

PROCESO DE RESTITUCION FOTOGRAMETRICA
EN SOPORTE DIGITAL PARA LA OBTENCION
DE UNA BASE CARTOGRAFICA NUMERICA
A ESCALA 1:25.000

Rafael Andújar Tomás
Subdirector General de Geodesia y M.T.N.
Instituto Geográfico Nacional
General Ibáñez de Ibero, 3. 28003 Madrid (España)

F. Javier Hermosilla Cárdenas
Jefe del Servicio de Cartografía Numérica
Instituto Geográfico Nacional
General Ibáñez de Ibero, 3. 28003 Madrid (España)

RESUMEN

Durante los últimos años la introducción de nuevas tecnologías en los métodos cartográficos, ha hecho que la sociedad demande información cartográfica bajo formas y soportes muy diversos. En este sentido, el Instituto Geográfico Nacional de España (I.G.N.) abordó, dentro de sus objetivos prioritarios, el Proyecto BCN25 (Base Cartográfica Numérica a escala 1:25.000) con el fin de obtener información geográfica en todo el territorio nacional no sólo en su aspecto convencional (Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000) sino además la obtención de un DTM Y SIG/LIS asociados a dicha BCN25.

En este artículo se describen los distintos sistemas de restitución fotogramétrica, como método de adquisición de la información en soporte informático, así como el tratamiento posterior para la edición del MTN 25, obtención del DTM y carga en la BCN25.

ABSTRACT

Introduction of new technologies for cartographic methods in the last years has become society demanding cartographic information under new different ways. So, the Instituto Geográfico Nacional of Spain (IGN) began, as one of its main objectives, the BCN25 project (1:25.000 Cartographic Data Base) in order to get geographic information covering the whole spanish territory, not only keeping conventional aspects (1:25.000 National Topographic Map, MTN25), but also to create both a DTM and a GIS/LIS linked to BCN25.

In this paper, some photogrammetric restitution systems are described as methods of digital data acquisition. Further treatments for MTN25 edition, DTM creation and data loading in BCN25 are described as well.

1. INTRODUCCION

Durante los últimos años la Cartografía como medio de comunicación que, a través del mapa, pone en contacto el mundo real con el hombre de la calle, ha sufrido grandes cambios.

En efecto, los sistemas tradicionales de producción e información cartográfica, caracterizados por ser lentos y costosos en su ejecución, así como muy rígidos a la hora de su utilización por los distintos usuarios, han sido transformados con la inclusión de las nuevas tecnologías en otros más rápidos a la hora de adquirir y tratar la información así como más flexibles en cuanto a su gestión y utilización. Este hecho ha provocado que existan cada vez nuevas peticiones de la sociedad, que demanda información cartográfica bajo formas y medios muy diversos y cuya respuesta es exigida en el menor tiempo posible.

Debido a esto, el Instituto Geográfico Nacional de España (IGN) que desde su creación es el Organismo de la Administración responsable de la realización de los trabajos geodésicos y cartográficos de ámbito nacional, así como de suministrar cuanta información de índole geográfica le pida la sociedad, se vio obligado a ir reformando sus estructuras con el fin de ir incorporando a sus programas nacionales nuevos proyectos cartográficos que fuesen más acordes con los tiempos y planteamientos actuales, siendo uno de los más importantes el Proyecto Base Cartográfica Numérica a escala 1:25.000 (BCN25).

2. PROYECTO BCN25

Podríamos definirlo como el conjunto de trabajos necesarios para la obtención de una Base de Datos Cartográficos constituida por los elementos y entidades geográficas que refleja el Mapa Topográfico

Nacional a escala 1:25.000 (MTN25), referidos a un sistema espacial de coordenadas junto con las relaciones geométricas y topológicas necesarias para su manipulación y gestión. Comprende también los atributos o propiedades de los elementos geográficos que son independientes de su posición espacial y que constituye la información literal asociada.

Aunque la concepción del Proyecto es durante el año 1986, su iniciación real no se efectuó hasta el año 1990, siendo este periodo de tiempo decisivo para ir fijando ideas sobre las diversas etapas a seguir en cuanto a la adquisición y tratamiento de la información con el fin de que ésta fuera fácil y manejable por la sociedad que representa su futura utilización. Además, durante este lapsus de tiempo el I.G.N. concluyó el Proyecto Base Cartográfica Numérica a escala 1:200.000 (BCN200) que a pesar de ser más sencillo, serviría de experiencia para la BCN25 ya que ambas Bases Cartográficas obedecían a la misma filosofía, salvando las diferencias entre escalas.

También entre los años 1986 y 1990, el I.G.N. hizo concursos públicos para la adquisición del soporte físico y lógico necesario para ir adaptando la restitución analógica a digital, además de estudiar y redactar Pliegos de Condiciones Técnicas encaminadas a la contratación de dicha restitución en soporte digital con empresas dedicadas a este tipo de trabajo tan específico.

Podemos concluir diciendo que el primer objetivo del Proyecto era conseguir en 1993 la restitución en soporte digital a escala 1:25.000 de 2.100 hojas del MTN 25 y que constituyen la mitad de todo el territorio nacional (aproximadamente 250.000 km²). El resto de las hojas, al estar ya restituidas, su conversión en soporte digital sería por digitalización. Se van a describir las experiencias surgidas entre los años 1986 hasta 1993 en las distintas etapas y fases del Proyecto.

3. PROCESO DE RESTITUCION DIGITAL

3.1. INTRODUCCION

Podemos definir la restitución digital como el método de adquisición de la información cartográfica en soporte magnético a partir de fotogramas que componen pares estereoscópicos. Su objeto es registrar las coordenadas X, Y y Z que definen la geometría de aquellos elementos topográficos que hayan de incorporarse al MTN 25, asociados con códigos o simbologías que permitan representar unívocamente la naturaleza del elemento al nivel de clasificación que se establezca.

Como método de captura de datos es el más preciso, ya que el operador al estar en contacto con el "terreno" (modelo), no

deforma la realidad, generando simultáneamente las coordenadas X, Y y Z en cada elemento topográfico restituido.

Se incluyen también dentro de los trabajos de restitución la revisión de la geometría de los datos obtenidos y su continuidad topológica, de manera que los elementos restituidos sean continuos y únicos en cada hoja del MTN 25, independientemente de que transcurran por uno o más pares estereoscópicos. Tendremos, entonces, que:

- La unidad de trabajo en restitución es el modelo.
- La unidad de tratamiento de la información es el conjunto de modelos que comprende cada hoja del MTN 25.

El proceso puede ser efectuado en restituidores analíticos o en restituidores analógicos dotados de codificadores X, Y y Z, sistema de registro y edición de datos.

En cuanto a la precisión, ésta ha de ser la suficiente para que las coordenadas que se hayan registrado de cada elemento puedan permitir su trazado a la escala 1:25.000 como mínimo, de manera que las medidas gráficas efectuadas sobre este trazado cumplan las condiciones de dicha escala, y la curvatura de los elementos lineales quede suficientemente bien representada.

Para ello se establece en cada sistema de registro los criterios adecuados de selección automática de puntos; preferiblemente se tomará el de flecha (2,5 metros) como primario y el de distancia (variable según el tipo de elemento) como secundario, analizando estos tres parámetros en las tres dimensiones. El registro será puntual para aquellos elementos que presenten una configuración claramente poligonal, en los que se registrarán los vértices únicamente, así como en los elementos puntuales tanto sean planimétricos o altimétricos.

Es necesaria también una tabla de geocódigos que formando parte de la información almacenada, describa cada dato cartográfico con arreglo a los contenidos del MTN 25.

Dicha tabla, los objetivos que pretende son:

- Definir la clasificación y codificación para el MTN 25.
- Posibilidad de poder registrar cualquier circunstancia perceptible por los usuarios sobre la cartografía convencional.
- Adecuación a las Normas Cartográficas del MTN 25.

- Redacción abierta a consideraciones posteriores no previsibles en la actual fase del Proyecto.
- Incorporación directa de los Geocódigos de Bases Cartográficas Numéricas derivadas, para entrar sin interferencias, en las diversas aplicaciones.

3.2. RESTITUCION DITITAL EN EL I.G.N.: SISTEMAS ADQUIRIDOS.

Como ya se ha citado anteriormente, entre los años 1986 y 1990 el I.G.N. fue adaptando la restitución analógica a digital, introduciendo en sus aparatos de restitución los soportes físicos y lógicos necesarios para dicha conversión.

La diversidad y complejidad de los equipos destinados a la restitución asistida por ordenador, causaba en las primeras adquisiciones serios problemas a la hora de decidirse por aquellos que se consideraban más adecuados, ya que al examinar distintas ofertas se observaba que los fabricantes no daban productos totalmente acabados, lo que siempre exigía por parte del usuario tener que adaptar lo que encontrase a sus propias necesidades.

Por otro lado, un problema importante en una organización dedicada a la producción, en este caso cartográfica, es la no conversión traumática de sus operadores, de manera que éstos se acostumbren gradualmente a los nuevos procedimientos y productos con facilidad, sin necesidad de tener que hacer excesivos cursillos de formación y adaptación a los sistemas adquiridos, ya que esto genera cierta inseguridad al trabajar en los mismos.

Si a los planteamientos expuestos, añadimos la rapidez con que evolucionan en informática tanto los componentes físicos como lógicos, es evidente que el I.G.N. no apostase por un único sistema sino que fuese adquiriendo aquel que un momento determinado se ajustase más a las necesidades de su Proyecto.

Es por lo que el hardware y software implantados para pasar progresivamente de la restitución analógica a digital, dio lugar a las siguientes configuraciones:

CONFIGURACION INTERGRAPH, formada por:

- 1 Microvax II
- 2 Estaciones de edición INTERACT-32
- 6 Puestos de restitución INTERMAP
- 6 Interfaces de conexión a restituidores analógicos B8.
- 1 Terminal alfanumérico compatible con VT 220.

CONFIGURACION I.C.I., compuesta por:

- 3 TOPODATA T232R3.
- 4 Terminales inteligentes BW 38/1

- 5 Puestos de restitución TEKTRONIX 411.
- 5 Interfaces de conexión a restituidores analógicos B8.
- 1 Estación de edición TEKTRONIX 4224.

CONFIGURACION MICROSTACION PC, consiste en:

- 6 Puestos de restitución, formados por ordenadores personales con procesadores 386 y los interfaces necesarios para la conexión con los restituidores analógicos (cuatro B8 y dos A8).
- 8 Puestos de edición similares a los anteriores pero sin la conexión con el restituidor.

Las tres configuraciones cumplen los siguientes requisitos:

- La restitución puede ser modificada y manipulada en tiempo real (interactividad gráfica).
- El registro numérico será el correspondiente a las coordenadas (X,Y,Z) de los elementos restituidos (ficheros 3D).

En cuanto a las distintas arquitecturas, tenemos:

- SISTEMA INTERGRAPH: Formado por un único ordenador central y distintos periféricos de dicha firma, conectados entre sí y al ordenador por Red Ethernet.
- SISTEMA I.C.I.: Formado por tres ordenadores unidos entre sí por una red de comunicaciones. Los periféricos están divididos en tres grupos y cada uno de estos grupos está conectado directamente a un solo ordenador.
- SISTEMA MICROSTATION PC: Consta de una topología muy simple, formada por seis estaciones de restitución y ocho de edición asistidas cada una por un ordenador personal no conectados en red.

3.3. SOPORTES LOGICOS IMPLANTADOS

Nuestro objetivo era conseguir que la restitución digital fuese interactiva y cuyos ficheros en 3D sirviesen para ser integrados en una Base Cartográfica como núcleo de un SIG/LIS, formar un DTM y hacer ediciones en distintos soportes informáticos o en papel mediante técnicas de trazado automático.

Era necesario adquirir el soporte lógico que asistiera al proceso de restitución en las siguientes etapas:

1. CONEXION CON EL RESTITUIDOR
2. AYUDA EN LA ORIENTACION ABSOLUTA
3. FASE DE REGISTRO
4. MANIPULACION DE FICHEROS EN 3D.

CONEXION CON EL RESTITUIDOR: Siempre viene preparada por las distintas firmas, que forman su propio software para desarrollar los procedimientos necesarios para que los desplazamientos en X, Y y Z del restituidor al que se equipa con unos codificadores, conviertan los movimientos mecánicos en impulsos eléctricos. y que, a través de un interface, se envíe esta información a la CPU, para su posterior almacenamiento. Es una cuestión íntimamente relacionada con el hardware y generalmente no causa problemas.

AYUDA EN LA ORIENTACION ABSOLUTA: Es un procedimiento ya establecido en cada sistema y su finalidad es calcular la matriz tridimensional de la transformación de semejanza que existe entre las coordenadas modelo y sus homólogas en el sistema de referencia escogido (coordenadas terrestres). Así se obtienen los parámetros a introducir en el aparato y los residuos de dicha transformación aplicada a los Puntos de Apoyo que nos indica la calidad con que se ha hecho la orientación absoluta.

FASE DE REGISTRO: en esta fase sí que se aprecian diferencias en cada sistema adquirido.

En efecto, aunque la forma de registro, ya sea continua o puntual, es similar en todos los sistemas, es en las funciones de creación, edición y modificación de los elementos en el proceso de restitución interactiva donde los distintos Sistemas de Diseño Gráfico (CAD) que presenta cada firma comercial tienen diferencias notables, según sean abiertos, es decir concebidos para muchas aplicaciones, o cerrados, en el sentido de estar diseñados para el usuario que los ha adquirido y que sólo efectuará aplicaciones muy concretas.

MANIPULACIÓN DE FICHEROS EN 3D: La ventaja de la fotogrametría respecto a la digitalización, en cuanto a la captura de datos en soporte digital, es que permite obtener directamente los valores altimétricos (Z) de los elementos restituidos, además de dar una mayor precisión tanto en planimetría como en altimetría. Pero esto obliga a manejar ficheros en 3D y por lo tanto a exigir que los sistemas adquiridos tengan la posibilidad de creación, manejo y edición de ficheros de estas características.

Esto también pone en evidencia las diferencias entre los distintos sistemas de diseño gráfico.

3.4. COMPARACION DE LA ARQUITECTURA Y SOPORTE LOGICO DE CADA CONFIGURACION EMPLEADA Y SU DISCUSION

El Sistema Intergraph fue el primero que adquirió el IGN. Al estar formado por un único ordenador central que actúa como único "host" del sistema, tiene el incon-

veniente de que cuando éste falla se produce un crash de toda la línea de producción, quedando todos los puestos de restitución y estaciones de edición parados.

La segunda adquisición corresponde al Sistema I.C.I.; en éste, al tener tres ordenadores, en el caso de que alguno falle sólo quedarían inutilizados los periféricos enganchados a él, de manera que el resto de los equipos continuarían funcionando.

En cuanto al último de los sistemas implantados, Microstation PC, al constar de una topología tan simple, en la que cada puesto de trabajo es independiente de los demás, en el caso de que algún ordenador falle sólo afectaría al puesto de restitución o estación de edición al que está conectado.

El resultado es que esta última configuración es la más ventajosa ya que aunque los ordenadores no suelen fallar con frecuencia, sí es cierto que a veces ocurre y por otro lado, el mantenimiento de un sistema es más cómodo y barato en cuanto que su arquitectura sea más simple.

En lo relativo al soporte lógico, el I.G.N. tomó desde el principio la decisión de confeccionar un "Menú de Restitución", formado por un conjunto de programas cada uno de los cuales ejerce una función determinada, de manera que al restituir cada detalle, el operador seleccione el casillero correspondiente a dicho detalle. El Menú lleva implícito además de la forma de registro (lineal o puntual) la codificación correspondiente que sirve para definir el detalle unívocamente y todas las funciones necesarias para la manipulación de los elementos gráficos registrados.

En este sentido, los sistemas Intergraph y Microstation PC están asistidos por el mismo procedimiento de diseño gráfico interactivo (IGDS), por lo tanto la comparación la haremos únicamente respecto al software de la firma I.C.I.

El sistema I.C.I. constituye un claro ejemplo de sistema cerrado, orientado a tareas cartográficas y fotogramétricas, de manera que su puesta en funcionamiento es fácil; sin embargo, Intergraph con su producto IGDS está abierto a muchas aplicaciones, por lo que posee un software potente y de carácter general, lo que obliga a sus usuarios cartográficos y fotogramétricos a tener que desarrollar sus propios procedimientos.

La diferencia entre ambos sistemas apenas se ponía en evidencia a la hora de restituir, sin embargo, para las fases posteriores de tratamiento de la información, la decisión final que tomó el I.G.N., fue que toda la información prove-

niente de I.C.I. se tradujese al Sistema Intergraph. Es decir, la revisión de la geometría de los elementos restituidos, la conexión entre modelos, etc., se realizase en ficheros de extensión ".DGN" con el fin de obtener productos procedentes de restitución homogéneos y cuyo tratamiento posterior fuese independiente del sistema en que habían sido adquiridos.

3.5. CONCLUSIONES

A la vista de lo anteriormente expuesto, nuestra experiencia en restitución digital a escala 1:25.000, en el caso del I.G.N., con escalas de imagen de 1:30.000 ó 1:40.000 (hoy en día demasiado grandes), hace que sea complejo el propio proceso de restitución en zonas de mucha planimetría, cascos de población, etc, debiendo hacerse un proceso de generalización que si bien en la restitución analógica estaba claramente definido al ver la minuta dibujada, en el caso de la restitución digital interactiva el operador visualiza en la pantalla y en tiempo real el detalle que está restituyendo, es por tanto el proceso de generalización interactivo y dado que la visualización no se hace a escala 1:25.000 debido al poco poder de resolución de las pantallas, sino que se trabaja a una escala mayor, ocurre que se pierde el concepto de selección y esquematización de detalles para una buena generalización, lo que provoca, aunque parezca contradictorio, un falseamiento de la realidad.

Otro factor es que aunque se sabe que la precisión y calidad de los datos obtenidos es independiente del sistema informático utilizado, pues en el caso de la restitución vienen impuestos por la escala de fotograma y del restituidor empleado, muchas veces se eligen unidades de trabajo en el registro excesivamente pequeñas respecto a los valores puramente fotogramétricos, lo que provoca un falseamiento de la precisión métrica real que podría general productos cartográficos de aparentemente más calidad. Es decir, en la fase de registro hay que seleccionar los parámetros de selección de puntos y unidades de trabajo de acuerdo con la escala de restitución y precisión fotogramétrica impuesta.

En cuanto a los puestos de restitución, hoy en día, la conclusión es que en aquellos trabajos enmarcados en una línea de producción y donde se requiere permanentemente la presencia del operador, es preferible la utilización de estaciones independientes y autónomas (el problema de trasvase de información entre ordenadores se resuelve con sencillos paquetes de software de comunicaciones).

Otra consideración es utilizar siempre "menús", que facilita y hace más productiva la labor del operador. Este debe exforzarse únicamente en las tareas propias de la restitución y de la fotointer-

pretación. La filosofía considerada a la hora de confeccionar un "menú" ha de ser que cumpla las siguientes propiedades:

- Consistencia funcional, de manera que no existan funciones idénticas, es decir, cada función presentará un formato y posición único.
- Consistencia visual, de forma que las funciones similares estén agrupadas en áreas.
- Consistencia semántica, con el fin de que las instrucciones sean unívocas y fáciles de entender.

Y por último, a la hora de elegir qué sistema de diseño gráfico utilizar, se pueden seguir dos criterios distintos:

1. Elegir un sistema cerrado y encaminado sólo al proceso de restitución, de manera que la información restituida sea traducida a otro sistema para sus tratamientos posteriores.
2. Elegir un sistema abierto y con muchas aplicaciones con el fin de que sirva, sin necesidad de conversión entre formatos, para los procesos posteriores de adquisición y tratamiento de la información.

Quizás la solución más apropiada sea la segunda, haciendo el esfuerzo de ir desarrollando el software necesario para cada fase del trabajo. Esto implica un esfuerzo inicial en cuanto a elaboración de procedimientos, aplicaciones, etc, pero evita las traducciones entre distintos formatos que a veces provocan fallos o ausencias de información en la conversión. Lo ideal, tal y como hizo el I.G.N., es adoptar un determinado formato comercial muy abierto y además crear un standar como formato de intercambio.

4. TRATAMIENTO Y GESTION DE LA INFORMACION RESTITUIDA DIGITALMENTE

4.1. REVISION DE LA GEOMETRIA

Concluida la fase de restitución la información obtenida es sometida a procesos de revisión con el fin de depurar errores en la geometría de los elementos restituidos, así como la comprobación de cases entre hojas colindantes.

La unidad de trabajo es el conjunto de "modelos" que componen la hoja del MTN 25, pero debido a la gran cantidad de información almacenada (aproximadamente 4 megabytes, dependiendo generalmente de la altimetría de la zona restituida), la hoja es subdividida en seis ficheros gráficos, cada uno de los cuales contiene un tema específico. Los temas son:

Fichero 1: ALTD.DGN. Contiene la Altimetría.

Fichero 2: EDI.DGN. Contiene las Construcciones.

Fichero 3: RIO.DGN. Contiene la Hidrografía.

Fichero 4: VEG.DGN. Contiene los Cultivos.

Fichero 5: COM.DGN. Contiene las Vías de Comunicación.

Fichero 6: B.DGN. Contiene Marco de Hoja, Textos, etc.

Excepto al último fichero, a todos los demás se les pasa inicialmente un procedimiento denominado "UNELINEAS", desarrollado en el I.G.N., que sirve para unir en un solo elemento informático y geográfico todos los tramos de que constaba al efectuarse la restitución. Este procedimiento además de depurar la geometría (detecta fallos en las coordenadas (X,Y) continuidad planimétrica, así como errores en (Z) altimetría debidos a la fase de registro), sirve para unificar la codificación del elemento y poder tratarlo en lo sucesivo de una manera unívoca. De esta forma, una vez pasado este proceso todas las entidades geográficas que componen la hoja del MTN 25 tienen continuidad en sus coordenadas (X,Y,Z) y codificación única.

Concluida esta fase, ya se está en condiciones de obtener el correspondiente Modelo Digital del Terreno (DTM) como soporte de la altimetría de la BCN25.

4.2. EL MODELO DIGITAL DEL TERRENO (MDT25)

El planteamiento del I.G.N. al generar el DTM, fue que no sólo formase parte del desarrollo de un SIG, sino también que sirviese como producto independiente que prestase su servicio al mayor espectro de usuarios posible.

De esta manera, se tiene un doble soporte altimétrico en el diseño de la BCN25, por una lado, las curvas de nivel, puntos acotados y demás entidades que componen la altimetría del MTN 25 como medio cartográfico para mantener la interpretación original del relieve, y por otro, el modelo digital del terreno para utilizar su potencia operativa a la hora de derivar aplicaciones a partir de la altimetría, cálculo de perfiles, volúmenes, etc., además de cumplir como primera función la de suministrar cota a todos y cada uno de los puntos que describen geoméricamente la información planimétrica de la BCN25.

La experiencia acumulada durante los trabajos de producción del MDT200 asociado a la BCN200 permitió orientar la cuantificación de medios humanos y materiales necesarios así como de tomar importantes decisiones técnicas encaminadas a la obtención del MDT25.

En primer lugar hay que decir que para ambos DTM los trabajos de desarrollo y producción fijaron una estructura de malla cuadrada, es decir, ortogonal y regular, referenciada con coordenadas UTM y con un ancho de 25 metros (1 milímetro a escala 1:25.000) para el MDT25.

Los datos utilizados como puntos de referencia proceden de digitalización si la hoja del MTN 25 está publicada, o de restitución digital en caso contrario, obviamente la utilización de estas últimas utilizando registros numéricos tridimensionales ofrecen un aspecto importante puesto que permiten el uso de las líneas características del terreno (vaguadas, líneas de cambio de pendiente, etc.) como líneas de ruptura, lo que resulta definitivo en relación con la calidad final del modelo, pero además proporcionan una fuente rápida de datos de relleno en los casos en que sea necesario.

El primer cometido del MDT25 será la estimación de la precisión exterior del MDT200 en base a la comparación de cotas en puntos coincidentes. De hecho ya existen unas primeras estimaciones que han arrojado unos errores medios cuadráticos en torno a los 30 metros, resultados satisfactorios si se tiene en cuenta que la fuente de datos para establecer el MDT200 ha estado constituida por curvas de nivel con 100 metros de equidistancia.

El programa utilizado para el cálculo de ambos MDT es el sistema SCOP (Stuttgart Contour Program) de generación y explotación de modelos digitales adquiridos a la firma INPHO GmbH.

4.3. EDICION DE LA INFORMACION. TRAZADO AUTOMATICO.

Uno de los objetivos primordiales dentro del tratamiento y gestión de la información digital, era la posibilidad de llegar a la publicación de hojas del MTN25, mediante técnicas de trazado automático que sustituyesen a los costosos y lentos sistemas convencionales de delineación cartográfica, con la condición de que los dos principios siguientes de mantuviesen:

- La precisión métrica y contenido de la información fuese la misma que la del MTN25.
- La calidad gráfica del trazado y su representación cartográfica cumplieren las normas establecidas para el MTN25.

Si la primera cuestión era fácil de lograr el cumplimiento de la segunda planteó auténticas dificultades de orden técnico y cartográfico.

En el año 1986, el I.G.N. adquiría a la firma Intergraph tres estaciones de

edición modelo Interact 32 asistidas por un Microvax I200 al que estaba conectado un plotter rápido de la marca Calcomp. En cuanto al soporte lógico se adoptó el Sistema de Diseño Gráfico de la misma firma comercial (IGDS), con paquetes de software destinados a la manipulación de ficheros con fines orientados a la edición cartográfica.

El método de trabajo consistía, y aún no ha cambiado, en trazar a escala 1:25.000 la información adquirida por restitución fotogramétrica y efectuar sobre la documentación gráfica una revisión hecha en campo con vistas a:

- Corregir errores de fotointerpretación.
- Actualizar la información debido a la antigüedad del vuelo fotogramétrico empleado.
- Expandir la clasificación y codificación de la información cartográfica restituida (división de carreteras en nacionales, locales y comarcales, líneas de ferrocarril, etc.)
- Incluir la toponimia.

Realizada esta labor sobre las minutas gráficas a continuación es volcada toda la información en soporte digital con las estaciones de edición. Para ello, análogamente al proceso de restitución, se confeccionaron menús, de forma que el operador pudiese realizar su trabajo de una manera sencilla y aumentase lógicamente su capacidad productiva.

Esta fase del trabajo en cuanto a codificación definitiva de la información fue fácil de superar y el I.G.N. adoptó pronto criterios para establecer una línea de producción y poder evaluar los recursos técnicos y personales necesarios, dando lugar durante los años 1990 y 1991 a la adquisición del orden de cincuenta estaciones de edición, esta vez basadas en el Sistema Microstation PC, es decir, cada estación está asistida por un ordenador personal, con la característica de ser puestos de trabajo autónomos e independientes entre sí y el trasvase de información se realiza con un software de comunicaciones.

El producto así obtenido tiene toda la información (en 2D) que debe reflejar el MTN 25, a nivel de detalles y contenidos.

Esta información introduciendo las relaciones topológicas que dan las incidencias de un objeto respecto a los colindantes está disponible para ser estructurada y cargada en la BCN25, pero, sin embargo aún no es apta para proceder a su publicación siendo necesario efectuar todos los procesos de simbolización y

tratamiento de la información cartográfica para su trazado automático sobre papel.

Los procesos de simbolización (signos convencionales, pattern paralelas, etc.) se efectúan prácticamente de forma automática habiéndose desarrollado dichos procedimientos en el I.G.N., su característica fundamental es que no modifican la geometría de los elementos sino que sirve únicamente para hacer su representación a efectos cartográficos. En una escala media como es la 1:25.000, surgen muchos problemas al aplicar símbolos para representar cartográficamente la información, tales como:

- Interferencias de símbolos puntuales o lineales.
- A veces el símbolo puntual supera al tamaño real del elemento que representa.
- Necesidad de generalización.
- Disposición de rótulos, etc.

Siendo imposible establecer procedimientos que resuelvan todos los problemas de una forma general, quedando la mayoría de ellos al buen criterio cartográfico de la persona que está confeccionando el mapa. Además hay que respetar las herramientas de tratamiento de la información que lleva incorporado el sistema de trazado automático disponible y que a veces exige una preparación de la información muy difícil de compatibilizar con las exigencias cartográficas.

El I.G.N. adquirió en el año 1990 el soporte tanto físico como lógico para efectuar las tareas de trazado automático. Esta primera adquisición efectuada a la casa Intergraph consta de la siguiente configuración:

- Un scanner/photoplotter OPTRONICS 5040.
- Un trazador electrostático VERSATEC.
- Una estación de edición INTERVIEW.
- Cinco estaciones de edición INTERPRO.
- Un ordenador MICROVAX I-200.
- Un Interserve.

Durante el año 1992 se completó el sistema con la adquisición de seis estaciones de trabajo formadas por ordenadores personales y con software Microstation PC.

Todo el soporte lógico empleado fue adquirido también a la casa Intergraph.

En la actualidad y después de realizar bastantes pruebas, el complicado proceso de edición para publicación de

hojas mediante trazado automático ya está normalizado y en fase de producción, con excelentes resultados.

4.4. ESTRUCTURA Y CARGA DE LA INFORMACION EN LA BCN25.

Hasta ahora, hemos descrito la captura de la información por restitución digital, a la que aplicábamos una serie de tratamientos que nos servían para arreglar la geometría, obtener el MDT y la codificación definitiva con arreglo a los contenidos del MTN 25, pero necesitamos aún estructurar más la información con vistas a su carga en la BCN25 para crear al final de todo el proceso un SIG/LIG asociado a dicha base.

El método utilizado, basado en la experiencia de la BCN200, lo que se hace es aplicar una serie de procedimientos desarrollados por personal del I.G.N., que tienen como objetivo el comprobar que la información cumple una serie de propiedades con el fin de que pueda ser estructurada y cargada en la BCN25. Aunque se realizan prácticamente de una forma automática, siempre existen situaciones que tendrán que resolverse por el operador en las estaciones gráficas de edición.

A continuación vamos a describir brevemente estas tareas:

- Adaptación de la información a un formato de entrada única.
- Transformación de coordenadas al sistema de referencia elegido.
- Depuración de puntos en función de la escala de trabajo.
- Comprobación de la geometría.
- Ajuste al borde de la unidad de captura-tratamiento y conexión con la contigua.
- Interrelación geométrica entre los distintos temas que conforman la unidad de captura-tratamiento.
- Generación de la geometría necesaria para conseguir la coherencia estructural (embalses, túneles..)
- Generación de Entidades y Adición de Atributos/Conexión.
- Generación del fichero de NODOS con vistas al Sistema de Información Gráfico elegido.

Realizados todos estos tratamientos, tendremos que la BCN25 describe la realidad con información geométrica de tipo vectorial (puntos, líneas y superficies) y estructurada en Entidades Simples, es decir, unidades geográficas individualizadas que pueden extenderse sin limitación

de dominio, por todo el territorio nacional y que no pueden subdividirse en objetos más pequeños.

Para identificar conceptos de la realidad más complejos, se generan las Entidades Compuestas, formadas por la unión de Entidades Simples y tan amplias en su creación como se desee, siendo sólo función de la cantidad de información que se posea para su generación y de las necesidades de gestión y explotación del sistema.

Para el SIG del I.G.N. instalado sobre la BCN200 se incorporó el Adabas como gestor de bases de datos y Microstation como sistema de diseño gráfico. Para el SIG cuyo núcleo sea la BCN25, se han realizado pruebas en concepto de demostración con distintas firmas comerciales de SIG sin que por el momento se tenga decidido cuál será el sistema a adoptar.

5. CONCLUSION

La última definición de la cartografía, dada por la Asociación Cartográfica Internacional (ACI) como: "Organización, representación, comunicación y utilización de geoinformación en forma digital, visual o táctil", viene a resumir de una manera clara y concisa la revolución que ha supuesto la introducción de las nuevas tecnologías en el mundo cartográfico.

La posibilidad de adquirir información en soporte digital para su posterior explotación en distintos productos (MDT, SIG/LIS, etc.) ha producido una fuerte y variada demanda por la sociedad que además utiliza recíprocamente la informática como potente herramienta de explotación y análisis de datos espaciales. Pero no hay que olvidarse de las antiguas definiciones de cartografía en la que se la consideraba como ciencia, arte y técnica y que además, para el hombre de la calle es el mapa impreso el único medio de información que le pone en comunicación con el mundo real.

Quizás las conclusiones más importantes a la hora de emprender un proyecto cartográfico debieran de ser:

- Utilizar las herramientas actuales pero siempre sin alterar la calidad de la información (precisiones métricas y tolerancias establecidas de acorde con las técnicas cartográficas y representaciones cartográficas que mantengan la legibilidad del mapa según su escala y fines, etc.).
- Adquirir soporte físico y lógico que esté encaminado a tareas cartográficas o bien que permitan desarrollar con relativa facilidad aquellos procedimientos encaminados a nuestro particular proyecto cartográfico. Se trata en definitiva de poner la in-

formática al servicio de la cartografía y nunca a la inversa.

- Considerar que en todo proyecto, la adquisición de los datos es la base fundamental, aunque sea lo más costoso en tiempo y trabajo (en el proyecto BCN25 la fase de adquisición de la información ocupa aproximadamente el 70% del trabajo, el tratamiento el 20% y la gestión o explotación el 10%).

Y podríamos, por último, resumir diciendo que nuestro objetivo a alcanzar es: Producir más y mejor Cartografía.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BONNEVAL, H. Photogrammétrie Générale.
- CEBRIAN, J. Trazado automático de Cartografía, Primeras Jornadas Técnicas de Cartografía, 19-20 de noviembre de 1991, Pamplona, España.
- GARCIA, L. La Altimetría en el SIG del Instituto Geográfico Nacional, Notas Técnicas de Geodesia, I.G.N., Madrid, España.
- HERMOSILLA, F.J.; MATEOS, J. Digital Mapping and GIS 1:25.000, ISPRS, Tsukuba, 1990.