huella de la pasada.

Para el cálculo de la densidad mínima, se tendrán en cuenta todos los puntos del primer retorno en tramos de 2 km de la longitud de la pasada.

En ningún caso se admitirá una densidad inferior a 1 punto por metro cuadrado.

Detalles: El cálculo de la densidad promedio se realizará despreciando un 2% del ancho de barrido en cada extremo.

Las zonas sin información se comprobarán estableciendo una malla de 4m x 4m.

Salvo casos justificados, en el 95% de los casos, existirá al menos un retorno en cada celda de la malla establecida.

- Calibración del sensor.- antigüedad  $\leq$  24 meses o posterior a la fecha de instalación del equipo, verificación in situ mediante una medida de precisión de una zona llana libre de vegetación, con la misma configuración de captura definida en el proyecto.

Detalle: - El sensor deberá ser calibrado, probado y certificado por el fabricante o por un centro autorizado.

- El certificado deberá estar en vigor durante el periodo de ejecución del vuelo, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

- Debe indicar el procedimiento seguido en la determinación de los valores: IMU Misalignment, Range Offset de cada tarjeta, Intensity Adjustment.

- Cuando hubiera razones para creer que el funcionamiento del equipo no es correcto, éste deberá ser sometido a una nueva calibración.

- Las empresas licitantes entregarán copia de los certificados de calibración con las ofertas.

- Resolución radiométrica de intensidades múltiples.
  - Rango dinámico de al menos 8 bits.
- Capacidad de detectar múltiples retornos para un mismo pulso.

Deberá ser capaz de detectar y registrar hasta 4 retornos para cada pulso con una discriminación en distancia vertical de al menos 4 m.

- Plataforma giroestabilizada automática.- No necesaria

Detalle: Según instrucciones del fabricante del sensor

- Mecanismo de compensación de Roll.- Obligatorio

Detalle: La nube de puntos obtenida deberá cubrir perfectamente la zona planificada, garantizando uniformidad y asegurando que no existan zonas sin información.

- Ventana fotogramétrica.-
  - Cristales que cumplan con las recomendaciones del fabricante del sensor (espesor, acabado y material).
  - Con sistema amortiguador que atenúe las vibraciones del avión.
  - No obstruya el campo de visión para el FOV definido y la montura empleada.

Detalle: Según instrucciones del fabricante del sensor.

- Sistema de navegación basado en GPS.- Uso obligatorio
  - Equipo de GPS doble frecuencia de al menos 2 Hz

Detalle: Debe permitir:

- planificar el vuelo, determinando las trayectorias
  - navegación en tiempo real
  - control automático de captura de datos.
- Sistema inercial (IMU/INS).- Uso obligatorio
    - Frecuencia de registro de datos  $\geq 200$  Hz
    - Deriva  $< 0,1^\circ$  / hora.

### 7.2.2 Vuelo y cobertura de puntos LiDAR

- Planificación del vuelo.- La empresa adjudicataria entregará la planificación del vuelo antes de realizarlo, incluyendo pasadas, velocidad y altura de vuelo, ángulo y frecuencia de barrido, distancia entre puntos, ancho de barrido, recubrimiento entre pasadas, etc. Esta será remitido a la Dirección Técnica antes de la misión. La planificación de vuelo deberá ser entregada al supervisor en formato vector y un anexo mediante mapa con las especificaciones técnicas del vuelo

Detalle: La dirección técnica podrá hacer observaciones a dicha planificación. Se deberán indicar la ubicación de las estaciones de referencia GNSS a utilizar durante el vuelo.

- Fechas.- El vuelo LiDAR se realizará bajo condiciones meteorológicas que no afecten a la operatividad del sistema y que puedan degradar su alcance y la precisión esperada. La fecha será próxima a la ejecución del vuelo fotográfico, preferiblemente simultáneo.
- Horario.- Si se realiza simultáneo con fotografía aérea, tal que la altura del Sol sobre el horizonte sea  $\geq 40$  grados sexagesimales.

En caso de realizarse sólo el vuelo LiDAR, el intervalo horario podrá adaptarse a las especificaciones del fabricante y a las normas de aviación civil.

- Condiciones meteorológicas.- En general, el vuelo no podrá realizarse cuando exista niebla, nieve, humo, polvo, zonas inundadas o factores medio ambientales que dificulten o degraden la precisión del sensor.
- Velocidad del avión en el momento de captura de los datos LiDAR.- La velocidad deberá garantizar un mínimo distanciamiento entre líneas de barrido (amplitud de barrido, o máximo espaciado entre puntos en la dirección de vuelo), que permita obtener de manera homogénea por todo su ámbito la densidad promedio exigida de 1 punto del primer retorno por metro cuadrado. Salvo en masas de aguas, oclusiones o de nula reflexión.

Ningún punto del terreno estará más alejado de otro donde haya incidido el pulso del rayo láser, más de 1,5 veces el espaciado promedio entre puntos de la malla

- Altura de vuelo.- La altura de vuelo se fijará en función de los siguientes parámetros:
  - Velocidad del avión
  - Especificaciones de captura de datos del sensor LIDAR
  - Densidad final de puntos que se pretende obtener.
- Dirección de las pasadas.- Dirección Este-Oeste, Norte – Sur idealmente, siguiendo pasadas paralelas en el caso de realizar vuelo combinado, caso contrario se debe considerar la topografía de área a ser capturada.

Las pasadas transversales cruzarán las pasadas longitudinales, sobrevolando los campos de control.

Detalle: En el caso de realizar vuelo LIDAR independiente, se podrán presentar alternativas, que deberán ser autorizadas por la Dirección Técnica.

- Pasadas transversales de ajuste altimétrico.- Al inicio del proyecto se realizarán pasadas transversales, tomando medidas en una serie de campos de control, que servirán para ajustar las pasadas transversales y longitudinales al terreno.

Detalle: Los campos de control serán determinados por la Dirección Técnica, proporcionando los datos necesarios para realizar el ajuste altimétrico.

- Longitud máxima de una pasada transversal de ajuste altimétrico.- Debe ir acorde al área de captura y distribución de pasadas longitudinales.

Detalle: La longitud máxima de la pasada vendrá condicionada por la dilución de la precisión de los datos GPS/IMU.

- Pasadas en zonas costeras.- Se planificará la pasada tal que el eje de vuelo sea exterior a la línea de costa.
- Desviaciones de la trayectoria del avión.- < 15 m de la planificada.
- Desviaciones de la vertical del sensor LIDAR.- < 5°

Detalle: grados sexagesimales.

- Deriva, Cambios de rumbo, falta de verticalidad.- No implicarán áreas sin retorno de acuerdo ("Ningún punto del terreno estará más alejado de otro donde haya incidido el pulso del rayo láser, más de 1,5 veces el espaciado promedio entre puntos de la malla"). Asimismo, este tipo de incidencias tampoco implicarán zonas con recubrimiento lateral <15°, o densidades promedio inferiores a la planificada.

Detalle: grados sexagesimales.

- Zona a recubrir.-
    - La zona a volar cubrirá hojas 1:5.000 completas
    - Se detallará en gráfico que proporcionará la Dirección Técnica
- Detalle:
- Tendrá un exceso longitudinal equivalente al ancho de barrido
  - El exceso transversal mínimo será equivalente al recubrimiento longitudinal
- Precisión global horizontal nadiral después del procesado.- Las precisiones dependerá acorde a la escala en que se este trabajando.
  - Discrepancia altimétrica entre pasadas.-  $\leq 0,40$  m

### **7. 2.3 Toma de datos GPS en vuelo**

- Distancia entre receptores.-  $< 40$  km
- Estaciones de referencia.- Se utilizarán las estaciones de la Red de Estación de Monitoreo Continuo, de la red de Estaciones Permanentes del Instituto Geográfico Militar.
- Precisión de Postproceso de la trayectoria.- RMSE  $\leq 10$  cm (X,Y,Z).

### **7.2.4 Procesado de los datos GPS e IMU**

- Procesado de la trayectoria.- Se procesará independiente de forma relativa cada pasada o perfil con el objeto de conseguir la precisión requerida. En el caso de que se opte por un procesado absoluto de la trayectoria de toda la misión, se deberá asegurar que se cumple con la precisión relativa.
- Orientaciones.- Se determinará la orientación del sensor Lidar a partir del cálculo con filtro Kalman de los datos de la trayectoria (posición y velocidad) obtenida del GNSS y de los datos de la orientación obtenidos con el sensor IMU.

Detalle: Las alturas calculadas serán elipsoidales

- Precisión de los ángulos .- La precisión angular en la determinación de la actitud para vuelos con GPS/IMU, no debe conducir a errores angulares superiores a  $0,005^\circ$  (Balanceo y Cabeceo, Roll and Pitch) y  $0,008^\circ$  (Guiñada, Yaw).

Detalle: Precisión absoluta.

### **7.2.5 Productos a entregar del vuelo LiDAR**

- Planificación del vuelo.-

1) Bases de datos, que incluirá las trayectorias de las pasadas, velocidad del avión, altura de vuelo, ángulo y frecuencia de barrido, ancho de barrido, distancia entre puntos y recubrimiento entre pasadas.

2) Fichero .shp generado a partir de la base de datos que contenga las siguientes capas:

- Trayectorias planificadas y límites laterales de barrido
- Estaciones de referencia GNSS a utilizar durante el vuelo.

Detalle: Se proporcionará una planificación de vuelo con un software específico que programe todos los datos y características del vuelo LIDAR, de acuerdo con las especificaciones del presente pliego.

- Gráficos y datos del vuelo realizado.-

1) Bases de datos que incluirá las trayectorias de las pasadas, velocidad del avión, altura de vuelo, ángulo y frecuencia de barrido, ancho de barrido, distancia entre puntos y recubrimiento entre pasadas.

2) Fichero .shp generado a partir de la base de datos que contenga las siguientes capas:

- Trayectorias ejecutadas y límites laterales de barrido.
- Estaciones de referencia GNSS utilizadas durante el vuelo.

- Ficheros GPS-IMU del vuelo originales y procesados.- Ficheros RINEX de la estación base de referencia GPS y del receptor conectado al sensor LIDAR, fichero de registros IMU y ficheros resultantes del procesado GPS-IMU.

Detalle:

- Se suministrarán los ficheros IMU en el formato propio que se hayan generado y en formato de intercambio.

- Sincronizados los tiempos de observación.

- Ficheros de la trayectoria del sistema Lidar.-

- Trayectoria GPS/IMU por sesión de vuelo, con frecuencia de registro.

- Trayectoria GPS/IMU por pasada para los ajustes altimétricos de la nube LiDAR (con frecuencia de al menos 4 Hz) en formato ASCII o trj.

- Documentación del ajuste de fluctuaciones.- - Informes sobre el resultado del ajuste de fluctuaciones realizado en cada pasada, con las correcciones aplicadas.

- Ficheros ajustados LAS del vuelo sin clasificar.-

- Los ficheros procederán de los datos originales de vuelo, ajustados al terreno con las pasadas transversales.

- El corte de los ficheros se realizará de acuerdo con cuadrados UTM de 500 x 500 metros o 1 x 1 km, dependiendo de la densidad de puntos

- Los puntos se entregarán inicialmente en la clase 0, archivos \*.las iniciales

- Los puntos de intensidad <4 se clasificarán en la clase 7 (ruido).

Detalle: El formato de los ficheros será LAS versión 1.1 formato 1, indicando en el campo User\_Data el identificador de la pasada.

En el fichero LAS se deberá recoger todos los parámetros definidos en el estándar establecido para este tipo de ficheros (<http://www.lasformat.org>), por

ejemplo, se incluirán parámetros como el tiempo GPS, la intensidad del pulso devuelto, el número de retornos, el ángulo de escaneo.

El fichero LAS deberá disponer de las coordenadas X, Y (UTM huso correspondiente) y h (ELIPSOIDAL), en el Sistema Geodésico de Referencia oficial para el ámbito del trabajo.

- Ficheros ajustados LAS del vuelo con clasificación automática.- A partir de los ficheros ajustados LAS del vuelo sin clasificar, se entregará una segunda versión, aplicando una clasificación automática adecuada a las características del terreno y con la altitud en cotas ortométricas.
  - El corte de los ficheros se realizará de acuerdo con cuadrados UTM 500 x 500 metros o 1 x 1 km, dependiendo de la densidad de puntos.
  - La clasificación de los puntos será acordada con la dirección técnica.
  - Los puntos de intensidad <4 se clasificarán en la clase 7 (ruido).

Detalle: El formato de los ficheros será LAS versión 1.1 formato 1, indicando en el campo User\_Data el identificador de la pasada.

En el fichero LAS se deberá recoger todos los parámetros definidos en el estándar establecido para este tipo de ficheros (<http://www.lasformat.org>), por ejemplo, se incluirán parámetros como el tiempo GPS, la intensidad del pulso devuelto, el número de retornos, el ángulo de escaneo...

El fichero LAS deberá disponer de las coordenadas X, Y (UTM huso correspondiente) y h (Ortométrica), en el Sistema Geodésico de Referencia oficial para el ámbito del trabajo.

- Mapa de las zonas sin representación LiDAR.- Se entregará un fichero en formato .shp con la delimitación de las zonas en las que no se ha obtenido datos LIDAR.
- Certificado de calibración del sensor LiDAR.-
  - Con las ofertas técnicas se entregará una copia.
  - Antes de empezar el vuelo, se entregará una copia y se mostrará el original que incluya:
- Certificado de calibración del sensor LIDAR, vigente en el momento de la realización del proyecto.
- Vectores de distribución GNSS como apoyo de vuelo - sensor LIDAR.

Calibración del sistema integrado sensor LIDAR-GPS/ INS.- Con las ofertas técnicas se entregará una copia:

- De la calibración del sistema integrado (sensor LiDAR-GNSS/INS) realizado en un polígono de calibración.
- Parámetros de calibración de los sensores LiDAR-GNSS/INS durante el proyecto.

Una vez realizado el vuelo de calibración se entregarán además:

- Una memoria del vuelo de calibración en la que se describa la metodología empleada, los datos obtenidos en el ajuste, software empleado para realizarlo, la situación de la zona de calibración, de los puntos de control en terreno empleados y estaciones de referencia GNSS utilizadas.

- Datos de las trayectorias
- Datos LAS
- Fichero .shp con situación de la zona de calibración, de los puntos de control en terreno empleados y las estaciones de referencia GNSS utilizadas.

Detalle: Se entregará a la Dirección Técnica un nuevo certificado de calibración del sistema integrado, en el caso de que se produzca un cambio de aeronave.

Vectores de excentricidad.- Se suministrará el vector de excentricidad de la antena del receptor con respecto al sensor Lidar, incluyendo un gráfico que muestre la dirección de los ejes.

Base de datos de estaciones GNSS permanentes.

Informe descriptivo del proceso de vuelo.

### **7.3.- Grabación y Archivo de Productos**

#### **7.3.1 Ejecución de Trabajos**

Grabación Datos crudos , productos y documentos,

- Se realizará la grabación de todos los datos, productos y documentos en discos externos para proceder a copiar en el datacenter.
- Los discos irán identificados con el nombre del proyecto y el contenido de cada uno.
- Las entregas parciales se podrán realizar mediante discos externos.

Almacenamiento de los ficheros, datos y productos de proyecto: La empresa adjudicataria deberá guardar los ficheros del proyecto durante todo el período de garantía, por si fuera necesario rehacer alguna fase de los trabajos.

Medios y estructura de almacenamiento, los productos y documentos serán grabados de acuerdo con la estructura (Carpetas / Subcarpetas / Ficheros).

Entregas parciales, la empresa irá realizando entregas parciales a la Jefatura Técnica de proceso de Captura de Datos, de fases del trabajo terminadas: Entrega de datos crudos descargados del sensor, datos sin edición en formatos estándar, bloques de aerotriangulación en los que se haya dividido la zona de trabajo, de forma que se puedan ir efectuando las tareas de control de calidad paralelamente.

Se evitarán las entregas masivas a la finalización de los trabajos de todo el material completo.

Detalle:

Se remitirá el cuadro de control de envío de productos acompañando a cada entrega que se realice.

Nomenclatura de ficheros, todos los ficheros a entregar deberán cumplir la nomenclatura detallada en el documento

Estructura:

Carpetas:

1. PLANIFICACION: Planes de vuelo previos (.kmz, .shp), planes de vuelo ejecutados (.kmz, .shp), reporte de vuelo (.xls). Los planes de vuelo deben constar los parámetros técnicos de toma, como altura de vuelo, velocidad, tamaño del GSD, traslapos, etc.

2. DESCARGA DE DATOS: Estructuración por fechas (imágenes, LiDAR, trayectoria, datos crudos de bases GPS de apoyo durante el vuelo). Los formatos dependen de cada sensor.
3. FOTOINDICES: Estructuración de un mapa con el número de fotos que consta un proyecto, número de líneas y fecha de toma.
4. PROCESAMIENTO: Fotografías aéreas (.tif, .jpg), datos LiDAR sin editar (.las), datos LiDAR editados (.las), centros de exposición procesados (.txt, ASCII), Aerotriangulación, calibración de la cámara (.txt).
5. PRODUCTOS: Modelo Digital de Elevaciones, Modelo Digital del Superficie, nube de puntos definitiva (procesado y editado), Mosaico de Ortofotos, de ser el caso cartografía obtenida de acuerdo a la estructuración recomendada por el IGM.

### **7.3.2 Productos a Entregar**

Listado de los ficheros contenidos en cada medio de almacenamiento, con detalle de carpetas, subcarpetas y ficheros

Informe descriptivo del proceso de archivo (.pdf, .doc, odt)

El Desarrollo del informe debe contener la misma estructura indicada anteriormente con la descripción de sensores y equipos utilizados, software aplicado en cada fase, proceso claramente descrito (postproceso del vuelo, conversiones de archivos, ajuste de la nube de puntos, clasificación, ajuste de las fotografías aéreas, generación de Ortofotos).

## **7.4.- Control de Calidad**

### **7.4.1 Ejecución de los trabajos**

Control de calidad de los trabajos realizados, se garantizará que los procesos de trabajo y los productos generados cumplan con las presentes especificaciones técnicas, debiéndose realizar un control de calidad que consiga estos objetivos documentándolo adecuadamente.

Criterios:

Cobertura de vuelo de toda la zona cubierta

Verificación de la clasificación de datos con la Ortofotografía

Revisión de discontinuidades, artefactos o ruido en la nube de puntos y modelos.

Verificación de exactitud en base a puntos geodésicos en campo y/o cartografía oficial.

## 8. CONTROL DE CALIDAD

Se garantizará que los procesos de trabajo y los productos generados cumplan con las presentes especificaciones técnicas, debiéndose realizar un control de calidad que consiga estos objetivos documentándolo adecuadamente.

Criterios:

Cobertura de vuelo de toda la zona cubierta

Verificación de la clasificación de datos con la Ortofotografía

Revisión de discontinuidades, artefactos o ruido en la nube de puntos y modelos.

Verificación de exactitud en base a puntos geodésicos en campo y/o cartografía oficial.

## 9. PRODUCTOS A ENTREGAR

Informe descriptivo del proceso de control de calidad.

Documento elaborado por:

P. Aéreo            Ing. Lizbeth Jimenez  
G. Normativa      Ing. Alicia Caizaluisa

Documento revisado por:

G. Cartográfica    Tcrn. Ing. Xavier Molina  
G. Normativa      Ing. Fabián Santamaría

Documento aprobado por:

Crnl. De E. M. Ing. Ricardo Urbina  
SUBDIRECTOR DEL IGM