

El mapa automático: innovación pública para la generación del Mapa Topográfico Nacional

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 202, 30-40
septiembre-octubre 2021
ISSN: 1131-9100

Automated map: public innovation for the generation of National Topographic Map

Alfonso Boluda Sánchez, Ana Maldonado Ibáñez, Adolfo Pérez Heras, Felisa Quesada Bustos, José Alfonso De Tomás Gargantilla, M^a Paz Navas López, Santiago Prieto Del Caño, Alicia González Jiménez

Resumen

Son diversos los motivos que han impulsado al Instituto Geográfico Nacional (IGN) a implementar un proceso de generación automática del Mapa Topográfico Nacional (MTN), tanto a escala 1:25.000 como a 1:50.000, frente a la vía informática tradicional de las últimas décadas, entre los que los principales han sido la limitación de recursos y la búsqueda de una rápida respuesta a la demanda de geoinformación actualizada de una sociedad cada vez más exigente. Con este nuevo proceso automático se pueden obtener anualmente los ficheros de las 4019 hojas del mapa, disponibles a través del Centro de Descargas del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) y de los servicios WMS y WMTS de cartografía ráster del IGN. Esta metodología también se aplica en la generación de las hojas para la publicación impresa, cuya salida final sí requiere un proceso de edición simplificada realizada de forma mucho más eficiente que con anteriores procedimientos.

Abstract

There are different reasons that have prompted the National Geographic Institute (IGN) to implement a process for the automated generation of the National Topographic Map (MTN), at scale of 1:25,000 and 1:50,000, compared to the traditional computer technique of recent decades, being the main reasons the limitation of resources and the search for a quick response to the demand for updated geoinformation of an increasingly demanding society. With this new automated process, 4019 map sheets can be obtained annually, available through the Download Center of the National Geographic Information Center (CNIG) and the IGN's raster cartography WMS and WMTS services. This methodology is also applied in the generation of the map sheets for the printed publication, whose final output requires a simplified editing process performed much more efficiently than with previous procedures.

Palabras clave: Mapa Topográfico Nacional, MTN25, cartografía, BTN25, IGN, proceso automático.

Keywords: National Topographic Map, MTN25, cartography, BTN25, IGN, automated process.

*Técnico del Servicio de Mapa Topográfico Nacional,
Instituto Geográfico Nacional
absanchez@mitma.es, fquesada@mitma.es, mpnavas@mitma.es
Técnico de la S.G. de Geodesia y Cartografía,
Instituto Geográfico Nacional
amaldonado@mitma.es
Técnico de la S.G. de Geodesia y Cartografía,
Instituto Geográfico Nacional
aperez@mitma.es, jadetomas@mitma.es, sprieto@mitma.es
Técnico de la S.G. de Geodesia y Cartografía,
Instituto Geográfico Nacional
agjimenez@mitma.es*

*Recepción 10/12/2019
Aprobación 20/12/2019*

1. INTRODUCCIÓN: ¿POR QUÉ UN MAPA AUTOMÁTICO?

La producción de cartografía ha experimentado una fuerte evolución gracias al desarrollo de nuevas tecnologías, tanto en la captura directa o indirecta de los objetos geográficos como en la edición y redacción cartográficas y en la difusión de los productos. Esta transformación se puede observar en los aspectos que se describen a continuación.

1.1. Herramientas y métodos de captura

De la toma directa de datos en campo con instrumentación y métodos de topografía clásica se pasó a la toma de fotogramas y posterior restitución, primero analógica, después digital, terminando con la rectificación y generación de ortofotos, modelos digitales del terreno, y datos LiDAR, todo ello cada vez con mayor resolución espacial y frecuencia temporal.

1.2. Métodos y flujos de producción

Cuando empezaron los trabajos de generación del Mapa Topográfico Nacional (MTN) (MTN25, 2014), gran parte de los recursos del IGN iban destinados a este objetivo, ya que se trataba del producto más importante, la base de la que procedían otros productos de cartografía derivada, así como diferentes aplicaciones en ordenación del territorio, proyectos de ingeniería, orientación en el terreno, etc.

La captura, formación y edición de las hojas se realizaba directamente en el Mapa.

Cuando la tecnología permitió crear las bases de datos geográficas, se procedió a importar los datos del MTN a este nuevo formato, dando propiedades topológicas a los objetos geográficos procedentes del mapa, generándose la llamada Base Cartográfica Nacional (BCN). Esto permitía obtener nuevas aplicaciones, como análisis espacial y semántico de los datos, interoperabilidad con otros conjuntos de datos, etc. La desventaja de esta metodología era que se trabajaba con geometrías editadas para la escala del mapa, que por tanto sufrían desplazamientos y deformaciones fruto de la redacción cartográfica.

Esta circunstancia llevó a cambiar el método de producción, y a crear la llamada Base Topográfica Nacional (BTN25) (BTN25, 2009), a partir de las geometrías procedentes de los

ficheros de restitución, y de la semántica de la antigua BCN. Desde ese momento cambió el paradigma en cuanto a los procesos de producción, realizando ahora las actualizaciones sobre la propia BTN, convirtiéndose el Mapa en un producto derivado de esta Base de Datos.

Si antes el ritmo de producción lo marcaba el Mapa, ahora éste debe ajustarse lo máximo posible a la planificación de actualizaciones de la BTN.

1.3. Entornos de producción

Desde que se comenzaron a publicar ediciones digitales de MTN, se ha utilizado una herramienta CAD para la edición del Mapa. Incluso cuando cambió el flujo de producción a la BTN, tanto para la captura como para la formación de las hojas se utilizaba el mismo *software*, y un entorno de edición muy similar en el que podían aprovecharse ciertos elementos para la edición del Mapa, como gran parte de la toponimia (cadenas de texto, situación y orientación). Ahora todas las fases de actualización de la BTN se realizan bajo un entorno SIG (Geomedia, ArcGis), los elementos tienen múltiples atributos y los textos son también atributos vinculados a cada elemento que pierden su posición respecto al Mapa. La obtención del MTN supone una edición de la BTN cada vez que ésta se actualiza, lo que ralentiza el proceso.

1.4. Ámbitos de actuación

Hasta hace poco la unidad de producción tanto del MTN como de la BTN25 eran las hojas de Mapa. Hoy en día, aunque para la publicación del MTN se siga utilizando esta unidad de producción, para otros productos del IGN, que son sus fuentes de datos, los ámbitos de actuación son diversos: desde la provincia hasta el territorio nacional. Estas



Figura 1. Mapa de España

actuaciones obligan a actualizar un gran número de hojas del MTN que se ven afectadas.

1.5. Difusión de los datos

En poco tiempo se ha pasado de publicar ediciones impresas de Mapa a difundir grandes volúmenes de datos geográficos en servicios WMS/WMTS y descargas. El MTN también se encuentra disponible por todos estos canales y puede visualizarse fácilmente junto con otros conjuntos de datos, como bases de datos geográficas, imágenes aéreas e imágenes espaciales; razón por la que es muy importante que el tiempo de actualización sea lo más sincronizado posible.

1.6. Disminución de recursos e incremento de la demanda de información actualizada

La edición y redacción cartográfica es un proceso muy costoso que requiere de personal altamente especializado por su fuerte componente estética. El IGN ha contado en su historia con una gran plantilla de delineantes y especialistas cartográficos que han realizado esta labor, primero con métodos analógicos y más tarde con procesos digitales, pero esta plantilla se ha ido reduciendo progresivamente y gran parte del conocimiento se está perdiendo.

Además, los recursos materiales destinados a la contratación de estos trabajos también han sufrido una reducción importante y, en consecuencia, el volumen de hojas que pueden publicarse es bajo respecto a la difusión de otros conjuntos de datos producidos por el IGN.

Sin embargo, y en gran parte motivado por el acercamiento de la información geográfica a la sociedad que en los últimos tiempos han impulsado múltiples plataformas globales (Google, etc.) gracias a la facilidad de acceso que permite la cartografía digital, los usuarios demandan un incremento significativo en la frecuencia de la disponibilidad de datos y una mayor actualización de los mismos.

La combinación de ambas circunstancias motiva la necesidad de evolucionar el método de producción con dos objetivos claros: ser más rápido y eficiente.

1.7. Necesidad de visibilizar las Bases de Datos Geográficas del IGN

El MTN es un producto muy demandado y conocido por toda la comunidad de usuarios de información geográfica. Estar basado en otros conjuntos de datos producidos en el IGN le convierte en una ventana muy importante para visualizar las actualizaciones producidas en sus fuentes de datos de origen. Por tanto, los productores de esos datos también demandan a su vez que sus actualizaciones queden reflejadas lo antes posible en el Mapa.

Toda esta evolución, en múltiples aspectos de los procesos productivos del IGN, hace casi imperativo un profundo cambio en el modelo de producción del MTN. Los avances tecnológicos presentan una oportunidad para llevar a cabo esa transformación, orientada en gran medida a la automatización de los procesos de edición, redacción y publicación cartográficos, y que, asumiendo las inevitables diferencias con un producto de altísima calidad que tradicionalmente se ha venido publicando por el IGN, intente compensarlas con la ventaja que supondrá la posibilidad de obtener, de manera casi inmediata, actualización de información con respecto a las bases de datos geográficas del IGN.

2. FLUJO PARA LA GENERACIÓN DEL MAPA AUTOMÁTICO

El Mapa Automático se obtiene mediante la ejecución de un flujo de procesos automáticos que tratan de emular los procedimientos tradicionales que se suceden en la elaboración de un mapa tradicional. Se compone de **tres fases**: una primera, en la que se aplican procesos de generalización y edición hasta obtener una primera salida en formato vectorial; una segunda, donde los resultados anteriores son almacenados en base de datos; y una tercera, donde se aplican las técnicas de simbolización y rasterización hasta obtener la salida final del mapa en formato ráster.

2.1. FASE I: Procesos vectoriales de generalización y edición

Estos procesos automáticos aplican técnicas de redacción cartográfica a los fenómenos geográficos provenientes de las fuentes de origen para conseguir una representación cartográfica legible de los mismos:

- Generalización a la escala de visualización
- Clasificación y simbolización según una leyenda
- Edición de elementos para asegurar la legibilidad
- Rotulación de entidades con un rótulo de estilo determinado y colocado de manera que identifique al elemento rotulado sin ambigüedad
- Calidad estética, dentro de lo posible, del mapa resul-



Figura 2. Flujo para la generación de los distintos productos que se obtienen a partir de la producción automática del mapa

tante, convirtiéndose este punto en uno de los más críticos del mapa automático

Estas reglas de actuación se han formalizado mediante una serie de operaciones de generalización y edición automática sincronizadas dentro de un flujo que integra dichas operaciones.

La generalización automática presenta dificultades conocidas, entre otras razones, por la elección de los parámetros de generalización ajustados a cada escenario, los cuales asumiría de manera natural un cartógrafo cuando generaliza «a mano» a la vista de cada zona del mapa. Por ello, a lo largo de todo el flujo automático aparecen diversos algoritmos que analizan el contexto de cada elemento para decidir las estrategias en el tratamiento de los diferentes fenómenos. Así, por ejemplo, la densidad de edificación será determinante en la elección del tipo de tratamiento en los edificios de cada partición de densidad.

Otra de las dificultades de la generalización automática es la alta dependencia entre los elementos del mapa, desencadenándose repercusiones en bucle al actuar sobre un elemento y desarreglar elementos tratados en pasos anteriores. Para dar respuesta a este problema y evitar procesos iterativos, el flujo está basado en la ejecución de una secuencia de procesos ordenados en función de las restricciones a la alteración de los elementos que modifican. De esta manera, en primer lugar, se llevarán a cabo actuaciones sobre los elementos con mayor restricción de modificación, a partir de las cuales se irán sucediendo las siguientes actuaciones sobre elementos con menor restricción.

Por último, una dificultad más de la generalización automática es que los procesos están actuando sobre grandes conjuntos de datos variables no conocidos a priori, lo que hace necesario conocer los modelos de datos de dichos conjuntos y las relaciones que pueden darse entre ellos. Esto pone de manifiesto la importancia de la consistencia de las fuentes de datos de partida. La automatización de este proceso requiere que las fuentes de datos estén armonizadas, con relaciones semánticas y topológicas conocidas y aseguradas.

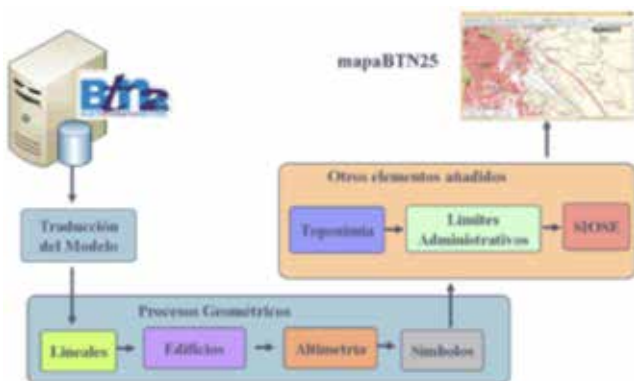


Figura 3. Gráfico de los módulos componentes del flujo

La implementación de este flujo es una sucesión de procesos sincronizados entre sí implementados principalmente en *Feature Manipulation Engine* (FME) (FME, 2020) y algunos *scripts* de Python de la librería ArcPy.

El flujo está orquestado por una herramienta principal que ejecuta secuencialmente cada uno de los procesos o módulos que a continuación se describen, sobre el listado de hojas que se deben procesar.

Extracción de datos origen

La primera fase consiste en extraer los datos a procesar para cada hoja, recortados por el marco correspondiente, a partir de las siguientes fuentes origen:

- La BTN25 (con las Redes de Transporte integradas)
- Delimitaciones Territoriales (Sistema de Información Geográfica de Líneas Límite, SIGLIM)
- Red Geodésica
- Coberturas de ocupación de suelo (Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España, SIOSE)

Tratamiento preliminar de los fenómenos extraídos mediante scripts de Python utilizando librerías de ArcPy

Sobre los objetos seleccionados se realizan las siguientes operaciones:

- Regularización del contorno de edificios mediante la eliminación de detalles menores a una tolerancia superficial, ya que la capa origen (edificaciones de Catastro) posee demasiado detalle para la escala de visualización del mapa
- Unificación de calzadas de autopistas y autovías
- Desplazamiento progresivo de elementos lineales, partiendo desde los más fijos como hidrografía o vías de ferrocarril hasta los más móviles como caminos o sendas
- Generalización del entramado de viales urbanos

Cambio de modelo de la información

Tras el proceso anterior y a partir de los elementos en el modelo de datos de la BTN se obtiene un modelo que más adelante asociará, en el proceso de simbolización y rasterización, las cualidades visuales de dichos elementos en el mapa: colores, grosores, estilos, fuentes, etc.

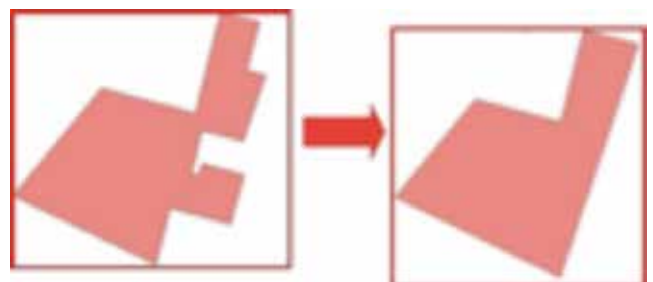


Figura 4. Regularización de formas en edificios

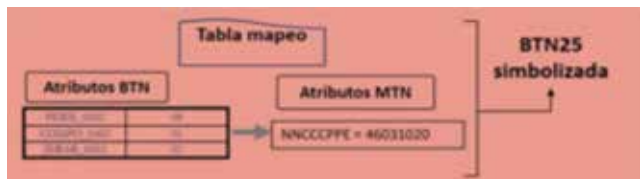


Figura 5. Traducción del modelo

Tratamiento de elementos lineales para mejorar su legibilidad en el mapa

Para incrementar la legibilidad de elementos lineales en el mapa se aplican dos tratamientos: la generación de elementos representativos de túneles y puentes en vías de comunicación, y la generalización de cerramientos (tapias) en función de su densidad y disposición sobre el mapa.

Tratamiento de elementos de construcción

Se trata de un módulo con una gran carga de procesamiento ya que los edificios sufren numerosas actuaciones para conseguir una representación legible a la escala de salida, pero conservando la representatividad de la zona. Al simbolizar edificios y vías de comunicación mediante símbolos puntuales y líneas con tamaños y anchos perceptibles a escala, se generan solapes entre dichos elementos que en la realidad no se producen. Las estrategias de actuación parten de un análisis preliminar de densidad:

- **Edificios en baja densidad**, como diseminados o edificios aislados: en esta partición se procura separar elementos puntuales y lineales para mejorar la legibilidad.
- **Edificios en media densidad**, como urbanizaciones de casas: se realiza un filtrado que elimina solapes entre símbolos manteniendo el patrón de densidad de la zona.
- **Edificios en alta densidad**, como cascos de población: en esta partición se realiza una generalización procurando mantener el esqueleto urbano que caracteriza el núcleo. Aquí se suceden operaciones de agrupaciones de edificios, recortes con el entramado urbano o sustituciones de grandes bloques por sus manzanas.

Altimetría

Consiste en realizar una selección y clasificación de los puntos de cota más representativos del terreno.

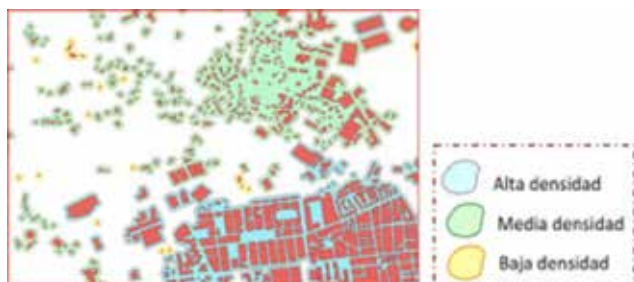


Figura 6. Clasificación de zonas por densidad de edificios



Figura 7. Separación de edificaciones con elementos lineales

Simbología puntual

En relación a la simbología puntual y con objeto de mejorar la legibilidad y la estética del mapa, se llevan a cabo las siguientes actuaciones:

- La recolocación de algunos símbolos puntuales respecto a elementos lineales asociados, por ejemplo, hitos en carreteras.
- La simbolización de áreas mediante patrones de símbolos puntuales: las centrales solares se rellenan con símbolos de placas solares o las explotaciones mineras con el símbolo de mina.

Etiquetado

Se trata de un módulo que trata de resolver, sin duda,

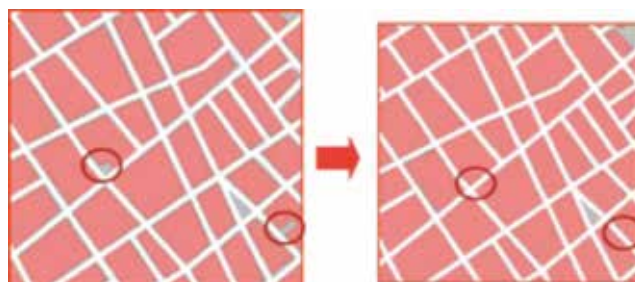


Figura 8. Expansión de manzanas en cascos de población



Figura 9. Tratamientos especiales de símbolos: creación de tramas en entidades superficiales. Central solar

uno de los desafíos más complejos de todo el proceso: la selección y correcta ubicación de la toponimia. En él se generan etiquetas para los elementos con un estilo definido en función de la clasificación del elemento rotulado. Este módulo está en constante proceso de mejora para solventar las dificultades de implementación, debidas en parte a la gran cantidad de rótulos provenientes de la BTN y a la ausencia de jerarquía de rótulos para una misma clase.

Incorporación de límites administrativos

Se integran las líneas de límites jurisdiccionales procedentes del Sistema de Información Geográfica de Líneas Límite (SIGLIM). Las geometrías no sufren modificación alguna, con el fin de respetar al máximo el trazado de las mismas.

Integración de la capa de coberturas procedente de SIOSE

En esta fase se realiza la traducción del modelo de datos SIOSE a la leyenda del MTN y las correcciones geométricas de fenómenos coincidentes, como son los contornos de láminas de agua o reservas planimétricas.

2.2. FASE II: Almacenamiento de las salidas del proceso en base de datos

Una vez ejecutado el proceso de generación de mapa automático se han obtenido los archivos CAD con las geometrías de la planimetría (dgn) y de los usos del suelo (sio) para cada una de las hojas procesadas. Estos archivos, que son el punto de partida del proceso de edición simplificada, además son almacenados en una base de datos PostGIS, que será el origen del proceso de simbolización y rasterización, para su publicación bien en servicios web de mapas o bien para descargas de hojas ráster.

En la base de datos PostGIS se almacenan las geometrías procedentes de dichos archivos asignando a cada elemento un código que se asocia al estilo de visualización interpretado posteriormente por el proceso de simbolización.

La información se almacena estructurada en tablas clasificadas por tema (según la clasificación de los 10 temas de BTN: 01 límites administrativos, 02 altimetría... más el 11 para usos del suelo) y por tipo de geometría (Lineal, Puntual, Superficial).

En el caso particular de los textos, las geometrías se almacenan como entidades puntuales, con los atributos añadidos de valor (contenido del texto), rotación, escalado. Y en el caso particular de los símbolos puntuales, estos se

guardan también como entidades puntuales con los atributos añadidos de rotación y escalado.

Además, existe una tabla que recoge la información asociada a cada hoja (metadatos como geometría del marco, huso de la hoja, nombre de la hoja, fecha de alta...) y que está relacionada con las tablas de geometrías mediante un identificador de cada hoja en cada registro de geometrías.

2.3. FASE III: Simbolización, rasterización y generación de las salidas finales de ficheros

La última fase comprende la aplicación de los flujos de simbolización y de rasterización, y la generación de las salidas finales de ficheros.

Flujo de simbolización

Se realizan las siguientes operaciones:

- Atribución semántica: a través de un mapeo sobre estos datos de la base de datos PostGIS, se asignan unos atributos, como la capa y la descripción, para facilitar la simbolización.
- Importación en MAPublisher (2020): sobre una plantilla diseñada con Adobe Illustrator, y a través de FME, se carga la información y se aplica la simbolización correspondiente a esa plantilla.
- Estructura de capas: es necesario establecer un orden de visualización puesto que la simbología tiene que cumplir una jerarquía determinada, estando, por encima de todo, las tres capas de texto (textos en negro, azul y siena), después los símbolos puntuales, estilos de línea y, por último, las capas correspondientes a los usos del suelo. Esta ordenación de capas (resuelta de forma alfabética) se hace en el momento previo a simbolizar, de forma que las capas ya se obtienen ordenadas visualmente.
- Exportación a GeoPDF: se generan los formatos AI de Illustrator y GeoPDF.

Flujo de rasterización

Se extrae del GeoPDF el ráster embebido en él y, mediante una serie de subprocesos dentro del flujo general

Atributos	Descripción
id	Identificador autonumérico único. Se asigna a cada elemento almacenado mediante id_hoja_c
num_hoja	Número de la hoja
fecha_alta	Fecha en la que fue subida la hoja a Postgis (cuando se ejecuta el programa para esa hoja)
programador	Nombre del equipo desde el que se procesó la hoja
huso	Huso de la hoja. Proviene del marco que efectuó el corte
nombre_hoja	Nombre de la hoja. Proviene del marco que efectuó el corte
geom_marco	Geometría del marco que se usó para el recorte reproject UTM

Tabla	tema	tipo	descripcion
id	id	id	Referencia al id de la tabla Hoja_c
recorte	recorte	recorte	Recorte para proceso simbolización
cota	cota	cota	Sólo se refiere para para altimetría tema 02
geom	geom	geom	
escala			
orient			
justif			Sólo para toponimia tema 08
justif_s			Sólo para toponimia tema 08
valor			Sólo para toponimia tema 08. Cont. texto

Figura 10. Tablas en PostGIS

de rasterización, se georreferencia y escala. A continuación, se procede a escribir en formato GeoTIFF los ráster correspondientes a cada hoja. En este GeoTIFF se ha incorporado también el sombreado generado a partir del Modelo Digital del Terreno (MDT). El sombreado se enmascara en algunas zonas, como carreteras y masas de agua.

Una vez obtenidos los ficheros GeoTIFF sombreados, se exportan a los formatos *Enhanced Compression Wavelet* (ECW) y *Cloud Optimized GeoTIFF* (COG) (COG, 2020).

Al final del proceso automático, para cada hoja del MTN25 se obtiene un archivo vectorial georreferenciado, en formato GeoPDF (con la información distribuida por capas) y tres juegos de archivos ráster georreferenciados: ficheros sin cuadrícula UTM en formato COG, que son los que precisan los servicios de visualización WMS y WMTS, y ficheros con cuadrícula UTM disponibles para su descarga, tanto en formato COG como en formato ECW.

3. PROCESO DEL MAPA AUTOMÁTICO PARA EDICIÓN IMPRESA: EDICIÓN SIMPLIFICADA

El objetivo y alcance de la edición simplificada es generar **ediciones del MTN25** mediante un proceso optimizado en tiempos y recursos. Para ello se utilizan los siguientes datos: el contenido de la hoja que se obtiene automáticamente con procesos FME desde la BTN25 y los exteriores de la hoja del mapa, que son metadatos obtenidos y representados mediante procesos automáticos.



Figura 11. Ordenación de capas en MAPublisher



Figura 12. Generación de máscaras para el sombreado



Figuras 13 y 14. Salidas a descargas ráster (con CUTM) y servicios Web (sin CUTM y con selección de rótulos)

Se realiza mediante un proceso manual que consiste en acabar de editar el contenido y exteriores de una hoja, ajustándose rigurosamente a lo establecido en un *checklist*, para asegurar que el resultado final es acorde a las especificaciones del producto y a la calidad necesaria para ser impreso a la escala de publicación.

Las diferencias principales con el proceso tradicional son las siguientes:

- **Únicamente se realizan trabajos de edición**, es decir, no se llevan a cabo tareas de actualización, pues se asume que la información de origen está actualizada.
- Implica menor carga de edición porque:
 - Se parte de un producto en el que se ha llevado a cabo ya una edición y generalización automática.
 - Los criterios de edición únicamente atienden a cuestiones de legibilidad y a la corrección de resultados de los procesos de edición automáticos que no ofrecen una solución deseable, pero no a las especificaciones del MTN25 tradicional.
- Se reduce el número de roles: la edición la lleva a cabo un solo operador (rol 1) y un revisor (rol 2) de la empresa contratada. En el IGN solo se realiza el control de calidad en un porcentaje de hojas determinado.

Revisar la falta de homogeneidad incorporando con la edición anterior y incorporando			
1	REVISIÓN DE DATOS		
2	Verificación de límites de agua, ríos, embalses y lagunas con datos de coordenadas y alturas		
3	VERIFICACIÓN		
4	Verificación de alineamiento cartográfico		
5	Revisión de errores de símbolo puntuales entre el		
6	VERIFICACIÓN DE DATOS REFERENCIALES		
7	Revisión de datos de ST (intersección de líneas y sus límites, puntos, coordenadas, alturas) y cualquier otro tipo de comunicación, guías o Pto (referencia de Pto referencial)		
8	Revisión de Pto de comunicación de datos, guías o Pto referencial de Pto referencial		
9	Verificación de la clasificación de Pto de Carretera de ST cuando haya Pto o referencial		
10	VERIFICACIÓN DE DATOS REFERENCIALES		
11	Revisión de símbolos que faltan		
12	VERIFICACIÓN DE DATOS REFERENCIALES		
13	Revisión de datos referenciales referenciales		
14	Revisión de datos referenciales referenciales		
15	Revisión de datos referenciales referenciales		
16	Revisión de datos referenciales referenciales		
17	Revisión de datos referenciales referenciales		
18	Revisión de datos referenciales referenciales		
19	Revisión de datos referenciales referenciales		
20	Revisión de datos referenciales referenciales		

Figura 15. Extracto de ítems a revisar en el proceso de edición simplificada

En cambio, en el proceso tradicional, la empresa solo tenía la misión de editar y actualizar la hoja, mientras que en el IGN se hacía la revisión (rol 2), el trabajo del topógrafo de determinadas tareas del proceso (rol 3), el control de calidad de todas las hojas (rol 4) y el operador para las correcciones finales (rol 5).

La producción en la actualidad es de aproximadamente **800 hojas por año (20 % del total)**. Para la gestión de tan elevado número de hojas se ha implementado un flujo de seguimiento de la información, a través de un sistema de gestión de proyectos *online*, que permite el seguimiento de las entregas por medio de peticiones, trasiego de ficheros, diagrama de Gantt, noticias, foros y repositorio de documentación técnica. Además, para la gestión de ficheros se ha desarrollado la automatización del empaquetado, registro de hitos en las diferentes bases de datos (BB. DD.) de control y trasiego de ficheros hasta su envío a talleres.

A partir de los trabajos de edición simplificada se está consiguiendo una mejora de los procesos y herramientas del mapa automático. Las dudas, la solución de problemas y los fallos detectados que se documentan con una herramienta de código abierto de gestión de proyectos, son de gran ayuda para poder llevar a cabo mejoras en el proceso, en el *checklist* y en las herramientas desarrolladas para generar el mapa automático y el PDF simbolizado.

Actualmente, dentro de la filosofía de la mejora continua, se están definiendo indicadores de eficiencia basados en la relación entre tiempos estimados/empleados y el uso de otras variables como la dificultad de las hojas o el número de ítems del *checklist* en los que los operadores han tenido que llevar a cabo alguna actuación.

Además de la simplificación del proceso, como consecuencia de la producción automática también se ha logrado:

- El diseño de un **protocolo** enfocado a solucionar los problemas que la herramienta aún no puede resolver,



Figura 16. Flujo de trabajo en edición simplificada



Figura 17. Impresión en papel del resultado del proceso de edición simplificada de una hoja del MTN25



Figura 18. Gráfico de la evolución de la producción del MTN25

ver, centrado únicamente en la edición.

- La implementación del protocolo *checklist* como **registro de calidad**, permitiendo la trazabilidad para hojas, ya sea con o sin control de calidad.
- Con el *checklist* se permite la implementación de un flujo basado en un **control de calidad por lotes** con aceptación o rechazo, lo que supone una reducción del 80 % en los tiempos de revisión en el IGN.
- Como conclusión, la edición simplificada presenta las siguientes **ventajas**:
 - Tiempo mínimo entre la actualización del dato y la publicación en formato de cartografía impresa
 - Menor uso de recursos. Eliminados los solapes entre tareas
 - Menores costes de producción
 - Mayor objetividad
 - Control de tiempos de proceso y resultados (registro de calidad)
 - Posibilidad de mejora continua (indicadores de calidad)

No obstante, no hay que olvidar que todas esas ventajas tienen un coste materializado en la calidad de la edición cartográfica respecto de la que se obtendría con procedimientos tradicionales y en el riesgo de que la información contenga algunos errores no detectados. Por ello, es un proceso en mejora continua.

4. MAPA DE ALTA RESOLUCIÓN

Actualmente se está desarrollando un nuevo producto cartográfico de mayor resolución para su publicación en servicios web. Este contendrá la información de las mismas fuentes que el mapa automático y tendrá la simbología adaptada a la resolución propia de cada fuente, obteniéndose un resultado similar al Mapa Automático a escala 1:25.000, pero con las geometrías sin apenas generalizar ni manipular.

La salida de este Mapa de Alta Resolución está adaptada a la visualización en visores web, donde el zoom hace desaparecer la restricción del límite visual del papel, pudiendo interpretarse los símbolos y los textos con pictogramas de menor tamaño. Estas simbologías de menor tamaño evitan aplicar procesos de generalización y edición automática a las geometrías para ajustarse al espacio disponible. En el caso, por ejemplo, de las vías de comunicación, estas van a tener un grosor menor al ancho que ocupa en la realidad, por lo que no se necesitará aplicar procesos de desplazamientos para evitar solapes como se hace en el Mapa Automático 1:25.000.

Este empleo de simbologías más reducidas favorece en gran medida a la rotulación automática, ya que al ser los textos más pequeños caben muchos más rótulos, evitando solapes.

En definitiva, este producto conlleva las siguientes **ventajas frente al Mapa Automático 1:25.000**:

- Al no hacerse necesaria la generalización, no perdemos el detalle geométrico de las fuentes de origen, obteniéndose un resultado más próximo a la realidad. Lo que nos lleva a un producto de mayor resolución (mayor detalle en formato vectorial y menor tamaño de píxel en formato ráster).
- La rotulación mejora considerablemente al poder rotular más entidades.
- La implementación se simplifica al no tener que introducir procesos automáticos de generalización y edición, por lo que se facilita también el mantenimiento y se reduce el número de incidencias por automatismos.



Figuras 19 y 20. Ejemplos del Mapa de Alta Resolución. A la izquierda se observa la detallada definición de las carreteras y en la derecha el nivel de detalle en edificaciones y toponimia en una zona urbana

Como desventaja se produce un mayor peso en los archivos ráster obtenidos, debido a una mayor resolución respecto al MTN25 Ráster.

5. PLAN DE ACCIÓN PARA EL MAPA AUTOMÁTICO

En este marco de trabajo y en base a los resultados de la primera versión del mapa automático, publicada en enero de 2020, se ha definido un plan de acción para conseguir el doble objetivo de:

mejorar el contenido de este mapa publicado a través de los servicios de visualización WMS y WMTS de cartografía ráster, y de ficheros accesibles a través del Centro de Descargas (producto MTN25 Ráster).

optimizar la respuesta a los usuarios en base a: la resolución de incidencias críticas que se detecten en la publicación, la frecuencia de actualización del producto y la optimización de flujos entre los proyectos implicados.

La estrategia para abordar el plan contempla una producción estructurada en lotes y se compone de cuatro ejes principales o líneas de acción: mejora del proceso automático (bien por optimización del algoritmo o bien por su evolución hacia la alta resolución), mejora de los datos origen (en cuanto a su completitud y actualización), implantación de un protocolo de gestión de incidencias que minimice los tiempos de respuesta y acciones divulgativas para facilitar la interpretación de este producto clásico generado con nuevas tecnologías.

La planificación de la actualización del producto estructura una producción pautada de hojas en base a los tres parámetros críticos que constriñen el flujo de la producción: la capacidad máxima de producción (400 hojas/ mes), la frecuencia máxima de publicación vía servicios web (2 meses), y la periodicidad máxima de publicación de nueva versión completa (4 019 hojas) del producto (aproximadamente anual).

En función de estos parámetros, la producción completa del mapa se estructura en 6 bloques, de un volumen entre 670 y 800 hojas por bloque, que serán publicadas con una frecuencia que oscilará entre 2 y 3 meses de modo que en el periodo aproximado de un año (julio 2021) se haya podido publicar la actualización completa del producto.

Las hojas que componen cada bloque y el orden de prioridad de su publicación se definen fundamentalmente en base a las planificaciones de actualización de las bases de datos a partir de las que se genera el

mapa, pues el objetivo principal es publicar a la mayor brevedad posible los datos más actualizados.

6. CONCLUSIONES

Con esta inversión pública en la innovación de la generación del producto más emblemático del Instituto Geográfico Nacional, el Mapa Topográfico Nacional (MTN), se pretende dar respuesta a la elevada demanda de geoinformación por parte de la sociedad, que mayoritariamente prima la velocidad de publicación de los datos.

Sin duda, haber conseguido generar el mapa automáticamente mediante procesos que simulan la toma de decisión de operadores cartográficos supone un hito en la historia de la producción cartográfica de la institución y el estímulo para seguir evolucionando. El siguiente objetivo es conseguir que la calidad cartográfica del producto final se acerque más a la obtenida por métodos clásicos, en los que se generaban auténticas «obras de arte». La optimización de la representación cartográfica en combinación con las ventajas que aporta la automatización de procesos en cuanto al grado de actualización de la información y al incremento de la frecuencia de publicación de la totalidad de la serie convierte al MTN en un producto que atiende a los requisitos de los usuarios del siglo XXI.

AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento a Ana de las Cuevas Suárez por impulsar este cambio de paradigma en la producción del Mapa Topográfico Nacional, y al resto del personal de los departamentos de Cartografía del IGN por haber contribuido a que haya sido posible.

REFERENCIAS

- BTN25 (2009). Recuperado de: <http://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/ESPBTN25.pdf>
- COG (2020). Cloud Optimized GeoTiff. Recuperado de: <https://www.cogeo.org>
- FME (2020). Feature Manipulation Engine. Recuperado de: <https://www.safe.com/fme/>
- MAPublisher (2020). Recuperado de: <https://www.avenza.com/mapublisher/>
- MTN25 (2014). Recuperado de: http://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/NORMAS_EDICION_MTN25_V1.3_20140420.pdf

Sobre los autores

Alfonso Boluda Sánchez

Ingeniero Técnico en Topografía e Ingeniero en Geodesia y Cartografía por la Universidad Politécnica de Madrid. Pertenece al Cuerpo de Ingenieros Técnicos en Topografía del Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana desde 2006, colaborando en diferentes proyectos cartográficos dentro de la Subdirección General de Geodesia y Cartografía del Instituto Geográfico Nacional, como la actualización del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000 (MTN25) por detección de cambios, el control automático de edición del MTN25, o la integración de coberturas procedentes del Sistema de Información de Ocupación de Suelo en España (SIOSE) en la producción del MTN25.

Actualmente trabaja en el proyecto «Mapa Automático», para la puesta en producción de la serie del MTN25 por métodos automáticos, a partir de Bases de Datos Geográficas producidas en el IGN. También colabora en los proyectos de Mapa Automático de Alta Resolución y Mapa Automático para el Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000 (MTN50).

Ana Maldonado Ibáñez

Ingeniera en Geodesia y Cartografía y Doctora por el programa de Ingeniería Geográfica de la Universidad Politécnica de Madrid, donde estuvo trabajando en un grupo de investigación asociado al departamento de Topografía y Cartografía hasta el año 2007. En el año 2008 ingresa en el Cuerpo de Ingenieros Técnicos en Topografía del actual Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana, abordando, dentro de la Subdirección General de Geodesia y Cartografía del Instituto Geográfico Nacional, tareas de investigación y desarrollo de procesos de Generalización Automática para su aplicación en la generación de Cartografía Automática.

Actualmente colabora en el desarrollo de procesos automáticos para la obtención automática de la serie MTN25, y en su aplicación a otras escalas como la 1:50.000 y la 1:12.500.

Adolfo Pérez Heras

Ingeniero Técnico en Topografía e Ingeniero en Geodesia y Cartografía por la Universidad de Alcalá. Pertenece al Cuerpo de Ingenieros Técnicos en Topografía del Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana. Destinado desde 1987 en la Subdi-

rección General de Geodesia y Cartografía del Instituto Geográfico Nacional, ha participado en la reconversión digital de todas las series cartográficas españolas. Actualmente, como Jefe de Servicio de Edición y Trazado, se encarga de la dirección de MTN50 y colabora en el desarrollo de proyectos de automatización de Mapas Topográficos Nacionales a partir de Bases de Datos Geográficas producidas en el IGN, trabajando en la homogeneización de la simbolización cartográfica, en el rango de escalas existente entre el Mapa Automático de Alta Resolución hasta MTN50, pasando por MTN25.

Felisa Quesada Bustos

Ingeniero Técnico en Topografía por la Universidad Politécnica de Madrid. Pertenece al Cuerpo de Ingenieros Técnicos en Topografía del Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana desde 1991, colaborando en diferentes proyectos cartográficos dentro de la Subdirección General de Geodesia y Cartografía del Instituto Geográfico Nacional, como la actualización del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000 (MTN25) por métodos tradicionales, proceso para la generación de la primera versión de la Base Topográfica Nacional 1:25.000 (BTN25) y generación de MTN25 por métodos semi-automáticos partiendo de la BTN25.

Actualmente, como responsable del Servicio de Cartografía Básica, se encarga de la dirección del MTN25, colabora en el desarrollo de proyectos de automatización del Mapa Topográfico Nacional 1:25.000 a partir de Bases de Datos Geográficas producidas en el IGN y gestiona el proyecto de Edición Simplificada que consta de las tareas necesarias para la publicación en papel de las hojas del MTN25 generadas mediante el procedimiento de Mapa Automático.

José Alfonso de Tomás Gargantilla

Pertenece al Cuerpo de Técnicos Especialistas en Reproducción de Cartografía del Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana desde el año 2001. Desempeña su labor como Analista Funcional en la Subdirección General de Geodesia y Cartografía del IGN, y dentro del proyecto del Mapa Topográfico Nacional, edita, diseña y optimiza la simbología de distintas escalas para su generación y representación cartográfica tanto en papel como para publicación web.

Además, es Jefe de Preimpresión dentro del Servicio de Edición y Trazado de la citada Subdirección, donde supervisar tanto los trabajos cartográficos como de maquetación convencional destinados a ser publica-

dos por el IGN de forma tradicional impresa o a través de tecnologías web.

María de la Paz Navas López

Ingeniera Técnica en Topografía por la Universidad de Jaén. Pertenece al Cuerpo de Ingenieros Técnicos en Topografía del Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana desde 2018. Actualmente trabaja como Técnica en el Servicio de MTN25, de la Subdirección General de Geodesia y Cartografía del IGN, en concreto en el desarrollo y optimización de los procesos automáticos para la generación del Mapa Topográfico Nacional a partir de Bases de Datos Geográficas.

También ha participado en la implementación de los procesos automáticos para el almacenamiento de todas las ediciones digitales del MTN25 en Bases y para la generación de ficheros DWG y KML de la BTN25.

Santiago Prieto del Caño

Ingeniero Técnico en Topografía y Graduado en Ingeniería Geomática y Topografía por la Universidad de Salamanca. Pertenece al Cuerpo de Ingenieros Técnicos en Topografía del Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana. Destinado desde 2019 en la Subdirección General de Geodesia y Cartografía del Instituto Geográfico Nacional, en concreto, en el Servicio de Edición y Trazado y actualmente en el desarrollo de la automatización del proceso de producción del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25000 (MTN25) así como en procesos que completarían la producción impresa del MTN25.

Actualmente también colabora con el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) en la generación de Vector-Tiles para el nuevo mapa para móviles en formato vectorial.

Alicia González Jiménez

Ingeniero Técnico en Topografía e Ingeniero en Geodesia y Cartografía por la Universidad Politécnica de Madrid. Desde 2006 pertenece al Cuerpo de Ingenieros Geógrafos del Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana y actualmente es Jefa del Área de Cartografía donde se desarrolla el Mapa Topográfico Nacional y la Información Geográfica de Referencia de Redes de Transporte, en la Subdirección General de Geodesia y Cartografía del Instituto Geográfico Nacional. Anteriormente fue responsable del proyecto CartoCiudad desde su nacimiento en 2006 hasta julio de 2017 y miembro del Grupo de Trabajo para la elaboración de la especificación de la temática de Direcciones del Anexo I de la Directiva INSPIRE.