

Posibles soluciones a la división de hojas de series cartográficas autonómicas

Some solutions for the division of territorial cartography sheets

Óscar Cuadrado⁽¹⁾, Beatriz Felipe⁽²⁾, David Hernández⁽³⁾,

⁽¹⁾ Centro de Cartografía Ambiental y Territorial. Gobierno del Principado de Asturias. oscarcm@princast.es

⁽²⁾ Instituto Cartográfico Valenciano. felipe_bea@gva.es

⁽³⁾ Universidad de Salamanca. dhernand@usal.es

RESUMEN

El Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) ha motivado el que se deba resolver la determinación de la división de hojas cartográficas hasta escala 1:5.000, tanto en Ed50 como en Etrs89. Sin embargo, la responsabilidad de la gestión cartográfica de los correspondientes organismos autonómicos puede alcanzar a series de mayor escala, pudiendo llegar a plantearse la necesidad de obtener la división de hojas hasta la serie cartográfica a escala 1:500. En esta comunicación se presentan dos soluciones diferentes propuestas para el Principado de Asturias y para la Comunidad Valenciana, exponiéndose los argumentos que se postulan para cada una de ellas así como las diferencias entre las mismas.

SUMMARY

The National Plan of Aerial Orthophotography (PNOA) has motivated the one that is due to solve the determination of the division of cartographic sheets until scale 1:5.000, as much in Ed50 as in Etrs89. Nevertheless, the responsibility of the cartographic management of the corresponding autonomic organisms can reach to series of greater scale, being able to get to consider the necessity to obtain the division of sheets to the cartographic series on scale 1:500. In this communication two propose solutions different for the Principality from Asturias and the Valencian Community, exposing the arguments that postulate for each one of them as well as the differences between the same ones.

1. INTRODUCCIÓN

Desde la aparición del documento “Normas y condiciones técnicas para los levantamientos cartográficos a grandes escalas” (IGN) en 1992, este ha sido la herramienta de trabajo utilizada para la dirección técnica en la producción cartográfica de los diferentes organismos autonómicos. Cada una de las comunidades es responsable de la ejecución de las cartografías regionales 1:5.000 y 1:10.000, y en mayor o menor medida asumen la coordinación de los trabajos cartográficos desarrollados por las administraciones locales. Tal es el caso del Centro de Cartografía del Principado de Asturias (CCATPA) o del Instituto Cartográfico Valenciano (ICV).

El CCATPA actúa como órgano consultor para las diferentes entidades locales que desarrollan cartografías a escalas superiores: 1:500, 1:1.000 y 1:2.000, con fines urbanísticos o de desarrollo de proyectos de ingeniería. Esta cartografía una vez contrastada pasa a formar parte del Sistema de Información Territorial (SITPA, <http://gis.princast.es/sitpacarto>). El CCATPA ha adoptado provisionalmente la siguiente denominación para las series cartográficas:

Tabla 1: Denominación series CCATPA

SERIE	ESC.	UNIDAD	HOJAS	HOJAS x MTN	EJEM.
E005	1/500	50.000	80 x 80	6400	E00500240101
E010	1/1.000	50.000	40 x 40	1600	E01000240101
E020	1/2.000	50.000	20 x 20	400	E02000240101
E050	1/5.000	50.000	8 x 8	64	E05000240101
E100	1/10.000	50.000	4 x 4	16	E10000240101
E250	1/25.000	50.000	2 x 2	4	E25000240101
E500	1/50.000	50.000	1 x 1	1	E50000240101

Por su parte, el ICV utiliza la siguiente denominación:

Tabla 2: Denominación series ICV

SERIE/ PRODUCTO	ESC.	UNIDAD	HOJAS	HOJAS x MTN	EJEM.
CV05	1/5.000	50.000	8 x 8	64	CV05-69618
CV10	1/10.000	50.000	4 x 4	16	CV10-69614
MCV25	1/25.000	50.000	2 x 2	4	MCV-69612

Para la integración de diferentes series cartográficas en un Sistema de Información Territorial es fundamental la continuidad y homogeneidad dentro de una serie, y entre ellas. En particular es importante la continuidad geométrica en lo que se refiere a los marcos de las hojas que integran las diferentes series.



Figura 1 Esquema distribución de hojas MTN50.

Esto no presentaba ningún problema hasta el inicio del empleo de herramientas SIG de forma masiva, lo que ha permitido la superposición de cartografías multiescala, pertenecientes a diferentes administraciones, autonomías, empleo de diferentes CRS, etc.

En la actualidad se plantea el problema de la superposición de la distribución de hojas 1/500, 1/1.000 o 1/2.000, de un municipio

sobre la cartografía 1/5.000 autonómica, comprobando que existen zonas solapadas, o por al contrario zonas “huecas”. Estos problemas se deben en muchas ocasiones a que se ha cogido la hoja MTN y se ha subdivido empleando diferente metodología en cada una las series, sin tener en cuenta las series superiores.

El interés suscitado en la actualidad por el tema tratado está en relación a los diferentes procesos de estandarización que se están llevando a cabo a nivel europeo y a los trabajos dirigidos a la creación del Sistema Cartográfico Nacional. En particular, un problema abordado actualmente es la transición del Sistema de Referencia Geodésico Ed50 a Etrs89.

En estos momentos la *Comisión de Normas Cartográficas* está abordando el estudio de la solución al problema de la división de hojas.

En esta comunicación se describen algunas soluciones adoptadas provisionalmente por el CCATPA e ICV en esta materia.

2. ENFOQUE DEL PROBLEMA

En los sectores cartográficos se ha empleado de forma consensuada la hoja del MTN50 como unidad de referencia a la hora de afrontar todo tipo de trabajos, desde la planificación de un vuelo fotogramétrico, hasta ser la unidad de entrega de trabajos de actualización de cartografía. Por este motivo se plantea el mantener esta distribución en la migración hacia el nuevo marco de referencia.

La serie MTN50 fue generada sobre el Sistema de Referencia Geodésico con origen en Madrid y elipsoide de Struve. Las esquinas estaban distribuidas según una rejilla regular en coordenadas geográficas de 10' x 20', lo que era muy útil para su empleo. Tras el cambio a Ed50 las esquinas de hojas pasaron a tener decimales en los segundos debido a la operación de transformación.

Con la nueva transición planteada de Ed50 a Etrs89 la decisión de la metodología a aplicar pasa por decidir en torno a las siguientes cuestiones:

- Sistema de Referencia Geodésico en el que se realizará la división:
 - Ed50.
 - Etrs89.
- Sistema de coordenadas en que dividir:
 - Coordenadas geográficas.
 - Coordenadas sobre una proyección cartográfica.
- Coordenadas origen de la división:
 - Nuevas coordenadas geodésicas enteras, si se optara por Etrs89, por ejemplo.
 - Esquinas del MTN50 actuales.
 - Esquinas del MTN25 actuales.
- Método para división:
 - División de líneas geodésicas sobre la superficie en que se divida. Métodos de resolución del problema directo e inverso de la geodesia.
 - División directa de coordenadas. Coincidiría con el anterior si se tratara de la división sobre el plano de una proyección.
- Si es necesario, o conveniente, redondear las coordenadas en los diferentes sistemas de coordenadas utilizados tras la división. Esta decisión es importante en relación a:
 - Conservar las esquinas del MTN25 si se divide desde el MTN50 y se quiere continuidad
 - Evitar problemas de índole numérico con librerías de cálculo, programas SIG, programas CAD, ...

Sería útil que una vez adoptada la decisión se pusiera a disposición de los organismos con competencias cartográficas de las diferentes administraciones una herramienta informática que fuera una opción para resolver el problema.

3. DIFERENTES SOLUCIONES AL PROBLEMA

El CCATPA, durante la ejecución de la actualización de su serie cartográfica MTA E050, observó problemas en solape de hojas. Para

resolver el problema se consultó al ICV la solución adoptada por el mismo.

A continuación se describen la solución adoptada en su momento por el ICV y la que ha adoptado el CCATPA.

SOLUCIÓN ADOPTADA POR EL ICV

En el ICV el cálculo de la esquinas se realiza a partir de los datos proporcionados por el IGN, relativos a esquinas en coordenadas geodésicas Ed50, del MTN50. El método seguido ha sido por interpolación lineal en coordenadas geodésicas. Se divide la hoja 50.000 original en la serie que se determine, principalmente 1:10.000 y 1:5.000. Una vez obtenidas las coordenadas geodésicas de las esquinas se proyectan al plano UTM, husos 30 y 31. Para mayor comodidad, y ya que la mayor parte del territorio se encuentra en el huso 30, normalmente se trabaja en este huso de forma expandida, utilizando conversiones seguras que garantizan la precisión de la transformación, obteniendo también en el huso 31 los productos localizados en el mismo. Además, se calcula el baricentro de cada hoja cartográfica y la convergencia de meridianos. Para automatizar este proceso, se utilizó la librería GeoTop para Matlab. Como parámetros de entrada es necesario definir únicamente el número de subdivisiones que se pretenden realizar en la hoja 1:50.000 y el huso de trabajo. De este modo, se obtienen las sucesivas cuadrículas geográficas de las distintas series cartográficas enmarcadas en los datos iniciales del IGN. El problema que subyace en este planteamiento es que existen pequeñas discrepancias en la superposición de series. De todas formas no ha sido problema hasta el momento actual, ya que no ha sido necesario realizar ningún trabajo que lo ponga de manifiesto, sino que se ha tendido a establecer bases continuas de información vectorial en fuentes únicas de datos.

Desde el año 2002 la producción cartográfica del ICV se ha centrado principalmente en la generación de ortofotografía aérea. Es conocido que la dimensión de una hoja de cartografía ráster ha de ser rectangular, por lo que las esquinas del polígono de una hoja cartográfica no son adecuadas para este tipo de cartografía, ya que aparecerían cuñas en los márgenes sin información, no existiendo continuidad espacial. En el primer año de producción se estableció como dimensión para una hoja 1:5.000 el rango máximo de la hoja cartográfica con coordenadas redondeadas al metro y un solape de 200 m. A partir de 2003 se consideró que era más adecuado, para facilitar las tareas de automatización, establecer un tamaño de hoja determinado fijo para toda la serie, que incluyera la hoja cartográfica con solape, por lo que se generaron hojas de dimensiones 4.2 x 3 km.

En el proyecto PNOA, iniciado en 2005, se vuelve al planteamiento inicial, en el que una hoja tiene el tamaño del rango máximo de la hoja cartográfica de la serie 1:10.000, con un solape de 100 m. Para la proyección en el huso 30 de las ortofotos del huso 31 se establecieron las dimensiones de manera que cada hoja incluyera toda la superficie de la correspondiente ortofoto del huso 31, sin necesidad de realizar mosaicos adicionales, es decir, al reproyectar las imágenes del huso 31 sobre el 30, aparecen cuñas que es necesario recortar, por lo que se ha calculado inicialmente estas cuñas para sobredimensionar las hojas del huso 31. Una vez reproyectadas se recortan con el tamaño fijo establecido.

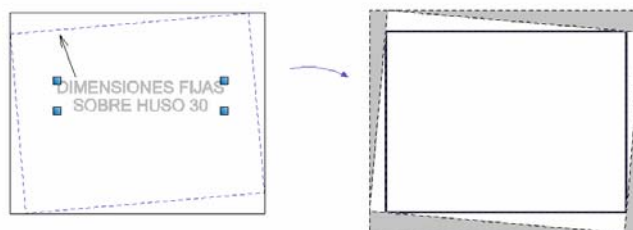


Figura 2 Sobredimensionamiento de una hoja para su posterior recorte en el huso de trabajo (30).

Como productos derivados a partir de esta serie de ortofoto digital 1:5.000 se generaron mosaicos con unas dimensiones preestablecidas en función de la escala y centradas en el baricentro de la hoja cartográfica. Por ejemplo, el mosaico 1:10.000 posee unas dimensiones de 7.5x5 Km.; 1:25.000 abarca 15x10km y una hoja 1:50.000 30x20 Km. siempre utilizando coordenadas redondeadas en función del tamaño de píxel correspondiente. Aunque llegado el momento de la maquetación automática de las hojas, en todo caso se puede realizar una simulación de recorte, por lo que la hoja maquetada corresponde a la relativa a la hoja cartográfica en rango máximo o establecer el polígono de la hoja cartográfica con máscara.

- Ventajas:
 - Al trabajar sobre el elipsoide es independiente de la proyección cartográfica.
 - Sencillez de cálculo.
- Inconvenientes:
 - Las esquinas del MTN25 no coinciden exactamente con esquinas de las series superiores al no haberse planteado el redondeo. La discrepancia es inferior a 30 cm. Esta diferencia se puede anular redondeando las coordenadas geodésicas a la centésima de segundo.
 - El tamaño de las hojas 1:5000 varía dentro de una hoja del MTN50 en función de la latitud geográfica.
 - No se ha planteado el redondeo final sobre la proyección UTM. Aunque esto se ha resuelto al introducir las coordenadas en MicroStation.

Respecto al cambio a Etrs89, en el ICV se ha migrado prácticamente la totalidad de la cartografía existente. Para este proceso, se ha utilizado el gsb facilitado por el IGN, que ya incorporaba información geodésica propia de la Red de Cuarto Orden, con los programas FME, ER-MAPPER y ERDAS. Realizándose las oportunas comprobaciones con MINCURV y Crs++.

SOLUCION ADOPTADA POR EL CCATPA

Se ha realizado mediante la división de la línea geodésica definida por las esquinas de hoja del MTN25 en 40 fracciones, equivalente a una división del MTN50 en 80 x 80 hojas. Una vez obtenida la mínima unidad, las cuatro esquinas de la serie E005, se van fusionando hojas hacía escalas inferiores, siempre manteniendo el número de nodos que definen los bordes de hoja, garantizando la continuidad.

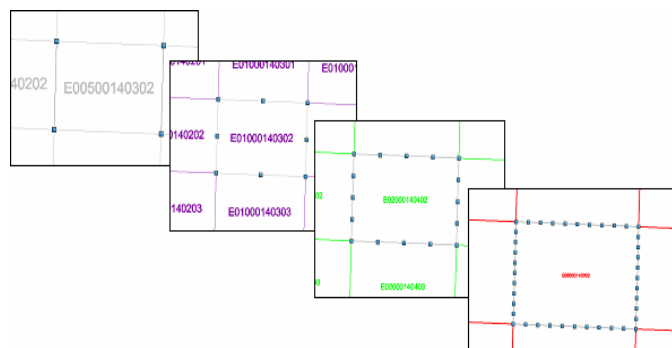


Figura 3 Continuidad de nodos en series inferiores.

De esta forma los bordes de las series cartográficas quedarían definidos de la siguiente manera:

- E0054 nodos.
- E0108 nodos.
- E02016 nodos.

- E05040 nodos.
- E10080 nodos.
- E250160 nodos.
- E500320 nodos.

La solución pasa por ir recorriendo una matriz de esquinas calculando las geodésicas en dos pasos:

- División de línea geodésica entre esquinas sucesivas a lo largo de las direcciones Norte-Sur.
- Unión de puntos homólogos entre ambas geodésicas subdividiendo de nuevo a lo largo de las direcciones Oeste-Este

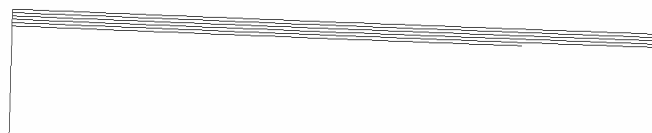


Figura 4 Cálculo de geodésicas uniendo puntos homólogos sobre los pseudo-meridianos.

Los primeros cálculos en Ed50 fueron realizados con programas creados a partir de la librería GeoTop para Matlab. La solución final tanto en Ed50 como en Etrs89, en coordenadas geodésicas y en coordenadas UTM husos 29 y 30 se ha obtenido con un programa desarrollado a partir de la librería Crs++, librería que se presenta en otra comunicación de este mismo congreso.

- Ventajas:
 - Al trabajar sobre el elipsoide es independiente de la proyección cartográfica.
 - Se consigue la continuidad en todas las series cartográficas, al partir de la serie 1:500
 - Todas las hojas de una misma serie dentro de una hoja MTN50 tienen las mismas dimensiones para la misma fila.
 - Las esquinas del MTN25 coinciden exactamente con esquinas de las series superiores al definirse las líneas geodésicas sobre el elipsoide a dividir por las propias esquinas de esta serie.
 - La discrepancia entre la polilínea sobre la proyección UTM que define los bordes de hoja y las correspondientes líneas geodésicas sobre el elipsoide es muy pequeña. Se puede acotar en 1-3 mm.
- Inconvenientes:
 - Puede parecer conceptualmente más complicado por el método de división según líneas geodésicas en el elipsoide.
 - Es necesario contemplar las esquinas del MTN25 como datos de partida para integrar correctamente esta serie.
 - No se ha planteado el redondeo final en las coordenadas sobre la proyección.

En la actualidad el CCATPA esta analizando mediante software de desarrollo propio el tipo de transformación más recomendable para realizar la migración entre Ed50 y Etrs89. Se ha contrastado el modelo desarrollado por el IGN e implementado en el formato NTV2, pero a pesar de que se han obtenido buenos resultados, debido a la metodología empleada anteriormente quizás sea conveniente otro tipo de transformación. En el momento que se obtengan unas conclusiones en función de los resultados se optará por una u otra solución.

SOLUCIONES PROPUESTA POR EL GRUPO DE TRABAJO DE NORMAS CARTOGRAFICAS

Se está trabajando sobre dos propuestas.

En la primera de las propuestas realizadas se plantea el empleo de coordenadas geográficas sobre Etrs89 con bordes paralelos a paralelos y meridianos sobre el elipsoide de este sistema. Redondeo al décimetro.

- Ventajas:
 - Partir de esquinas con división en datos enteros de coordenadas geodésicas en Etrs89.
 - Las curvas sobre las que se divide son conocidas: meridianos y paralelos
 - La diferencia entre la interpretación de la geodésica mediante rectas (1:500) sobre la proyección y la propia geodésica es despreciable.
- Inconvenientes:
 - Las esquinas de las series actuales no coincidirían con la nueva división.
 - ¿Cómo resolver la integración con cartografía analógica y digital existente, topográfica y temática?

En la segunda propuesta se plantea realizar la división de hojas mediante el empleo de las coordenadas de las esquinas de hoja del MTN50 proyectadas sobre el plano UTM con huso expandido y proceder a continuación a dividir la recta sobre la proyección en el número necesario de partes hasta alcanzar la mayor escala. La gran ventaja de esta propuesta es que los bordes son rectas sobre el plano UTM en el huso que se calcule y que todas las hojas de la serie tendrían un marco definido por cuatro puntos garantizando la continuidad geométrica. Los principales inconvenientes de esta propuesta son los propios de la proyección UTM en nuestro país, la diferencia de tamaño que tendrán las hojas de una misma serie y la falta de equivalencia con curvas sobre el elipsoide.

- Ventajas:
 - Se consigue la continuidad en todas las series cartográficas, al dividirse una recta sobre la proyección UTM.
- Inconvenientes:
 - Las esquinas del MTN25 no coinciden exactamente con esquinas de las series superiores al dividir líneas geodésicas en la proyección UTM definidas por la proyección de las esquinas del MTN50.
 - Depende de la proyección cartográfica UTM con el problema que ello supone en comunidades autónomas en que se utilizan dos husos (saco de Asturias y Valencia).
 - Los solapes y huecos que se producen en la superficie cubierta por una hoja del MTN50 son mayores que en los dos planteamientos anteriores al alejarse más las líneas geodésicas en la proyección de las líneas geodésicas en el elipsoide.

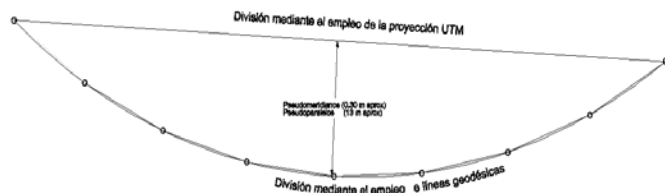


Figura 5 Diferencias máximas por el empleo de la aproximación sobre la proyección.

4. CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE TRABAJO

Se ha puesto de manifiesto que los tres planteamientos expuestos presentan ventajas e inconvenientes.

Es necesario que se adopte una decisión que garantice la continuidad dentro de las diferentes series cartográficas, descendiendo hasta la máxima escala, hasta 1:500.

Teniendo en cuenta los posibles problemas asociados con la utilización de programas informáticos de SIG ráster y vectorial, así como de CAD, en lo que se refiere a la formulación de la proyección UTM que incluyen y al manejo del fichero gsb de transformación (los que lo permiten), habría que tomar la decisión de redondear las coordenadas finales en la proyección UTM hasta una determinada cifra decimal. En este sentido los autores de esta comunicación han realizado un estudio con los programas: FME, ERDAS, ERMAPPER, GEOMEDIA, MICROSTATION, y han constatado que el redondeo al centímetro sería suficiente. Quedan pendiente de comprobación herramientas de uso tan extendido como MAPSERVER y POSTGIS.

Sería conveniente que se desarrollaran herramientas informáticas, similares a Crs++, que permitieran determinar, tanto para cartografía vectorial como ráster, las esquinas de las diferentes series, incluyendo una solución al cambio de huso similar a la adoptada por el ICV. Sería recomendable que estas herramientas permitieran:

- Trabajar con los formatos estándar de cartografía vectorial y ráster
- Consultas topológicas.
- Manejo de MDE.
- ...

También sería interesante desarrollar una metodología, y la correspondiente herramienta, para comprobar el correcto funcionamiento de cualquier software comercial de manejo de cartografía ráster y vectorial.

5. REFERENCIAS

- Hooijberg, M.: "Practical geodesy". Ed. Springer. Isbn 3-540-61826-0.
- García-Asenjo, L., González Matesanz, Fco. J., Hernández López, D.: "Crs++: software libre para la gestión de sistemas de referencia coordenados"
- García-Asenjo, L., Hernández López, D.: "GeoTop: Librería de cálculos geodésicos, topográficos y cartográficos"
- García-Asenjo, L., Hernández López, D.: "Geodesia". Servicio de reprografía de la Universidad Politécnica de Valencia. Referencia 2003.647
- Snyder J.: "Map Projections- a Working Manual". U.S. Geological Survey, fourth printing ed. (1997). Ga110.s577-1987-526.8-87-600250.