

Guías para la buena ejecución y el control de calidad de la Ortofotografía

V 1.0 (21/08/2006)

1 Escaneo

1.0 Scope

1.1 Requisitos generales

- La película original debe ser escaneada por un escáner fotogramétrico con las características generales siguientes:
- Resolución: 14 μm o 21 μm
- Radiometría final al mínimo 8 bits por cada nivel
- Precisión geométrica < 5 μm

1.2 Proceso del escaneo

1.2.1 El escaneo debe ser controlado frecuentemente por el contratista el cual entregará un reporte de la calidad con la entrega de los resultados.

Los datos de la calidad producidos por el software del escaneo deben presentar una serie de informaciones que se entregarán.

El reporte del aseguramiento de la calidad debe llevar informaciones respecto a lo siguiente:

- Frecuencia, ejecución y detalles sobre la calidad del control geométrico, e.j. red de calibración fotogramétrica, antes y durante el proyecto.
- Frecuencia, ejecución y detalles sobre la calidad del control radiométrico utilizando por ejemplo una escala de niveles fotogramétrica, antes y durante el proyecto.
- Detalles sobre las pruebas de calidad de las fotografías escaneadas.
 - Saturación no debe sobrepasar 0.5% a cada extremidad del histograma (de 0 a 255 para una imagen de 8bits) para una imagen completa. Para la fotografías de color o multispectrales, este control deberá ser realizado con el histograma de la luminosidad
 - La imagen digital no debe presentar ningún efecto de saturación sobre la parte útil de la foto (o muy poco, uno de cada diez mil píxeles)
 - La imagen debe contener por lo menos 120 niveles de gris.
 - El cuadro debe ser negro (radiometría = 0)
 - Perfecta visibilidad de las marcas fiduciales
 - Además una tabla Excel que proporcionará metadatos sobre las características de los archivos entregados (nombre del archivo, número de la

foto, número del CD o DVD, estadísticas de la radiometría, resultados de las pruebas, fecha y periodo del escaneo, operador, etc.

- Además suficientemente pruebas deben ser ejecutadas para asegurarse que los parámetros siguientes están respetados:
 - Geometría: orientación interna (transformación afine) de la imagen debe tener un RMSE¹ de <10 µm (4 esquinas fiduciales) con un residual de no más de 30 µm. En el caso de utilizar 8 marcas fiduciales, el RMSE puede ir hasta 20 µm (sin embargo el residual se queda con <30 µm).
 - Correcto encabezamiento de los archivos con la utilización de una convención para el nombre sobre una plataforma Window, sin espacio y con un nombre más extensión (file type) e.j. foto_ni_tif. El nombre utilizado debe corresponder al adoptado en la tabla de los metadatos ya mencionada.
 - Calidad general de la información entregada (ausencia de vacíos, etc.), y observación sobre el aspecto cromático de la imagen escaneada que debe ser similar a la realidad.

1.2.2 Las imágenes deberán ser entregadas con una orientación para asegurar que el norte está en la primera línea del archivo.

1.2.3 Todas las imágenes deberán ser entregadas a la finalización del trabajo sobre un disco duro o DVD en formato TIFF6 (sin compresión y sin tiling). Es recomendable que una imagen en el formato sea entregada antes de la entrega masiva para confirmar la aceptación del formato utilizado.

1.2.4 Los metadatos de las imágenes (fecha, fuente, números de las fotos, etc.) deben estar incluidos con un "tag" en el encabezamiento del TIFF6.

1.3 Aseguramiento de la calidad radiométrica

1.3.1 Es recomendable que estos controles sean implementados con procesos automáticos que permiten la creación de un reporte para cada lote ejecutado.

¹ (Se utiliza en este documento la abreviación RMSE por error estándar o error mediano cuadrático)

2 Control de calidad de la Ortofotografía

2.0 Scope

2.1. Datos de entrega

2.1.1 La calidad de los materiales y equipamientos utilizados para la creación de los datos es importante para lograr un resultado satisfactorio. Todos los procesos digitales deben llevar un reporte de la calidad de la producción el cual deberá especificar que todas las imágenes están tomadas y digitalizadas correctamente (Tabla...).

2.2.2 La tabla a continuación no incluye el aseguramiento de la calidad de la radiometría. Sin embargo, esta información está obligatoria y es eficiente realizar estos controles sobre la película original y luego sobre las imágenes escaneadas en el mismo tiempo que el control geométrico. Los controles preliminares deben estar realizados para asegurarse que el ángulo del sol en relación con la dirección del vuelo y la hora del trabajo es aceptable para evitar un exceso de sombra o reflejo y que cada foto está libre de nubes y tiene un contraste suficiente para permitir la identificación de los detalles. Después del escaneo, serán examinados los histogramas para asegurarse que la escala dinámica está utilizada completamente pero, sin saturación o cortes.

Ítem	Buena practica	Aseguramiento y Control de Calidad Interno
Película	Película de alta resolución pancromática	Verificación física de la película, revelado y contactos, documentación técnica del proveedor
Cámara	Alta calidad, moderna con compensación de arrastre y asistida por computadora	Inspección física Control del certificado de calibración de menos de 2 años.
Navegación del vuelo	Cámara con sistema INS y GPS aerotransportado	Inspección física Inspección de los datos de adquisición del vuelo Control de las posiciones de la cámara utilizadas en los ajustes de los datos GPS
Traslapes	Longitudinal: 60% Lateral: 15-25% El contratante puede pedir traslape lateral mas importante para necesidades de aerotransulación Cobertura de la zona 100% con los traslapes solicitados	Análisis de los registros de los centros de fotos y alturas de vuelos para control de la toma de fotografías sobre la totalidad de la área con los requisitos de traslape y variación de escala. En el caso de no tener los registros del vuelos, control con un foto mosaico del vuelo.
Variación de escala	< ± 10% de variación (vuelos >4000mts) < ± 15% de variación (vuelos <4000mts)	Utilización de los resultados GPS y DTM para controlar la escala de cada fotografía

Escaneo Equipamiento y materiales	Utilización de escáner de precisión según los requerimientos del capítulo 1 Escaneo de la película negativa si es posible	Inspección física Control temprano de una muestra del escaneo (5%) para chequear la orientación interna. Rechazar el lote completo si el RMSE de las 4 marcas es $> 15 \mu\text{m}$ por $>5\%$ de la muestra.
Tamaño del píxel	Típicamente Blanco y negro con $14 \mu\text{m}$ y color con $21 \mu\text{m}$	Imprimir los metadatos de los archivos digitales Calcular la resolución (píxel/línea)
Precisión del escaneo	Geometría del escaneo RMSE $< 5 \mu\text{m}$ Sin residuos $> 15 \mu\text{m}$	Repetir las pruebas de escaneo utilizando una cuadrícula fotogramétrica, medir por lo menos. Calcular los residuos x,y así como los RMSE (x,y) después de la transformación afine. Una primera prueba antes de iniciar el escaneo y repetir regularmente en función de la estabilidad del sistema. Imprimir el RMSE y el residual máximo en línea y columna en un archivo de control.

2.2.3 los archivos de entrega deben ser documentados por sí mismos (e.j. números de vuelo, fotografías), con adicionalmente los metadatos en tablas relacionadas con el nombre del archivo. La información siguiente debe ser disponible:

- Para cada vuelo: Identificación de la cámara y certificado de calibración. Tipo de película, identificación del rollo de película utilizado, fecha y horarios de inicio y terminación. Condiciones meteorológicas (de la estación del aeropuerto: Temperatura, presión, velocidad y dirección de los vientos, en un momento estándar del día).
- Para cada fotografía: Identificación del vuelo, número de rollo de la película y la fotografía, coordenadas de los centros de proyecciones, tiempo de exposición, fecha del escaneo.

2.1 Cámaras digitales

2.1.1 Las fotografías digitales deben ser tomadas con el mismo proceso y deben ser sometidas a los mismos controles de calidad que las imágenes escaneadas de las cámaras analógicas. Los requisitos generales respecto a la geometría y resolución son los mismos que para las imágenes escaneadas.

2.1.2 Una apropiada calibración geométrica deber tener menos de 2 años.

2.1.3 La calibración radio métrica debe ser realizada según las normas del proveedor.

- Certificación del nivel de celdas activas
- Estatus de la resolución geométrica de por lo menos 12 bits.

2.2 Requisitos para correcciones geométricas

2.2.1 Estas guías están validas para escalas de vuelos de 1:20000 a 1:40000. Las tolerancias están fijadas en base a los estándares de ASPRS 1989 y FGDC 1998

2.2.2 La tolerancia de la corrección geométrica está definida por un parámetro: El máximo del RMSE aceptado sobre los puntos controlados Las tolerancias están definidas en las especificaciones técnicas.

Objetivo/método	Numero de puntos de apoyo
Orientación de un modelo único	Cuatro (4) – Debe permitir realizar prueba de los residuales
Ajuste con aerotriangulación sin centros de proyección	Uno (1) 2D puntos de apoyo (X, Y) cada cinco líneas base (mínimo) sobre el perímetro del bloque. Uno punto vertical (Z) en cada línea de vuelo dentro del bloque cada cuatro (4) línea base.
Vuelos controlados por GPS con líneas de vuelos transversales	Uno (1) 3D puntos de apoyo (X, Y, Z) en cada esquina del bloque (pero son aconsejables puntos duplicados). Posibilidad de requerimiento de puntos en líneas de vuelo dentro del bloque y más cuando el bloque es irregular.
Vuelos controlados por GPS sin líneas de vuelos transversales (resoluciones de ambigüedades “on the fly”)	A lo menos tres (3) 3D puntos de control regularmente distribuidos en el bloque. Puntos duplicados en cada esquina del bloque. La estación GPS de referencia no debe estar a más de 50 kms del área del vuelo.
Vuelos controlados por GPS sin líneas de vuelos transversales	Uno (1) 3D punto de apoyo posible pero, con un (1) 3D punto de apoyo en cada esquina del bloque es recomendable.

2.2.3 Los puntos de apoyo idealmente están levantados por topografía en el campo sin embargo, en casos excepcionales, pueden ser determinados a partir de cartografía existentes y de buena calidad o, con observaciones estereoscópicas de un vuelo fotogramétrico con escala adecuada; se puede encontrar estos casos sobre todo para los puntos de alturas. El contratante determinará las condiciones de tal utilización.

2.2.4 En todos casos, los puntos de apoyo deben estar tres veces más precisos que el objetivo de precisión del producto final. Vale decir que si deseamos una precisión final de la ortofotografía de 1 metros, los puntos de apoyo deben tener una precisión de 0.3 metros.

2.3 Documentación asociada a los datos de los puntos de apoyo

- 2.3.1 Los puntos de referencia deben ser bien documentados para realizar la trazabilidad de ellos. Esta documentación es una etapa imprescindible que debe entregar el contratista. Al mínimo debe llevar lo siguiente:

Etapa	Proceso practico	Recomendables tolerancias
Tamaño de la cuadrícula del DTM	Específicamente en adecuación con la escala de salida y el terreno. Por medio de los insumos del vuelo, líneas de rupturas no están requeridas	5 a 20 veces el tamaño del píxel de salida
Tamaño de la cuadrícula del DTM de gran precisión	DTM automatizado con el uso de la estereoscopia y generación del modelo de superficie. Visualización y limpieza del modelo es requerido usualmente	2 veces el RMSE de la planimetría (1 D) es requerido.
Puntos de enlace de la aerotriangulación	Puede ser ejecutado manualmente pero, es recomendado un método automatizado cuando esté suportado por software	Aerotriangulación automatizado: 12 puntos mínimo por modelo con buena (Von Gruber) distribución Aerotriangulación manual: 6 puntos mínimo por modelo
Orientación interna	Transformación afine de las fiduciales Utilización de las ocho marcas recomendada o, si no es posible las cuatro marcas de esquina.	RMSE < 10 μ m (4 esquinas) o <15 μ m (8 fiduciales). Residual máximo < 20 μ m
Orientación relativa	No aplicable en el caso de aerotriangulación automatizada	RMSE máxima 10 μ m
Orientación absoluta	Medición de las coordenadas del modelo y transformación al terreno	RMSE sobre los puntos de apoyo del bloque de ajuste <0.5x del RMSE de las especificaciones del producto final.
Precisión relativa del bloque	Ajuste del Blque con los puntos de enlace y apoyo (y GPS/INS cuando corresponde) sobre el modelo imagen	RMSE \leq 0.5 píxel de la imagen
Precisión absoluta del bloque	Ajuste del Blque con los puntos de enlace y apoyo (y GPS/INS cuando corresponde) sobre el modelo terreno	RMSE \leq 1/3 de las especificaciones (RMSE requerido es normalmente 2.5 veces el píxel del mapa final.
Método de remuestro	Interpolación lineal o cúbica	NA

- Identificación de los puntos (única para el proyecto)

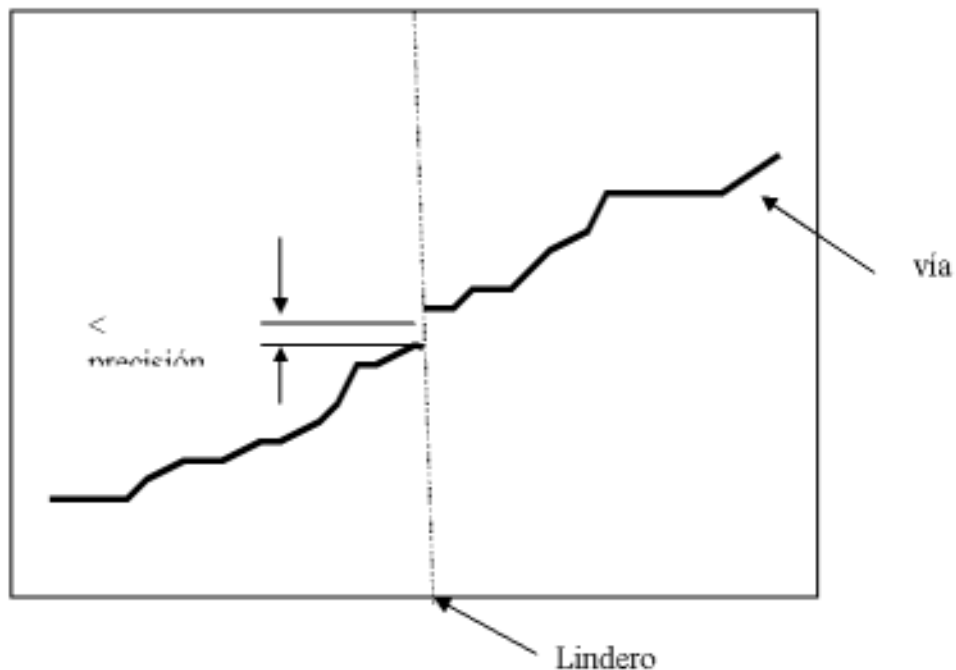
- Coordenada X,Y,Z
- Fuente (GPS; fotogrametría existente, cartografía existente, etc.)
- Calidad planimétrica de los puntos en metro (RMSE x, RMSE y)
- Calidad altimétrica de los puntos (RMSE z)
- Otros datos.

2.3.2 También, la información de respaldo debe abarcar con las coordenadas de los puntos del terreno toda la información respecto al elipsoide de referencia, parámetros de transformaciones, red geodésica utilizada para los trabajos de topografía.

2.3.3 Cada punto deberá ser marcado y identificado sobre una imagen o mapa con su identificador utilizado en la lista. Lo ideal es realizar el marcado en el campo al momento del trabajo, preferiblemente sobre la imagen escaneada. El conjunto de la información con las imágenes con las marcas identificadas deberá ser archivado. Lo ideal es almacenar esta información en un SIG vinculados con las ortofotografías.

2.4 Controles geométricos

2.4.1 Control de la continuidad de las vías: Se hace un control de la geometría alrededor de los linderos, y particularmente de la continuidad de las vías. Se admite roturas menores que la precisión esperada de la ortofoto.



2.4.2 Medición de puntos

Para controlar la calidad geométrica se puede medir puntos conocidos por sus coordenadas "terreno".

- Estos puntos deben ser bien repartidos sobre la ortofotos
- Deben ser puntos que no han servido para la aerotriangulación

Se calcula las diferencias entre las coordenadas conocidas y las coordenadas medidas en la ortofoto, el promedio de estas diferencias, la desviación estándar y el error medio cuadrático. El error medio cuadrático debe ser comparable a la precisión esperada de la ortofoto.

2.4.3 Ficha de Control Geométrico de la Ortofotografía

Fecha:

Nombre del proyecto	
Numero de cuadrantes entregados	

Cuadrantes faltando

Georeferencias falsas	
Nombre del cuadrante	Coordenadas

2.4.4 Ficha de Control Radiométrica

Homogeneidad del bloque	Satisfactoria	No satisfactoria
-------------------------	---------------	------------------

2.4.5 Empalmes radiometricos

Empalmes en linderos	Satisfactorios	No Satisfactorios
Empalmes entre cuadrantes	Satisfactorios	No Satisfactorios

Cuadrantes con empalmes malos en linderos	Empalmes malos entre cuadrantes

2.4.6 Histogramas

Cuadrantes no validos	Promedio	Des Std	Sat 0	Sat 255

2.4.6 Defectos diversos

Cuadrante	Tipo de defectos

2.4.7 Empalmes geométricos

Desfases en linderos (> precisión esperada):

Nombre del cuadrante	Coordenadas de desfase	
	X	Y

Desfases entre cuadrantes (> precisión esperada):

Nombres de los cuadrantes	Coordenadas del desfase	
	X	Y

2.4.8 Medición de puntos (si realizada)

Numero de puntos medidos		
Promedio de las diferencias		
Desviación estandarte		
Error medio cuadrático		
Resultado	Satisfactorio	No satisfactorio