

Moreno Vergara, G., López Flores, J. y Zamorano Páez, M.D. (2010): Análisis de la calidad de la red de puntos de apoyo de la Junta de Andalucía. Idoneidad para su aplicación en producción de ortofotografía. En: Ojeda, J., Pita, M.F. y Vallejo, I. (Eds.), Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla. Pp. 281-295. ISBN: 978-84-472-1294-1

ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE LA RED DE PUNTOS DE APOYO DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA. IDONEIDAD PARA SU APLICACIÓN EN PRODUCCIÓN DE ORTOFOTOGRAFÍA.

Gonzalo Moreno Vergara⁽¹⁾, Joaquín López Flores⁽²⁾, M^a Dolores Zamorano Páez⁽²⁾

(1) Instituto de Cartografía de Andalucía. Junta de Andalucía. C/. San Gregorio 7, 41004 – SEVILLA.
gonzalo.moreno.ext@juntadeandalucia.es

(2) Tecnologías y Servicios Agrarios S.A., C/ Parsi 5, S/N – 41016 – SEVILLA. jlopez32@tragsa.es.

RESUMEN

Actualmente la producción de ortofotografías se basa en procedimientos que comprenden tareas altamente automatizadas, hecho que ha permitido una reducción de plazos y costes en la obtención de estos productos. De igual forma ha contribuido a dicha reducción la disponibilidad de información de partida obtenida en proyectos anteriores, especialmente para las fases Apoyo de Campo y Modelo Digital del Terreno.

El propósito de este estudio ha sido la evaluación de la calidad posicional de la Red de Puntos de Apoyo de Andalucía (RPA), constituida por una base de puntos medidos sobre el terreno a lo largo de diversas campañas de producción cartográfica. Como objetivo de este análisis se pretende categorizar en función de su idoneidad esta información, para su utilización en posteriores proyectos que requieran apoyo topográfico.

En este artículo se describe la metodología establecida: Un diagnóstico de la idoneidad de la RPA para su posterior reutilización, mediante el establecimiento de diversos criterios y el análisis de información en función de los mismos. En una segunda fase, con la ejecución de remediciones sobre el terreno y posterior validación estadística de los datos, se ha evaluado la exactitud y calidad posicional de los puntos que han superado los diferentes criterios de aceptación.

Palabras clave: puntos de apoyo, apoyo topográfico, ortofotografía, calidad posicional, exactitud.

ABSTRACT

Nowadays, the production of orthophotos is based on procedures that include highly automated tasks, which has led to a reduction in time and cost in obtaining these products. Likewise, it has contributed to this reduction the availability of baseline information obtained in previous projects, especially for Field Support and Digital Terrain Model phases.

The purpose of this study was to evaluate the positional quality of the Control Points Network of Andalusia (RPA), consisting of a base of measured field points along different production mapping. The aim of this analysis is to categorize this information in terms of their suitability, to be used in subsequent projects which require topographic support.

This article describes the methodology set: a diagnosis of the suitability of the RPA for reuse, by means of establishing different criteria and analysis of information based on them. In a second phase, with the implementation of on field remeasurements and subsequent statistical validation of data, it has been evaluated the positional accuracy and quality of points that have passed the different acceptance criteria.

Key Words: control points, topographic support, orthophotography, positional quality, precision.

INTRODUCCIÓN

Los proyectos de producción de cartografía en la Comunidad Autónoma de Andalucía, han permitido disponer de una base de puntos medidos sobre el terreno recopilada a lo largo de los últimos años, conformada por distintos trabajos que han necesitado apoyo topográfico. La producción de ortofotografía digital, uno de los programas de trabajo de la Junta de Andalucía a través de distintas Consejerías, así como por la participación de la Comunidad Autónoma en programas de ámbito nacional como el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) ha contribuido de forma significativa a nutrir dicha red de puntos.

El propósito general de este trabajo ha sido la evaluación de la calidad de estos datos que conforman la denominada "Red de Puntos de Apoyo de Andalucía" (RPA). Uno de los valores más significativos de esta información es la posibilidad de su utilización en posteriores proyectos con el consiguiente ahorro económico y en tiempo. No obstante la Red está conformada por información heterogénea obtenida en diversas campañas por distintas entidades.

Consecuencia de lo anterior el objetivo final ha sido el desarrollo de una metodología de valoración de los datos que permita determinar tanto la calidad como actualización de la información contenida en la RPA, así como la idoneidad de la misma para su utilización en campañas posteriores del Programa de Ortofoto de Andalucía.

Para ello se ha establecido una serie de controles y tareas de revisión a ejecutar, que nos permitan obtener unos valores objetivos y medibles de la calidad de estos datos, así como analizar la integridad de la información, para garantizar su validez en la utilización en otros proyectos.

La información de partida ha sido una base de datos con una tabla que contiene más de 3400 registros de puntos de apoyo y una colección de ficheros en PDF con las correspondientes reseñas. Sobre toda esta información se han realizado diferentes análisis, los cuales se pueden dividir en dos fases principalmente: análisis y tratamiento de la información, y control posicional. En la primera se ha revisado y filtrado toda la información de partida con objeto de ofrecer datos íntegros y utilizables en procesos de aerotriangulación. La segunda fase ha consistido en un control posicional de una pequeña muestra del conjunto de datos filtrado con la finalidad de tener unas mínimas garantías sobre la exactitud de las coordenadas de los puntos.

ZONA DE ESTUDIO

Dado el objetivo del trabajo, la zona de estudio comprende el ámbito de la Comunidad Autónoma de Andalucía. No obstante, se pueden distinguir dos zonas de estudio, una para cada fase en las que se ha dividido del trabajo.

En la fase de análisis y tratamiento de la información disponible en la Red de Puntos de Apoyo de Andalucía, la zona de trabajo abarca la totalidad de la extensión de la Comunidad Autónoma.

En cambio, para la fase de control posicional, se ha seleccionado una zona de estudio que abarca parte de las provincias de Sevilla, Huelva y Córdoba, y que se corresponde con los bloques 1 y 4 del vuelo del cuadrante SW de Andalucía del año 2008, enmarcado en la participación de la Junta de Andalucía en el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea.

Las hojas del MTN50 contenidas en los bloques de vuelo mencionados anteriormente y que comprenden la zona en la que se ha llevado a cabo trabajos de campo son: 961, 962, 963, 964, 965, 966, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 1001, 1002, 1003, 1004, 1005, 1006, 1018, 1019, 1020, 1021, 1022 y 1023.

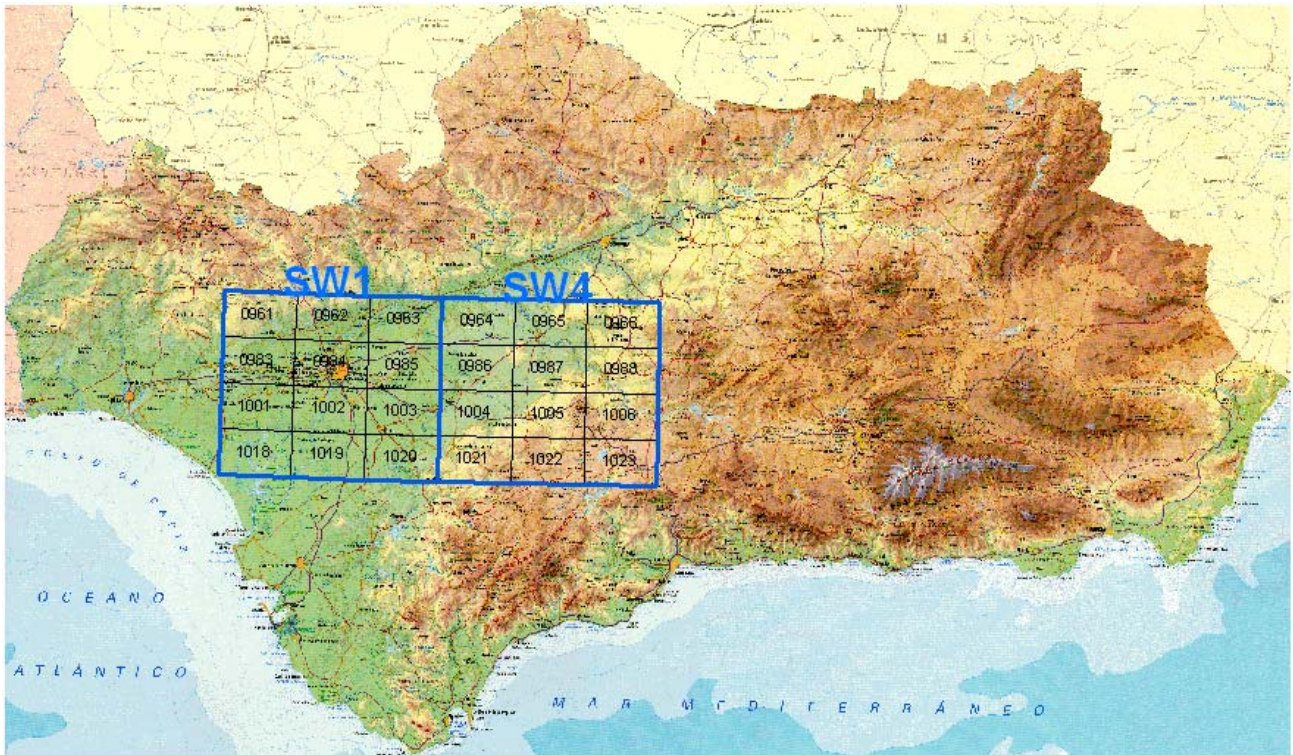


Figura 47. Zonas de estudio. En recuadro azul ámbito para fase de control posicional.

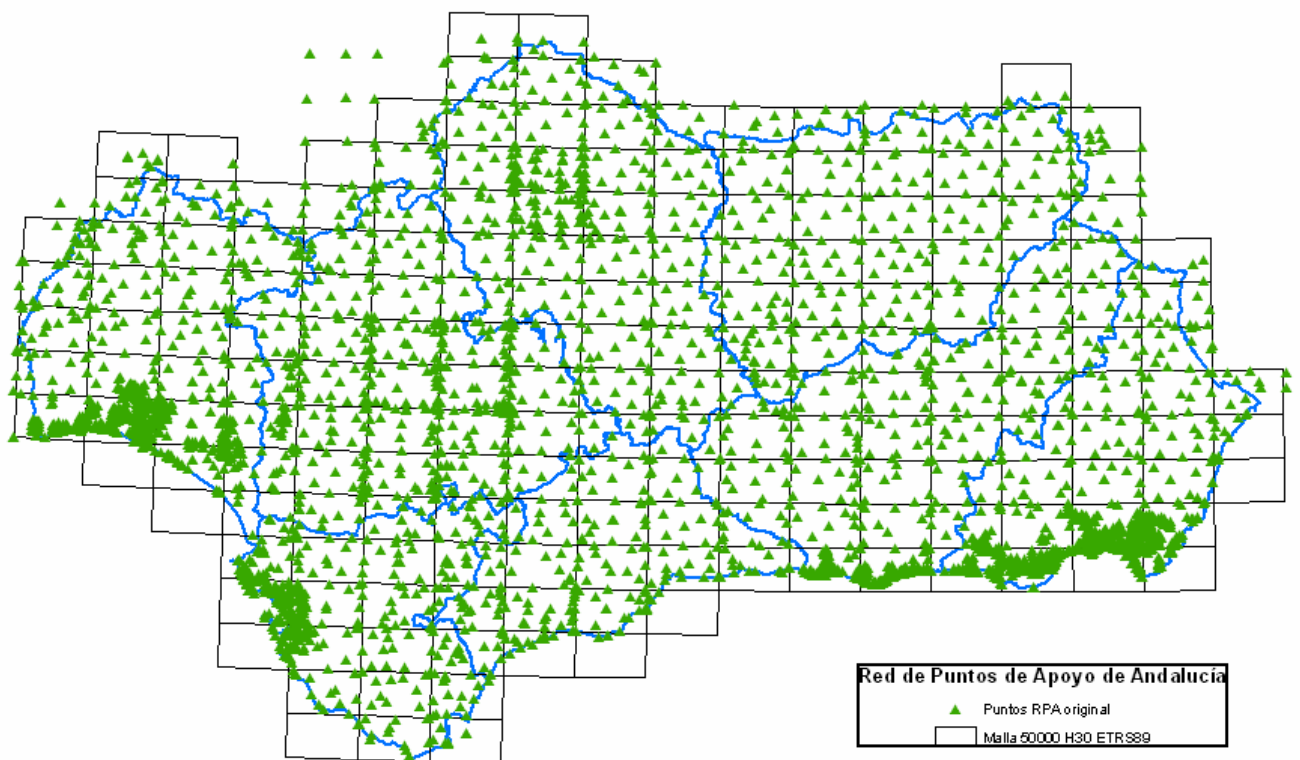


Figura 2. Distribución de puntos original en la Red de Puntos de Apoyo de Andalucía

METODOLOGÍA

Como se ha comentado anteriormente, el estudio se ha llevado a cabo en dos fases bien diferenciadas que han comprendido trabajos de campo en una de ellas, y trabajos de gabinete en ambas. En este apartado se relacionan y detallan las diferentes tareas realizadas en cada una de las etapas del trabajo.

1. Análisis y tratamiento de la información contenida en la RPA

El objetivo general de esta fase del trabajo es el estudio y análisis de la idoneidad de la información contenida en la Red de Puntos de Apoyo de Andalucía.

La RPA está compuesta por una base de datos que recoge toda la información de los puntos de apoyo topográfico recopilados en los últimos años en diversos proyectos de producción cartográfica, y una serie de documentos que recogen las reseñas de dichos puntos.

Esta fase se ha basado en el análisis de la información contenida en la RPA mediante la evaluación de la documentación gráfica y alfanumérica y el tratamiento posterior, en base a dicho análisis, de los datos contenidos en la B.D. de puntos de apoyo.

Mediante la comprobación y verificación de la información contenida en la base de datos y las reseñas, se han analizado posibles incongruencias en la información de los puntos, duplicidades, indeterminaciones, compleción de las reseñas, etc. Por otro lado se ha comprobado la estabilidad de los puntos, indefiniciones, carencias de información suficiente, con el objetivo de determinar la solidez y completitud de la información para utilización en el apoyo de futuros vuelos. Por último se ha llevado a cabo una verificación de la actualidad de los puntos mediante el análisis de la permanencia en el terreno de los mismos, utilizando como información de base la Ortofoto Expedita de Andalucía 2008-2009.

En la siguiente figura se incluye un esquema del procedimiento seguido en el análisis y tratamiento de la información, con las revisiones llevadas a cabo y los criterios de filtrado aplicados.

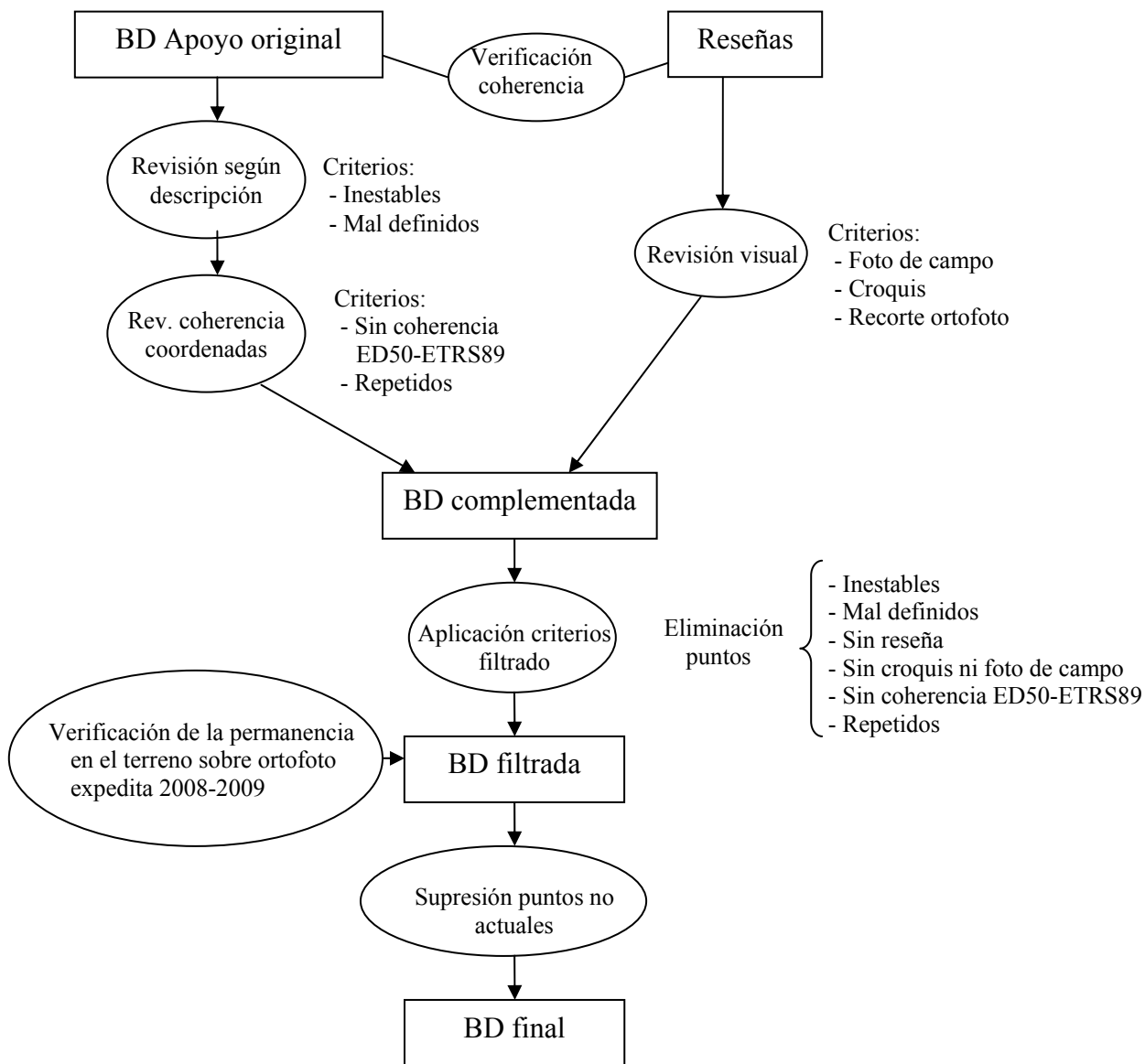


Figura 3. Flujo de análisis y tratamiento de la información.

Con el objetivo de mantener la información primitiva, la base de datos original se ha conservado con todos los registros, añadiendo nuevos campos a la misma para cada uno de ellos, en los que se ha ido marcando tras las distintas revisiones aquellos en los que no se cumplía alguno de los criterios de filtrado.

El primer análisis llevado a cabo ha sido el cotejo de la coherencia entre los puntos presentes en la base de datos, y los de las reseñas. Para ello se ha verificado que cada registro posea su correspondiente reseña, hecho fundamental para disponer de información detallada sobre la ubicación exacta en la que se realizó la medición. En el caso contrario, es decir, aquellas reseñas que no presentan registro con el punto correspondiente en la base de datos, se han añadido como un nuevo registro a la tabla.

A continuación se ha realizado una evaluación objetiva de la información gráfica de cada una de las reseñas. Entre los puntos analizados, se ha revisado que posean fotografía de campo del punto de apoyo, croquis y recorte de fotograma aéreo con el punto pinchado. Los resultados de esta revisión se han ido marcando en el campo correspondiente de la base de datos original.

Otro criterio aplicado es la inestabilidad del elemento en el que se realizó la medición del punto, o bien la indefinición del mismo. Para aplicar este criterio, se ha llevado a cabo una clasificación de los puntos como aceptables o no aceptables según la información contenida en el campo "Descripción" de la base de datos. Se consideran puntos no aceptables todos aquellos que pueden resultar inestables o mal definidos, por ejemplo, los correspondientes a matas, centros de árboles, marcas de pintura, picos de vegetación, etc. A menudo en campo se hacen mediciones sobre estos tipos de elementos porque no se localizan otros más deseables en la zona, pero al pretender su reutilización para el apoyo de vuelos futuros, se considera conveniente ceñirse sólo a los de mejor calidad y que ofrezcan mayor garantía.

Los datos contenidos proceden de diferentes campañas de campo, por lo que otra incidencia presumible es la repetición de los mismos, habiéndose observado dos o más veces el mismo elemento. En estos casos el criterio aplicado para la supresión de estas duplicidades, ha sido mantener aquel que presente la reseña más completa, con indicaciones y aclaraciones sobre la identificación del punto en el terreno, y, como segundo criterio, el que pertenezca a una campaña más actual.

El último análisis llevado a cabo antes de la aplicación de los filtros, se ha realizado con el objetivo de comprobar la coherencia entre las coordenadas en los sistemas de referencia ETRS89 y ED50 coordenadas en ambos sistemas incluidas tanto en la Base de datos original, como en las reseñas de los puntos. Según la metodología para la ejecución de este tipo de trabajos, las coordenadas originales del punto son tomadas en el sistema de referencia ETRS89, y posteriormente se transforman a ED50. La transformación ha debido de ser llevada a cabo con la rejilla `sped2et.gsb`, proporcionado por el Instituto Geográfico Nacional. Aquellos puntos en los que se han detectado incongruencias entre las coordenadas en ambos sistemas, se han indicado como puntos a eliminar, al no ofrecer solvencia suficiente para su utilización.

Del análisis y verificación de coherencia entre la base de datos de partida y las reseñas junto con la información recopilada en los análisis descritos anteriormente, se ha obtenido una nueva base de datos complementada con los resultados de toda la información evaluada, y que ofrece datos de gran interés para todos los registros sobre la calidad de los puntos de apoyo.

A partir de aquí, se ha realizado un tratamiento de los datos llevando a cabo un primer filtro en el que se han eliminado aquellos puntos que no cumplían al menos uno de los criterios de filtrado y análisis descritos anteriormente. De esta forma se obtiene una base de datos de puntos que se ha denominado filtrada, y que contiene todos aquellos puntos que han permanecido tras la aplicación de los diversos criterios, por lo que se presuponen con una fiabilidad suficiente para su reutilización.

Una vez se dispone de la base de datos filtrada, el último análisis llevado a cabo ha sido la verificación de la permanencia en el terreno de estos puntos. Para ello, se llevó a cabo un chequeo sobre la ortofotografía expedida de Andalucía 2008-2009 mediante la localización e identificación de los elementos medidos en el terreno. Esto ha permitido determinar puntos que o bien no permanecen en el terreno o se encuentran notablemente desplazados, puntos que han sido marcados para su supresión. Con el resultado de esta revisión se ha ejecutado un nuevo filtro con el que se ha obtenido la BD final.

Todas las tablas obtenidas en los distintos procedimientos seguidos se agrupan en una única base de datos con distintas tablas que contienen los registros de los puntos que han permanecido tras los diversos filtrados.

2. Control de calidad posicional

En una segunda fase del trabajo se ha llevado a cabo una evaluación de la calidad posicional y exactitud de los puntos contenidos en la RPA. Para ello se han realizado nuevas mediciones sobre el terreno de determinados puntos, y posteriormente se han llevado a cabo una serie de análisis mediante técnicas estadísticas para determinar la bondad de los datos.

La población sobre la que se ha realizado el control posicional ha sido seleccionada de la base de datos final, una vez aplicados todos los criterios de filtrado de los puntos con incongruencias según lo descrito en el apartado anterior. Los puntos seleccionados se localizan en los bloques SW1 y SW4 del vuelo de Andalucía 2008 45cm para la producción de ortofotografía, en el marco del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).

Para seleccionar la muestra de esta población, se han considerado distintos criterios que aseguren la representatividad de los puntos seleccionados. Para ello se ha tenido en cuenta el tamaño de la muestra, la variabilidad en

los elementos sobre los que se han tomado los puntos, y la elección de puntos de todas las campañas de campo de las que se disponen en la RPA.

Sobre todos los puntos de la muestra se ha realizado una nueva observación en campo. Para ello se han utilizado equipos GPS bifrecuencia y se ha utilizado como marco de referencia el definido por la Red Andaluza de Posicionamiento (RAP). La metodología de medición ha sido la empleada habitualmente para trabajos de apoyo; posicionamiento estático rápido con las siguientes condiciones de observación:

- Líneas base < 20km.
- Número de satélites ≥ 5 .
- PDOP < 6.
- Máscara de elevación: 15°.
- Tiempo de observación > 10 minutos.
- Épocas registradas cada segundo.

En aquellos casos en los que las estaciones de la RAP distan más de 20km de los puntos a medir, se ha colocado una base cercana al conjunto de puntos a visitar. Esta base permanece más de una hora observando (posicionamiento estático) y hace de enlace con la RAP. En la siguiente figura se observa este esquema de medición.

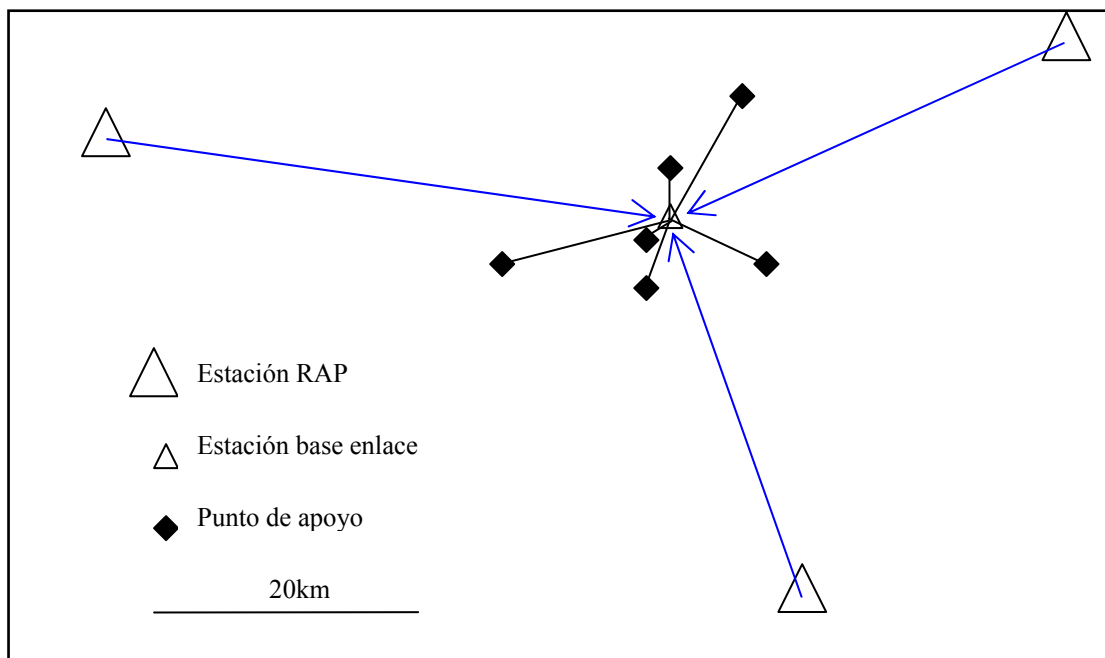


Figura 4. Esquema de medición cuando los puntos distan más de 20km de las estaciones RAP.

Se parte de la premisa de que la exactitud que cabe esperar de la nueva medición de los puntos es muy similar a la que se debió de obtener en su día cuando se realizaron las distintas campañas de medición ya que la metodología de observación que se viene empleando es similar a la que se ha indicado. Esta circunstancia se ha tenido en consideración al determinar el error en las coordenadas de la base de datos original.

$$Error_{dif} = \sqrt{Error_{revision}^2 + Error_{original}^2}$$

$$\{Error_{revision} \approx Error_{original}\}$$

$$Error_{dif} = \sqrt{2 \cdot Error_{original}^2}$$

$$Error_{original} = \frac{Error_{dif}}{\sqrt{2}}$$

El valor por debajo del cual se suele exigir que se encuentre el error medio cuadrático para este tipo de trabajos es:

- $RMSE_{planimetría} \leq 10\text{cm}$.
- $RMSE_{altimetría} \leq 15\text{cm}$.

Los parámetros utilizados para evaluar la calidad posicional de los puntos se han tratado de forma diferente para planimetría y altimetría, ya que tanto el nivel de precisión como el comportamiento de los errores en ambas variables es diferente.

Según el comportamiento de estas variables la distribución de los errores en el caso de la planimetría se asimila a una distribución Normal Circular, mientras que para la altimetría la distribución es Normal Unidimensional.

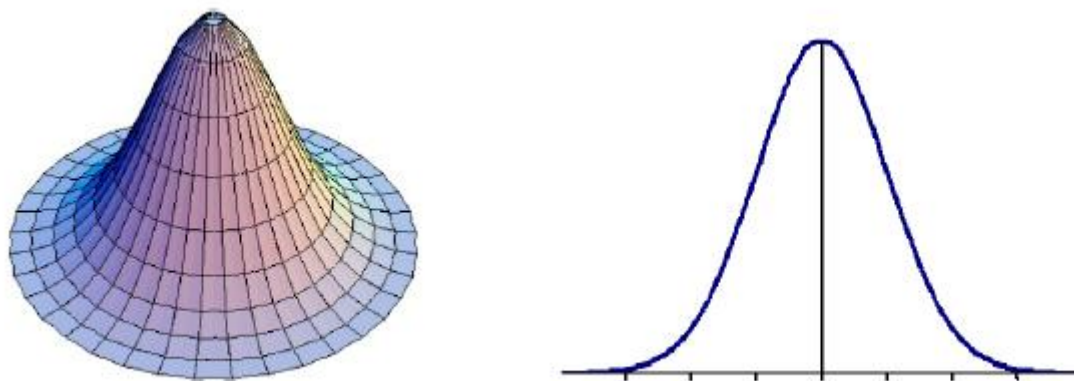


Figura 5: Distribución normal: Circular y unidimensional

Teniendo en cuenta lo anterior, las medidas utilizadas para evaluar la calidad posicional de los puntos a partir de las diferencias encontradas en las coordenadas se muestran a continuación.

- Ratio de incertidumbres posicionales sobre una tolerancia. Se establece una tolerancia y se determina el porcentaje de puntos cuyo error es superior a la misma. Ésta se ha fijado multiplicando el error medio cuadrático exigido por el valor correspondiente de la distribución normal para que la probabilidad sea del 98%. Es decir,

$$\text{Tolerancia}_{planimetría} = RMSE_{planimetría} * r_{98} = 0,10 * 2,8 = 0,28 \text{ metros.}$$

$$\text{Tolerancia}_{altimetría} = RMSE_{altimetría} * z_{98} = 0,15 * 2,33 = 0,35 \text{ metros.}$$

Donde: r_{98} = Radio de la normal circular para una probabilidad del 98%. Valor tabulado

z_{98} = Valor tabulado en la normal dimensional

Se ha determinado que esta medida de la calidad es conforme si el ratio es igual o menor al 2%.

- Aplicación del test NSSDA (National Standard for Spatial Data Accuracy). En este test no se aplican tolerancias, sino que se determina la exactitud de los datos expresada en términos de error circular, para el caso de la planimetría, o lineal, para la componente altimétrica, con un 95% de nivel de confianza. (FGDC (1998). *FGDC-STD-007: Geospatial Positioning Accuracy Standards, Part 3. National Standard for Spatial Data Accuracy*. Federal Geographic Data Committee, Reston)

RESULTADOS

1. Análisis y tratamiento de la información contenida en la RPA

En la siguiente tabla se resumen los principales resultados obtenidos tras el análisis llevado a cabo, una vez aplicados los criterios de filtrado sobre la base de datos original. Se han expresado a modo de porcentaje considerando el total de puntos que se tiene en la información de partida.

Tabla 1. Resumen resultados primera parte de análisis de información.

Tipo de deficiencia	%
Sin croquis	14,5
Sin foto de campo	86,3
Sin croquis ni foto	8,7
Sin reseña	1,5
Eliminado por descripción	17,2
Incoherencia ED50-ETRS89	2,6
Repetidos	2,3

En lo que se refiere a la reducción en cuanto al número de puntos, la Base de datos que contiene la RPA original cuenta con 3492 registros, que una vez eliminados según las carencias anteriores pasan a constituir 2459 registros, lo que supone una reducción de algo más de 1000 puntos. Esto se traduce en que el 28,6 % de los puntos originales no son aconsejables para su reutilización.

Por último tras el análisis de la permanencia de los puntos sobre el terreno con el apoyo de la Ortofotografía Expedita de Andalucía 2008-2009, se han eliminado 106 puntos, que supone un 4,3% de los disponibles tras los criterios de filtrado, y un 3,03 % sobre el número de puntos original.

La base de datos final de puntos disponibles para su utilización en proyectos posteriores consta de 2.353 registros o puntos reutilizables.

En las siguientes figuras se muestran los puntos de la base de datos original, indicando cuales de ellos han permanecido tras los distintos análisis llevados a cabo descritos anteriormente, y la distribución del global de puntos eliminados de la base de datos inicial.

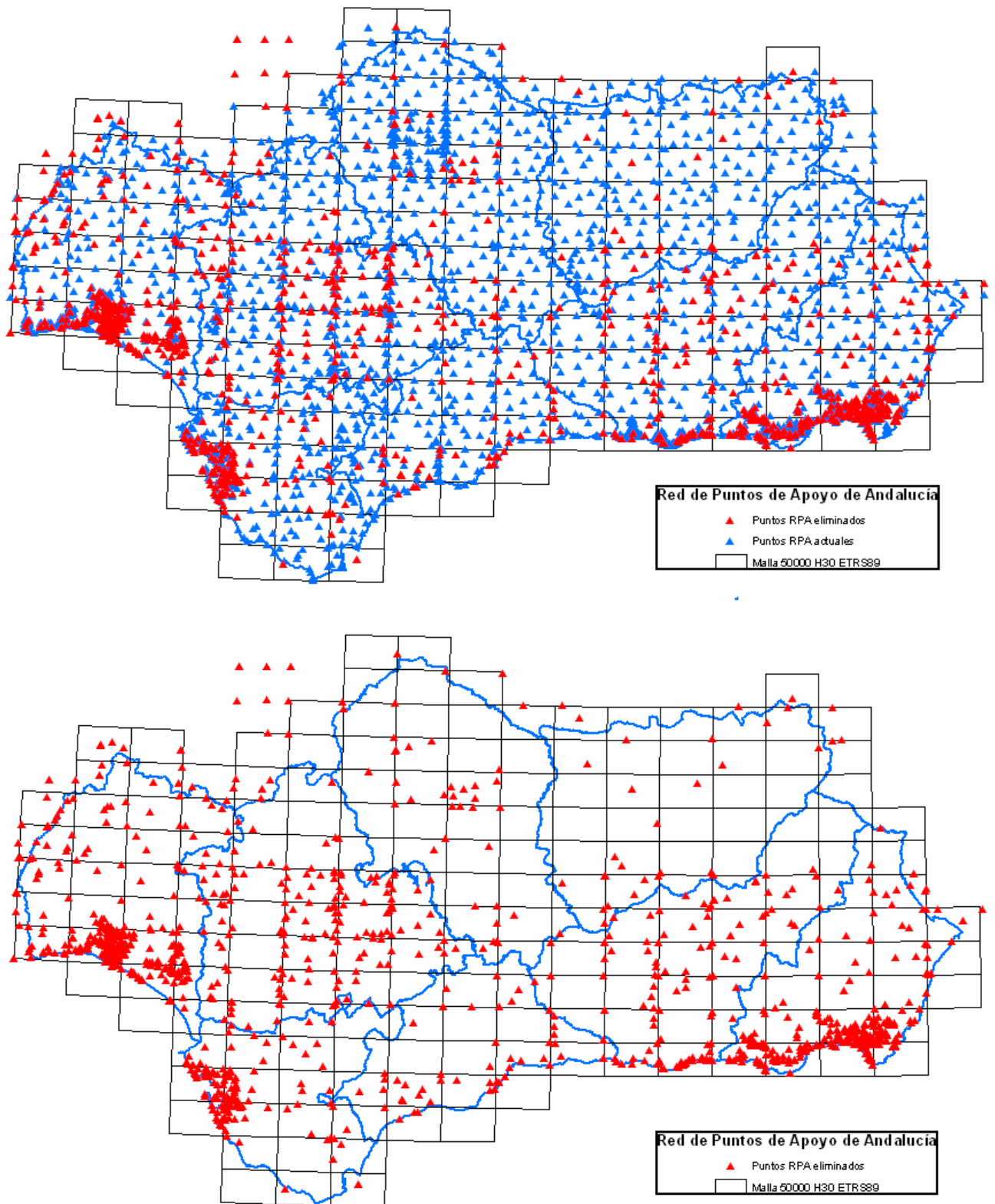


Figura 5. Distribución de puntos permanentes y eliminados con los diversos criterios de filtrado

2. Control de calidad posicional

La muestra seleccionada ha supuesto la remediación en campo de un total de 48 puntos.

En la siguiente tabla se resumen los errores obtenidos en planimetría y en altimetría para cada uno de los mismos. Como se ha indicado en la metodología seguida, en ambos casos, para determinar el error se ha dividido la diferencia de coordenadas por la raíz de dos ya que se parte de la premisa de que la medición original y la de control tienen similar precisión.

En la componente altimétrica se han detectado problemas de determinación del elemento al que está referida la coordenada. Los primeros cuatro puntos de la tabla presentan confusiones en este sentido, por lo que han sido eliminados de los cálculos, aunque hay que tenerlos muy presentes a la hora de valorar la calidad.

Tabla 2. Errores obtenidos en planimetría y altimetría.

ID_PUNTO	Dif_X	Dif_Y	ΔR	Dif_H	Dif_H/ $\sqrt{2}$
25707	-0,008	-0,051	0,037	0,083	Confusiones al establecer dónde se refiere la cota
258SW04_018	0,014	-0,071	0,051	-0,941	
257AAA2158	-0,038	-0,094	0,072	-3,186	
257AAA2163	-0,171	0,012	0,121	-0,262	
25732	0,095	0,138	0,118	1,257	0,889
257AAA2166	-0,095	-0,075	0,086	-0,557	-0,394
246SW07_00100	0,011	-0,122	0,087	0,041	0,029
247SW07_01053	-0,025	-0,047	0,038	0,013	0,009
258SW07_01007	-0,103	0,032	0,076	-0,097	-0,069
258SW07_01024	0,047	-0,037	0,042	0,088	0,062
259SW07_00061	-0,002	0,002	0,002	-0,083	-0,059
257SW07_01028	-0,014	-0,039	0,029	-0,261	-0,185
258SW07_01040	-0,018	-0,089	0,064	-0,014	-0,010
258SW07_01013	-0,051	-0,058	0,055	0,020	0,014
258SW07_01015	-0,033	-0,012	0,025	0,022	0,016
24628E	0,303	0,200	0,257	0,221	0,156
24612	-0,005	-0,033	0,024	-0,085	-0,060
24615	-0,110	-0,001	0,078	-0,049	-0,035
24611	0,024	-0,033	0,029	-0,017	-0,012
257G019	0,031	-0,012	0,024	0,015	0,011
257G021	-0,029	0,047	0,039	-0,041	-0,029
25810	-0,047	0,014	0,035	0,001	0,001
25838	-0,124	-0,056	0,096	-0,192	-0,136
25853	-0,024	-0,018	0,021	0,026	0,018
25855	-0,108	0,244	0,189	-0,119	-0,084
246SW04_045	-0,041	-0,003	0,029	0,001	0,001
25935	0,000	-0,022	0,016	-0,286	-0,202
25950	-0,048	-0,023	0,038	0,026	0,018
259SW04_064	0,094	-0,078	0,086	-0,002	-0,001
25711	-0,101	-0,197	0,157	0,097	0,069
25726	-0,043	0,009	0,031	0,025	0,018
25727	0,086	-0,006	0,061	-0,055	-0,039
25751	-0,002	-0,045	0,032	0,026	0,018
257G010	0,055	-0,106	0,084	0,055	0,039
257G015	0,011	-0,023	0,018	-0,029	-0,021
25821	-0,011	-0,002	0,008	0,029	0,021

246G006	-0,031	-0,010	0,023	0,017	0,012
24756	0,077	-0,048	0,064	-0,010	-0,007
24630	0,045	-0,033	0,039	-0,041	-0,029
24631	0,021	0,041	0,033	-0,007	-0,005
24635	0,016	-0,003	0,012	-0,032	-0,023
24636	0,007	-0,067	0,048	-0,128	-0,091
24653	-0,011	-0,030	0,023	0,046	0,033
257SW04_047	-0,050	-0,046	0,048	-0,080	-0,057
257SW04_049	-0,003	-0,036	0,026	-0,090	-0,064
258SW04_026	-0,008	-0,050	0,036	0,058	0,041
258SW04_033	-0,129	-0,136	0,133	0,009	0,006
258SW04_057	-0,101	-0,068	0,086	-0,106	-0,075

Donde $\Delta R = \sqrt{\frac{Dif - X^2}{2} + \frac{Dif - Y^2}{2}}$

En planimetría ningún punto supera el umbral de 0,28 metros establecido por lo que la medida del ratio de incertidumbres es conforme. El RMSE de esta componente de 0,067m y según el test NSSDA se ha verificado una exactitud horizontal 0,115 metros.

En altimetría los resultados son menos positivos. Además de los cuatro puntos citados anteriormente, con confusiones, hay dos que superan el umbral de 0,35 metros, por lo que el ratio de incertidumbres es de 4,5% y resulta no conforme. Estos dos puntos no se han incluido en el cálculo del NSSDA ya que este test, al basarse en el RMSE, es muy sensible a los valores atípicos, por lo que se ha aplicado sobre los 42 restantes. Para esta muestra se ha verificado una exactitud vertical de 0,128 metros.

En la siguiente tabla se resumen los resultados de las medidas aplicadas para evaluar la calidad posicional en planimetría.

Tabla 3. Resultados de las medidas aplicadas para evaluar la calidad posicional. Planimetría.

Componente de la calidad de los datos	NSSDA	Porcentaje errores
Ambito de la calidad	Puntos de apoyo correspondientes a los bloques de vuelo PNOA_AND_2008_SW 1 y 4 de la Red de Puntos de Apoyo de Andalucía.	Puntos de apoyo correspondientes a los bloques de vuelo PNOA_AND_2008_SW 1 y 4 de la Red de Puntos de Apoyo de Andalucía.
Elemento de la calidad	3 - Exactitud posicional	3 - Exactitud posicional
Subelemento de la calidad	1 - Absoluta o externa	1 - Absoluta o externa
Medida de la calidad		
Descripción de la medida	Exactitud horizontal de los datos expresada en términos de error circular con un 95% de probabilidad.	Porcentaje de puntos cuyo error en coordenadas planimétricas supera un límite especificado.
Método de evaluación		
Tipo de método de evaluación	2 - externo (directo)	2 - externo (directo)

Descripción del método de evaluación	Las coordenadas planimétricas (X, Y) de los puntos de apoyo, se comparan con las obtenidas por la nueva medición de campo. Los errores se evalúan y expresan según el test NSSDA	Las coordenadas planimétricas (X, Y) de los puntos de apoyo, se comparan con las obtenidas por la nueva medición de campo. Si el error supera un umbral del 0.28 metros, se considera que el punto es erróneo. El número de erróneos se divide por el total de la muestra y se multiplica por 100.
Resultado de la calidad		
Tipo del valor	2 - Número	4 - Porcentaje
Valor	0.115	0
Unidad	Metro	Tanto por ciento
Fecha	2009-06-16	2009-06-16
Nivel de conformidad	--	2%

En la tabla 4 se resumen los resultados de la evaluación de la calidad posicional en altimetría.

Tabla 4. Resultados de las medidas aplicadas para evaluar la calidad posicional. Altimetría.

Componente de la calidad de los datos	NSSDA	Porcentaje errores
Ambito de la calidad	Puntos de apoyo correspondientes a los bloques de vuelo PNOA_AND_2008_SW 1 y 4 de la Red de Puntos de Apoyo de Andalucía.	Puntos de apoyo correspondientes a los bloques de vuelo PNOA_AND_2008_SW 1 y 4 de la Red de Puntos de Apoyo de Andalucía.
Elemento de la calidad	3 - Exactitud posicional	3 - Exactitud posicional
Subelemento de la calidad	1 - Absoluta o externa	1 - Absoluta o externa
Medida de la calidad		
Descripción de la medida	Exactitud altimétrica de los datos expresada en términos de error lineal con un 95% de probabilidad.	Porcentaje de puntos cuyo error en coordenadas altimétricas supera un límite especificado.
Método de evaluación		
Tipo de método de evaluación	2 - externo (directo)	2 - externo (directo)
Descripción del método de evaluación	Las coordenadas altimétricas (Z) de los puntos de apoyo, se comparan con las obtenidas por la nueva medición de campo. Los errores se evalúan y expresan según el test NSSDA	Las coordenadas altimétricas (Z) de los puntos de apoyo, se comparan con las obtenidas por la nueva medición de campo y se determinan los errores. Si superan un umbral de 0,35 metros, se considera que el punto es erróneo. El número de erróneos se divide por el total de la muestra y se multiplica por 100.
Resultado de la calidad		
Tipo del valor	2 - Número	4 - Porcentaje
Valor	0,128	4,5

	Unidad	Metro	Tanto por ciento
	Fecha	2009-06-16	2009-06-16
	Nivel de conformidad	--	2%

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El empleo cada vez más generalizado de sistemas GPS/IMU en la ejecución de los vuelos permite reducir el número de puntos de apoyo de campo en la producción de ortofotografía, pero es de vital importancia, que aquellos que se utilicen no introduzcan error ni incertidumbre por presentar una mala definición.

Los resultados obtenidos en el presente estudio han sido satisfactorios, poniendo de manifiesto el enorme valor de la Red de Puntos de Apoyo de Andalucía, así como la calidad de los datos contenidos en ella. Este es un hecho de gran relevancia, teniendo en cuenta que en una región como Andalucía, donde existen zonas relativamente extensas con una densidad de población baja, en las que es difícil encontrar elementos apropiados en los que apoyarse, se puede considerar que el esfuerzo por localizar puntos estables y bien definidos ha sido considerable.

El total de puntos eliminados tras la aplicación de los criterios de filtrado, e incluyendo la verificación de la permanencia de los mismos en el terreno, ha supuesto un 32,6%, por lo que, independientemente de los resultados favorables del estudio, cabe hacer el análisis de una serie de aspectos a considerar a la hora de llevar a cabo este tipo de trabajos.

Los puntos eliminados a partir de su descripción por considerarse inestables o con poca definición han supuesto un 17,2% del total, valor bastante significativo para este criterio.

Un aspecto negativo es la ausencia de fotografía de campo en el 86% de las reseñas de los puntos. Esta incidencia se considera importante ya que en ocasiones la fotografía es fundamental para esclarecer posibles errores de los croquis, no ofrecer duda sobre cuál es la ubicación exacta del punto de apoyo o ver las condiciones de observación, aunque no es imprescindible para poder utilizar el punto. Como apreciación, indicar que la toma de fotografías de campo es una tarea que no supone prácticamente aumento de coste en tiempo y en recursos, y que por el contrario proporciona al trabajo un valor añadido incalculable.

También ha resultado de gran relevancia las confusiones encontradas al referenciar la cota. Los puntos repetidos en campañas diferentes y las mediciones del control posicional han evidenciado estas carencias originadas por la falta de rigor y criterio al hacer las observaciones.

Otro aspecto a considerar ha sido la falta de integridad entre las coordenadas en los sistemas de referencia ETRS89 y ED50 que presentan algunos puntos (unos 90 en el total de la base de datos), aunque hay que destacar que la mayoría de estos puntos pertenecen a la misma campaña, por lo que puede considerarse una incidencia localizada. Se considera que el origen más probable de este error es la falta de rigor en el tratamiento de los datos en gabinete.

Por último en lo que se refiere a la primera fase del trabajo, cabe indicar que la supresión de puntos por falta de actualización o no permanencia en el terreno, ha sido relativamente baja, suponiendo en torno a un 3%. Este hecho denota que la selección de elementos en los que posicionar los puntos ha sido correcta, aunque hay que tener en cuenta que previamente, con los criterios de filtrado considerados, se han desechado los elementos que a priori pueden considerarse más inestables.

Con respecto al control de calidad posicional y la evaluación de la exactitud de los datos, en primer lugar señalar que la selección de la muestra ha estado bastante constreñida por diferentes motivos por lo que los resultados no se pueden extrapolar con garantías al conjunto total.

No obstante lo anterior, la información obtenida es de gran utilidad. Como conclusión el nivel de exactitud posicional en planimetría es adecuado y cumple con las especificaciones que se suelen exigir para los trabajos de apoyo de campo. Sin embargo, en la componente altimétrica se ha detectado un alto porcentaje de puntos erróneos. Es conveniente, por tanto, a la hora de llevar a cabo la aerotriangulación, realizar el ajuste en la componente altimétrica con rigor y revisar detalladamente los residuos obtenidos. Como ventaja, el disponer de un número de puntos relativamente elevado, y teniendo que, como se indicaba en un principio, habitualmente los vuelos se realizan con sistemas GPS/INS, se puede manejar diversas opciones con los puntos que intervienen en la aerotriangulación, disponiendo diferentes configuraciones hasta obtener aquella que ofrezca mejores resultados.

En resumen y como conclusión general se puede decir que los resultados del análisis realizado son positivos y evidencian, por un lado la gran labor en la recopilación de información de estos trabajos que ha llevado a cabo la Junta de Andalucía en los últimos años, y por otro la necesidad de exigir una serie de pautas a cumplir en la ejecución de los mismos para seguir manteniendo y nutriendo esta fuente de información con una calidad aceptable y una gran utilidad para su reutilización.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FGDC (1998). *FGDC-STD-007: Geospatial Positioning Accuracy Standards, Part 3. National Standard for Spatial Data Accuracy.* Federal Geographic Data Committee, Reston

ISO (2002). *ISO 19113:2002 Geographic information – Quality principles.* International Organization for Standardization

ISO (2003). *ISO 19114:2003 Geographic information – Quality evaluation procedures.* International Organization for Standardization

ISO (2006). *ISO 19138:2006 Geographic information – Data quality measures.* International Organization for Standardization

REAL DECRETO 1071/2007, de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España. Boletín Oficial del Estado nº 207, de 29 de agosto de 2007.

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.

PLAN CARTOGRÁFICO DE ANDALUCÍA 2009-2012. Acuerdo de 16 de septiembre de 2008, del Consejo de Gobierno por el que se aprueba el Plan Cartográfico de Andalucía 2009-2012. BOJA nº 215, de 29 de octubre de 2008.