

**SERVICIO TÉCNICO PARA LA REALIZACIÓN DE LA AEROTRIANGULACIÓN,
MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES Y ORTOFOTOS DIGITALES PARA EL
PLAN NACIONAL DE ORTOFOTOGRAFÍA AÉREA EN EL ÁMBITO DE ASTURIAS**

ANEXO A: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

(Tamaño de píxel: 0,25 m)

ÍNDICE

1. SISTEMA GEODÉSICO DE REFERENCIA Y ALTITUDES

- a. Sistema Geodésico de Referencia en la Península, Baleares, Ceuta y Melilla
- b. Origen de altitudes:
- c. Transformaciones de altitudes elipsoidales a ortométricas
- d. Proyección cartográfica
- e. Huso UTM a emplear
- f. Distribución y corte de hojas

2. AEROTRIANGULACIÓN

2.1. Ejecución de los trabajos

- a. Método
- b. Medición puntos de enlace
- c. Ajuste del bloque
- d. Zona a recubrir
- e. Puntos de chequeo
- f. Desviación estándar de los puntos de apoyo
- g. Bloque perteneciente a dos husos distintos

2.2 Precisiones

- a. Interna del ajuste del bloque:
- b. Precisión planimétrica final:
- c. Precisión altimétrica final:
- d. Residuo máximo en los puntos de control

2.3 Productos a entregar

- a. Datos del cálculo de la aerotriangulación
- b. Gráficos del canevas
- c. Base de datos del vuelo aerotriangulado
- d. Informe descriptivo del proceso de aerotriangulación

3. Modelos digitales de elevaciones (MDE)

3.1. Modelo Digital del Terreno (MDT)

- a. Objetivo
- b. Obtención de un MDT
- c. Áreas urbanas
- d. Líneas de ruptura ("breaklines")

- e. Resolución del MDT
- f. Precisión de los MDE: error medio cuadrático
- g. Precisión de los MDE: error máximo
- h. Corte de ficheros

3.2. Modelo Digital de Superficie (MDS)

- a. Finalidad
- b. Método de obtención

3.3. Productos a entregar

- a. Ficheros del MDT en ETRS89 ó REGCAN2001
- b. Ficheros del MDS en ETRS89 ó REGCAN2001
- c. Líneas de ruptura del terreno ("breaklines")
- d. Imagen de sombreado del MDS en ETRS89 ó REGCAN2001
- e. Informe descriptivo del proceso de generación de MDE

4. ORTOPROYECCIÓN, EQUILIBRADO RADIOMÉTRICO, MOSAICO Y REALCE

4.1. Ejecución de los trabajos

- a. Método
- b. Ortofotos a generar
- c. Tamaño del píxel
- d. Profundidad de color
- e. Orientación de las imágenes
- f. Equilibrado radiométrico
- g. Mosaico
- h. Zonas censuradas por motivos de seguridad militar
- i. Zonas de mar
- j. Corte de imágenes por hojas
- k. Sistema geodésico de referencia

4.2. Precisión geométrica

- a. Error medio cuadrático
- b. Error máximo en cualquier punto
- c. Discrepancias máximas entre ortofotos de fotogramas contiguos

4.3. Productos a entregar

- a. Ortofotos RGB TIFF
- b. Fichero TFW en ETRS89
- c. Líneas de mosaico
- d. Informe descriptivo del proceso de generación de ortofotos

5. GRABACIÓN Y ARCHIVO DE PRODUCTOS

5.1. Ejecución de los trabajos

- a. Grabación productos y documentos
- b. Almacenamiento de los ficheros de proyecto
- c. Número de copias
- d. Medios y estructura de almacenamiento
- e. Lotes de trabajo

6.2. Productos a entregar

- a. Listado de los ficheros contenidos en cada medio de almacenamiento
- b. Informe descriptivo del proceso de archivo

7. CONTROL DE CALIDAD

7.1. Ejecución de los trabajos

- a. Control de calidad de los trabajos realizados

7.2. Productos a entregar

- a. Informe descriptivo del proceso de control de calidad

8. ENVÍO DE PRODUCTOS

8.1. Productos a entregar

- a. Informe descriptivo del envío de productos

9. GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ABREVIATURAS EMPLEADOS EN EL DOCUMENTO

GENERALIDADES

Objeto

Contratación de asistencia técnica para la realización de aerotriangulación, modelo digital de elevaciones y ortofotos digitales.

Zona a recubrir

La zona a recubrir en las distintas fases se detalla en el gráfico adjunto.

Medidas angulares

En este documento se expresan siempre en grados sexagesimales.

1. SISTEMA GEODÉSICO DE REFERENCIA Y ALTITUDES

a. Sistema Geodésico de Referencia en la Península, Baleares, Ceuta y Melilla
Todo el trabajo se realizará en ETRS89, basándose exclusivamente en vértices REGENTE de la Red Geodésica Nacional.

b. Origen de altitudes:

- En la Península: **nivel medio del mar en el mareógrafo de Alicante.**

c. Transformaciones de altitudes elipsoidales a ortométricas

Se realizarán utilizando el modelo de geoide que suministrará el Instituto Geográfico Nacional.

d. Proyección cartográfica

El sistema de representación plana es el oficial: la proyección conforme Universal Transversa de Mercator (UTM) establecida como reglamentaria por el Decreto 2303/1970, referida al huso correspondiente a cada zona.

e. Huso UTM a emplear

Cada hoja se realizará en su huso.

Las hojas que caigan entre dos husos, se entregarán en ambos.

f. Distribución de hojas

La distribución 1:5.000 empleada será la división en 8X8 de las hojas MTN50 oficiales.

El corte de hojas se obtendrá aplicando con un rebase de 50 metros con respecto a las cuatro esquinas teóricas, redondeado a múltiplos de 10 m.

La dirección técnica entregará un listado de coordenadas con el corte de cada hoja.

2. AEROTRIANGULACIÓN

2.1. Ejecución de los trabajos

a. Método

Obligatoriamente digital, utilizando parámetros GPS/IMU de vuelo.
Sistema de referencia altimétrico: se utilizarán exclusivamente cotas ortométricas, tanto en el proceso de cálculo como en los resultados finales

b. Medición puntos de enlace

Se observarán un mínimo de 12 puntos en cada modelo (2 en cada zona de Von Grüber) conectando modelos y un mínimo de 1 punto de enlace conectando pasadas en zonas comunes entre pasadas.

c. Ajuste del bloque

Ajuste simultáneo por haces de rayos, con parámetros GPS/IMU.

d. Zona a recubrir

Para cada Comunidad Autónoma, se aerotriangulará completas todas las hojas 1:5.000 incluidas total o parcialmente en el territorio de esa comunidad. Los expedientes de contratación detallarán exactamente las hojas a aerotriangular.

e. Puntos de chequeo

Como comprobación del cálculo de la aerotriangulación, se incluirán puntos de chequeo de precisión al menos 1/3 del RMS final del producto, pudiendo incluirse los vértices geodésicos de la red de orden inferior (ROI), a los que habrá que transformar previamente sus coordenadas ED50 a ETRS89.

f. Desviación estándar a priori de los puntos de apoyo y centros de proyección

La desviación estándar a priori de los P.A se establecerá entre 1/3 y 1/2 del tamaño del píxel.

La desviación estándar a priori de los Centros de Proyección se establecerá entre 0,10 m y 0,15 m.

g. Bloque perteneciente a dos husos distintos

En el caso de que un bloque quede comprendido entre dos husos distintos se calculará la aerotriangulación en cada uno de ellos, proporcionándose la orientación externa de las imágenes en cada uno de los husos

2.2 Precisiones

a. Interna del ajuste del bloque:

$RMSE < 1/2$ del tamaño del píxel del sensor

b. Precisión planimétrica final:

$RMSE < GSD$

c. Precisión altimétrica final:

$RMSE < GSD$

d. Residuo máximo en los puntos de control:

$< 1,5$ veces el GSD

2.3 Productos a entregar

a. Datos del cálculo de la aerotriangulación

Ficheros de entrada y salida del cálculo, con toda la información de ajuste, residuos, coordenadas resultantes, etc...

b. Gráficos del canevas

En formato shp con la posición exacta de los puntos del canevas, generados a partir de la base de datos de aerotriangulación.

c. Base de datos del vuelo aerotriangulado

Parámetros de orientación de los fotogramas (X, Y, Z, Ω , Φ , K), según criterio de signos y orígenes y formato que entregará la dirección técnica.

d. Informe descriptivo del proceso de aerotriangulación

Según documento "...PNOA Informe del proceso de producción.xls"

3. MODELOS DIGITALES DE ELEVACIONES (MDE)

3.1. Modelo Digital del Terreno (MDT)

a. Objetivo

Obtener un modelo del terreno a nivel del suelo (sea éste natural o artificial).

b. Obtención de un MDT

A partir del Modelo Digital del Terreno proporcionado por la Dirección Técnica se obtendrá uno depurado mediante estereoscópica interactiva, con las siguientes condiciones:

- Dichos Modelos Digitales del Terreno serán objeto de revisiones sistemáticas con observación estereoscópica para su actualización.
- La actualización se realizará a la fecha del vuelo PNOA que se esté ortoproyectando.

Todos los puntos de la malla deben estar situados sobre el terreno, ignorando las copas de árboles, tejados de edificios y otros objetos artificiales que sobresalgan del mismo.

En las zonas de agua, (mar, embalses y lagos) la cota del MDT será constante e igual a la de la orilla.

c. Áreas urbanas

En las áreas urbanas, el MDT deberá adaptarse al nivel del suelo, ignorando las cotas de las edificaciones

Las cotas de los puntos de la malla que caigan sobre edificios se calcularán por interpolación a partir de los puntos del entorno que caigan en zonas sin edificios, los cuales se habrán determinado por correlación automática (zonas abiertas), o manualmente (cascos urbanos cerrado).

d. Líneas de ruptura ("breaklines")

En aquellos lugares en los que no quede suficientemente definido el relieve con la malla de correlación (principalmente elementos artificiales como presas, terraplenes, etc.), se crearán líneas de ruptura mediante trazado manual estereoscópico.

e. Resolución del MDT

- El paso de malla del MDT será de 5 metros
- En el caso de que los puntos medidos no se sitúen siguiendo una malla regular, las distancias entre puntos deberán ser iguales o inferiores a 5 metros.

Se realizará una edición manual en zonas donde la correlación no de buenos resultados.

f. Precisión de los MDE: error medio cuadrático

La precisión será de **1 m** de error medio cuadrático sobre los puntos de chequeo.

g. Precisión de los MDE: error máximo

El error máximo será menor o igual a **2 m** (con el 95% de nivel de confianza).
No podrá haber ningún punto con error superior a **4 m**.

Para determinar la calidad del modelo de elevaciones se utilizarán puntos de aerotriangulación y puntos de chequeo distribuidos por todo el territorio.

h. Corte de ficheros

El corte de los ficheros se realizará según la distribución de hojas MTN25, aplicando un rebase de 100 metros con respecto a las cuatro esquinas teóricas, redondeado a múltiplos de 10 m.

Si la hoja MTN25 contiene el límite de la zona o subzona de trabajo, el MDE comprenderá únicamente la extensión correspondiente a las ortofotos que se ortoproyecten, no debiéndose rellenar con datos nulos el resto del fichero con el fin de completar la hoja MTN25 hasta los límites que marcan las coordenadas de cortes.

La dirección técnica entregará un listado de coordenadas con el corte de cada hoja.

3.2. Modelo Digital de Superficie (MDS)

a. Finalidad

Obtener un modelo a partir del cual se obtengan directamente ortofotos correctas geométricamente, incluso en las carreteras, viaductos, etc.

b. Método de obtención

A partir del MDT de correlación editado, adaptándolo a las cotas de puentes, viaductos, etc.

Sin embargo, no se modificará el MDT en las zonas de edificios, ya que no se pretende obtener una "ortofoto verdadera". Por tanto, las plantas bajas de los edificios quedarán en su posición correcta, y las cubiertas y tejados, desplazados.

3.3. Productos a entregar

a. Ficheros del MDT en ETRS89

Grid de correlación editado, en formato ASCII (X,Y,Z). Paso de malla 5m x 5m. Será el modelo de correlación editado, ajustado a las líneas de ruptura naturales del terreno.

b. Ficheros del MDS en ETRS89

Grid de correlación editado en formato ASCII (X,Y,Z). Paso de malla 5m x 5m. Será el modelo de correlación editado ajustado a las líneas de ruptura naturales y artificiales (puentes, viaductos, etc.) del terreno.

c. Líneas de ruptura del terreno ("breaklines")

En formato DXF. Se entregarán las líneas de ruptura naturales y artificiales en dos capas o niveles distintos. La Dirección Técnica entregará instrucciones concretas sobre la codificación y simbolización del fichero de líneas de ruptura.

d. Imagen de sombreado del MDS en ETRS89

Fichero TIFF + TFW según corte de hojas MTN25 .

e. Informe descriptivo del proceso de generación del MDE

Según documento "...PNOA Informe del proceso de producción.xls"

4. ORTOPROYECCIÓN, EQUILIBRADO RADIOMÉTRICO, MOSAICO Y REALCE

4.1. Ejecución de los trabajos

a. Método

El flujo de trabajo será digital. La ortofoto se generará a partir del MDS (Modelo Digital de Superficie)

El método de remuestreo será interpolación bilineal o bicúbica,

Se ortorrectificarán las imágenes de 4 bandas o, alternativamente, Color Natural y Falso Color Infrarrojo

b. Ortofotos a generar

Ortofotos 4 bandas RGBI o alternativamente:

- Ortofotos color RGB
- Ortofotos falso color infrarrojo IRG

Para las ortofotos falso color infrarrojo no será necesario aplicar retoques estéticos ni generar líneas de mosaico manuales o editar las generadas automáticamente.

c. Tamaño de píxel

Será de **0,25** metros

d. Profundidad de color

- 8 bits por banda

e. Orientación de las imágenes

Se generarán ortofotos orientadas al Norte UTM

f. Equilibrado radiométrico

- Unidad para el equilibrado: zonas de trabajo
- Se deberá garantizar continuidad cromática entre todas las hojas de las zonas de trabajo ("ortofoto continua"), preservando el color natural sin dominantes.
- Se eliminarán de la imagen los efectos producidos por "hot spot", vignetting y cualquier otro que empeore la calidad de la imagen, como manchas y destellos
- La Dirección Técnica dará instrucciones para la realización del equilibrado.

Si se aplica "dodging", debe ser lo más suave posible para no "aplanar" la radiometría de la imagen.

g. Mosaico

Se ortoproyectarán todas las fotos, para utilizar sólo la parte más central de cada una.

Se recomienda el trazado automático de la línea de mosaico mediante algoritmo de "mínimos cambios radiométricos" con edición manual. Las líneas de mosaico empleadas para la colección RGB serán aplicadas a la colección falso color infrarrojo.

El mosaico se realizará sin volver a remuestrear ninguna ortofoto: cada píxel del mosaico final ha debido ser interpolado una sola vez en todo el proceso.

h. Zonas censuradas por motivos de seguridad militar

Aquellas zonas eliminadas por la censura se enmascararán con un color sintético liso igual a la media del entorno, para no inducir a errores de interpretación, pero al mismo tiempo minimizar el efecto antiestético de las censuras.

i. Zonas de mar

No se enmascarará ninguna parte de las fotos existentes.

Las zonas sin fotografiar se enmascararán con un color liso similar al agua más próxima.

j. Corte de imágenes por hojas

Según distribución de hojas **1:5.000** que entregará la dirección técnica.

El corte será un rectángulo circunscrito con rebase de **50** metros con respecto a las 4 esquinas teóricas, debiendo ser las coordenadas de las esquinas múltiplos de 10 metros.

Se considera esquina superior izquierda de la imagen, la esquina superior izquierda del píxel superior izquierdo.

La distribución **1:5.000** empleada será la división en **8 x 8** de las hojas MTN50 oficiales en coordenadas UTM (ETRS89 ó REGCAN2001).

k. Sistema geodésico de referencia

Las ortofotos serán generadas en ETRS89, incluidos los mosaicos finales

4.2. Precisión geométrica

a. Error medio cuadrático

Será igual o inferior a **1 m**

El control se realizará mediante el levantamiento con GNSS de una muestra de puntos sobre algunas zonas de trabajo elegidas al azar, a realizar sobre un 10 % de los bloques fotogramétricos.

Criterio de rechazo: detección de problemas en más de un 5 % de las ortofotos

b. Error máximo en cualquier punto

Será igual o inferior a **1 m** en el 95% de los casos, en puntos bien definidos con precisión 1/3 del RMS. No podrá haber ningún punto con un error superior a 2 m

c. Discrepancias máximas entre ortofotos de fotogramas contiguos

Serán de 2 píxeles.

4.3. Productos a entregar

a. Ortofotos RGB (o alternativamente RGB+IRG) sin comprimir

Ortofotos RGB (o alternativamente RGB+IRG) sin comprimir, equilibradas radiométricamente, mosaicadas y cortadas según división de hojas **1:5.000**, en formato TIFF 6 plano (no "Tiled"), sin cabecero GeoTIFF (para evitar discrepancias con el TFW correspondiente)

b. Fichero TFW en ETRS89 de cada TIFF

La esquina superior izquierda del píxel superior izquierdo de cada hoja tendrá obligatoriamente coordenadas UTM (ETRS 89) exactas, múltiplo de 10 metros.

Las coordenadas que deben figurar en el fichero TFW serán múltiplos de 10 m con un incremento de $+ 1/2$ píxel en x y $-1/2$ píxel en y ya que se refieren al centro

del píxel. De esta forma, los múltiplos enteros de 10 m corresponderán a la esquina superior izquierda del píxel.

En el fichero TFW se añadirá al final una línea de comentario donde se indique el sistema de referencia al que corresponde.

c. Líneas de mosaico

En formato DXF con un texto interior que identifique el fotograma

d. Informe descriptivo del proceso de generación de ortofotos

Según documento "...PNOA Informe del proceso de producción.xls".

5. GRABACIÓN Y ARCHIVO DE PRODUCTOS

5.1. Ejecución de los trabajos

a. Grabación productos y documentos

Se realizará la grabación de todos los productos y documentos en discos duros SATA sin carcasa.

b. Almacenamiento de los ficheros del 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.

c. Número de copias

Se entregarán dos copias de cada producto, debiendo de utilizarse marcas diferentes de discos para cada copia de los ficheros

d. Medios y estructura de almacenamiento

Los productos y documentos serán grabados de acuerdo con la estructura de archivo que aparece en el documento "Nomenclatura de carpetas y ficheros" (Carpetas / Subcarpetas / Ficheros).

e. Lotes de trabajo

Las entregas se realizarán secuencialmente, según vayan completándose los trabajos de cada una de las fases 1 (aerotriangulación), 2 (modelo digital de elevaciones) y 3 (ortoproyección) de cada uno de los bloques de aerotriangulación, debiendo evitarse las entregas de todo el material correspondiente a un proyecto de una sola vez.

5.2. Productos a entregar

a. Listado de los ficheros contenidos en cada medio de almacenamiento

Según detallará la dirección técnica.

b. Informe descriptivo del proceso de archivo

Según documento "...PNOA Informe del proceso de producción.xls".

6. CONTROL DE CALIDAD

6.1. Ejecución de los trabajos

a. Control de calidad de los trabajos realizados

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

6.2. Productos a entregar

a. Informe descriptivo del proceso de control de calidad

Según documento "...PNOA Informe del proceso de producción.xls"

7. GRABACIÓN Y ARCHIVO DE PRODUCTOS

7.1. Ejecución de los trabajos

a. Informe descriptivo del envío de productos

Según documento "...PNOA Informe del proceso de producción.xls"

8. GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ABREVIATURAS EMPLEADOS EN EL DOCUMENTO

Término	Abreviatura	Definición
Error medio cuadrático	EMC	
<i>Random Mean Square</i>	RMS	Media cuadrática
Desviación típica	σ	
Modelo digital de elevaciones	MDE	
Modelo digital del terreno	MDT	
Modelo digital de superficie	MDS	
<i>Ground Sample Distance</i>	GSD	Tamaño del píxel a escala del terreno
<i>Global Positioning System</i>	GPS	Sistema de posicionamiento global
<i>Inertial Measurement Unit</i>	IMU	Unidad de medida inercial
<i>Inertial Navigation System</i>	INS	Sistema de navegación inercial
<i>Universal Time Coordinate</i>	UTC	Tiempo universal coordinado
<i>Area Weighted Average Resolution</i>	AWAR	Resolución media ponderada en la superficie del plano focal
<i>Forward Motion Compensation</i>	FMC	Dispositivo de compensación del desplazamiento del avión
<i>Line pairs per mm</i>	lp/mm	Pares de línea por milímetro
<i>Target Object Contrast</i>	TOC	Contraste de la escala de calibración