



NOTA DE SERVICIO 2/2010 DE LA SUBDIRECCIÓN DE PROYECTOS SOBRE LA CARTOGRAFÍA A INCLUIR EN LOS PROYECTOS DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS

El Real Decreto 1071/2007 de 27 de julio (BOE número 207 de 29 de agosto de 2007) ha modificado el Sistema Oficial Geodésico de referencia, habiendo pasado del Sistema ED50 al Sistema ETRS89.

La necesidad de adaptarse al nuevo sistema se ha incluido en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares (PPTP) de los contratos de servicios para la redacción de proyectos cuya licitación se produzca a partir de 2010.

Sin embargo, el PPTP de los contratos vigentes recoge todavía el Sistema ED50, siendo necesario que los proyectos que actualmente se encuentran en redacción se adecuen al Sistema ETRS89.

Por otra parte, el apartado de cartografía incluido en el nuevo PPTP se adapta a las nuevas tecnologías, manteniendo un alto nivel de exigencia para los trabajos de topografía.

En consecuencia, y en el marco de las actuaciones de la Subdirección General de Proyectos, se ha dispuesto lo siguiente:

1. Los proyectos que actualmente se encuentren en redacción deberán presentar la cartografía final y todos los listados con coordenadas en el sistema ETRS89. Para realizar el cambio de coordenadas del sistema ED50 a ETRS89 se realizará una transformación de acuerdo con la rejilla NTV2 que el CNIG (Centro Nacional de Información Geográfica) tiene disponible en su página web (www.cnig.es), en el apartado descargas/herramientas.". Esta adaptación no dará lugar a modificación del contrato de redacción del proyecto.



MINISTERIO
DE FOMENTO

SECRETARÍA DE ESTADO
DE PLANIFICACIÓN E
INFRAESTRUCTURAS

SECRETARÍA GENERAL DE
INFRAESTRUCTURAS

DIRECCIÓN GENERAL DE
CARRETERAS

SUBDIRECCIÓN GENERAL
DE PROYECTOS

Los trabajos de cartografía y topografía de los proyectos actualmente en redacción se realizarán preferiblemente de acuerdo con las especificaciones contenidas en el apartado correspondiente del nuevo PPTP para la redacción de proyectos, y que se adjunta como anexo a la presente Nota de Servicio.

Madrid, 29 de marzo de 2010
LA SUBDIRECTORA GENERAL
DE PROYECTOS

Fdo.: María José Rallo del Olmo



ANEXO

CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA

1. INTRODUCCIÓN

En el presente documento se reseñan las prescripciones técnicas que, salvo especial justificación en contrato, se deben cumplir para obtener cartografía a emplear en los estudios de carreteras que se realicen en o para la Dirección General de Carreteras.

Se ha dividido el contenido en cuatro apartados: vuelo, trabajos de campo para la obtención de cartografía 1/1.000, restitución y otros trabajos topográficos de campo. Esta división corresponde a etapas bien diferenciadas del proceso, que pueden ser llevadas a cabo por Empresas diferentes.

2. VUELO

2.1. Descripción

Cobertura fotográfica estereoscópica con cámara calibrada de las zonas determinadas por la Administración; a escala 1/5.000 para su realización con cámaras analógicas y para su realización con cámaras digitales con un tamaño de píxel a escala de suelo GSD (Ground Sample Distance) de 10 cm.

2.2. Condiciones del avión

El avión a utilizar estará equipado y debidamente acondicionado para la ejecución de los trabajos encomendados.

La cámara se montará de tal modo que se atenúen los efectos de las vibraciones del avión, y que los tubos de escape no empañen sus lentes.



2.3. Tipos de cámaras fotogramétricas

Para la obtención de las fotografías aéreas necesarias para la ejecución de los trabajos, podrán utilizarse cámaras aéreas analógicas, o cámaras aéreas digitales de formato matricial, indistintamente de acuerdo con las especificaciones que se detallan a continuación

2.4. Especificaciones técnicas para los vuelos realizados con cámaras fotogramétricas analógicas

2.4.1. *Condiciones de las cámaras fotogramétricas analógicas*

2.4.1.1. Condiciones generales

Las fotografías se obtendrán mediante una cámara fotogramétrica calibrada, cuyas condiciones generales se indican a continuación:

- La cámara tendrá un objetivo gran angular 150+5 mm, y el formato de los negativos será de doscientos cuarenta y uno por doscientos cuarenta y un milímetro (24,1 cm x 24,1 cm), siendo el formato útil de veintitrés por veintitrés centímetros (23 x 23 cm).
- La cámara estará equipada con los dispositivos necesarios para que la película se mantenga plana en el momento de la exposición. La flecha será inferior a trece micras (13 μ m).
- El marco de apoyo del fotograma poseerá las correspondientes marcas de referencia, y el ángulo formado por las rectas que unen las situadas en los lados opuestos, cuya intersección define el llamado centro fiducial de la imagen, será de cien grados centesimales (100°), con una tolerancia de un minuto centesimal en más o en menos ($\pm 0,01^\circ$). El segmento definido por el centro fiducial y el pie del eje del objetivo de la cámara en el plano de la imagen se verá, desde el centro de la pupila de salida del objetivo, bajo un ángulo inferior a un minuto centesimal (0,01°).
- Deberá estar provista de un sistema de navegación y adquisición de datos soportado por sistema de posicionamiento Global GPS (Global Positioning



System) en modo cinemático, con el fin de proporcionar datos espaciales. Este sistema debe garantizar:

- 1) Navegación de alta precisión.
- 2) Posibilidad de tomas fotográficas en coordenadas predeterminadas
- 3) Cálculo automático de la deriva, velocidad y altura.
- 4) Registro automático de las posiciones de cada fotograma.

2.4.1.2. Especificaciones del sistema GPS:

El sistema GPS utilizado podrá recibir en sus canales las portadoras de fase L1 y L2, y sus correspondientes códigos. Tendrá un mínimo de 12 canales de seguimiento continuo. Deberá de reconstruir la portadora L2 de forma completa.

La máscara de elevación estará fijada en un mínimo de 5° de altura.

El indicador de precisión por la posición de los satélites PDOP (Position Dilution of Precision) será inferior a 5 en todo momento para garantizar la precisión en la navegación.

La antena de alta calidad estará instalada en el exterior del avión en un lugar que asegure la recepción continua de la señal de los satélites y esté libre de interferencias de otros equipos del avión y de efectos "multiphat" o multitrayectoria.

2.4.1.3. Calidad del objetivo

La máxima distorsión radial en el negativo será de una centésima de milímetro (0,01 mm).

La resolución del objetivo será, como mínimo, de sesenta (60) líneas por milímetro en el centro del fotograma, y de diez (10) líneas por milímetro en sus bordes.

La pérdida de luminosidad en el plano de la imagen, medida por la pérdida de los bordes respecto de la del centro, será inferior al veinte por ciento (20 %).



Solamente se podrán utilizar filtros contruidos por la casa fabricante de la cámara.

2.4.1.4. Obturador de la cámara

Deberá utilizarse un obturador que reúna los requerimientos combinados de imagen y apertura óptima en las condiciones de iluminación que existan en el momento de la toma.

El obturador de la cámara permitirá, como mínimo, un tiempo de exposición de un trescientosavo de segundo (1/300 s).

Todas las marcas fiduciales serán perfectamente visibles en todos los fotogramas sin excepción.

2.4.1.5. Corrección de la deriva

La cámara irá provista de los mecanismos necesarios para la corrección continua de la deriva.

2.4.1.6. Calibración de la cámara

La cámara a emplear habrá sido calibrada a una temperatura que no exceda de veinte grados Celsius (20° C) de la que existirá durante la realización del vuelo.

El Consultor estará obligado a suministrar el certificado de calibración de la cámara emitido por el fabricante o centro autorizado por él y con antigüedad inferior a dos años, la cámara habrá sido calibrada con los filtros utilizados en la ejecución del trabajo.

2.4.2. *Condiciones de la película*

2.4.2.1. Soporte de la emulsión

El soporte de la emulsión será de poliéster, y poseerá una gran estabilidad dimensional, asegurando un coeficiente de expansión lineal térmico menor de 0.002%



por °C y un cambio lineal permanente menor que $\pm 0,016$ % entre la película pre-procesada y la post-procesada.

Su deformación permanente será del mismo orden de magnitud en cualquier dirección y será inferior al dos por diez mil (0,02 %).

2.4.2.2 Emulsión

La emulsión de la película será de grano fino.

Su graduación, contrastada sin ser dura.

La película en blanco y negro deberá de ser película pancromática con un rango espectral entre 400 nm y 750 nm.

La película en color deberá tener el rango espectral con la máxima sensibilidad en las bandas 430 nm (azul), 550 nm (verde) y 650 nm (rojo) aproximadamente.

La conservación de la película deberá de ser la recomendada por el fabricante de la misma y expuesta antes de que venza el período recomendado por el fabricante.

Su poder de resolución será, como mínimo, de sesenta (60) líneas por milímetro.

2.4.2.3. Tamaño de la imagen

La película proporcionará imágenes de veintitrés por veintitrés centímetros (23 cm x 23 cm) por cada exposición.

2.4.2.4. Revelado, proceso y secado de la película

El revelado, fijado, lavado y secado de la película expuesta se realizará de forma que los negativos obtenidos estén exentos de manchas, huellas digitales o cualquier otro defecto, ofreciendo tonos de color uniforme y con el contraste necesario para discriminar los distintos detalles de las zonas fotografiadas.



La película, en principio, se revelará de la forma y con el tipo de revelado que aconsejen sus fabricantes.

Para mantener la calidad de los colores o la gama de grises, la película expuesta será procesada lo antes posible con un plazo máximo a temperatura ambiente de 15 días para el B/N y 7 días para el color.

Estos procesos no afectarán a la estabilidad dimensional en más del tres por diez mil (0,03 %), en las distancias entre marcas fiduciales, ni en más del ocho por diez mil (0,08 %), en la escala del total del formato.

Se prohíbe el secado en alcohol.

2.4.3. *Condiciones del vuelo con cámaras fotogramétricas analógicas*

2.4.3.1. Líneas de vuelo

Las áreas a fotografiar serán cubiertas por una o varias pasadas paralelas, entendiéndose por tales aquellas cuyos ejes presenten desviaciones relativas inferiores a cinco grados centesimales (5°).

Cada una de dichas pasadas estará compuesta única y exclusivamente de tramos rectos, en los cuales se verificará que el ángulo en el punto principal de cada fotograma subtendido entre los homólogos de los puntos principales de los fotogramas precedentes y siguientes ha de estar comprendido entre ciento noventa y cinco y doscientos cinco grados centesimales (195° a 205°).

Las líneas de vuelo se proyectarán de forma que quede asegurada la cobertura estereoscópica del total de la zona. Todas las pasadas corresponderán a vuelos ininterrumpidos, y los últimos fotogramas de cada tramo recto se superpondrán a los primeros del tramo siguiente.



En caso de ser necesario interrumpir una pasada, al reanudarla, la nueva pasada solapará al menos tres fotogramas con la interrumpida.

2.4.3.2. Recubrimientos fotográficos

Los recubrimientos, con un error del cinco por ciento, en más o en menos ($\pm 5\%$), serán los siguientes:

- Longitudinal: Sesenta por ciento (60 %).
- Transversal: Veinticinco por ciento (25 %).

Siempre que exista un cambio de dirección en las líneas de vuelo, el par estereoscópico que corresponda al principio de la nueva sección, se solapará totalmente (100 %), con el último par de la anterior.

2.4.3.3. Condiciones meteorológicas

Los vuelos se realizarán cuando el cielo esté despejado, puedan obtenerse imágenes bien definidas, y el terreno a fotografiar ofrezca una situación normal, sin nieve o zonas inundadas. A título de orientación:

- Entre el 1 de marzo y el 30 de septiembre, solamente se tomarán fotografías durante la parte del día en la que el ángulo solar sea superior a cuarenta grados centesimales (40°), medidos a partir del mediodía solar verdadero. En los meses restantes y, salvo autorización expresa del Ingeniero Inspector de los trabajos, dicho ángulo quedará reducido a treinta y cinco grados centesimales (35°).
- No se obtendrán fotografías cuando el terreno aparezca oscurecido por niebla, bruma, humo o polvo, o cuando las nubes o sus sombras puedan ocupar más del cinco por ciento (5 %) de la superficie del fotograma.
- Los fotogramas no presentarán zonas borrosas ocasionadas por condensaciones o empañamientos del objetivo ocasionado por descensos rápidos (FLOU) u otras condiciones meteorológicas.



2.4.3.4. Deriva

La máxima deriva será inferior a cinco grados centesimales (5°). Se rechazarán las tiras de negativos en las que la deriva media exceda de tres grados centesimales (3°).

2.4.3.5. Velocidad de vuelo

La velocidad del avión deberá ser tal que, combinada con el tiempo de exposición, asegure un error de arrastre en la imagen inferior a una centésima de milímetro (0,01 mm).

Los desplazamientos de imagen debidos al movimiento de la cámara durante la exposición no deberán exceder de 25 micras, siendo necesario la utilización de un mecanismo compensador del desplazamiento del avión FMC (Forward Motion Compensation).

2.4.3.6. Informe de vuelo

Se presentará un informe completo de los vuelos realizados, en el que además de las observaciones que se estime pertinente incluir, se reseñarán los siguientes extremos:

- Condiciones meteorológicas.
- Fecha del vuelo.
- Situación del vuelo.
- Altura del vuelo.
- Hora de comienzo y término de la toma de fotografías.
- Descripción y referencia de las cámaras empleadas.
- Fecha y número de los fotogramas obtenidos.

2.4.4. *Fotogramas con cámaras fotogramétricas analógicas*

2.4.4.1. Escala aproximada

En ningún caso el denominador de la escala aproximada de los fotogramas que se obtengan será inferior en más del diez por ciento (10 %) del de la escala específica.



2.4.4.2. Verticalidad

La inclinación de cada fotograma será inferior a dos grados centesimales (2°).

2.4.4.3. Formato e información complementaria

El formato útil de los fotogramas será de veintitrés por veintitrés centímetros (23 cm x 23 cm).

Cada fotograma, además de tener claramente señalados las correspondientes marcas de referencia marginales, incluirá, en uno de sus bordes, la siguiente información:

- Número de referencia del trabajo.
- Número del fotograma.
- Día y hora en que se tomó la fotografía.
- Altitud media.
- Número de fabricación de la cámara.
- Distancia focal de la cámara.

2.4.4.4. Rotulación de los negativos

Cada negativo se rotulará claramente con caracteres de, aproximadamente, cinco milímetros (5 mm) de altura, señalando el número de rollo de la película y el que corresponde al negativo, comenzando con la primera exposición y continuando, en serie ininterrumpida, hasta la última.

2.4.5. Condiciones de las copias fotográficas con cámaras fotogramétricas analógicas

Las copias fotográficas se obtendrán de los correspondientes negativos por contacto.

Las copias sobre papel fotográfico tendrán como soporte papel blanco semimate, de peso doble y grano fino, cuya contracción diferencial será inferior al dos por mil (0,2 %).



Sus dimensiones serán de veintitrés por veintitrés centímetros (23 cm x 23 cm) y todas las copias de un mismo vuelo se realizarán en el mismo tipo y marca de papel fotográfico.

El proceso empleado en su consecución dará como resultado copias de densidad uniforme, y de tal tono de color y grado de contraste, que se muestren claramente todos los detalles de los respectivos negativos.

Todas las copias serán claras y limpias, y estarán exentas de manchas, defectos, ralladuras, arrugas o cualquier otro defecto que pueda disminuir su utilización.

En todo caso, cada copia incluirá la información indicada en el apartado 10.2.2.4.4.3.

2.4.6. *Condiciones de los gráficos de vuelo con cámaras fotogramétricas analógicas*

2.4.6.1. Contenido

El Consultor proporcionará los gráficos necesarios para mostrar, esquemáticamente, la situación relativa de cada una de las fotografías obtenidas.

En dichos gráficos deberá aparecer la posición aproximada de los fotocentros de cada fotograma, y estarán numerados aquellos cuya situación coincida con un múltiplo de diez (10), se marcará el contorno de la zona que corresponda a cada negativo.

Además en la representación de las fotografías que definan el principio y el final de cada línea de vuelo, se señalará el número de pasada y el número del negativo correspondiente.

2.4.6.2. Escala y formato

Los gráficos se realizarán a escala 1:50.000 o 1:25.000 sobre planos 1:50.000 o 1:25.000 del Mapa Topográfico Nacional e incluirán, la designación del Proyecto, la escala, la altura media de vuelo y la situación del Norte geográfico, las hojas del Mapa



Topográfico Nacional en que se encuentra y el nombre de la empresa que lo ha realizado.

Su formato preferiblemente se adaptara a la serie DIN.

2.4.7. *Documentos a entregar con cámaras fotogramétricas analógicas*

- Informe.
- Negativos originales sin contrastar.
- Dos (2) colecciones de copias por contacto en papel de peso doble.
- Gráfico de vuelo a escala 1:50.000 o 1:25.000.
- Coordenadas de los fotocentros obtenidos del GPS.
- Certificado de calibración de la cámara..

2.5. Especificaciones técnicas para los vuelos realizados con cámaras fotogramétricas digitales

2.5.1. *Condiciones de las cámaras fotogramétricas digitales*

2.5.1.1. Condiciones generales

Las fotografías se obtendrán mediante una cámara fotogramétrica digital calibrada, cuyas condiciones generales se indican a continuación:

- El sensor pancromático de la cámara deberá tener una resolución de al menos 5.000 columnas y 10.000 filas, y los sensores multiespectrales una resolución mínima como máximo 5 veces inferior.
- Resolución radiométrica del sensor de al menos 12 bits por banda.
- El campo de visión transversal será mayor de 50° y menor de 80° sexagesimales.
- La resolución espectral del sensor será:
 - 1 banda situada en el pancromático.
 - 4 bandas situadas en azul, verde, rojo, e infrarrojo cercano.
- Control de exposición automático.
- Deberá estar provista de un sistema de navegación y adquisición de datos



soportado por sistema GPS en modo cinemático, con el fin de proporcionar datos espaciales. Este sistema debe garantizar:

- Navegación de alta precisión.

 - Posibilidad de tomas fotográficas en coordenadas predeterminadas.
 - Cálculo automático de la deriva, velocidad y altura.
 - Registro automático de las posiciones de cada fotograma.
- Deberá estar provista de un sistema de medida inercial IMU/INS (Inertial Measurement Unit/ Inertial Navigation System).
 - La cámara deberá estar montada sobre plataforma giroestabilizada que permita mantener su verticalidad.
 - La cámara estará dotada de un mecanismo compensador del desplazamiento del avión (FMC), admitiéndose también el método de la compensación del avance del avión por medio de TDI (Time Delay Integration) .

2.5.1.2. Especificaciones del sistema GPS-INERCIAL

El sistema GPS utilizado podrá recibir en sus canales las portadoras de fase L1 y L2, y sus correspondientes códigos. Tendrá un mínimo de 12 canales de seguimiento continuo. Deberá de reconstruir la portadora L2 de forma completa.

La máscara de elevación estará fijada en un mínimo de 5° de altura.

El indicador de precisión por la posición de los satélites (PDOP) será inferior a 5 en todo momento para garantizar la precisión en la navegación.

La antena de alta calidad estará instalada en el exterior del avión en un lugar que asegure la recepción continua de la señal de los satélites y esté libre de interferencias de otros equipos del avión y de efectos “multiphat” o multitrayectoria.

La unidad de medición del sistema inercial compuesta por giróscopos y acelerómetros debe ir alojada sobre el eje de la cámara en el lugar establecido por el fabricante de la misma.



La deriva debe ser menor a 0,1º sexagesimales/hora.

La frecuencia de datos de registro debe ser ≥ 200 Hercios.

El sistema GPS/INS registrará la posición y orientación de la cámara en el momento del disparo.

2.5.1.3. Calibración de la cámara

La cámara a emplear habrá sido calibrada a una temperatura que no exceda de veinte grados Celsius (20° C) de la que existirá durante la realización del vuelo.

El Consultor estará obligado a suministrar el certificado de calibración de la cámara emitido por el fabricante o centro autorizado por él y con antigüedad inferior a dos años. La cámara habrá sido calibrada con los filtros utilizados en la ejecución del trabajo.

2.5.2. Condiciones del vuelo con cámaras fotogramétricas digitales

2.5.2.1. Líneas de vuelo

Las áreas a fotografiar serán cubiertas por una o varias pasadas paralelas, entendiéndose por tales aquéllas cuyos ejes presenten desviaciones relativas inferiores a cinco grados centesimales (5°).

Cada una de dichas pasadas estará compuesta única y exclusivamente de tramos rectos, en los cuales se verificará que el ángulo en el punto principal de cada fotograma subtendido entre los homólogos de los puntos principales de los fotogramas precedentes y siguientes ha de estar comprendido entre ciento noventa y cinco y doscientos cinco grados centesimales (195 a 205°).

Las líneas de vuelo se proyectarán de forma que quede asegurada la cobertura estereoscópica del total de la zona. Todas las pasadas corresponderán a vuelos



ininterrumpidos, y los últimos fotogramas de cada tramo recto se superpondrán a los primeros del tramo siguiente.

En caso de ser necesario interrumpir una pasada, al reanudarla, la nueva pasada solapará al menos tres fotogramas con la interrumpida.

2.5.2.2. Recubrimientos fotográficos

Los recubrimientos, con un error del cinco por ciento, en más o en menos ($\pm 5 \%$), serán los siguientes:

- Longitudinal: Sesenta por ciento (60 %).
- Transversal: Veinticinco por ciento (25 %).

Siempre que exista un cambio de dirección en las líneas de vuelo, el par estereoscópico que corresponda al principio de la nueva sección, se solapará totalmente (100 %) con el último de la anterior.

2.5.2.3. Condiciones meteorológicas

Los vuelos se realizarán cuando el cielo esté despejado, puedan obtenerse imágenes bien definidas, y el terreno a fotografiar ofrezca una situación normal, sin nieve o zonas inundadas. A título de orientación:

- Entre el 1 de marzo y el 30 de septiembre, solamente se tomarán fotografías durante la parte del día en la que el ángulo solar sea superior a cuarenta grados centesimales (40°), medidos a partir del mediodía solar verdadero. En los meses restantes y, salvo autorización expresa del Ingeniero Inspector de los trabajos, dicho ángulo quedará reducido a treinta y cinco grados centesimales (35°).
- No se obtendrán fotografías cuando el terreno aparezca oscurecido por niebla, bruma, humo o polvo, o cuando las nubes o sus sombras puedan ocupar más del cinco por ciento (5 %) de la superficie del fotograma.
- Los fotogramas no presentarán zonas borrosas ocasionadas por



condensaciones o empañamientos del objetivo ocasionado por descensos rápidos (FLOU) u otras condiciones meteorológicas.

2.5.2.4. Informe de vuelo

Se presentará un informe completo de los vuelos realizados, en el que además de las observaciones que se estime pertinente incluir, se reseñarán los siguientes extremos:

- Condiciones meteorológicas.
- Fecha del vuelo.
- Situación del vuelo.
- Altura del vuelo.
- Hora de comienzo y término de la toma de fotografías.
- Descripción y referencia de las cámaras empleadas.
- Fecha y número de los fotogramas obtenidos.

2.5.3 *Fotogramas con cámaras fotogramétricas digitales*

2.5.3.1. Escala del vuelo

La altura de las pasadas del vuelo se calculará de tal forma que se cumpla:

- El tamaño del píxel medio para toda la pasada a escala de suelo (GSD) será el solicitado \pm el diez por ciento (10 %).
- No habrá mas de un diez por ciento (10%) de fotogramas en cada pasada con píxel medio del fotograma a escala de suelo (GSD) superior al solicitado \pm el diez por ciento (10 %).

2.5.3.2. Verticalidad

La inclinación de cada fotograma será inferior a dos grados centesimales ($2''$).

2.5.3.3. Formato e información complementaria

Una vez procesadas las imágenes recogidas por la cámara, el formato de los fotogramas será TIFF 6 (Tagged Image File Format) sin compresión, con máxima



resolución geométrica después del proceso de generación de imágenes multispectrales de alta resolución partiendo de la imagen pancromática de alta resolución y de las imágenes multispectrales de baja resolución (pansharpening) y con profundidad de color de 8 bits por banda.

También se entregará una versión de cada fotograma, a plena resolución, comprimido en formato ECW (Enhanced Compressed Wavelet).

En un fichero en formato ASCII se entregará para cada fotograma la siguiente información:

- Número de referencia del trabajo.
- Pasada.
- Número del fotograma.
- Fecha y hora GPS de la toma (Marca de Evento).
- Coordenadas X Y del centro de proyección en ETRS89.
- Altura elipsoidal y altura ortométrica del centro de proyección.
- Ficheros de Giros (Omega, Phi y Kappa).
- Desviaciones estándar a priori en coordenadas y giros.



2.5.4. Condiciones de las copias fotográficas en papel con cámaras fotogramétricas digitales

Las copias fotográficas se obtendrán de las correspondientes imágenes por filmación en papel fotográfico con impresión láser RGB, con una resolución mínima de 300 puntos por pulgada.

Las copias sobre papel fotográfico tendrán como soporte papel blanco semimate, de peso doble y grano fino, cuya contracción diferencial será inferior al dos por mil (0,2 %).

Sus dimensiones se adaptarán a los formatos estándar de papel fotográfico existente (DIN A4, 30X24, 25X20, etc....) de tal manera que la escala de impresión sea aproximadamente la de la escala de vuelo 1/5.000 solicitada para el caso de realizarse con cámara analógica. Todas las copias de un mismo vuelo se realizarán en el mismo tipo y marca de papel fotográfico.

El proceso empleado en su consecución dará como resultado copias de densidad uniforme, y de tal tono de color y grado de contraste, que se muestren claramente todos los detalles de los respectivos negativos.

Todas las copias serán claras y limpias, y estarán exentas de manchas, defectos, ralladuras, arrugas o cualquier otro defecto que pueda disminuir su utilización.

En todo caso, cada copia obtenida incluirá la información:

- Identificación de la zona volada.
- Fecha y hora de realización del vuelo.
- Pasada y número de fotograma.
- Cámara que ha realizado el vuelo.
- Resolución del píxel a escala de suelo (GSD).
- Focal.
- Altura del vuelo.
- Escala aproximada de impresión.



2.5.5 Condiciones de los gráficos de vuelo con cámaras fotogramétricas digitales

2.5.5.1. Contenido

El Consultor proporcionará los gráficos necesarios para mostrar, esquemáticamente, la situación relativa de cada una de las fotografías obtenidas.

En dichos gráficos deberá aparecer la posición aproximada de los fococentros de cada fotograma, y estarán numerados aquellos cuya situación coincida con un múltiplo de diez (10), se marcará el contorno de la zona que corresponda a cada negativo.

Además en la representación de las fotografías que definan el principio y el final de cada línea de vuelo, se señalará el número de pasada y el número de la imagen correspondiente.

2.5.5.2. Escala y formato

Los gráficos se realizarán a escala 1:50.000 o 1:25.000 sobre planos 1:50.000 o 1:25.000 del Mapa Topográfico Nacional e incluirán, la designación del Proyecto, la escala, la altura media de vuelo y la situación del Norte geográfico, las hojas del Mapa Topográfico Nacional en que se encuentra y el nombre de la empresa que lo ha realizado.

Su formato preferiblemente se adaptará a la serie DIN.

2.5.6. Documentos a entregar con cámaras fotogramétricas digitales

- Informe.
- Imágenes digitales en formato TIFF.
- Imágenes digitales en formato ECW.
- Dos (2) colecciones de copias impresas en papel de peso doble.
- Datos de los fococentros obtenidos del sistema mixto GPS/Inercial (GPS/IMU/INS).



- Gráfico de vuelo a escala 1:50.000 o 1/25.000.
- Certificado de calibración de la cámara.

3. TRABAJOS DE TOPOGRAFÍA DE CAMPO PARA LA OBTENCIÓN DE CARTOGRAFÍA

3.1 Descripción de los trabajos de topografía de campo para la obtención de cartografía 1/1.000

Se realizarán trabajos topográficos de campo para obtener las coordenadas de los puntos de apoyo necesarios para la restitución fotogramétrica, para ello previamente se realizará una Red Básica que estará enlazada con el marco de referencia ETRS89 materializado mediante los Vértices de la Red Geodésica Nacional por Técnicas Espaciales (Red REGENTE) y la Red de Nivelación de Alta Precisión (RNAP) y que posteriormente (en otras fases del trabajo) será la base de partida para la confección de la Red de Bases de Replanteo que permitirá: la realización del replanteo, la obtención de perfil longitudinal, la obtención de perfiles transversales y la realización de levantamientos topográficos complementarios.

3.2. Formación de la Red Básica

Se establecerá una Red Básica doble (planimétrica y altimétrica), referida al marco ETRS-89 y a la red N.A.P., que servirá para materializar el sistema de coordenadas que se utilizará en el trabajo en planimetría y en altimetría.

Para ello se enlazará en planta con los vértices de la Red REGENTE utilizando metodología de observación para la obtención de datos posicionales desde satélites GNSS (Global Navigation Satellite System), y se les transmitirá cota ortométrica a partir de la Red de Nivelación de Alta Precisión (R.N.A.P.) o, en su defecto, de la Red de Nivelación de Precisión (R.N.P.).

Se describirá en la memoria de los trabajos de topografía con toda exactitud el procedimiento utilizado para la obtención de las coordenadas y cotas de los vértices de la Red, dibujándose la Red Básica en planos 1:50.000 o 1:25.000 del Mapa Topográfico Nacional. En uno de estos planos se representarán todas las baselíneas



medidas mediante G.P.S., tanto las de unión a la Red REGENTE como las propias de la red planimétrica y altimétrica así como las de enlace con los tramos adyacentes. En otro plano aparte, se representarán los anillos de nivelación con los itinerarios reales realizados en campo. Igualmente se describirá en la memoria la existencia de otros tramos anteriores o posteriores al del proyecto, y realizados con anterioridad, con los que se deba enlazar en caso necesario.

Se dejará constancia en el terreno de los vértices de la Red Básica mediante hitos prefabricados, clavos de hierro recibidos con hormigón u otro medio que garantice su permanencia. De cada uno de ellos se realizará una reseña y se incluirán en el Proyecto, conteniendo cada una de ellas un croquis de campo con la representación del entorno y además, se indicarán las referencias a tres puntos fijos del entorno, el acceso, el emplazamiento, sus coordenadas, cota y una fotografía en color que se incluirán en el Proyecto. La descripción de los vértices en las reseñas debe ser lo suficientemente detallada de forma que permita su localización sin necesidad de replantear su posición por coordenadas.

(General 3.3. Sistema de referencia

El sistema de referencia planimétrico que se utilizará en los trabajos es el oficial en la cartografía española, para la península y Baleares:

- Sistema de Proyección: Universal Transversa Mercator (UTM).
- Sistema Geodésico de Referencia: ETRS-89 materializado por los vértices de la red REGENTE.

Y para trabajos en las Islas Canarias se utilizará su sistema oficial:

- Sistema de Proyección: Universal Transversa Mercator (UTM).
- Sistema Geodésico de Referencia: REGCAN95-2001.

El sistema de referencia altimétrico que se utilizará en los trabajos será el nivel medio del mar en Alicante que es el definido por las líneas de la red N.A.P. para la Península, y las referencias mareográficas locales para cada una de las islas.



3.4. Metodologías de trabajo para la formación de la Red Básica

Dadas las características de obra lineal de los proyectos realizados por la Dirección General de Carreteras, uno de los condicionantes que debe cumplir el sistema de referencia es garantizar la continuidad lineal planimétrica y altimétrica de los diferentes tramos de un itinerario. Para este fin, y dentro del sistema oficial de referencia se ha diseñado la metodología de trabajo que se describe a continuación.

Para la realización de la Red Básica solamente se podrá utilizar metodología GPS y nivelación geométrica, con las limitaciones que se detallan en los siguientes apartados. El establecimiento de la Red Básica se compone de las siguientes tareas:

- Enlace al marco de referencia ETRS-89.
- Establecimiento de la Red Básica Planimétrica.
- Enlace a la red NAP.
- Establecimiento de la Red Básica Altimétrica.

La red planimétrica referida a la red REGENTE y la red altimétrica referida a la red NAP, estarán relacionadas además mediante baselíneas de enlace, de forma que toda la Red Básica constituye un bloque que definirá el marco de referencia global para el apoyo y los demás trabajos de topografía y cartografía del proyecto.

No se admiten para la realización de la Red Básica otras técnicas de observación GPS diferentes del posicionamiento estático relativo con postproceso. Por tanto, no son válidas las metodologías clásicas de poligonación, observaciones GPS con receptores monofrecuencia, observaciones de GPS en tiempo real RTK(Real Time Kinematic), bien sea mediante radio enlace o mediante enlace por módem con protocolo (Packet Radio Service), etc.

El tiempo de observación GPS debe ser el suficiente para fijar las ambigüedades de fase en L1 Y L2, aunque este tiempo depende de gran número de parámetros (longitud de la baselínea, número y configuración de los satélites que se reciben durante la medición, tipo de receptor, etc.) con carácter general se establecen los



siguientes tiempos de observación mínimos y las longitudes máximas de baselíneas a medir salvo justificación especial:

Longitud baselínea ≤ 10 km

10 km < longitud baselínea < 25 km

Tiempo mínimo de Observación: 10 minutos

10 minutos+1 min/km adicional

Se fija una longitud máxima de baselínea de 25 km. Asegurando la recepción de, al menos, 4 satélites durante el tiempo de observación con una máscara de elevación de 15 grados de altura. La configuración de la constelación de satélites tiene que ser tal que se tenga un indicador de precisión por la posición de los satélites (PDOP) igual o inferior a 5 durante toda la observación.

La utilización de nuevas tecnologías no incluidas en este Pliego quedan supeditadas a su aprobación por escrito por parte de la Dirección de los trabajos, previa presentación para su aprobación de la suficiente documentación técnica que justifique que la metodología utilizada mantiene o mejora las precisiones obtenidas con los métodos descritos.

3.4.1. *Enlace con el marco de referencia ETRS-89*

El marco de referencia ETRS-89 está materializado por los vértices de la Red REGENTE.

Además las nuevas redes de tecnología para la obtención de datos posicionales desde satélites (GNSS) disponen de coordenadas referidas a este mismo sistema de referencia, por tanto pueden integrarse dentro del mismo marco siempre y cuando las coordenadas procedan de un cálculo realizado por el I.G.N. u otro organismo oficial.

Para la georreferenciación planimétrica del proyecto, se enlazará mediante GPS al menos a dos vértices geodésicos de la red REGENTE o estaciones fijas de referencia de redes GNSS (ERGNSS) con coordenadas publicadas por organismos oficiales. En el caso de redes GNSS privadas, deberá presentarse certificado emitido por el organismo oficial que corresponda, que acredite que el cálculo de sus coordenadas



ha sido realizado por el IGN, una Comunidad Autónoma u otros organismos oficiales.

Este enlace se realizará desde al menos dos puntos fijos de la Red Básica, de forma que los dos vértices geodésicos o ERGNSS quedarán como mínimo birradiados, con el fin de detectar baselíneas erróneas, no pudiendo enlazarse a vértices o ERGNSS situados a una distancia del trazado superior a la longitud máxima de la baselínea (25 km).

Posteriormente, en la fase de cálculo, se incluirán como marco de referencia ETRS89 todos los vértices de la Red REGENTE que se consideren necesarios de intervenir con el fin de que circunscriban la zona de trabajo, y como mínimo cuatro. Entre estos vértices REGENTE se incluirán también los empleados por los tramos adyacentes en sus respectivos cálculos con el fin de emplear un marco de referencia común y garantizar la continuidad entre tramos.

Se calculará una transformación Helmert de siete parámetros, para el paso de coordenadas geodésicas ETRS89 con alturas elipsoidales, a la proyección UTM en el sistema ETRS89 con alturas ortométricas referidas al nivel medio del mar en Alicante.

Este paso resolverá la planimetría y altimetría de forma independiente, de modo que se emplearán como puntos fijos planimétricos los vértices de la Red REGENTE y/o ERGNSS así como los vértices enlazados de los tramos adyacentes que cumplan las tolerancias establecidas, y en la altimetría se fijarán igualmente los vértices de la Red REGENTE y/o ERGNSS situados a una distancia del tramo mayor de 2 km, vértices de los tramos adyacentes, así como todos los vértices de la Red Básica Altimétrica con cota procedente de nivelación geométrica a partir del enlace a la red NAP. Los pequeños errores residuales que se obtengan de la aplicación de esta transformación serán distribuidos de forma que las coordenadas resultantes de los puntos fijos transformados deberán ser coincidentes con las originales que figurarán en la reseña oficial de los mismos.



Se indicará claramente en la memoria la relación de vértices empleados, haciendo distinción entre los vértices observados en campo con GPS y los que solamente han intervenido en el cálculo de la transformación, indicando aquellos que han sido rechazados en el cálculo. En ningún caso, se podrán rechazar en el cálculo la totalidad de los vértices geodésicos o ERGNSS enlazados en campo, en cuyo caso sería necesario volver a realizar las observaciones del enlace a la red REGENTE en el campo.



3.4.2. *Establecimiento de la Red Básica Planimétrica*

Se establecerá una red planimétrica de aproximación al trazado mediante técnicas GPS, compuesta por al menos tres vértices que deberá cubrir la zona que ocupe el proyecto, de forma que la distancia máxima entre los vértices de la Red Básica será de 4000 m. Por otra parte, la Red Básica tampoco deberá desviarse del trazado una distancia superior a 4.000 m.

Esta red servirá de base para el apoyo y posteriores trabajos de topografía. Por tanto sus vértices deberán emplazarse en lugares accesibles, con horizonte despejado libre de obstáculos y que garanticen su permanencia y estabilidad, de forma que si en alguna de las fases del proyecto se detecta la desaparición de más del 25% de sus vértices, éstos deberán reponerse en su totalidad.

La metodología de trabajo se basará en el posicionamiento GPS en modo estático relativo con postproceso. Los tiempos y condiciones de la observación serán los indicados en el apartado 10.2.3.4. con carácter general.

El cálculo y compensación de la trilateración, que configura la Red Básica, se realizará por el método de mínimos cuadrados.

Las tolerancias en el error medio cuadrático de los incrementos de coordenadas medidas (en las tres dimensiones, ΔX , ΔY , ΔZ) en las observaciones serán de 30 mm.

Para garantizar la fiabilidad de la Red Básica es fundamental la redundancia de datos para el cálculo de las baselíneas en el elipsoide WGS84, con esta filosofía el método de trabajo para la creación de la Red Básica recomendado es la triangulación con técnicas GPS.

Toda la zona objeto del trabajo debe quedar cubierta por una triangulación formada por las baselíneas que unan entre sí los vértices de la Red Básica. A cada vértice de la Red Básica deben llegar al menos tres baselíneas, excepto los dos vértices extremos de la triangulación, que podrán tener solamente dos baselíneas.



Esta red de aproximación al proyecto, deberá estar rodeada de un marco de referencia geodésico materializado por al menos 4 vértices pertenecientes a la red REGENTE o ERGNSS que circunscriban toda la zona de trabajo, de los cuales al menos dos deberán enlazarse mediante dos baselíneas (birradiación GPS) desde dos vértices de la Red Básica, no pudiendo quedar los Vértices de la Red Básica exteriores al polígono formado por los vértices geodésicos y ERGNSS.

La longitud máxima de cualquier baselínea queda limitada a 25 km. Dadas las características de la Red Básica triangulada es recomendable la utilización de al menos tres equipos GPS midiendo de forma simultánea lo que garantiza la redundancia de las observaciones.

En todas las metodologías descritas cuando se habla de unir o enlazar con un mínimo de baselíneas de observación, se sobrentiende que estas baselíneas de unión deben haber sido todas admitidas en el proceso de cálculo, siendo necesario repetir o enlazar con otros tantos vértices como los rechazados en el cálculo, para conseguir el mínimo requerido en cada caso.

En caso de realizarse una comprobación de la Red Básica Planimétrica desde los Vértices Geodésicos el 100% de los vértices comprobados presentará diferencias menores de 10 cm en las coordenadas originales respecto a las coordenadas obtenidas en la comprobación.

3.4.3. Enlace con la Red NAP

La transmisión de cota ortométrica a la Red Básica Altimétrica se realizará mediante una nivelación geométrica doble a partir de la Red de Nivelación de Alta Precisión (R.N.A.P.) o de la Red de Nivelación de Precisión (R.N.P.). En su defecto, si la distancia a una señal de la Red NAP o NP es mayor de 20 km, se permitirá tomar como referencia altimétrica para definir el plano de comparación, la cota obtenida a partir del enlace a la Red REGENTE en uno de los vértices de la Red Básica, o bien, la transmitida por uno de los tramos adyacentes.

La tolerancia para esta nivelación geométrica es:

- error en cota $\leq 10 (k)^{1/2}$ mm; siendo k=longitud del itinerario en km.



En caso de existir una línea de nivelación del IGN en las proximidades del trazado (3-4 km) que discurra sensiblemente paralela a éste y conserve una densidad de clavos suficiente (un clavo cada 2 km), podrá emplearse como Red Básica Altimétrica. Se indicará en la memoria los clavos que la conforman, se entregará su reseña oficial y se enlazarán cada uno de ellos mediante GPS a la red planimétrica con la metodología descrita anteriormente.

En ningún caso, la red altimétrica podrá estar constituida por clavos NAP pertenecientes a diferentes líneas de nivelación sin comprobación del enlace entre éstas mediante nivelación geométrica.

Todos aquellos clavos, ya sean NAP o vértices de la Red Básica, que no hayan sido nivelados geoméricamente en una línea de nivelación continua en esta fase de los trabajos no podrán emplearse en la posterior nivelación de la red de bases de replanteo para el cierre de anillos aislados. Por tanto, la utilización de la red NAP como red altimétrica del proyecto, condicionará la posterior fase de observación de la red de bases de replanteo, de modo que la nivelación de las bases replanteo deberá ser continua y encuadrada entre clavos NAP pertenecientes a la misma línea de nivelación, no pudiendo realizarse anillos aislados de ida y vuelta a un mismo clavo NAP.

3.4.4. Establecimiento de la Red Básica Altimétrica

Paralelamente a la Red Básica Planimétrica se establecerá una red de clavos de nivelación de al menos 3 puntos, próxima al trazado (3-4 km) que constituirá el marco de referencia altimétrico para el proyecto.

La metodología de observación de esta red será una nivelación geométrica doble (ida y vuelta), continua, que discurra a lo largo del trazado, materializándose con al menos un vértice cada 2 km. Además, cada vértice de la Red Básica Altimétrica deberá enlazarse al menos a dos vértices de la Red Básica Planimétrica mediante observaciones GPS con la metodología anteriormente descrita (apartado 10.2.3.4.), de forma que todos los clavos de la red altimétrica tendrán además coordenadas



planimétricas promediadas y ajustadas en bloque con el resto de observaciones del conjunto global del proyecto.

Podrán formar parte de esta red altimétrica aquellos vértices de la red planimétrica que se incluyan en los anillos de nivelación realizados y se les transmita cota ortométrica mediante nivelación geométrica.

Al igual que la red planimétrica, se dejará constancia en el terreno de los vértices de la red mediante hitos prefabricados, clavos de hierro recibidos con hormigón u otro medio que garantice su permanencia y estabilidad. De cada uno de ellos se realizará una reseña y se incluirán en el Proyecto, conteniendo cada una de ellas un croquis de campo con la representación del entorno y además, se indicarán las referencias a tres puntos fijos del entorno, el acceso, el emplazamiento, sus coordenadas, cota y una fotografía en color. La descripción de los vértices en las reseñas debe ser lo suficientemente detallada de forma que permita su localización sin necesidad de replantear su posición por coordenadas.

Con el fin de garantizar la permanencia de la Red Básica Altimétrica, no se admitirán redes altimétricas con más del 50 % de sus clavos materializados sobre asfalto. En cualquier caso, si en alguna de las fases del proyecto se detecta la desaparición de más del 50 % de sus vértices, éstos deberán reponerse.

En caso de realizarse una comprobación de la Red Básica Altimétrica, el 100 % de los vértices comprobados presentará diferencias en cota menores de $20 (k)^{1/2}$ mm; siendo k=longitud del itinerario en km en las cotas originales respecto a las cotas obtenidas en la comprobación.

3.4.5. Enlace con los tramos adyacentes

Con el fin de garantizar la continuidad planimétrica y altimétrica entre tramos, se enlazarán con al menos dos vértices del tramo anterior y dos vértices del tramo siguiente.



Este enlace se realizará mediante GPS desde al menos dos puntos fijos de la Red Básica, de forma que los dos puntos de los tramos adyacentes quedarán como mínimo birradiados.

En la fase de cálculo, se realizará un ajuste previo de la red propia del proyecto con los vértices de la red REGENTE/ERGNSS y clavos NAP observados como puntos fijos que definen el marco de referencia y se contrastarán las coordenadas obtenidas de este cálculo con las facilitadas por los tramos adyacentes.

En caso de que las diferencias observadas cumplan las tolerancias establecidas,

$$dXY < 10 \text{ cm} \quad ; \quad dH \leq 20 (k)^{1/2} \text{ mm}$$

se realizará un el cálculo definitivo según lo descrito en el apartado 10.2.3.4.1.: Se calculará una transformación Helmert de siete parámetros, resolviendo la planimetría y altimetría de forma independiente, de modo que se emplearán como puntos fijos planimétricos los vértices de la Red REGENTE y/o ERGNSS así como los vértices enlazados de los tramos adyacentes que cumplan la tolerancia planimétrica, y en la altimetría se fijarán igualmente los vértices de la Red REGENTE y/o ERGNSS situados a una distancia del tramo mayor de 2 km, vértices de los tramos adyacentes que cumplan la tolerancia altimétrica, así como todos los vértices de la Red Básica Altimétrica con cota procedente de nivelación geométrica.

En la memoria de los trabajos quedarán reflejadas las diferencias encontradas con los tramos adyacentes, así como se indicará qué vértices se han considerado fijos en planimetría y/o altimetría.

En el caso de enlazarse con un proyecto realizado en coordenadas UTM ED50, el procedimiento de trabajo será el mismo descrito anteriormente tras pasar las coordenadas planimétricas de los Vértices de la Red Básica del tramo contiguo en ED50 a ETRS89, ya que la cota no se modifica en el cambio de sistema.



Para el cambio de coordenadas planimétricas, puede utilizarse una transformación matemática rigurosa (pasar a coordenadas elipsoidales, calcular sus coordenadas en el nuevo elipsoide y obtener su proyección UTM), si bien para las precisiones requeridas sería suficiente realizar el cambio de coordenadas utilizando una interpolación bilineal en la rejilla que para este fin ha publicado el IGN.

Para este caso en que se enlace un nuevo proyecto con otro anterior en ED50, será necesario pasar al nuevo sistema de referencia las alineaciones de la unión del proyecto antiguo con el nuevo. Para este fin también bastará con transformar las coordenadas de los puntos singulares del trazado con una interpolación bilineal en la rejilla publicada por el IGN.

En cualquier caso, como comprobación adicional en caso de existir estacas del replanteo del proyecto anterior, se obtendrán al menos las coordenadas en el nuevo sistema de los últimos 100 m del trazado, verificándose que las diferencias entre las coordenadas obtenidas en campo y las calculadas por la transformación matemática utilizada son inferiores a la tolerancia dada (25 cm) para la comprobación del estaquillado del eje, ya que esta tolerancia es mucho mayor que las diferencias que se producen al cambiar las alineaciones de un sistema de referencia a otro (las modificaciones estimadas en posición planimétrica de los puntos singulares y puntos de tangencia son inferiores a 2 cm).

3.5. Trabajos de apoyo de campo

Los trabajos de apoyo de campo comprenderán la toma de datos en campo que se requieran para determinar la posición planimétrica y altimétrica de los puntos de apoyo necesarios para la restitución fotogramétrica de las fotografías aéreas verticales obtenidas. Para la obtención de sus coordenadas se partirá de la Red Básica realizada.

Dada la posibilidad de realizar vuelos analógicos y vuelos digitales en los que existen datos de un sistema mixto GPS/Inercial (GPS/IMU), se plantean varias alternativas para la realización del apoyo de campo:



3.5.1. *Apoyo de campo para vuelos analógicos*

El apoyo se efectuará con un mínimo de 5 puntos por par estereoscópico. En las zonas de mayor dificultad topográfica, previa justificación, se podrá reducir a 4.

En una colección de copias por contacto de los fotogramas correspondientes, se pincharán los puntos de apoyo y los vértices de la Red Básica que queden incluidos en el fotograma; se pincharán en el fotograma en que su identificación sea más clara (cuyo número y pasada junto con el croquis se indicará en la reseña del punto de apoyo), enmarcando su posición en los demás fotogramas en los que aparezca. En el anverso de las copias, los puntos pinchados se enmarcarán mediante círculos o triángulos equiláteros, al objeto de localizar su posición.

La posición de los puntos de apoyo en los fotogramas será lo bastante próxima a las esquinas de los fotogramas para que la zona a restituir quede en el interior del polígono formado por los puntos, quedando recubierto por el citado polígono al menos el 70 % del fotograma en la dirección de avance de la pasada.

Las coordenadas planimétricas y altimétricas de los puntos de apoyo se obtendrán por radiación desde los vértices de la Red Básica, bien sea por procedimientos clásicos (teodolito y distanciómetro) o por radiación con técnicas GPS.

Para la obtención de las coordenadas de los puntos de apoyo por procedimientos clásicos, se limitará la longitud entre el vértice de la Red Básica utilizada para radiar y el punto radiado a 1 km, limitándose esta longitud de radiación con el fin de obtener unas precisiones respecto a la Red Básica iguales o mejores de 0,10 m tanto en planimetría como en altimetría.

En caso de utilizarse tecnología GPS podrá utilizarse el método estático relativo con las limitaciones siguientes:

Recepción de, al menos, 4 satélites durante el tiempo de observación con una máscara de elevación de 15 grados de altura.



Longitud baselínea ≤ 10 km

10 km $<$ longitud baselínea < 25 km

Tiempo mínimo de Observación: 10 minutos

10 minutos+1 min/km adicional

La configuración de la constelación de satélites tiene que ser tal que dispongamos de un indicador de precisión por la posición de los satélites (PDOP) inferior a 5 durante toda la observación.

Para la radiación de los puntos de apoyo también podrá utilizarse tecnología RTK, bien sea mediante radio enlace, o mediante enlace por módem con protocolo GPRS (General Packet Radio Service), quedando limitada la longitud de las baselíneas a 10 Kms, y siempre que se garantice una precisión respecto a la Red Básica igual o mejor que 10 cm.

En caso de realizarse una comprobación de los puntos de apoyo desde la Red Básica el 90% de los puntos comprobados presentará diferencias menores de 20 cm en las coordenadas y cotas originales respecto a las coordenadas y cotas obtenidas en la comprobación.

3.5.2. *Apoyo de campo para vuelos digitales*

Por tener los vuelos digitales realizados con sistemas mixtos GPS/Inerciales (GPS/IMU) una mayor información que los vuelos analógicos, el apoyo de campo podrá realizarse con dos metodologías distintas.

3.5.2.1. Apoyo de campo continuo para vuelos digitales

En este caso el apoyo se realiza igual que en los vuelos analógicos, con un mínimo de 5 puntos por par estereoscópico. En las zonas de mayor dificultad topográfica, previa justificación, se podrá reducir a 4.

En una colección de copias positivas de los fotogramas correspondientes, se pincharán los puntos de apoyo y los vértices de la Red Básica que queden incluidos



en el fotograma; se pincharán en el fotograma en que su identificación sea más clara (cuyo número y pasada junto con el croquis se indicará en la reseña del punto de apoyo), enmarcando su posición en los demás fotogramas en los que aparezca. En el anverso de las copias, los puntos pinchados se enmarcarán mediante círculos o triángulos equiláteros, al objeto de localizar su posición.

La metodología de trabajo para la obtención de los puntos de apoyo es exactamente igual que la descrita en el punto anterior para los vuelos analógicos.

3.5.2.2. Apoyo de campo con aerotriangulación para vuelos digitales

Siempre que los datos del sistema mixto GPS/Inercial (GPS/IMU) se hayan medido correctamente durante el vuelo, se puede realizar el apoyo mediante una aerotriangulación analítica en la que intervengan estos datos obtenidos más los puntos de apoyo obtenidos en campo de acuerdo con las normas siguientes:

- Se obtendrán 2 puntos de apoyo desdoblados en el primer modelo y último de cada pasada, y un punto más desdoblado cada ocho modelos (los puntos se deben desdoblar por la menor definición que tienen los fotogramas positivos de los vuelos digitales y que dificulta mucho el pinchado y puede inducir a error en la identificación de los puntos).
- Los puntos en este primer y último modelo deben estar a una distancia de la esquina del fotograma no inferior a 1,5 cm y no superior de 4 cm.
- Si no se puede cumplir los requisitos anteriores en el primer o último modelo, éstos se apoyarán con 4 puntos de apoyo hasta que en un modelo se puedan cumplir los requisitos anteriores.
- Se dará un punto de control altimétrico complementario cada 4 modelos en zonas de posado fiable, especialmente en carreteras realizarse o plataformas que aparezcan en el vuelo, las coordenadas de estos puntos no se incluirán en el cálculo de la aerotriangulación, sino que servirán para verificar las diferencias entre las coordenadas que les asigne el cálculo de la aerotriangulación y sus coordenadas obtenidas en campo.
- Siempre en todas las pasadas debe haber al menos un punto de apoyo en el interior de la pasada.



- Si durante el proceso de cálculo de la aerotriangulación los datos del sistema mixto GPS/Inercial (GPS/IMU) fuesen rechazados, deberá al apoyo de forma continua.

Obviamente los programa de cálculo de aerotriangulación utilizados debe incluir los datos del sistema mixto GPS/Inercial (GPS/IMU) de la cámara en el proceso de cálculo.

Los programas que se utilicen para la obtención de los valores de los parámetros de orientación externa de las imágenes se basarán en el ajuste de los bloques por haces, permitiendo combinar los datos de los puntos de apoyo, los datos GPS, los datos inerciales y los datos fotogramétricos.

Los programas que se utilicen para la obtención de los valores de los parámetros de orientación externa de las imágenes incluirán en su proceso de cálculo de algoritmos de detección automática y eliminación de errores groseros.

Se observarán un mínimo de 12 puntos de enlace (2 en cada zona de Von Grüber) conectando los modelos, en caso de existir más de una pasada paralela se dará como mínimo 1 punto de conexión entre pasadas. La medición de estos puntos puede realizarse de forma automática por correlación o bien de forma manual.

La empresa informará del software que se utilice para este proceso, así como de la idoneidad para la realización de este trabajo.

Las precisiones del ajuste, los puntos de apoyo y control que intervengan en el cálculo serán:

- Desviación típica a posteriori de la medidas de fotocoordenadas (Precisión interna): Error medio cuadrático < 5 micras.
- Error medio cuadrático de los errores residuales planimétricos en los puntos medidos (Precisión interna planimétrica final) < 10 cm.
- Error medio cuadrático de los errores residuales altimétricos en los puntos medidos (Precisión interna altimétrica final) < 10 cm.



- Error residual máximo planimétrico en los puntos de apoyo utilizados < 10 cm.
- Error residual máximo altimétrico en los puntos de apoyo utilizados < 15 cm.
- Error máximo altimétrico en cada punto de control < 15 cm.

3.6. Documentos a entregar de la Red Básica y del apoyo de campo

3.6.1. Red Básica:

La documentación mínima a entregar de esta fase del trabajo es:

- Informe en el que se contenga al menos:
 - o Enlace a la red geodésica: vértices geodésicos de enlace para la transformación de sistemas de coordenadas.
 - o Enlace con la NAP.
 - o Instrumentación.
 - o Métodos topográficos empleados.
 - o Indicación expresa de haber alcanzado las precisiones exigidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas para la realización del Proyecto.
 - o Proyección cartográfica empleada.
- Gráfico de las baselíneas de la Red Básica sobre planos 1:50.000 o 1:25.000 del Mapa Topográfico Nacional.
- Gráfico de nivelación geométrica sobre planos 1:50.000 o 1:25.000 del Mapa Topográfico Nacional.
- Listado de baselíneas.
- Reseñas de vértices geodésicos o ERGNSS y Nivelación de Alta Precisión (NAP), facilitados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN).
- Reseñas de vértices de la Red Básica Planimétrica y Red Básica Altimétrica.
- Reseñas de puntos auxiliares de nivelación (empleados en el cierre de anillos y que no pertenezcan a la Red Básica).
- Cálculo de Red Básica, nivelación geométrica y enlace altimétrico con listado de las coordenadas definitivas.
- Enlace con tramos adyacentes (en caso de que los haya).



En los cálculos de GPS se entregarán los listados de la compensación por mínimos cuadrados, que incluirán al menos los siguientes parámetros:

- Residuos de las observaciones después de la compensación: Correcciones que se aplican a las distancias y los desniveles después de la compensación.
- Error medio cuadrático de las observaciones (distancias).
- Error medio cuadrático de determinación de las coordenadas, x, y, z, finales, compensadas de la red.
- Elipses de error de determinación de la posición de los vértices de la red, definidas por los semiejes mayor y menor.
- Precisión de ajustes de la Red Básica con la R.G.N.
- Listado de coordenadas de la Red Básica en el sistema ETRS89.

3.6.2. *Apoyo de campo:*

3.6.2.1. Apoyo de campo continuo

La documentación mínima a entregar de esta fase del trabajo es:

- Cálculo de puntos de apoyo.
- Reseñas de puntos de apoyo (con croquis de campo, número de punto, coordenadas, número de fotograma y pasada).
- Colección de fotogramas positivos pinchados.
- Gráfico de situación de los puntos de apoyo sobre los planos 1:50.000 o 1:25.000 del Mapa Topográfico Nacional.
- Los cuadernos de campo con la relación de los ángulos y distancias en caso de realizarse por metodología tradicional.
- Los listados de baselíneas en caso de realizarse por métodos GPS.

3.6.2.2. Apoyo de campo con aerotriangulación en vuelos digitales

La documentación mínima a entregar de esta fase del trabajo es:

- Cálculo de puntos de apoyo de campo.
- Reseñas de puntos de apoyo (con croquis de campo, número de punto, coordenadas, número de fotograma y pasada).
- Colección de fotogramas positivos pinchados.



- Los cuadernos de campo con la relación de los ángulos y distancias en caso de realizarse por metodología tradicional.
- Los listados de baselíneas en caso de realizarse por métodos GPS.
- Listados de cálculo de la aerotriangulación, donde se ponga de manifiesto los errores residuales del proceso de cálculo, así como los puntos rechazados en el cálculo.
- Ficheros de orientaciones absolutas de los pares fotogramétricos obtenidos de la aerotriangulación.
- Diferencias obtenidas entre la cota obtenida en el cálculo y la obtenida en campo de los puntos complementarios de control altimétrico.
- Grafico de situación de los puntos de apoyo sobre los planos 1:50.000 o 1:25.000 del Mapa Topográfico Nacional, en el que se incluyan los puntos obtenidos en campo y los puntos de control altimétrico, diferenciándose claramente mediante distintos símbolos.

4. RESTITUCIÓN

4.1. Descripción

La restitución se hará a escala 1:1.000, con curvas de nivel a 1 m de equidistancia salvo indicación expresa en contra de la Dirección del Proyecto o de la Subdirección General de Proyectos. La franja a ambos lados del futuro eje será lo suficientemente amplia para que dé una idea completa del terreno circundante y edificios o lugares necesarios a ubicar en la planimetría. Los planos recogerán la toponimia local de poblaciones, caseríos, ríos, etc.

La restitución será analítica, ya que se pretende realizar un modelado de los elementos reales, identificando las entidades discretas que la forman con elementos lineales que las representan, y almacenándolas georreferenciadas en formato digital; es decir, todos los elementos estarán representados por las coordenadas de los puntos que los definan incluidos los textos que tendrán un punto de inserción y una orientación para su correcta representación gráfica.



Se presentarán en un formato que guarde la información tridimensional tanto de la planimetría como de la altimetría.

La restitución se realizará en aparatos analíticos o digitales correctamente calibrados, no siendo admisible la utilización de aparatos analógicos a los que se acoplen codificadores. Se indicará el tipo de aparato empleado y su precisión, adjuntándose los correspondientes certificados de calibración. En el caso de utilizar aparatos digitales se adjuntará el certificado de calibración del escáner fotogramétrico usado así como el detalle de su precisión y resolución geométrica. También se indicará el sistema gráfico original de captura y el formato original de los ficheros magnéticos obtenidos en la restitución.

Los errores residuales máximos de los puntos de apoyo en la orientación de los modelos serán:

- En planimetría: 25 cm.
- En altimetría: 25 cm.

El error medio cuadrático máximo residual de los puntos de apoyo en la orientación tanto en planimetría como en altimetría será: 10 cm.

4.2. Sistema de coordenadas

Los mapas de un misma área se referirán a un solo sistema de coordenadas, especialmente si un trabajo se desarrolla en dos husos diferentes, se representará en un único huso, que será el que comprenda la mayor parte del trabajo.

En caso de ser imprescindible la utilización de cartografía en dos husos distintos en un mismo proyecto, será necesaria la autorización explícita del Director de los Trabajos que dictará en su caso las normas necesarias para garantizar la continuidad del proyecto al cambiar el huso.



Se dibujarán los vértices de una red de cuadrados de diez centímetros (10 cm) de lado, orientados según el sistema de coordenadas; en cada hoja de la cartografía aparecerán las coordenadas de al menos dos de estos vértices, para tener así definidas de forma gráfica las coordenadas de cualquier punto de la hoja.

En todas las hojas se indicará la posición del norte del sistema de coordenadas mediante un símbolo fácilmente identificable.

4.3. Puntos bien definidos en planimetría

La posición del noventa por ciento (90 %) de los puntos bien definidos, no diferirá de la verdadera en más de cinco décimas de milímetro (0,5 mm) a la escala del mapa.

Los mapas deberán reflejar todos los detalles planimétricos del terreno y de las construcciones que puedan aparecer en el mismo, con dimensión mínima mayor de quince décimas de milímetro (1,5 mm).

Serán de interés los ríos, lagos y embalses; las zonas de arbolado y de cultivo; los caminos, carreteras, ferrocarriles, canales, puertos, embarcaderos y aeropuertos; las líneas aéreas de transporte de energía o de comunicaciones; y demás elementos visibles similares.

Los edificios y demás construcciones se representarán a escala, siempre que sus dimensiones equivalentes resulten superiores a dos milímetros y medio (2,5 mm).

En mapas de zonas urbanas se exigirán únicamente las manzanas de casas, pero no los patios interiores.

4.4. Puntos bien definidos en altimetría

4.4.1. Definición



En los mapas deberán figurar las cotas altimétricas de todos aquellos elementos que, por su situación o condiciones, convenga definir, tales como vértices geodésicos identificables en los fotogramas, la superficie del agua de los lagos, depósitos y lagunas; vértices de montañas, collados y puertos; depresiones y vaguadas; intersecciones de carreteras; líneas de ferrocarril en las estaciones; extremos de los ejes de viaductos, puentes y estructuras análogas, etc.

4.4.2. Precisión altimétrica

Las cotas del noventa por ciento (90 %) de los puntos bien definidos, no diferirán de las verdaderas en más de un cuarto ($1/4$) del valor de la equidistancia entre curvas de nivel.

4.4.3. Precisión de las curvas de nivel

Las curvas de nivel, en terreno no enmascarado por vegetación, se dibujarán con una exactitud tal, que el noventa por ciento (90 %) de las cotas obtenidas por interpolación de aquellas, no diferirá de las verdaderas en más de la mitad ($1/2$) de la equidistancia.

En zonas enmascaradas por vegetación, las curvas de nivel se dibujarán con trazo discontinuo, aceptándose entonces, una tolerancia igual a la equidistancia, que se logrará sin modificación alguna del presupuesto, por métodos terrestres si fuera preciso.

4.5. Toponimia mínima a incluir en los planos

Para la localización e identificación de las distintas zonas del trazado, es fundamental la información que aporta a los planos la incorporación de la toponimia adecuada, como mínimo se incorporará a la cartografía realizada:

- Nombre de todos los tramos de las carreteras representadas, incluyendo sus Puntos Kilométricos.
- Toda la toponimia de la zona restituida existente en la cartografía 1/25.000 del IGN, de forma especial:



- Parajes significativos.
- Accidentes geográficos significativos.
- Caminos con nombre propio.
- Hidrónimos.
- Poblaciones que aparezcan en la cartografía aunque no tengan Ayuntamiento (pedanías, barrios, parroquias, etc...)
- Nombre de todos los Términos Municipales que figuran en cada hoja de cartografía (deben incluirse los límites de término municipal que figuran en los planos 1/25.000 del I.G.N.)
- Elementos urbanos representativos aunque estén en ocasiones fuera del casco urbano, especialmente cementerios y ermitas.
- Toda la toponimia relacionada con el Estudio Informativo y la Declaración de Impacto Ambiental (incluyendo -en su caso- los elementos arqueológicos representativos).

4.6. Documentos a entregar de la cartografía 1/1.000

El Consultor incluirá en el proyecto los planos planteados junto con un gráfico de distribución de hojas que proporcione una visión de conjunto de la cartografía restituida.

La documentación mínima a entregar de la cartografía 1/1.000 es:

- Informe, que contendrá al menos:
 - Instrumentos empleados.
 - Sistema gráfico original de captura: formato original de los ficheros magnéticos.
 - Librería de códigos utilizados: Código – elemento – tipo de línea.
 - Certificado de calibración del instrumento de restitución o escáner fotogramétrico, si se utilizan equipos digitales con vuelo analógico.
 - Partes de orientación en los que queden reflejados los puntos de apoyo utilizados en cada par estereoscópico, los parámetros de orientación y los residuos de la orientación absoluta alcanzados en los P.A.
 - Gráfico de distribución de hojas.
- Colección de planos planteados en color a escala 1/2.000 en formato DIN A3 (reducción de los planos originales a escala 1/1.000 en DIN A1).



- Se deberá indicar en los planos junto a la escala gráfica la escala numérica a la que estaría el plano en caso de plotearse en formato DIN A1.
- Ficheros sobre soporte magnético en CD de la cartografía tridimensional y del gráfico de distribución de hojas en uno de los formatos estándar de intercambio (DXF, DWG, DGN, ASCII DIGI, etc.), y un fichero de texto en el que se detallen los códigos utilizados para cada uno de los elementos del fichero y el tipo de línea y color usado en su representación gráfica en papel.

5. ORTOFOTOGRAFÍA DIGITAL

5.1. Descripción

La ortofotografía al ser una imagen proyectada ortogonalmente, a partir de las imágenes cónicas de los vuelos fotogramétricos y de carácter métrico, permite la superposición de las imágenes vectoriales correspondientes a la cartografía y/o el proyecto, recuperándose de esta forma la información visual que se perdería en caso de utilizar solamente la cartografía, y que además de dar una clara visión general del proyecto, proporciona una información muy valiosa en diferentes tareas como afecciones, impacto ambiental, información pública, expropiaciones, etc....

En la fase previa de preparación de los trabajos, se realizará un montaje del trazado a escala 1:5.000 sobre las ortofotografías del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).

Posteriormente una vez realizada la cartografía a escala 1:1.000 se realizará una ortofotografía digital de toda la zona incluida en la restitución fotogramétrica con una resolución de 10 cm.

A continuación se definen las normas para la confección de la ortofotografía de resolución 10 cm.

5.2. Imágenes digitales del vuelo fotogramétrico.



Dado que existe la posibilidad de la utilización de vuelos analógicos o digitales, en caso de haberse utilizado para la ejecución del trabajo fotogramas analógicos, debe realizarse el escaneo de las imágenes como paso previo al comienzo del trabajo.

Se realizará un escaneo fotogramétrico a 20 micras de los negativos del vuelo. El escaneo se realizará con un escáner plano de tipo fotogramétrico capaz de diferenciar 256 tonos para cada uno de los tres colores básicos, incluyendo en el escaneo toda la superficie enmarcada por las marcas fiduciales y ellas mismas.

La precisión del escáner deberá ser igual o menor a tres micras, siendo los movimientos mecánicos menores que una micra y el tamaño del píxel mínimo igual o inferior a 10 micras. Su calibración deberá ser realizada con los protocolos específicos del fabricante, entregándose un certificado de calibración con menos de un año de antigüedad.

El escaneo deberá ser realizado con una resolución de 20 micras, lo que supone para la escala de vuelo especificada 0,10 metros píxel. No admitiéndose la obtención de esta resolución por interpolación de escaneos de menor resolución.

Para cada píxel y cada banda de color RGB (Red, Green, Blue), se realizará lectura del valor cromático entre 0-255. Estos 256 niveles de color se registrarán con 24 bits.

Se comprobará siempre que la saturación de la imagen no supere el 1 %, permitiéndose un máximo del 0,5 % a cada lado del histograma, que las marcas fiduciales sean visibles y la apariencia visual correcta (adecuadas a la realidad, es decir, tonos del terreno semejantes deben dar valores digitales semejantes) y sin defectos (evitar en lo posible la existencia de cuerpos extraños tales como polvo, fibras textiles,...)

5.3. Confección del Modelo Digital del Terreno



Para la realización del Modelo Digital de Terreno (MDT), se partirá de los datos obtenidos de la restitución fotogramétrica, confeccionándose un Modelo Digital de Terreno con una Red irregular de triángulos TIN (Triangulated Irregular Network) a partir de las curvas de nivel, de los puntos de cota y de las líneas de rotura representadas en la cartografía.

En la generación del Modelo Digital de Terreno (MDT) se prestará especial cuidado en las zonas de puentes, viaductos, bocas de túneles,...modificando manualmente el Modelo Digital de Terreno con el fin de evitar deformaciones en los elementos lineales de las ortofotos.

5.4.Ortorrectificación

A partir de las imágenes digitales obtenidas, el Modelo de Terreno y las orientaciones de los fotogramas se realizará la ortorrectificación para pasar de la perspectiva cónica propia de las imágenes a una perspectiva ortogonal de carácter métrico.

La ortorrectificación se realizará en un sólo paso evitando remuestreos posteriores en las siguientes fases del proceso y se realizarán directamente con un tamaño de píxel a escala de suelo (GSD) de 10 cm.

Para el proceso de remuestreo se utilizará la interpolación bicúbica.

La rectificación se realizará obteniendo la cota del Modelo Digital de Terreno con un espaciado entre píxeles que sea adecuada para cada fotograma. En caso de que haya puentes o cambios de pendiente bruscos, este espaciado se reducirá según sea necesario de tal forma que los elementos rectificadas tengan la precisión final que se pretende.

A las imágenes ortorrectificadas, se les realizará un control visual para asegurar que no existen zonas duplicadas, estiramientos de píxeles o errores geométricos



producidos por errores del Modelo Digital de Terreno o por una mala elección del espaciado de píxeles de consulta del Modelo Digital de Terreno a la hora de rectificar.

En caso de que existan errores producidos por el Modelo Digital de Terreno, éste se corregirá y se volverá a realizar el proceso de rectificación en aquellos fotogramas que se vean afectados por estos errores.

En caso de que los errores vengan producidos por la elección del espaciado de píxeles de consulta del Modelo Digital de Terreno, se repetirá el proceso de rectificación disminuyendo dicho espaciado.

La precisión planimétrica del proceso será tal que el error medio cuadrático de la posición de los píxeles sea menor de 20 cm (2 veces el GSD). Esta comprobación se realizará con un número representativo de puntos (al menos 30 puntos por imagen) entre puntos de apoyo y control, y puntos que se obtengan por superposición con la cartografía.

5.5. Ajuste radiométrico y formación del mosaico

Los fotogramas ortorrectificados, deben tener una apariencia visual similar, y por tanto es necesario homogeneizar todos los fotogramas que integran el trabajo para conseguir obtener una ortofoto continua.

En el proceso de formación del mosaico se unirán las distintas imágenes obtenidas de la ortorrectificación, tras el primer equilibrado de color se deben definir las líneas de corte y unión; estas líneas podrán obtenerse automáticamente mediante la utilización de algoritmos de mínimos cambios radiométricos o por líneas definidas manualmente siguiendo accidentes naturales que eviten las diferencias tonales en la unión, de tal manera que la transición entre distintos fotogramas resulte imperceptible.

En la confección del mosaico deben intervenir todas las fotografías del vuelo.



Las imágenes resultantes se dividirán en bloques que permitan su utilización y manejo de forma razonable.

5.6. Control de calidad

Se llevará a cabo un control de calidad sobre las ortofotos en el que se verificará la precisión planimétrica de la imagen resultante, la ausencia de defectos internos y la continuidad geométrica y radiométrica con las ortofotos colindantes.

Precisión planimétrica: para su comprobación se utilizarán los puntos de aerotriangulación, las líneas de corte y los elementos expresamente restituidos para este control. La diferencia entre unas y otras coordenadas nunca debe ser superior a 0,20 m.

Defectos internos: se realizará un control visual de las ortofotos en busca de defectos tales como:

- Desplazamientos de píxeles debido a defectos del Modelo Digital de Terreno.
- Elementos quebrados.
- Duplicados.
- Estiramiento de píxeles en puentes.
- Zonas con huecos por falta de información en la imagen (proyecciones de elementos, etc....).

Continuidad geométrica y radiométrica: Cada ortofoto se comprobará con sus colindantes. Las entidades que se extienden más allá de una hoja lo harán con un error máximo de 2 píxeles.

Las ortoimágenes contiguas han de tener el color continuo, salvo las diferencias producidas por las condiciones de toma del propio vuelo. La comprobación radiométrica a realizar en esta fase, consiste en verificar la correspondencia radiométrica entre la ortofoto realizada y la imagen original escaneada con la que se



realizó. Los parámetros estadísticos radiométricos de ambas: histogramas, saturación, media, desviación, etc....deben ser similares.

5.7. Toponimia mínima a incluir en los fotoplanos ploteados

Para la localización e identificación de las distintas zonas del trazado, es fundamental la información que aporta a los planos la incorporación de la toponimia adecuada.

5.7.1. Toponimia mínima a incluir en los fotoplanos a escala 1/5.000:

Se incorporará a los fotoplanos realizados:

- Toda la toponimia existente en el Estudio Informativo y la Declaración de Impacto Ambiental (incluyendo -en su caso- los elementos arqueológicos representativos).
- Toda la toponimia de la zona restituida existente en la cartografía 1/25.000 del IGN, de forma especial:
 - o Parajes significativos.
 - o Accidentes geográficos significativos.
 - o Caminos con nombre propio.
 - o Hidrónimos.
 - o Poblaciones que aparezcan en la imagen aunque no tengan Ayuntamiento (pedanías, barrios, parroquias, etc....).
 - o Nombre de todos los Términos Municipales que figuran en cada hoja de cartografía (deben incluirse los límites de término municipal que figuran en los planos 1/25.000 del I.G.N.).
 - o Elementos urbanos representativos aunque estén en ocasiones fuera del casco urbano, especialmente cementerios y ermitas.
- Nombre de todos los tramos de las carreteras representadas.

5.7.2. Toponimia mínima a incluir en los fotoplanos a escala 1/1.000:



Se incluirá en los fotoplanos toda la información toponímica solicitada a la cartografía realizada a escala 1/1.000.

5.8. Sistema de coordenadas de los fotoplanos

Los fotoplanos de un misma área se referirán a un sólo sistema de coordenadas, especialmente si un trabajo se desarrolla en dos husos diferentes, se representará en un único huso, que será el que comprenda la mayor parte del trabajo.

En caso de ser imprescindible la utilización de fotoplanos en dos husos distintos en un mismo proyecto, será necesaria la autorización explícita del Director de los Trabajos que dictará en su caso las normas necesarias para garantizar la continuidad del proyecto al cambiar el huso.

Se dibujarán los vértices de una red de cuadrados de diez centímetros (10 cm) de lado, orientados según el sistema de coordenadas; en cada hoja del fotoplano aparecerán las coordenadas de al menos dos de estos vértices, para tener así definidas de forma gráfica las coordenadas de cualquier punto de la hoja.

En todas las hojas se indicará la posición del norte del sistema de coordenadas mediante un símbolo fácilmente identificable.

5.9. Documentación a entregar de las ortofotografías

- DVD con los ficheros de dibujos del trazado con las imágenes del PNOA en formato JPG georreferenciadas y vinculadas al fichero de dibujo en uno de los formatos estándar de intercambio (DXF, DWG, DGN, ASCII DIGI, etc.), y un fichero de texto en el que se detallen los códigos utilizados para cada uno de los elementos del fichero y el tipo de línea y color usado en su representación.
- Colección de fotoplanos ploteados con el montaje de la ortofotografía más el trazado en color a escala 1/10.000 en formato DIN A3 (reducción de los planos originales a escala 1/5.000 en DIN A1), se exigirá su actualización en caso de existir modificaciones del trazado, para cada una de las fases de los proyectos



de trazado y construcción.

- Se deberá indicar en los planos junto a la escala gráfica, la escala numérica a la que estaría el fotoplano en caso de plotearse en formato DIN A1.
- Memoria técnica del proceso de rectificación, formación del mosaico y ajuste radiométrico donde se especificará la metodología, instrumentación, software y cálculo empleados de las ortofotografías de resolución 10 cm.
- DVD con los ficheros en formato TIFF (sin tiles y sin comprimir) de las ortofotografías de resolución 10 cm.
- DVD con los ficheros en formato comprimido JPG de las ortofotografías de resolución 10 cm.
- Ficheros para la georreferenciación de los anteriores ficheros de imagen, empleando como sistema de referencia ETRS89.
- DVD con los ficheros de las ortofotos correspondientes a la banda de cartografía restituida con resolución de 10 cm en formato JPG georreferenciadas, para que en cualquier fase de los proyectos de trazado y construcción se pueda realizar el montaje sobre la ortofotografía del dibujo del trazado.
- Colección de fotoplanos ploteados con el montaje de la ortofotografía más el trazado en color a escala 1/2.000 en formato DIN A3 (reducción de los planos originales a escala 1/1.000 en DIN A1); se exigirá su actualización en caso de existir modificaciones del trazado, para cada una de las fases de los proyectos de trazado y construcción.
- Se deberá indicar en los planos junto a la escala gráfica, la escala numérica a la que estaría la ortofoto en caso de plotearse en formato DIN A1.

6. TRABAJOS TOPOGRÁFICOS DE CAMPO ADICIONALES

Se realizarán trabajos topográficos de campo para la realización del replanteo, obtención de perfil longitudinal, obtención de perfiles transversales, levantamientos taquimétricos y la realización de levantamientos topográficos complementarios.

6.1. Red de bases de replanteo



Partiendo de los vértices de la Red Básica, se establecerán redes de bases de replanteo para la aproximación al trazado definitivo y desde las que se realizarán el replanteo y los trabajos topográficos complementarios, sirviendo además como un control permanente de planimetría y altimetría, para las fases posteriores de replanteo y construcción de la obra.

Para la obtención de sus coordenadas planimétricas se pueden utilizar las metodologías siguientes:

- Realizar poligonales de precisión por metodología clásica (teodolito y distanciómetro) encajadas en los vértices de la Red Básica. En caso de realizarse la red de bases de replanteo por topografía clásica, las coordenadas planimétricas se obtendrán mediante la realización de poligonales de precisión cerradas y compensadas encuadradas entre los vértices de la Red Básica, debiendo ser los errores de cierre de la poligonal inferiores a las tolerancias máximas admitidas. Las poligonales se realizarán con un teodolito de 1 segundo centesimal de apreciación y un distanciómetro electro-óptico o electromagnético de precisión igual o mejor de $\pm 10 \text{ mm} \pm 5 \text{ ppm}$. Los ángulos se medirán con anteojo normal e invertido (Regla de Bessel), no debiendo existir entre las dos lecturas divergencias de más de 10 segundos. La medida de las distancias se realizará tres veces, no pudiendo existir entre ellas diferencias mayores de 3 cm.
- Confección de una Red Triangulada que se apoye en los vértices de la Red Básica y obtenida con la misma metodología de trabajo descrita para la Red Básica.
- Birradiación desde la Red Básica utilizando técnicas GPS para así poder tener una comprobación de las coordenadas obtenidas, realizando un promedio de las coordenadas siempre y cuando la diferencia entre ellas no supere 0,05m, repitiéndose las mediciones en caso de existir diferencias mayores. Para realizar las radiaciones el receptor GPS fijo se ha de situar al menos en dos bases de la Red Básica diferentes; con esta metodología puede utilizarse equipos GPS en RTK (tanto mediante radio enlace, como con enlace mediante tecnología GPRS).



Los vértices de la red de bases de replanteo se nivelarán geoméricamente para darles cota desde los puntos nivelados geoméricamente en la Red Básica.

Se situarán a distancias que permitan su uso satisfactorio para las necesidades de las obras (distancia media del orden de unos 200 m), de forma que permitan su utilización como bases de replanteo del trazado por bisección o polares, una vez definido éste, y al mismo tiempo sirvan para realizar los levantamientos topográficos para obtener la cartografía de detalle necesaria para la correcta definición de elementos concretos del Proyecto, tales como estructuras, obras de fábrica, encauzamientos, intersecciones, cruces con servicios y servidumbres, etc.

Las bases de replanteo se situarán fuera de la zona de obras y de forma que el replanteo por bisección no produzca ángulos inferiores a 15°. Se representarán en los planos de planta del trazado junto con los ejes y la línea que delimita la explanación.

Las bases de replanteo se señalarán con el sistema más adecuado, en función de la zona de su implantación, pero siempre de forma tal que se garantice su permanencia, empleando hitos prefabricados, clavos de hierro recibidos con hormigón u otro medio que garantice su permanencia. De cada uno de ellos se realizará una reseña con un croquis de detalle con la representación del entorno y su acceso, y además se tomarán referencias a tres puntos fijos, sus coordenadas, cota y una fotografía en color que se incluirá en el Proyecto.

Se describirá en la memoria de los trabajos de topografía con toda exactitud el procedimiento utilizado para la obtención de las coordenadas y cotas de los vértices de Red de Bases de replanteo, especialmente la metodología usada y los puntos utilizados para su enlace con la Red Básica, dibujándose la Red de bases de replanteo y los vértices utilizados de la Red Básica en planos 1:25.000 del Mapa Topográfico Nacional. En estos planos se representarán las visuales realizadas en caso de utilizarse topografía clásica o las baselíneas medidas en caso de utilizarse metodología G.P.S.

La precisión del trabajo (tolerancias) en planimetría será la siguiente:



- En caso de utilizar Poligonales de Precisión:
 - o Error angular $< 40 (N)^{1/2}$ segundos centesimales, siendo $N=N^{\circ}$ de vértices.
 - o Error lineal (después de compensación angular) $< 100 (K)^{1/2}$ mm; siendo $k =$ longitud del itinerario en km.
- En caso de utilizar una Red Triangulada GPS:
 - o Las tolerancias en el error medio cuadrático de las observaciones será < 4 cm.
- En caso de birradiar las bases utilizando tecnología GPS:
 - o Diferencia máxima en las distintas determinaciones del mismo punto 5 cm.

En caso de realizarse una comprobación planimétrica de las Bases de Replanteo desde la Red Básica, el 90% de las bases comprobadas presentará diferencias menores de 10 cm en las coordenadas originales respecto a las coordenadas obtenidas en la comprobación.

La precisión del trabajo (tolerancias) en altimetría será la siguiente:

- error en cota $< 15 (k)^{1/2}$ mm, siendo $k=$ longitud del itinerario en km.

En caso de realizarse una comprobación altimétrica de las Bases de Replanteo, en el 90 % de las bases comprobadas las diferencias de cota existentes entre las cotas originales y las de comprobación serán inferiores que $30 (k)^{1/2}$ mm, siendo $k=$ longitud del itinerario en km.

6.2. Replanteo del eje y obtención del perfil longitudinal

Desde la Red de bases de replanteo debidamente niveladas, se realizará el replanteo y estaquillado del eje cada 20 m y obtención del perfil longitudinal, una vez obtenido este longitudinal y tras su comparación con el perfil obtenido de la restitución, se realizará la corrección de las rasantes si fuera necesario.

En caso de realizarse una comprobación planimétrica del estaquillado, las diferencias entre las coordenadas del 90 % de los puntos comprobados del proyecto y las de comprobación serán menores de 20 cm.



En caso de realizarse una comprobación altimétrica del estaquillado, las diferencias entre las cotas del 90 % de los puntos comprobados del perfil longitudinal obtenido en campo y las de comprobación serán menores de 20 cm.

6.3. Obtención de perfiles transversales

Se realizará la obtención de los perfiles transversales en cada punto replanteado, con la longitud necesaria en función de la zona de ocupación.

Siempre que los perfiles transversales no se obtengan por metodología clásica estacionando en la estaca que materializa el trazado, para su realización con estación total o con tecnología GPS deben utilizarse programas de ayuda que permitan en tiempo real comprobar que los puntos tomados en campo están en la alineación del perfil, evitando los errores ocasionados por la falta de perpendicularidad del perfil respecto al eje replanteado o la falta de alineación de los puntos en el perfil.

En el caso de tener que realizarse perfiles transversales en carreteras o autovías en las que sean necesarios obtener los datos del peralte, los procedimientos GPS no dan la suficiente precisión para obtenerlo; para estos casos se podrán obtener los datos por nivelación geométrica, o con el procedimiento de radiación de los puntos de línea blanca o borde de aglomerado con estaciones totales a distancias no superiores a 150 m, desde las bases de replanteo niveladas, para obtener de esta forma puntos con una precisión altimétrica en torno a 1 cm.

Para este tipo de trabajos pueden ser especialmente útiles las estaciones sin prisma, dado que en las autovías en que se deban obtener los perfiles transversales puede ser muy complicado la realización de cortes de carril para poder trabajar sobre la calzada mientras ésta se encuentra en servicio.

Otra posibilidad para la obtención de perfiles y peraltes es la utilización de Láser Scan terrestre, especialmente por la posibilidad de utilizarlo sobre un vehículo, ya que aunque la precisión planimétrica es inferior a la obtenida por topografía clásica desde las bases de replanteo, la medición de peraltes puede llegar a tener la misma



precisión. Para utilizar esta tecnología, sería necesario una calibración previa del equipo que nos permita comprobar la medida del peralte de una calzada con el láser scan móvil y con estación total, verificando que la diferencia de cota que obtenemos entre los bordes de la calzada con los sistemas no difiere en más de 2 cm cada 10 m.

En caso de realizarse una comprobación altimétrica de las cotas obtenidas en los perfiles transversales las diferencias existentes en el 90 % de los perfiles entre las cotas del perfil y las de la comprobación serán en todos sus puntos menores de 50 cm.

En caso de realizarse una comprobación altimétrica de las diferencias de cotas correspondientes a los bordes de calzada que definan el peralte de una sección, las diferencias en el 90 % de los peraltes comprobados no deben superar los 3 cm en 10 m.

6.4. Levantamientos taquimétricos

Se realizarán levantamientos taquimétricos en todos los trabajos que debido a sus exigencias métricas no sean susceptibles de realizarse por fotogrametría (levantamientos de detalle a escalas 1/200 y 1/500), y/o en las zonas que por no existir vuelo, o por no ser perfectamente visible en el vuelo las zonas objeto de nuestro interés, requieran un levantamiento topográfico in situ de detalle.

Para la obtención de las coordenadas de los puntos del levantamiento, se partirá de la Red Básica o la Red de bases de replanteo. En caso de no ser posible la radiación directa de los puntos necesarios para efectuar el levantamiento desde los vértices de las citadas redes, se llevará el sistema coordenadas hasta la zona objeto del levantamiento, bien usando metodología clásica (realizando poligonales de aproximación a la zona con teodolito y distanciómetro o usando estación total), o bien mediante las técnicas GPS que se han descrito para la red de bases de replanteo.

Las coordenadas de los puntos necesarios para definir el levantamiento se obtendrán por radiación utilizando metodología clásica (teodolito y distanciómetro o estación



total), por radiación con técnicas GPS, o mediante la utilización de estaciones de Láser Scan terrestre.

En caso de utilizarse el método Cinemático OTF (On The Fly) con el equipo GPS, se debe tener la precaución de ir tomando los puntos en anillos, es decir, de tal forma que para terminar una sesión de toma de puntos se vuelva a medir un punto inicial ya medido que sirve de referencia, comprobándose en el postproceso la correspondencia de las coordenadas tomadas al principio y al final de la sesión para el mismo punto, lo que confirma que no ha habido ningún error grosero de pérdida de señal.

6.5. Trabajos topográficos de campo complementarios

Además de los trabajos expuestos anteriormente, el Consultor deberá realizar los siguientes trabajos de campo y gabinete:

- Levantamientos parciales a escala 1:1.000 en caso de que la cartografía ejecutada deje sin restituir zonas.
- Revisión y actualización de la cartografía que aporte la Administración en caso de ser ésta facilitada.
- Levantamientos taquimétricos a escalas 1:200 o 1:500 de las zonas donde se vayan a emplazar obras de fábrica o drenaje, estructuras o túneles.
- Levantamiento de perfiles longitudinales y transversales en las zonas en que haya de actuarse en las conexiones con vías rurales, provinciales y estatales, a los efectos del diseño de las intersecciones o enlaces.
- Fijación, en los planos, de los servicios afectados, a fin de estudiar su modificación si es preciso.
- Situación sobre la cartografía, de señales kilométricas (hitos o placas) existentes en la carretera actual.
- Obtención, mediante coordenadas de puntos de su eje, de las alineaciones en planta y alzado de las carreteras, caminos u otras infraestructuras con las que se conecte, sobre las que se pase, o de las que hayan de cruzar por encima; asimismo, se obtendrán las coordenadas de los edificios o cualquier elemento próximo al trazado que pueda afectar a éste, así como de los trabajos geotécnicos de campo.



6.6. Tolerancias en trabajos topográficos complementarios de campo

Las tolerancias que se fijan para estos trabajos topográficos complementarios, serán las adecuadas para asegurar las exigencias planimétricas y altimétricas de los diferentes trabajos necesarios, pudiendo tomarse para los levantamientos a escala 1/1000 la misma tolerancia que se exige a la cartografía, y para el resto de los trabajos la correspondiente a una radiación de longitud inferior a 200 m desde las bases de replanteo y que se limita a 5 cm tanto en planimetría como en altimetría.

6.7. Documentos a entregar de los trabajos topográficos

6.7.1. Documentación a entregar de las bases de replanteo:

- Gráfico de la Red de bases de replanteo sobre el Mapa Topográfico Nacional a escala 1/25.000 incluyendo las poligonales desde la Red Básica si se ha realizado por topografía clásica o las baselíneas en caso de metodología GPS.
- Cálculo y compensación de la red de bases haciendo constar errores de cierre y longitud de la poligonal en caso de topografía clásica, o residuos de las observaciones, error medio cuadrático de las coordenadas compensadas, elipses de error en la determinación de la posición de los vértices de la red en caso de utilizar metodología GPS.
- Coordenadas de los vértices de la Red Básica usados en la realización de la Red de bases de replanteo (incluso los utilizados para orientar en caso de poligonales de topografía clásica).
- Reseñas, con croquis, fotografías de las bases y referencias.
- Listado de coordenadas de las bases de replanteo.
- Gráfico de los anillos de nivelación sobre el Mapa Topográfico Nacional a escala 1/25.000. Cálculo y compensación de los anillos, haciendo constar los errores de cierre obtenidos y la longitud de los anillos.
- Libretas de campo. Datos informáticos con estacionamiento y cota o baselíneas (en caso de usar metodología GPS).
- Planos de planta a escala 1/2.000 con los límites de los movimientos de tierras y las bases de replanteo representadas.
- Enlace con otros tramos en caso de existir.



6.7.2. Documentación a entregar del replanteo del eje y obtención del perfil longitudinal:

- Cotas del perfil longitudinal.
- Relación de diferencias entre la cartografía y los datos obtenidos en el replanteo.
- Estado de alineaciones y listado de puntos cada 20 m.

Toda la documentación de este apartado se entregará tanto en formato papel como archivos informáticos en formato ASCII en formato digital.

6.7.3. Documentación a entregar de los perfiles transversales obtenidos en campo:

- Perfiles transversales de campo, en formato digital.

6.7.4. Documentación a entregar de los levantamientos taquimétricos:

- Planos ploteados de los levantamientos taquimétricos ploteados en DIN A-3, reducción de los planos originales en DIN A1, y en formato digital.

6.7.5. Documentación mínima a entregar de otros trabajos topográficos:

- Listados de cálculo de los puntos utilizados en los trabajos.
- Relación de coordenadas de los puntos utilizados en los trabajos.
- Planos en los que se representen los trabajos realizados (en caso de ser un trabajo topográfico que necesite su representación mediante plano).
- Toda la documentación de este apartado se entregará tanto en formato papel como archivos informáticos en formato ASCII en formato digital.



7. DOCUMENTACIÓN A ENTREGAR EN CADA FASE DEL PROYECTO.

En los proyectos con seguimiento y control dinámicos la documentación solicitada se entregará distribuida por fases:

1ª FASE:

- Toda la documentación solicitada del vuelo excepto los negativos originales (en el caso de vuelos analógicos).
- Toda la documentación solicitada de la Red Básica.
- Toda la documentación solicitada del apoyo de campo con excepción de los contactos con los puntos de apoyo pinchados, en su lugar se entregará una colección de fotocopias en color de los contactos con los puntos de apoyo.
- Toda la documentación solicitada de la restitución.

Toda la documentación solicitada sobre las ortofotografías, con excepción del ploteo de los fotoplanos a escala 1/2.000 con el trazado.

3ª FASE:

- Colección de fotoplanos ploteados con el montaje de la ortofotografía más el trazado en color a escala 1/2.000 en formato DIN A3.
- Toda la documentación solicitada de la Red de bases de replanteo.
- Toda la documentación solicitada del replanteo, estaquillado del eje y obtención del perfil longitudinal.
- Toda la documentación solicitada de los perfiles transversales.
- Toda la documentación solicitada de los levantamientos taquimétricos.
- Toda la documentación solicitada de otros trabajos topográficos en campo.

ENTREGA DEL PROYECTO:

Los negativos del vuelo fotogramétrico (en el caso de realizarse vuelo analógico) y los contactos con los puntos de apoyo pinchados son elementos de los que en principio sólo existe un ejemplar ya que su reproducción es complicada, por lo que no se



disponen de duplicados para incluir en las diferentes copias que se deben entregar del proyecto; por este motivo, tanto los negativos como los contactos con los puntos de apoyo se incluirán en el ejemplar del proyecto que se entrega al Ingeniero Director del Contrato en la Demarcación de Carreteras correspondiente.

En el caso de haberse realizado un vuelo con cámara digital, se entregará en el ejemplar del proyecto que se entrega al Ingeniero Director del Contrato en la Demarcación de Carreteras del Estado correspondiente, un disco externo USB con las imágenes originales del vuelo en vez de los negativos.