



Desarrollo normativo > **NORMAS TÉCNICAS CARTOGRÁFICAS DE  
ANDALUCÍA**

**NTCA\_02008**  
**Procesos**

## **Apoyo a vuelos fotogramétricos**

Tipo de documento	<b>Norma Técnica Cartográfica</b>
Fecha del documento	<b>2013-04-19</b>
Número de páginas	<b>32</b>
Fase	<b>F3_Borrador inicial: Equipo técnico</b>
Versión	<b>v03_20130419</b>
Sustituye a	<b>Ningún documento previo</b>
Observaciones	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Este documento es un 1er borrador para el debate técnico.</b></li><li>▪ <b>Este documento ha sido adaptado totalmente a la Guía para la redacción de Normas Técnicas Cartográficas de Andalucía.</b></li><li>▪ <b>Este documento no ha sido revisado en cuanto a su coherencia interna, ni externa con otras normas ni otros documentos propios del SCA.</b></li></ul>
Antecedentes	



Los contenidos de este documento están sujetos a una [licencia Creative Commons 3.0](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/es/deed.es) (Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia) si no se indica lo contrario. Sigue el enlace <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/es/deed.es>

Editado por la Junta de Andalucía

© Junta de Andalucía 2013

Depósito Legal: XXXXX

ISBN:

---

## **Comisión Interdepartamental de Estadística y Cartografía de Andalucía. Secretaría**

Pabellón de Nueva Zelanda.  
C/ Leonardo Da Vinci, nº 21  
Isla de La Cartuja. 41071  
Sevilla, España

Teléfono: +34 900 101 407 - 955 033 800

Fax: +34 955 033 816

Correo-e: [cartografia@juntadeandalucia.es](mailto:cartografia@juntadeandalucia.es)

[www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/](http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/)

## ÍNDICE

0. INTRODUCCIÓN.....	4
1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN.....	6
2. CONFORMIDAD.....	7
3. NORMAS PARA LA CONSULTA.....	7
4. DEFINICIONES Y TÉRMINOS ABREVIADOS.....	8
5. APOYO TOPOGRÁFICO a vuelos fotogramétricos: FASES.....	9
6. FASE PLANIFICACIÓN APOYO TOPOGRÁFICO / geodésico. ASPECTOS GENERALES.....	10
6.1 Distribución de puntos de apoyo.....	12
7. FASE PLANIFICACIÓN del APOYO TOPOGRÁFICO/geodesico: sistemas GNSS.....	13
7.1 Organización equipos de campo: Estimación de tiempos de observación.....	14
8. FASE DE PLANIFICACIÓN del APOYO TOPOGRÁFICO / geodésico: topografía clásica .....	14
8.1 Componente planimétrica.....	15
8.2 Componente altimétrica.....	15
9. FASE DE OBSERVACIÓN: TRABAJOS DE CAMPO.....	17
9.1 Características de un punto de apoyo.....	17
9.2 Observación de un punto apoyo mediante sistemas GNSS.....	17
9.3 Acciones durante la observación de un PA mediante sistemas GNSS.....	17
10. FASE DE CÁLCULO: PROCESADO DE OBSEVACIONES GNSS.....	18
11. PRODUCTOS.....	19
12. BIBLIOGRAFÍA.....	19
ANEXO A (Normativo).....	21
CONFORMIDAD.....	21
ANEXO B (Normativo).....	24
DISTRIBUCIÓN MÍNIMA DE LOS PUNTOS DE APOYO.....	24
ANEXO C (Informativo).....	30
CÁLCULO DE ERRORES MÁXIMOS. MÉTODOS PLANIMÉTRICOS.....	30
ANEXO D (Informativo).....	32
EVALUACIÓN NIVEL ÓPTICO: CONDICIONES DE TRABAJO EN NIVELACIÓN GEOMÉTRICA.....	32

## 0. INTRODUCCIÓN

El Decreto 141/2006, de 18 de julio, por el que se ordena la actividad cartográfica en la Comunidad Autónoma de Andalucía (BOJA de 9/08/2006) tiene por objeto la ordenación de la actividad cartográfica de las Administraciones Públicas de Andalucía, entre otras, en su vertiente de producción. En su artículo 9 establece que la actividad de planificación en materia cartográfica de la Administración de la Junta de Andalucía tiene como instrumento fundamental el Plan Cartográfico de Andalucía entendido como el marco para la ordenación y desarrollo de la actividad cartográfica, conteniendo los objetivos, y sus estrategias relacionadas, y las principales líneas de actuación en materia cartográfica a llevar a cabo durante su período de vigencia. Dicho Plan está en consonancia con la Directiva 2007/2/CE por la que se establece una Infraestructura de Información Espacial en la Unión Europea (Inspire), y su desarrollo igualmente en línea con sus reglas de implementación.

Entre las determinaciones del Plan se encuentran, por una parte, la necesidad de normalización técnica de los procesos de producción y gestión de la Información Geográfica (disposición 22), y por otra, la calidad como un requisito fundamental para asegurar los mayores niveles posibles de precisión, interoperabilidad y cualidades para ser usada (disposición 24).

La Ley 4/2011, de 6 de junio, en su Disposición final sexta procede a la Modificación de la Ley 4/1989, de 12 de diciembre, de Estadística de la Comunidad Autónoma de Andalucía, consolidando la integración de los Sistemas Estadístico y Cartográfico de Andalucía. Esta disposición establece que las referencias a los instrumentos de planificación estadística y cartográfica pasarán a ser sustituidas por el Plan Estadístico y Cartográfico de Andalucía y sus programas anuales. A ese respecto el artículo 20 del proyecto de Ley que aprueba el Plan Estadístico y Cartográfico de Andalucía 2013-2017 determina que en desarrollo del mencionado plan, el Sistema Estadístico y Cartográfico de Andalucía se dotará de un sistema de normas técnicas como instrumento para asegurar el rigor técnico, la implantación de procesos de calidad, la transparencia y la simplificación de procesos y productos en las actividades estadísticas y cartográficas, siguiendo las normas y estándares que sean de aplicación.

Esta norma (**NTCA 02-008: Apoyos a vuelos fotogramétricos**) ha sido elaborada siguiendo las directrices establecidas en el documento *Guía para la elaboración de las Normas Técnicas Cartográficas de Andalucía*.

A partir de la fusión de los Sistemas Estadístico y Cartográfico, esta norma ha seguido su tramitación y desarrollo en el marco de actuación de la Comisión Técnica Estadística y Cartográfica de Andalucía y de la Comisión Interdepartamental Estadística y Cartográfica de Andalucía

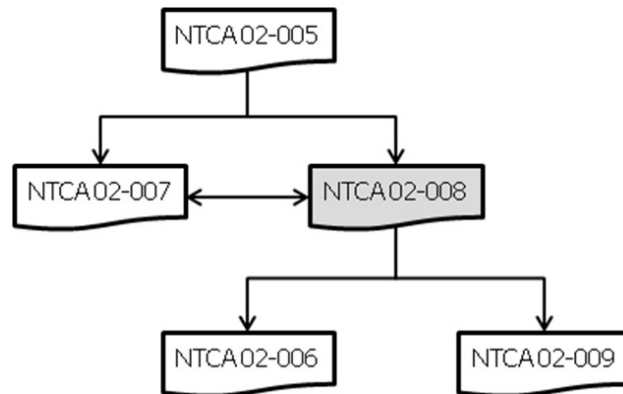
Su procedimiento de elaboración y tramitación se ha ajustado, igualmente, a dichas directrices conforme a la siguiente secuencia:

<b>A) FASES DE PROPUESTA</b>		
<b>F1.</b> Propuesta	Comisión Técnica Estadística y Cartográfica	2009-10-07
<b>F2.</b> Aprobación de la propuesta	Comisión Interdepartamental Estadística y Cartográfica	2009-04-02
<b>B) FASES DE BORRADOR Y REVISIÓN INTERNA</b>		
<b>F3.</b> Borrador inicial	Equipo técnico redactor	2011-11-01
<b>F4.</b> Revisión interna	Equipo asesor	2013-04-19
<b>F5.</b> Borrador del SCA	Grupos de Trabajo SECA	
<b>C) FASES DE REVISIÓN EXTERNA</b>		
<b>F6.</b> Información pública	Resolución DG Instituto Estadística y Cartografía Andalucía	
<b>F7.</b> Versión apta para su aprobación	Comisión Técnica Estadística y Cartográfica	
<b>D) FASE FINAL DE APROBACIÓN</b>		
<b>F8.</b> Aprobación	Comisión Interdepartamental Estadística y Cartográfica	

## 1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

1. La norma NTCA 02-008: Apoyo a vuelos fotogramétricos (en adelante: NTCA 02-008, o simplemente, en este contexto, la norma) forma parte del Sistema de Normas Técnicas Cartográficas de Andalucía aprobado por la Comisión Interdepartamental de Estadística y Cartografía de Andalucía, de acuerdo con lo establecido en el Decreto 141/2006, y su aplicación y desarrollo a través del Plan Cartográfico de Andalucía 2009-2012.
2. La NTCA 02-008 pertenece al conjunto de normas de la familia "Procesos", entendidas como protocolos para el desarrollo de todos o gran parte de los productos de Información Geográfica (IG) contemplados en el PECA.
3. El objetivo particular de esta norma es especificar y definir todos los condicionantes técnicos a tener en cuenta a la hora de realizar un apoyo topográfico / geodésico de un vuelo fotogramétrico mediante el empleo de sistemas de navegación global por satélite (en adelante GNSS) o técnicas de topografía clásica.
4. La presente Norma tiene por objeto específico:
  - a) Definir un conjunto de particularidades técnicas en cuanto a planificación de los trabajos de apoyo topográfico.
  - b) Establecer las condiciones técnicas para la observación de puntos de apoyo mediante sistemas GNSS o técnicas de topografía clásica.
  - c) Delimitar y definir cada una de las etapas en el tratamiento de las observaciones realizadas en campo.
5. Las especificaciones establecidas en la norma son de aplicación para cualquier trabajo de apoyo fotogramétrico independientemente de la escala de vuelo o la exactitud posicional del producto cartográfico en producción. Los niveles de exactitud serán función de la escala de trabajo y de la clase de producto a generar según lo establecido por ASPRS.
6. La norma debe ser aplicada por todos los organismos integrados en el Sistema Estadístico y Cartográfico de Andalucía, y cuando así lo requiera mediante su oportuna referencia en los Pliegos de Prescripciones Técnicas (PPT), para aquellas actividades que requieran llevar a cabo procesos de obtención de coordenadas de puntos de apoyo.
7. Esta norma está basada en los principios de la calidad de la IG (UNE-EN ISO 19113), de la evaluación de la calidad de la IG (UNE-EN ISO 19114), de las recomendaciones del Sistema Internacional para unidades (ISO 1000), de la NTCA 01-004 *Modelo de Metadatos para la información geográfica de Andalucía*, NTCA 01-0080 *Modelo Geodésico de Referencia y Altitudes de Andalucía* y NTCA 02-002 *Observación y procesamiento GNSS*. Esta norma se centra en los procesos de apoyo topográfico por lo que no afecta al resto de cometidos que pueda tener la organización que la adopte.
8. La norma será aplicada teniendo en cuenta las características de un vuelo fotogramétrico (NTCA 02-005) el cual será aerotriangulado (NTCA 02-007) para posteriormente ser restituído (NTCA 02-006) o levantar información altimétrica (NTCA 02-009) (Figura 1).
9. La norma contiene determinaciones de carácter general y especificaciones técnicas particulares a su objeto, así como las referencias necesarias para su adecuada utilización. Se acompaña, asimismo, de anexos de carácter técnico directamente vinculados a las especificaciones normativas, y otros de carácter informativo o ilustrativo para facilitar su mejor comprensión.

10. La norma contiene un conjunto de pruebas de conformidad basado en ISO cuya especificación y aplicación permiten el cumplimiento de lo determinado en la presente norma.



**Figura 1 Relación de la Norma con el conjunto de normas NTCA**

## 2. CONFORMIDAD

11. Para cualquier producto que pretenda la conformidad respecto a esta norma se deberán superar todos y cada uno de los requisitos descritos en el conjunto de pruebas genéricas que se presenta en el Anexo A.
12. La distribución y número de puntos de apoyo a observar tienen que cumplir como mínimo los requisitos establecidos en el Anexo B en función del tipo de vuelo, sensores empleados y modo de cálculo de los parámetros de orientación de los fotogramas que componen el bloque fotogramétrico.

## 3. NORMAS PARA LA CONSULTA

13. Las normas que se relacionan a continuación tienen disposiciones válidas para la NTCA 02-008: *Apoyos a vuelos fotogramétricos*. Todas las normas están sujetas a revisión por lo que se indican las fechas correspondientes a los documentos vigentes en el momento de publicación de esta norma.
- a) NTCA 01-004: 2011: *Modelo de metadatos para la Información Geográfica en Andalucía*.
  - b) NTCA 01-009:2011: *Modelo geodésico de referencia y altitudes*.
  - c) NTCA 02-002:2011: *Proceso de observaciones y procesamiento GNSS*.
  - d) [UNE-EN ISO 19113:2005](#): *Información geográfica. Principios de calidad*.
  - e) [UNE-EN ISO 19114:2005](#): *Información geográfica. Procedimientos de evaluación de la calidad*.
  - f) [ISO 80000-1:2009](#): *SI units and recommendations for the use of their multiples and of certain other units*.

g) ISO 80000-2:2009: *Mathematical signs and symbols to be used in the natural sciences and technology.*

#### 4. DEFINICIONES Y TÉRMINOS ABREVIADOS.

14. Para los fines de este documento, son de aplicación los términos y definiciones siguientes:

**Apoyo aéreo cinemático:** Determinación de las coordenadas de los centros de proyección de cada uno de los fotogramas obtenidas por una cámara aérea a partir de observaciones mediante sensores GNSS durante la ejecución de un vuelo fotogramétrico.

**Estación total:** Instrumento óptico – electrónico donde se integra un teodolito con un sistema electrónico de medida de distancias.

**Intersección directa:** Método topográfico planimétrico por el cual se obtienen las coordenadas de un punto desconocido visando desde puntos de coordenadas conocidas.

**Intersección inversa:** Método topográfico planimétrico por el cual se realizan observaciones angulares a un mínimo de tres puntos de coordenadas conocidas desde un punto de coordenadas desconocidas.

**Itinerario:** Método topográfico consistente en estacionar un teodolito o estación total sobre un punto de coordenadas conocidas, orientar a una referencia cuyo acimut es conocido. A continuación situar por radiación un nuevo punto. El proceso se repetirá en nuevos punto empleando como referencia el punto anterior hasta el último punto, desde el cual se observará a una referencia conocida previamente.

**Itinerario abierto:** Tipo de itinerario donde el punto inicial y final son diferentes.

**Itinerario cerrado:** Tipo de itinerario donde el punto inicial y final son el mismo.

**Itinerario colgado:** Tipo de itinerario que termina en un punto de coordenadas desconocidas.

**Itinerario encuadrado:** Tipo de itinerario que termina en un punto de coordenadas conocidas.

**Nivelación:** Método topográfico por el que se determina la elevación de puntos respecto a un datum determinado.

**Nivelación geométrica:** Tipo de nivelación realizada mediante niveles de línea.

**Nivelación trigonométrica:** Tipo de nivelación realizada mediante taquímetros o estaciones total.

**Poligonal:** Ver itinerario.

**Puente:** Conjunto de fotogramas, generalmente pertenecientes a la misma pasada, con puntos de apoyo en ambos extremos.

**Punto de apoyo; PA:** Punto de coordenadas planimétricas y/o altimétricas conocidas, determinadas previamente mediante observaciones geodésicas o topográficas.

**Punto de apoyo altimétrico; PA-V:** Punto de apoyo cuya coordenada altimétrica es conocida.

**Punto de apoyo planimétrico; PA-H:** Punto de apoyo cuyas coordenadas planimétricas son conocidas.



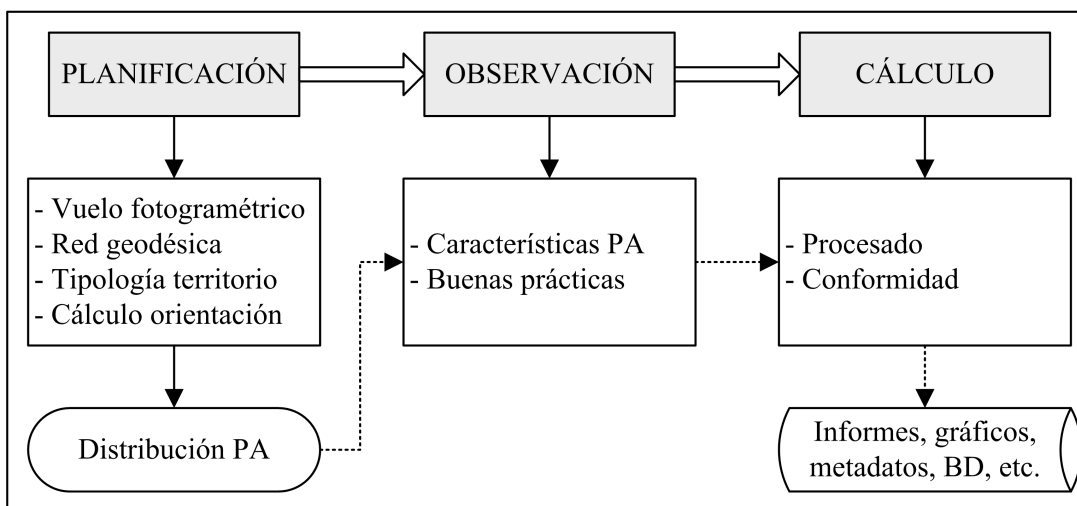
15. En esta norma se utilizan habitualmente las siguientes abreviaciones:

ASPRS	American Society for Photogrammetry and Remote Sensing
CDP	Centro De Proyección
GNSS	Global Navigation Satellite System (Sistema de navegación global por satélite)
ERGNS S	Estaciones de Referencia GNSS
GSD	Tamaño de píxel sobre el terreno (Ground Sample Distance)
IG	Información Geográfica
IMU	Inertial Measurement Unit
INS	Inertial Navigation System
RAP	Red Andaluza de Posicionamiento
REDNA P	Red de Nivelación de Alta Precisión.
REGEN TE	Red Geodésica Nacional por Técnicas Espaciales.
PPT	Pliego de Prescripciones Técnicas
PA	Punto de apoyo
PA-H	Punto de apoyo planimétrico
PA-V	Punto de apoyo altimétrico
PECA	Plan Estadístico y Cartográfico de Andalucía
UTM	Universal Transversa Mercator

## 5. APOYO TOPOGRÁFICO A VUELOS FOTOGRAMÉTRICOS: FASES

16. Todo apoyo topográfico a un vuelo fotogramétrico comprende tres fases ordenadas en el tiempo: planificación, observación y cálculo (Figura 2) cuyo objetivo es la obtención de las coordenadas de un conjunto de puntos distribuidos en el territorio, sobre la zona cubierta por un vuelo fotogramétrico, que permiten la determinación de la orientación absoluta del conjunto de fotografías que componen dicho vuelo.

17. Cada fase presenta un conjunto de elementos y factores a tener en cuenta en su ejecución, generando un conjunto de datos e información a emplear en fases posteriores (Tabla 1). De la correcta ejecución de una fase dependerá el resultado de las siguientes fases y en última instancia la validez del conjunto de PAs observados.



**Figura 2 Fases del apoyo topográfico/geodésico**

<b>Tabla 1. Fases apoyo topográfico / geodésico: Aspectos generales</b>	
<b>Fase</b>	<b>Factores</b>
Planificación	a) Vuelo fotogramétrico: Forma del vuelo, sensores empleados en vuelo, calidad en los centros de proyección (en adelante CDP), tamaño del píxel sobre el terreno (en adelante GSD). b) Red geodésica: Empleo de estaciones de referencia o redes geodésicas clásicas, distancia línea base, red altimétrica. c) Tipología territorio: rústico / urbano. d) Cálculo de orientación: Apoyo completo o empleo de aerotriangulación.
Observación	a) Características PA: Identificable, estable. b) Buenas prácticas: Tiempos de observación, horizonte, anotaciones en campo.
Cálculo	a) Procesado de los datos. Compensación de coordenadas. b) Conformidad. c) Generación de productos (informes, metadatos, reseñas, etc.)

## **6. FASE PLANIFICACIÓN APOYO TOPOGRÁFICO / GEODÉSICO. ASPECTOS GENERALES**

18. Los trabajos de planificación comienzan con la recopilación de toda aquella información necesaria para una correcta evaluación, análisis y determinación de las necesidades de los trabajos a desarrollar (Tabla 2).

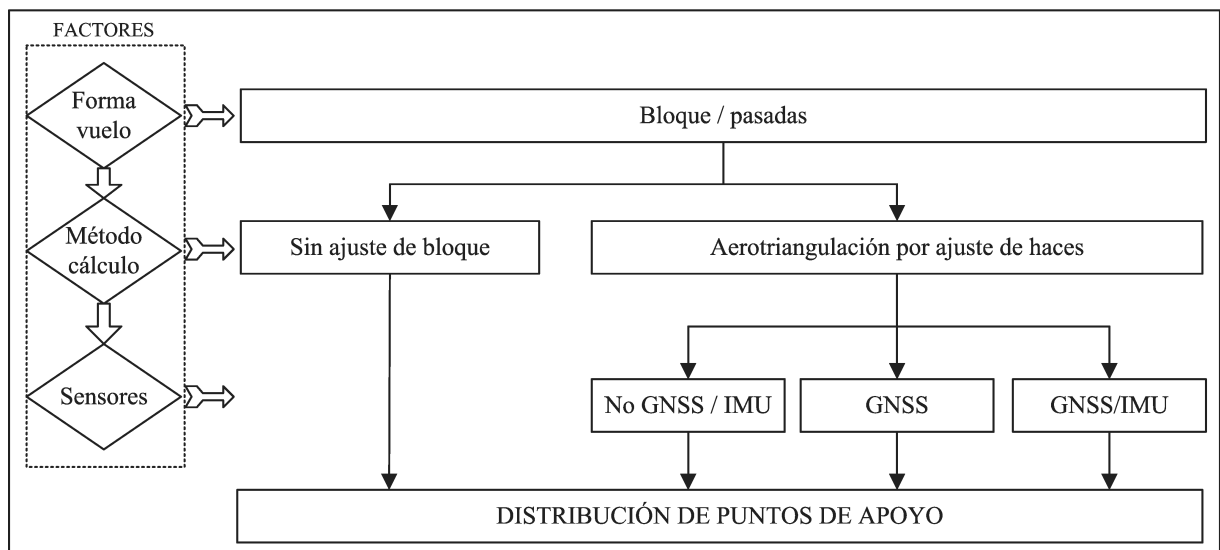
**Tabla 2. Información previa a la planificación de los trabajos**

a)	Delimitación del área de vuelo.
b)	Gráfico de vuelo donde se incluya la traza de las pasadas y las huellas de los fotogramas.
c)	Cartografía oficial de la zona de trabajo.
d)	Sensores previstos en la realización del vuelo.
e)	Calidad de los CDP (Calidad de las coordenadas y de los datos inerciales registrados en vuelo).
f)	Tamaño del GSD de vuelo.
g)	Exactitud y precisión posicional requerida del apoyo topográfico.
h)	Configuración de la red geodésica existente en la zona de trabajo.

19. Los trabajos de campo tienen que garantizar la exactitud de las coordenadas de los PAs. En función de la escala del producto cartográfico que se esté elaborando ésta queda establecida como:

- a) Para productos a escala 1:1.000 y 1:2.000, la exactitud es igual a 0.05 cm en planimetría y 0.07 cm en altimetría.
- b) Para productos a escala 1: 5.000 y 1:10.000, la exactitud es igual a 0.10 cm en planimetría y 0.15 cm en altimetría.

20. La distribución de puntos de apoyo se realiza teniendo en cuenta la forma de vuelo, método de cálculo a emplear en la determinación de la orientación absoluta de los fotogramas y los sensores empleados durante el vuelo (Figura 3).



**Figura 3 Fases planificación del apoyo topográfico / geodésico**

21. La observación en campo de un PA se podrá realizar bien empleando métodos de topografía clásica o bien sistemas GNSS. La elección de una u otra tecnología dependerá de la naturaleza del territorio del vuelo, de la claridad del horizonte en la ubicación de los PAs y de las exigencias en cuanto a exactitud y precisión (Tabla 3).

**Tabla 3. Técnica de observación según escala de trabajo y calidad de la componente de coordenadas.**

Escala media / baja (1:5.000 en adelante)	Planimetría	Se emplearán sistemas GNSS
	Altimetría	Se emplearán sistemas GNSS
Escala alta (1:500 – 1:2000)	Planimetría	<p>a) Se emplearán sistemas GNSS siempre y cuando garanticen la precisión y exactitud de los trabajos en planimetría.</p> <p>b) En zonas urbanas se tendrá que garantizar que el efecto multicamino no degrade la calidad de la solución.</p> <p>c) En caso que el sistema GNSS o las condiciones de observación no proporcionen la calidad mínima necesaria en la componente planimétrica se emplearán métodos de topografía clásica.</p>
	Altimetría	<p>a) Se emplearán sistemas GNSS siempre y cuando garanticen la precisión y exactitud altimétrica de los trabajos.</p> <p>b) En zonas urbanas se tendrá que garantizar que el efecto multicamino no degrade la calidad de la solución.</p> <p>c) En caso que el sistema GNSS o las condiciones de observación no proporcione la calidad mínima altimétrica necesaria se emplearán métodos de topografía clásica.</p>

## 6.1 DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE APOYO

22. El número y localización de PAs tiene que realizarse teniendo en cuenta el modo de cálculo de los parámetros de orientación externa, el empleo o no de sensores de navegación en vuelo y de la forma del vuelo. La Tabla 4 detalla cada una de las modalidades según cada uno de los factores enumerados. El Anexo B establece la distribución mínima de PAs según modalidad del apoyo topográfico a realizar.
23. El conjunto de PAs tiene que cubrir completamente la zona de trabajo no permitiendo extrapolaciones en la determinación de coordenadas dentro de dicha zona.
24. La localización de un PA tiene que hacerse de modo que aparezca en el mayor número posible de fotogramas.
25. En la determinación de los parámetros de orientación absoluta mediante aerotriangulación en vuelos donde no se empleen sistemas de navegación GNSS / INS se tiene que tener en cuenta la distancia entre puentes, siendo función de la exactitud final en la determinación de los parámetros de orientación. La Tabla 5 muestra la relación entre las distancias entre puentes y la exactitud final en los procesos de aerotriangulación clásica según la clase del producto definido por ASPRS.

<b>Tabla 4. Factores a tener en cuenta en la distribución de puntos de apoyo</b>	
Método obtención parámetros	a) Apoyo topográfico completo, empleado en vuelos con un número reducido de pares estereoscópicos. b) Aerotriangulación, empleando el método del ajuste de haces. Se empleará en vuelos con un número medio – alto de pares estereoscópicos.
Empleo de sensores de navegación en vuelo	a) No empleo de sensores de navegación. Tal configuración de vuelo se corresponderá con vuelos catalogados como históricos hoy día. b) Apoyo aéreo cinemático mediante el empleo de sistemas GNSS. c) Empleo de orientación directa empleando sistemas GNSS y sistemas de navegación inercial (INS).
Forma del vuelo	a) Vuelo en forma de corredor o pasadas simples empleados en la toma de fotogramas de ejes de elementos. b) Vuelo con forma de bloque empleados caso de volar sobre extensiones de territorio donde aparecen pasadas solapadas transversalmente.

<b>Tabla 5. Distancia entre puentes según número de modelos estereoscópicos</b>		
Requisitos exactitud según estándar ASPRS	Máxima distancia PA-H [modelos estereoscópicos]	Máxima distancia PA-V [modelos estereoscópicos]
Clase 1	4	3
Clase 2	5	4
Clase 3	6	5
Fuente: U.S . Army Corps of Engineers. EM1110-1-1000 (2002)		

## **7. FASE PLANIFICACIÓN DEL APOYO TOPOGRÁFICO/GEODESICO: SISTEMAS GNSS.**

26. La planificación de los trabajos se realizará siempre teniendo en cuenta el empleo de equipos GNSS bifrecuencia; siendo el observable la fase, modo de posicionamiento relativo, técnica de observación estática o estática rápida y momento de obtención de coordenadas a posteriori mediante procesado de las observaciones.
27. La configuración de los equipos, número de ellos, distancias máximas de observación, etc. se realizará teniendo en cuenta el capítulo 10.2 de la NTCA 02-002 *Proceso de observaciones y procesamiento GNSS*. En cuanto a la técnica de observación se seguirá lo establecido en las Tablas 9 y 10 de dicho capítulo.
28. La planificación de los trabajos no contemplará nunca la obtención de coordenadas en tiempo real.

## **7.1 ORGANIZACIÓN EQUIPOS DE CAMPO: ESTIMACIÓN DE TIEMPOS DE OBSERVACIÓN.**

29. A partir de la localización teórica de cada PA se calcula la distancia entre estos y las antenas de referencia permanente GNSS de la red RAP, ERGNSS o de cualquier otra red oficial más cercanas con el fin de determinar a priori los tiempos de observación a emplear en campo; evaluando la necesidad de densificar dicha red de antenas así como la organización de los equipos de trabajo empleados.
30. La estimación de los tiempos de observación se tiene que planificar de tal forma que el 90% de los puntos se encuentren a una distancia máxima de 20 Km. de una antena de referencia GNSS oficial. En caso contrario será necesario densificar la red de antenas GNSS empleada.
31. Para PAs a una distancia superior a 20 Km se planificarán los trabajos de campo de tal modo que se emplearán dos antenas GNSS. La primera de ellas se estacionará sobre trípode, preferentemente sobre un punto monumentado, realizándose una observación en estático. Simultáneamente la segunda antena irá ocupando cada uno de los PAs realizando una observación en estático rápido; empleando posteriormente en el cálculo como punto referencia la primera de las antenas, calculada previamente a partir de alguna red GNSS oficial.
32. El tiempo de referencia estimado en la observación de un PA y/o las bases de densificación, se corresponde con lo establecido en el artículo 48 de la NTCA 02-002.

## **8. FASE DE PLANIFICACIÓN DEL APOYO TOPOGRÁFICO / GEODÉSICO: TOPOGRAFÍA CLÁSICA**

33. Todo el material topográfico a emplear tiene que tener en vigor el certificado de calibración emitido por el fabricante o centro autorizado. La medición de distancias se realizará siempre mediante dispositivos electrónicos.
34. A partir de las características del instrumental y las necesidades y requisitos de exactitud y precisión se estudiará la viabilidad de la metodología a emplear en campo y del instrumental seleccionado, así como las condiciones de observación.
35. El instrumental topográfico empleado tiene que tener una desviación estándar en la medida de distancias mejor de  $\pm 3mm \pm 3ppm$  y  $1''$  en la medida de ángulos.
36. Las coordenadas se obtendrán mediante compensación mínimo cuadrática.
37. El marco geodésico a emplear queda establecido por:
  - a) Vértices de la red REGENTE.
  - b) Bases topográficas cuyas coordenadas se han obtenido mediante observaciones GNSS y empleando como bases de referencia las antenas de la red RAP, ERGNSS o cualquier otra red oficial.
  - c) En caso que el empleo de sistemas GNSS no garantice la exactitud mínima altimétrica necesaria, tal coordenada se obtendrá mediante nivelación a partir de la red de nivelación REDNAP.

## 8.1 COMPONENTE PLANIMÉTRICA

38. Se emplearán métodos topográficos basados en intersecciones (directa, inversa o mixta) preferentemente en el caso de distancias largas, si no fuera posible se empleará el método de poligonal o itinerario. En ningún caso se observarán PAs empleando el método de radiación.
39. Los trabajos de campo tienen que tener redundancia de información con el fin de poder determinar la bondad de los mismos. En el caso de intersecciones, éstas serán siempre múltiples, todos los ángulos se medirán aplicando regla Bessel y en el caso de observación de poligonales se aplicará el método de Moinot.
40. Los itinerarios pueden ser abiertos o cerrados y siempre encuadrados, no siendo en ningún momento itinerarios colgados.
41. Atendiendo al método topográfico planimétrico empleado se tendrán en cuenta los factores limitantes de cada uno de ellos directamente relacionados con el error en la componente planimétrica (Tabla 6). El Anexo C informa sobre el cálculo de los errores máximos esperados según el método topográfico empleado.
42. En caso de ser necesaria la observación de distancias, éstas tienen que haber sido corregidas de la reducción al nivel del mar, reducción al elipsoide y tener en cuenta la anamorfosis lineal de la proyección UTM.

<b>Tabla 6. Causas de error según el método topográfico planimétrico empleado.</b>	
Itinerario	a) El error longitudinal es proporcional al error relativo en la medición de la distancia, la longitud total del itinerario e inversamente proporcional al número de tramos. b) El error transversal es proporcional al error angular del instrumento empleado, la longitud total del itinerario e inversamente proporcional al número de tramos.
Intersección directa	a) El error cometido es proporcional a la longitud de la visual. b) El error cometido es proporcional al error angular del instrumento empleado. c) El error cometido aumentará conforme disminuya el ángulo formado en la intersección de las visuales.
Intersección inversa	a) El error cometido es proporcional al área encerrada por el triángulo indicativo del error. b) El error cometido será menor cuanto más equilátero sea el triángulo indicativo del error.
Intersección mixta	a) A igualdad de condiciones el error cometido es igual que el método de intersección directa.

## 8.2 COMPONENTE ALTIMÉTRICA

43. Se emplearán nivelación geométrica o trigonométrica y en ningún caso nivelación barométrica. La elección de un método u otro depende de factores como la pendiente del terreno, la precisión y la exactitud requeridos (Tabla 7).

44. Tanto la nivelación geométrica como la trigonométrica tienen que ser planificadas evaluando distancias máximas de observación y el método topográfico a realizar (Tabla 8). El Anexo D informa sobre las distancias máximas en los trabajos de nivelación geométrica.

<b>Tabla 7. Elección del método topográfico altimétrico a emplear.</b>	
Nivelación geométrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Emplear en terrenos donde la pendiente sea suave o moderada.</li> <li>b) Precisión y exactitud media –alta.</li> <li>c) Duración trabajos de campo medio – alto.</li> </ul>
Nivelación trigonométrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Emplear en terreno donde la pendiente sea alta.</li> <li>b) Precisión y exactitud media.</li> <li>c) Duración trabajos de campo media.</li> </ul>

<b>Tabla 8. Características de los métodos topográficos altimétricos.</b>	
Nivelación geométrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) En los trabajos de campo es necesario determinar inicialmente la longitud máxima de nivelada para obtener una exactitud determinada.</li> <li>b) Antes de iniciar los trabajos de observación se tiene que comprobar el estado del nivel aplicando el método del punto medio y el método de estaciones exteriores con un solo estacionamiento</li> <li>c) Siempre se realizará nivelación geométrica por el método del punto medio.</li> <li>d) Para una línea de nivelación de varios kilómetros se dividirá ésta en tantos tramos de nivelación como sean necesarios, realizando nivelación doble, generando anillos.</li> <li>e) La tolerancia altimétrica queda definida por el producto del error máximo por kilómetro recorrido y la raíz cuadrada de la longitud de la nivelación expresada en kilómetros.</li> </ul>
Nivelación trigonométrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) La tolerancia o error máximo se calcula teniendo en cuenta el error en la medida de la altura del instrumento, la falta de verticalidad de la señal, la indeterminación en la medida de la distancia y de la medida del ángulo cenital.</li> <li>b) Se emplearán equipos coaxiales permitiendo la realización de la lectura angular y la medida de distancias.</li> <li>c) Sobre los desniveles calculados se tiene que realizar la corrección conjunta de esfericidad y refracción.</li> <li>d) El método de observación de los desniveles será siempre por estaciones recíprocas. En caso de que el desnivel entre dos puntos no pueda determinarse mediante una sola observación se observará mediante nivelación trigonométrica compuesta por estaciones recíprocas.</li> </ul>



## **9. FASE DE OBSERVACIÓN: TRABAJOS DE CAMPO**

45. Los trabajos de campo comienzan una vez finalizados los trabajos de planificación. Los puntos a observar en campo se elegirán dentro de las áreas delimitadas en la fase anterior, siendo identificados mediante el empleo de estereoscopos de bolsillo, cuidando no observar sobre zonas de sombra que dificulten posteriormente su identificación.

### **9.1 CARACTERÍSTICAS DE UN PUNTO DE APOYO**

46. El detalle planimétrico de un PA tiene que ser perfectamente identificable en todos los fotogramas, ubicándose preferentemente sobre un detalle artificial y estable en el terreno.

47. En la medida de lo posible un PA tiene que quedar definido por intersecciones de alineaciones rectas, tales como esquinas de corrales, esquinas de casas, albercas, etc. En ningún caso la localización de un PA se tiene que prestar a interpretación, excluyendo manchas del terreno, intersecciones de caminos, etc.

48. Los puntos altimétricos es conveniente escogerlos sobre partes del terreno con pendiente muy suave, lo más horizontal posible, evitando localizaciones que se presten a una mal posado estereoscópico tales como playas brillantes o arenas.

49. Un PA no puede presentar una incertidumbre planimétrica mayor que el tamaño nominal del píxel del vuelo empleado, evitando además que estos aparezcan elevados sobre el terreno a fin de evitar problemas derivados de la deformación de la proyección de la toma fotográfica.

### **9.2 OBSERVACIÓN DE UN PUNTO APOYO MEDIANTE SISTEMAS GNSS**

50. La observación de un PA tendrá que seguir todo lo establecido en el Capítulo 11 de la NTCA 02-002 *Proceso de observaciones y procesamiento GNSS*.

51. Un PA tiene que estar sobre un entorno donde no exista efecto multicamino y no aparezcan alteraciones en el campo electromagnético, tales como proximidades de antenas de telecomunicaciones o líneas eléctricas.

52. Al inicio de cada jornada de campo es aconsejable consultar el estado del servicio de las antenas de referencia GNSS empleadas, garantizando que los tiempos de observación sean los adecuados según las distancias de línea base estimadas en la fase de planificación. El Capítulo 7 de la NTCA 02-002 *Proceso de observaciones y procesamiento GNSS* establece los tiempos de observación según las condiciones de observación.

53. Las condiciones de observación definidas para un PA son:

- a) Número de satélites superior o igual a 5.
- b) Precisión GDOP inferior a 5.
- c) Mascara de elevación superior a 15°.
- d) Registro de épocas igual a un segundo.

### **9.3 ACCIONES DURANTE LA OBSERVACIÓN DE UN PA MEDIANTE SISTEMAS GNSS**

54. Una vez estacionado el equipo se tiene que iniciar la ficha de campo del PA asignándole el mismo identificador que el introducido en el equipo. Se medirá la altura de la antena al

inicio y al final de la observación siguiendo las instrucciones del fabricante y se anotarán las horas de inicio y final de dicha observación sobre tal ficha.

55. Durante la observación de un PA se realizará un seguimiento del número de satélites y del GDOP. En caso de que éste presente valores superior de GDOP o inferiores de número de satélites a los establecidos en el artículo 53 se ampliarán los tiempos de observación tomando como referencia el artículo 47 de la NTCA 02-002 *Proceso de observaciones y procesamiento GNSS*.
56. Se realizarán tomas fotográficas del PA; como mínimo una del entorno y una de detalle del PA. En ambas fotografías tiene que aparecer el equipo estacionado. Se anotará el identificador de las fotografías en la ficha del PA.
57. Sobre la ficha de campo se realizará un croquis de localización y de detalle, describiendo además el acceso y localización del PA.
58. El PA observado se pinchará sobre el positivo, marcando el entorno de localización e indicando el código asignado.

## **10. FASE DE CÁLCULO: PROCESADO DE OBSERVACIONES GNSS**

59. El procesado de los datos de un PA tendrá que seguir el flujo de trabajo establecido en el artículo 80 del Capítulo 13 de la NTCA 02-002 *Proceso de observaciones y procesamiento GNSS*.
60. La técnica a emplear para la determinación de la distancia entre la estación de referencia y el equipo móvil se realizará mediante la medida de fase, siendo el tipo de solución fija y resolviendo ambigüedades. El artículo 85 de la NTCA 02-002 *Proceso de observaciones y procesamiento GNSS* establece las frecuencias a emplear.
61. Se deben procesar en primer lugar aquellas líneas base correspondientes a las bases empleadas como densificación de la red de antenas de referencia GNSS. En segundo lugar, todas las líneas base existentes entre los PA observados y los puntos tomados como referencia, antenas de referencia y bases de densificación.
62. En ningún caso las coordenadas de un PA se calculan a partir de otro PA.
63. Los parámetros de control de calidad del procesamiento de datos GNSS quedan establecidos en la Tabla 16 del capítulo 13 de la NTCA 02-002 *Proceso de observaciones y procesamiento GNSS*.

## 11. PRODUCTOS

64. Los productos a generar en cada una de las fases del trabajo quedan establecidos en la Tabla 9.

<b>Tabla 9. Listado de productos a entregar.</b>	
Informe de los trabajos	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Relación detallada de equipos e instrumental empleado.</li> <li>b) Certificado de calibración de los equipos topográficos electro-ópticos.</li> <li>c) Listado de bases de referencia y/o vértices geodésicos empleados.</li> <li>d) Memoria del desarrollo de los trabajos de campo.</li> <li>e) Informe de la estrategia empleada en el cálculo de coordenadas.</li> <li>f) Informe del control de calidad de coordenadas.</li> </ul>
Observaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Para observaciones empleando sistemas GNSS se generará un archivo en formato RINEX por cada punto ocupado, incluyendo antenas de referencia y bases de densificación.</li> <li>b) Para observaciones por topografía clásica, estadillos de campo en formato digital y analógico.</li> </ul>
Procesado	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Informe de procesado de cada línea base en formato ASCII para observaciones mediante sistema GNSS.</li> <li>b) Informe con el desarrollo de los cálculos realizados mediante observación por topografía clásica.</li> <li>c) Informe de las coordenadas iniciales y finales del procesado una vez realizada la compensación de los errores.</li> </ul>
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Cartografía oficial en soporte papel donde se proyectarán el conjunto de PAs observados, estaciones y bases de referencia empleados así como el gráfico de vuelo.</li> <li>b) Fotogramas donde los PAs estarán marcados mediante un círculo con centro en cada uno de ellos junto con el identificador.</li> <li>c) Fotogramas digitales remuestreados donde se localizarán cada uno de los PAs observados.</li> <li>d) Fichero con la geometría tipo punto donde aparecerán en su verdadera posición cada uno de los PAs observados. La tabla de atributos como mínimo tiene que tener un campo de tipo texto donde se almacene el identificador de cada punto.</li> <li>e) Metadatos de la campaña de campo.</li> <li>f) Base de datos donde quede registrado toda la información de cada uno de los PAs observados necesaria para confeccionar las reseñas.</li> <li>g) Reseñas individuales y conjuntas del conjunto de PAs</li> </ul>

## 12. BIBLIOGRAFÍA

- Boletín Oficial del Parlamento de Andalucía nº 178 de 8 de marzo de 2013. PL-000001, Proyecto de Ley por la que se aprueba el Plan Estadístico y Cartográfico de Andalucía 2013-2017. Parlamento de Andalucía. Sevilla.

- **Guochang, X. (2010).** GPS, Theory, algorithms and applications. Editorial Springer.
- Junta de Andalucía BOJA nº 215. Plan Cartográfico de Andalucía 2009-2012. Junta de Andalucía, Sevilla.
- Junta de Andalucía Decreto 141/2006, de 18 de julio, por el que se ordena la actividad cartográfica en la Comunidad Autónoma de Andalucía. BOJA nº 154, de 9 de agosto de 2006.
- **Leica (2004).** Fundamentos del sistema GPS y aplicaciones topográficas.
- **Nel, S. (2008).** Global Positioning, Technologies and performance, Editorial Wiley Intescience.
- **Ojeda, J.L (1984).** Métodos topográficos y oficina técnica. ISBN: 84-398-0918-2. 496 páginas. Editorial Autor-Editor.
- **Trimble Geomatics Office (2001).** Manual del software WAVE Baseline Processing. Versión 1.5. Revisión A.
- **US Army Corps of Engineers (2003).** NAVSTAR Global Positioning System Surveying. EM 1110-1-1003.

## ANEXO A (NORMATIVO)

### CONFORMIDAD

#### A.1. Conjunto de pruebas genéricas: Trabajos de campo

Para garantizar que los trabajos de campo se ajustan a lo establecido en la fase de planificación se establece el conjunto de pruebas de conformidad de la NTCA\_02008\_01 a NTCA\_02008\_03.

PRUEBA DE CONFORMIDAD	NTCA_02008_01 > GNSS: Estado estaciones de referencia
a) Propósito	Verificar el estado del servicio de las antenas de referencia GNSS a emplear.
b) Método	Consultar web oficial de la red oficial a emplear.
c) Referencias	Artículo 52
d) Tipo	Básica

PRUEBA DE CONFORMIDAD	NTCA_02008_02 > Ficha de campo
a) Propósito	Comprobar que todos los datos relativos a la observación de un PA se han anotado en la ficha de campo.
b) Método	Chequear cada uno de los campos recogidos en la ficha de campo.
c) Referencias	Capítulo 9.3
d) Tipo	Básica

PRUEBA DE CONFORMIDAD	NTCA_02008_03 > GNSS. Entorno PA
a) Propósito	Comprobar que sobre un PA no aparecen perturbaciones del campo electromagnético o presencia de obstáculos en el horizonte.
b) Método	Inspección visual de las proximidades del PA.
c) Referencias	Artículo 51
d) Tipo	Básica

## A.2. Conjunto de pruebas genéricas: Procesado

Se establecen un conjunto de pruebas de conformidad, de la NTCA\_02008\_PR04 a NTCA\_02008\_PR08, con el objetivo de garantizar tanto la exactitud y precisión de las coordenadas obtenidas así como la adecuada identificado y posado estereoscópico de cada PA.

<b>PRUEBA DE CONFORMIDAD</b>	<b>NTCA_02008_04 &gt; PA. Localización</b>
<b>a) Propósito</b>	Verificar que las áreas definidas en la fase de planificación presenten un PA.
<b>b) Método</b>	Proyectar los PAs sobre las regiones definidas en la fase de planificación, comprobando que todas ellas presenten al menos un PA.
<b>c) Referencias</b>	Capítulo 6.1
<b>d) Tipo</b>	Básica

<b>PRUEBA DE CONFORMIDAD</b>	<b>NTCA_02008_05 &gt; PA. Definición</b>
<b>a) Propósito</b>	Verificar la correcta definición sobre el par estereoscópico de un PA
<b>b) Método</b>	Visualizar estereoscópicamente un PA.
<b>c) Referencias</b>	Capítulo 9.1
<b>d) Tipo</b>	Básica

<b>PRUEBA DE CONFORMIDAD</b>	<b>NTCA_02008_06 &gt; GNSS. Tiempo de observación</b>
<b>a) Propósito</b>	Comprobar los tiempos de observación empleados en cada PA.
<b>b) Método</b>	Determinar el tiempo útil de observación entre un PA y la estación de referencia empleada.
<b>c) Referencias</b>	Artículo 54
<b>d) Tipo</b>	Básica



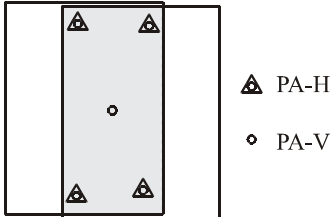
<b>PRUEBA DE CONFORMIDAD</b>	<b>NTCA_02008_07 &gt; GNSS. GDOP máximo</b>
<b>a) Propósito</b>	Verificar el valor del GDOP durante la observación.
<b>b) Método</b>	Consultar los ficheros de observación.
<b>c) Referencias</b>	Artículo 53
<b>d) Tipo</b>	Básica

<b>PRUEBA DE CONFORMIDAD</b>	<b>NTCA_02008_06 &gt; GNSS. Tipo solución</b>
<b>a) Propósito</b>	Verificar que el tipo de solución se ajusta a las necesidades del trabajo.
<b>b) Método</b>	Consultar el informe de cálculo de cada una de las líneas base.
<b>c) Referencias</b>	Capítulo 10
<b>d) Tipo</b>	Básica

## ANEXO B (NORMATIVO)



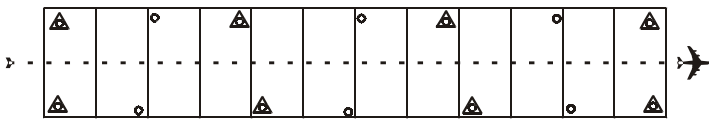
### DISTRIBUCIÓN MÍNIMA DE LOS PUNTOS DE APOYO

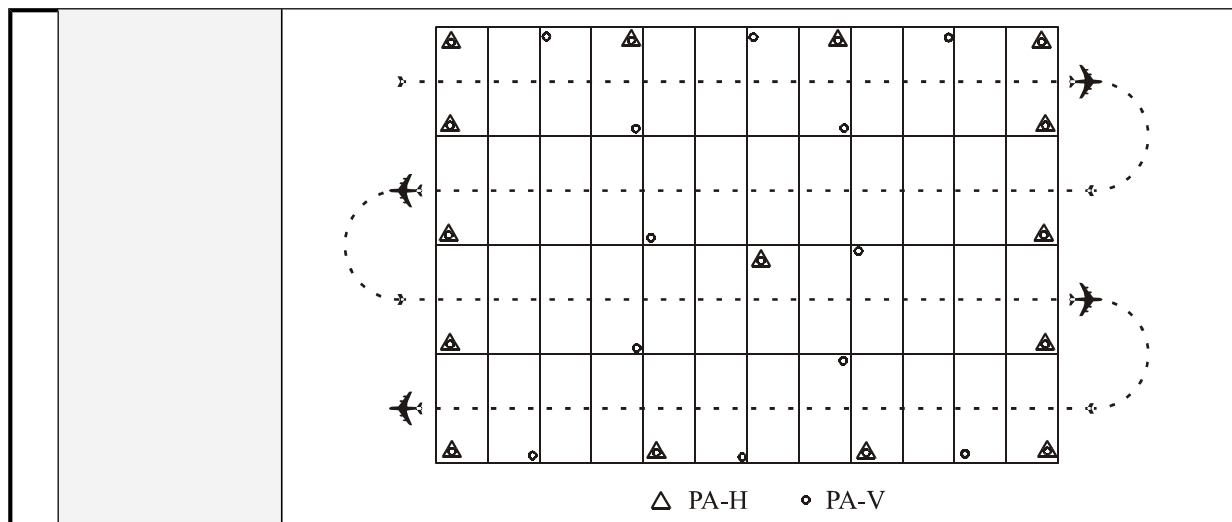
Atendiendo al tipo de vuelo, sensores empleados y metodología de cálculo de los parámetros de orientación de los fotogramas que componen un vuelo se establece una configuración mínima en cuanto a número y distribución de PAs. Las tablas de la B.1 a B.4 recogen tales configuraciones.

<b>Tabla B1. Distribución de PAs en un apoyo topográfico completo</b>	
Cálculo orientación externa	Apoyo topográfico completo
Vuelo fotogramétrico	
Sensor GNSS	 No influye en la localización y número de puntos.
Sensor INS	 No influye en la localización y número de puntos.
Forma vuelo	Vuelos de volumen reducido, una pasada con uno o dos modelos estereoscópicos.
Distribución PA	<p>a) Los PAs aparecerán en las esquinas del modelo pudiendo ser empleados para orientar una posible pasada superior o inferior, o un fotograma anterior o posterior.</p> <p>b) El número mínimo es de 4 PAs-H en las esquinas y 1 PA-V en el centro.</p> <div style="text-align: center;">  </div>



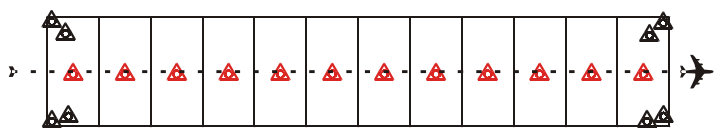


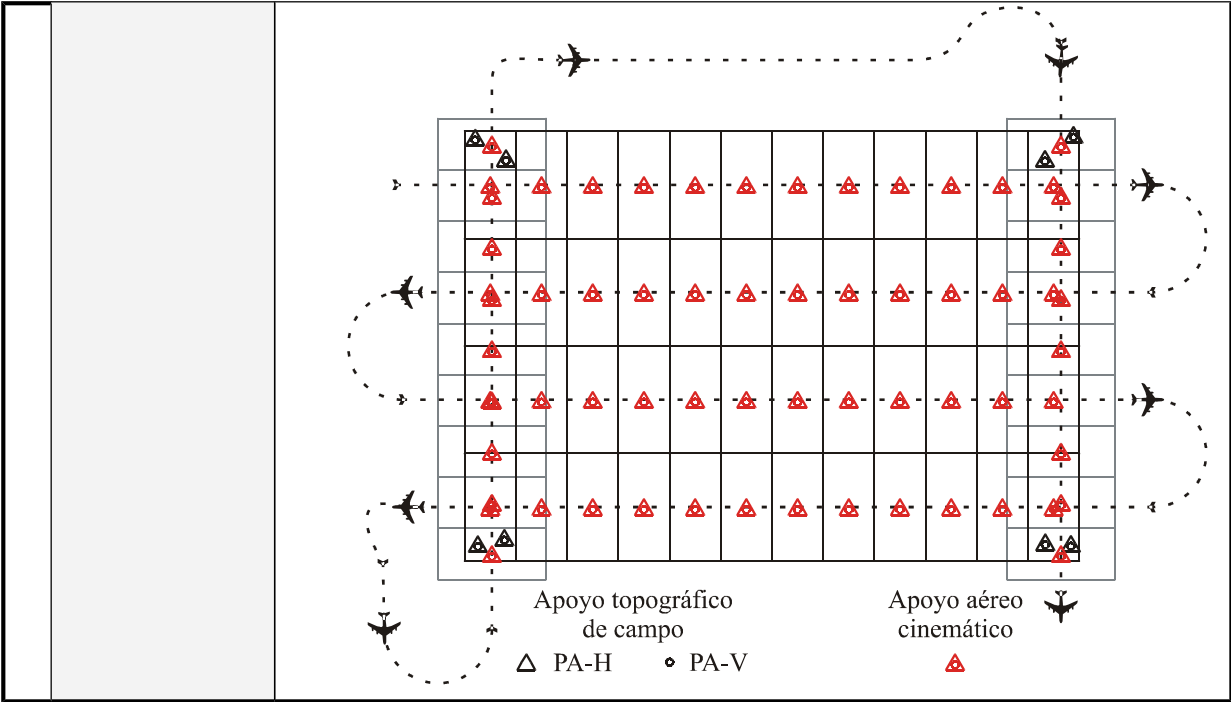
**Tabla B2. Distribución de PAs en un apoyo topográfico de vuelos en sistemas de navegación y cálculo con aerotriangulación.**

Cálculo orientación externa	Aerotriangulación mediante ajuste de haces	
Vuelo fotogramétrico		
Sensor GNSS		No se emplea sistema GNSS para dar coordenadas al centro de proyección.
Sensor INS		No se emplea sistema inercial para determinar la actitud
Forma vuelo	Vuelo en forma de corredor o pasadas simples	
Distribución PA	<p>a) A cada lado del eje de vuelo de cada pasada tiene que colocarse un PA-H en el primer y el último modelo estereoscópico.</p> <p>b) Se colocarán a cada lado del eje un PA-H distribuidos a lo largo de la pasada cuidando que la distancia entre puentes no exceda el máximo permitido.</p> <p>c) A cada lado del eje de vuelo de cada pasada tiene que aparecer un PA-V en el primer y último modelo estereoscópico</p> <p>d) A lo largo de cada eje de vuelo se distribuirán PAs-V aproximadamente uno en frente de otro, a una distancia desde el eje de vuelo de un tercio o un cuarto de la anchura del modelo estereoscópico no sobrepasando la distancia máxima entre puentes.</p> <p>e) La distancia entre puentes queda recogida en la Tabla 5.</p> <div style="text-align: center;">  <p>△ PA-H      ○ PA-V</p> </div>	
Forma vuelo	Vuelo en forma de bloque	
Distribución PA	<p>a) A cada lado del eje de vuelo de la primera y la última pasada tiene que colocarse un PA en el primer y el último modelo estereoscópico.</p> <p>b) La primera y la última pasada del bloque tienen que presentar PAs-H y PAs-V distribuidos a lo largo de la pasada cuidando que la distancia entre puentes no exceda el máximo permitido.</p> <p>c) Tienen que distribuirse PAs-H en pasadas alternas en el interior del bloque. La distancia entre PAs-H no tiene que exceder en dos veces la distancia máxima entre puentes permitida.</p> <p>d) Tiene que colocarse un PA-H en el centro del bloque.</p> <p>e) Se tienen que distribuir PAs-V en cada pasada formando cadenas con una separación entre puentes no excediendo nunca dos veces la distancia máxima permitida.</p> <p>f) La distancia entre puentes queda recogida en la Tabla 5.</p>	

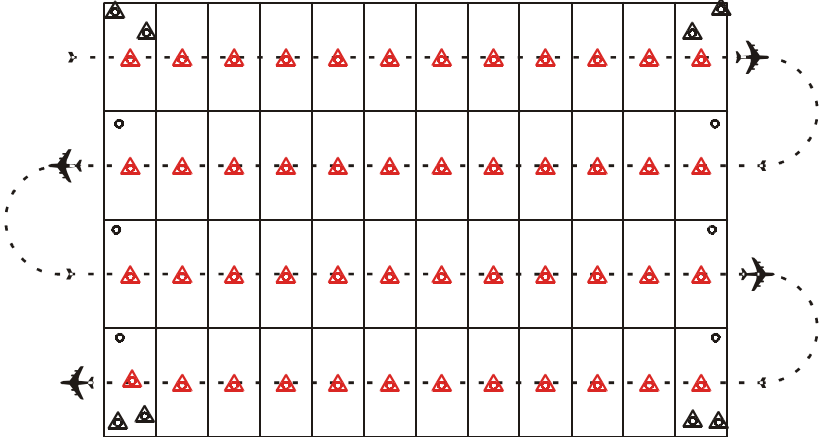


**Tabla B3. Distribución de PAs en un apoyo topográfico vuelos con sistema GNSS y cálculo con aerotriangulación.**



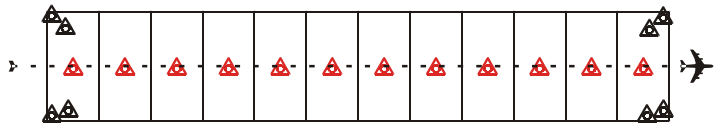
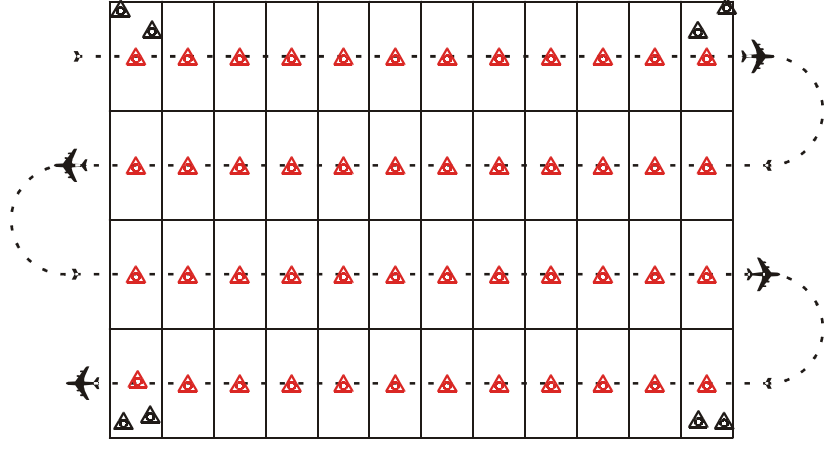
Cálculo orientación externa	Aerotriangulación mediante ajuste de haces	
Vuelo fotogramétrico		
Sensor GNSS		Si se emplea sistema GNSS para dar coordenadas al centro de proyección.
Sensor INS		No se emplea sistema inercial para determinar la actitud
Forma vuelo	Vuelo en forma de corredor o pasadas simples	
Distribución PA	<p>a) A cada lado del eje de vuelo tiene que colocarse como mínimo un PA al inicio y al final de la pasada.</p> <p>b) A fin de asegurar los trabajos posteriores de aerotriangulación se aumentará el número de PA en los extremos de la pasada como mínimo al doble.</p>  <p style="text-align: center;"> <span style="margin-right: 100px;">Apoyo topográfico de campo</span> <span>Apoyo aéreo cinemático</span> </p> <p style="text-align: center;"> <span style="margin-right: 100px;">△ PA-H    ◦ PA-V</span> <span style="color: red;">△</span> </p>	
Forma vuelo	Vuelo en forma de bloque con pasadas transversales en los límites del bloque	
Distribución PA	<p>a) En cada esquina del bloque como mínimo se disponen dos PAs.</p> <p>b) Si las pasadas longitudinales presentan un gran número de fotogramas deberá aparecer una pasada transversal en el interior del bloque, en caso contrario se planificará la observación de una cadena transversal de PAs-V. El número máximo aconsejable de fotogramas en las pasadas longitudinales es de 60 a 70.</p>	



**Tabla B3. Distribución de PAs en un apoyo topográfico vuelos con sistema GNSS y cálculo con Aerotriangulación. (Continuación)**

	Forma vuelo	Vuelo en forma de bloque sin pasadas transversales en los límites del bloque
	Distribución PA	<p>a) En cada esquina del bloque como mínimo se disponen dos PA.</p> <p>b) Al inicio y al final de cada pasada tiene que planificarse un PA-V formando cadenas alimétricas de puntos.</p> <p>c) Si las pasadas longitudinales presentan un gran número de fotogramas deberá aparecer una cadena transversal de PAs-V. El número máximo aconsejable de fotogramas en las pasadas longitudinales es de 60 a 70.</p>  <p style="text-align: center;"> <span style="margin-right: 100px;">Apoyo topográfico de campo</span> <span>Apoyo aéreo cinemático</span> </p> <p style="text-align: center;"> <span style="margin-right: 100px;">△ PA-H    ○ PA-V</span> <span style="color: red;">△</span> </p>

**Tabla B.4. Distribución de PAs en un apoyo topográfico vuelos con sistemas GNSS / INS y cálculo con aerotriangulación.**

Cálculo orientación externa	Aerotriangulación mediante ajuste de haces	
Vuelo fotogramétrico		
Sensor GNSS		Si se emplea sistema GNSS para dar coordenadas al centro de proyección.
Sensor INS		Si se emplea sistema inercial para determinar la actitud
Forma vuelo	Vuelo en forma de corredor o pasadas simples	
Distribución PA	<p>a) A cada lado del eje de vuelo tiene que colocarse como mínimo un PA al inicio y al final de la pasada.</p> <p>b) A fin de asegurar los trabajos posteriores de aerotriangulación se aumentará el número de PAs en los extremos de la pasada como mínimo al doble.</p>  <p style="text-align: center;">                 Apoyo topográfico de campo                      Apoyo aéreo cinemático                  △ PA-H    ◦ PA-V                                      △ (3D + actitud)             </p>	
Forma vuelo	Vuelo en forma de bloque	
Distribución PA	<p>a) En cada esquina del bloque como mínimo se disponen dos PAs.</p>  <p style="text-align: center;">                 Apoyo topográfico de campo                      Apoyo aéreo cinemático                  △ PA-H    ◦ PA-V                                      △ (3D + actitud)             </p>	

## ANEXO C (INFORMATIVO)

### CÁLCULO DE ERRORES MÁXIMOS. MÉTODOS PLANIMÉTRICOS.

Según el método topográfico clásico empleado en la determinación de las coordenadas planimétricas el error máximo tendrá un tratamiento diferente. En los siguientes apartados se establece la formulación necesaria para el cálculo de tales errores máximos.

#### C.1 Método de itinerario

El error transversal y longitudinal en una poligonal quedan determinados como:

Error transversal 
$$E_a \leq \frac{L}{n} \cdot e_a \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{n \cdot (n+1) \cdot (2n+1)}{6}}$$

Siendo:

- L longitud total del itinerario.
- n número de tramos.
- $e_a$  error angular del instrumento.

Error longitudinal 
$$E_l \leq \frac{L}{n} \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{n}$$

Siendo:

- L longitud total del itinerario.
- n número de tramos.
- $\varepsilon$  error relativo en la medición de distancias.

El error total en un itinerario se corresponde con el que resulte mayor entre el error transversal y el error longitudinal.

#### C.2 Método intersección directa

El error máximo en una intersección directa se calcula como:

$$E \leq \frac{L \cdot e_a}{\operatorname{sen} \frac{\alpha}{2}}$$

Siendo:

- L longitud máxima de la visual.
- $e_a$  el error angular del instrumento.
- $\alpha$  ángulo formado en la intersección de visuales.

#### C.3 Método intersección inversa

El error máximo en una intersección inversa es igual a:

$$E \leq \frac{e_a}{2S} \cdot \sqrt{(\text{lado mayor})^2 + (\text{lado medio})^2}$$

Siendo:

- $e_a$  el error angular del instrumento.

EJEMPLO: Se dispone de una estación total la cuál tiene una sensibilidad de  $1.5^{cc}$ , una apreciación en la lectura angula de  $1^{cc}$ , un anteojo de 30 aumentos y una precisión en la medida de distancias de  $1\text{mm}\pm 1.5 \text{ ppm}$ . Analizar cual es el método topográfico mas adecuado para darle coordenadas a un conjunto de puntos de apoyo para una escala 1:5.000.

Sobre la zona de trabajo hay tres vértices geodésicos que están separados una distancia de 1200 metros.

En la planificación de una poligonal se ha decidido que como distancia máxima de tramo se tendrá en cuenta una distancia igual a 150 metros. En primer lugar se determina el error angular del instrumento.

$$\text{Error de verticalidad} \quad e_v \leq \frac{1}{12} \cdot s = 0.125^{cc}$$

$$\text{Error de dirección} \quad e_d \leq \frac{e_e + e_s}{D} \cdot r^{cc} = 84.88^{cc}, \quad \text{Siendo } e_e + e_s = 2\text{cm} \text{ y } D=150 \text{ m.}$$

$$\text{Error de puntería} \quad e_p \leq \frac{10}{A} \cdot \left(1 + \frac{4A}{100}\right) = 0.73^{cc}$$

$$\text{Error de lectura} \quad e_l \leq \frac{2}{3} \cdot a = 0.66^{cc}$$

$$e_a \leq \sqrt{e_v^2 + e_d^2 + e_p^2 + e_l^2} = 84.88^{cc}$$

El error que se cometerá en distancia considerando tramos de 150 m, equivalente a 8 tramos, será igual a 1.22 mm,

Con estos valores se procede a determinar el error transversal y longitudinal, resultando  $E_a \leq 0.404\text{m}$  y  $E_l \leq 0.519\text{m}$ .

A tenor de los resultados obtenidos y teniendo en cuenta que el error máximo esperado en un PA tiene que ser como máximo igual a 0.2 mm a la escala de trabajo, siendo igual en este caso a 0.10 m. se establece que con esta configuración no se podrán cumplir los requisitos mínimos de calidad exigidos en el caso de observar un itinerario.

En el caso de planificar una intersección directa se observa que la distancia máxima de una visual es de 1200 metros; de este modo el error de dirección resultará igual a  $112.57^{cc}$ ; por tanto  $e_a \leq 10.65^{cc}$ . Si el ángulo de intersección de las visuales,  $\alpha$  resultará igual a  $60^\circ$  el error máximo esperado si se realizará una intersección directa resultará igual a 0.044 m. Por tanto la realización de una intersección directa sería factible observarla.

## ANEXO D (INFORMATIVO)

### EVALUACIÓN NIVEL ÓPTICO: CONDICIONES DE TRABAJO EN NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

A la hora de planificar en gabinete como abordar los trabajos de campo lo primero que se ha de estudiar es si el instrumental del que disponemos nos garantizará que el error cometido este dentro de tolerancia. Para ello se plantean dos situaciones diferentes de abordar el problema:

- Calcular el error kilométrico para una distancia máxima de nivelada determinada.
- Calcular la distancia máxima de nivelada para un error kilométrico determinada.

EJEMPLO: Se dispone de un nivel con un anteojo de 24 aumentos y una sensibilidad de  $50''$ . Se planifica realizar una nivelación con distancias máximas de 70 m. Determinar el error kilométrico.

En primer lugar hay que determinar el error angular cometido, el cual se puede descomponer en el error de horizontalidad y el error de puntería:

$$\begin{aligned} \text{Error de horizontalidad} \quad e_h &\leq \frac{1}{3} \cdot s = 16.7'' \\ \text{Error de puntería} \quad e_p &\leq \frac{150}{A} \left( 1 + \frac{4A}{100} \right) = 12.25'' \end{aligned} \Rightarrow e_a \leq \sqrt{e_h^2 + e_p^2} = 20.68''$$

A una distancia de 70m, el error angular produce otro sobre la mira en milímetros igual a:

$$e_m \leq e_a \cdot D = \frac{20.68''}{636620} \cdot 70000 = 2.27mm$$

Para observar un kilómetro de nivelación serán necesarias 1000/70 niveladas, por tanto el error kilométrico resultante es:

$$e_k \leq e_m \cdot \sqrt{\frac{1000}{D}} = 8.5mm$$



## METADATOS

<b>Título</b>	<b>NTCA 02-008: Procesos. Apoyos a vuelos fotogramétricos</b>
<b>Creador</b>	Comisión Técnica de Estadística y Cartografía de Andalucía
<b>Materia</b>	Información Geográfica, Normalización, Cartografía, Fotogrametría, Aerotriangulación.
<b>Descripción</b>	Norma Técnica Cartográfica de Andalucía. Documento normativo perteneciente al núcleo de normas que se centran en los modelos que ha de seguir toda la Información Geográfica producida en y para el Sistema Estadístico y Cartográfico de Andalucía. Esta Norma establece un modelo para la realización de vuelos fotogramétricos.
<b>Editor</b>	Comisión Interdepartamental Estadística y Cartografía de Andalucía
<b>Colaboradores</b>	Francisco Javier Mesas Carrascosa
<b>Fecha</b>	Creado: 2013-04-19
<b>Tipo de recurso</b>	Texto
<b>Formato</b>	PDF
<b>Identificador</b>	NTCA_02008
<b>Fuente</b>	Elaboración propia
<b>Idioma</b>	Spa
<b>Relación</b>	
<b>Cobertura</b>	Andalucía
<b>Derechos</b>	Junta de Andalucía
<b>Audiencia</b>	Personal Técnico en Información Geográfica