



Coordinador: Luis Carreño Piera

1. Estado actual de la automatización del proceso cartográfico

Rodolfo Núñez de las Cuevas

Jefe del Servicio Cartográfico del Instituto Geográfico y Catastral

Necesidad de la Cartografía

La cartografía es un poderoso sistema gráfico de representar y comunicar información y su eficacia proviene de que la sitúa en el tiempo y espacio geográfico.

Por lo tanto, el gran volumen de información que el hombre almacena pierde parte de su valor e interés de expresión si no puede, en un momento dado, convertirse en mapas. Los mapas nos permiten fácilmente apreciar la dimensión geográfica del fenómeno que representan, así como su comprensión inmediata, mejor que una tabla de cifras, y estudiar correlaciones entre diversos fenómenos que de otra forma no se harían visibles.

Mapas topográficos y catastrales, cartas de navegación, mapas temáticos, así como planos topográficos en diversas escalas son imprescindibles para el progreso del conocimiento humano en todos los dominios. Ahora bien, estos mapas, una vez realizados, deben estar sujetos a frecuentes y variadas modifi-

caciones que exigen un gran esfuerzo por parte de los centros cartográficos oficiales y privados. Mapas temáticos cuantitativos y cualitativos, tan necesarios para gobernar y administrar, han quedado sin realizar, por el tiempo exigido para formarlos, superior a veces al preciso para que su información quede obsoleta. Todos estos problemas podrán ser resueltos utilizando sistemas cartográficos automatizados.

Ordenadores, máquinas de trazado automáticas, digitizadores y equipos de representación visual, son las herramientas que el cartógrafo ya utiliza en muchos países para hacer frente a las exigencias crecientes de cartografía.

La necesidad de cartografía tanto topográfica como temática, en diversas escalas, es evidente en el planeamiento urbanístico y solo podrá satisfacerse cuando aparezcan los primeros bancos de datos urbanos localizados geográficamente, si en esa fecha puede contarse en España con el equipo y personal especializado necesario para explotar las posibilidades cartográficas de los bancos de datos.

Automatización del Proceso Cartográfico y Equipo Necesario

Todas las diferentes ramas de la cartografía, tales como geodesia, topografía, fotogrametría, dibujo, revisión y reproducción, han sido afectadas por el fenómeno de la automatización, pero, en este trabajo, nos limitaremos al problema de formación de mapas originales, aptos para su reproducción a partir de información numérica o analógica.

Pueden considerarse tres métodos, actualmente en uso, para la formación automática de mapas:

a) Transformación de información analógica en digital para proceder al dibujo en trazadores automáticos. Pueden introducirse modificaciones y datos de puesta al día durante el trazado.

b) A partir de archivos digitalizados y bancos de datos y utilizando medios de representación visual compilar el mapa deseado, procediendo a continuación al dibujo en trazadores automáticos rápidos.

c) Formación directa de mapas en ordenador utilizando la impresora rápida.

El equipo mínimo necesario, en cualquiera de los tres casos, deberá estar formado por un ordenador y algunos elementos de entrada y salida tales como un digitizador y trazador automático (coordinatógrafo automático) e impresora rápida en el caso (c). Debido a la existencia de numerosos centros de cálculo y a las posibilidades que ofrecen los grandes ordenadores, puede trabajarse con un ordenador, siguiendo el sistema de tiempo compartido (*time sharing*), utilizando un terminal remoto enlazado telefónicamente con el ordenador del centro de cálculo. En este caso, solo es necesario adquirir los elementos de entrada y salida, o sea, digitizador y trazador:

No obstante, un sistema cartográfico automático con posibilidad de manejo de datos, debe permitir mantener información base puesta al día, así como la extracción de información numérica relativa a un mapa determinado, pudiendo convertir esta información en un documento gráfico y manipulando, si es preciso, en los datos con el fin de realizar las correcciones o modificaciones oportunas. El elemento central del sistema es el banco de datos cuya creación comienza con la compilación de datos. Estos datos deben digitizarse para, después de procesados, almacenarlos en discos o cinta magnética hasta que sea necesaria su extracción con el fin de formar un determinado mapa. Cada elemento almacenado en el banco normalmente contiene tres clases de información: descripción, forma y situación geográfica.

Aunque los datos del banco en ciertos casos podrán ser adquiridos, la mayor parte de las veces tienen que obtenerse digitizando información gráfica. La unidad de digitización (fig. 1) suele estar formada por una mesa donde se fija el mapa y en la que se digitiza la posición de un dispositivo lector que sigue las diferentes líneas. La información digitizada pasa a la consola electrónica que convierte las señales recibidas en código apropiado para su salida en cinta perforada o magnética. De esta forma se obtienen valores X Y de cada punto. Hay digitizadores manuales y automáticos. Los manuales son lentos, pero se puede seleccionar la información a digitizar a voluntad del informador.

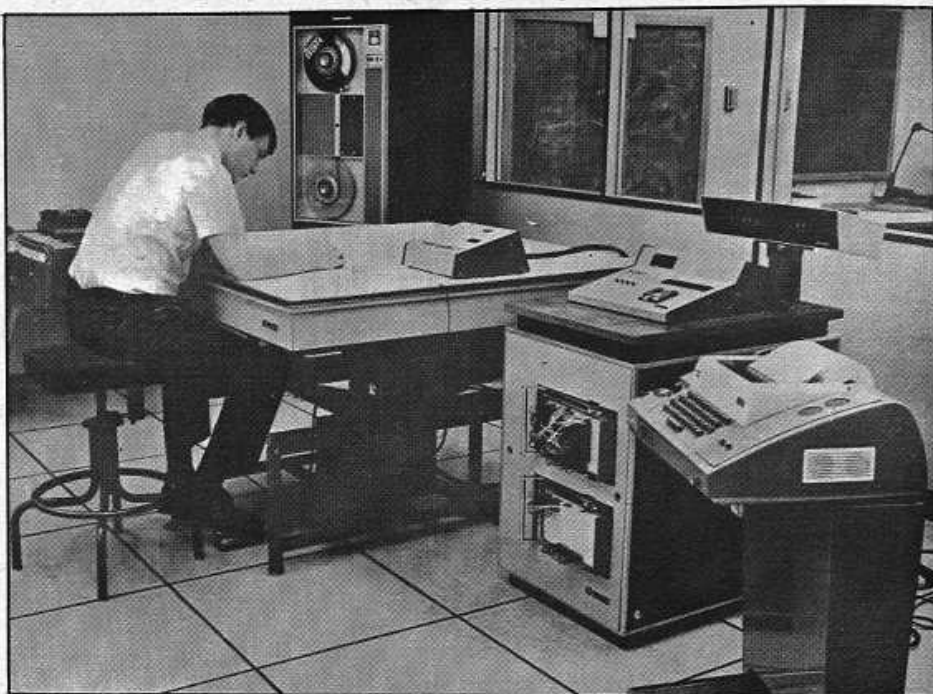


Fig. 1



Fig. 2

Los automáticos se dividen en dos tipos: los seguidores de línea, que requieren solo la presencia del operador en situaciones ambiguas, y los de barrido (*scanners*), donde el documento a digitizar se coloca alrededor de un tambor y la cabeza de barrido se mueve a lo largo

del mismo cuando gira a gran velocidad. Los *scanners* emplean la técnica de filtro dicroico fotomultiplicador y debido a sus posibilidades son los digitizadores del futuro.

Otro elemento primordial en los sistemas de cartografía automática es el



Fig. 3

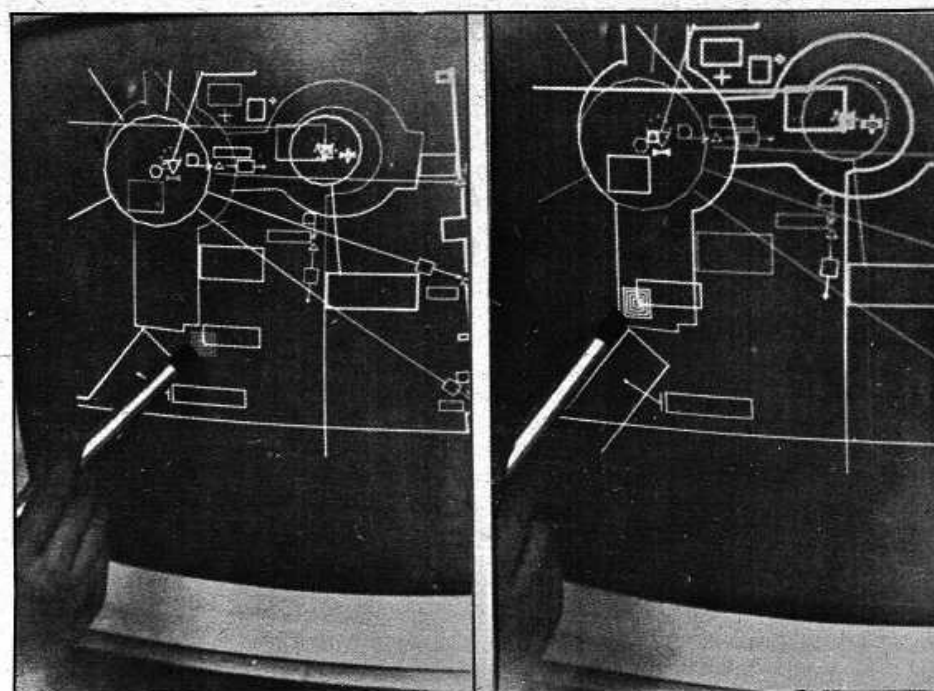


Fig. 4

trazador automático, elemento de salida encargado de transformar la información digitizada recibida del ordenador en gráficos o mapas. La automatización de la cartografía ha tenido un desarrollo mucho mayor en el trazado que en las otras fases, y existen en la actualidad

numerosos modelos de trazadores con todas las posibilidades imaginables en cuanto a calidad de dibujo, velocidad y precisión. Los trazadores automáticos pueden agruparse en dos clases:

- a) Trazadores con velocidad de trazado superior a 12 cms/segundo y

precisión de 0,1-0,2 mm. Normalmente la superficie de dibujo es un cilindro y los llamaremos trazadores de tambor.

- b) Trazadores con velocidad máxima de 3 a 12 cms/segundo y precisión de 0,02-0,06 mm. Normalmente la superficie de dibujo es una mesa plana y suelen llamarse trazadores de mesa plana o coordinógrafos automáticos (fig. 2).

Todos los sistemas de dibujo automático constan esencialmente del trazador y un equipo de control con facilidad de leer datos de entrada a partir de tarjeta, cinta perforada o cinta magnética. Algunos trazadores están dotados de un pequeño ordenador de control, lo que les permite una gran autonomía para ciertos problemas de dibujo sin necesidad de recurrir a un gran ordenador. Casi todos los trazadores de mesa plana disponen de diversas torretas o cabezas de trazado para dibujar a tinta o lápiz, esgrafiar con cuchillas y puntas de zafiro, y proyectar un rayo de luz para obtención directa de positivos sobre material fotográfico. Otro de los dispositivos necesarios para la formación de cartografía automática a partir de un banco de datos, es la unidad de presentación visual que actúa como unidad de entrada/salida y donde el cartógrafo sentado ante una pantalla de televisión (fig. 3) puede hacer consultas al ordenador por medio de un teclado. Una vez formada en la pantalla la imagen del mapa que se desea, el operador, por medio de un lápiz dotado de punta con célula fotoeléctrica, puede seleccionar o eliminar información gráfica así como añadir otra información en forma de signos o datos lineales que es posible incorporar al banco de datos (fig. 4).

Descripción de algunos Sistemas Cartográficos Automatizados (SCA)

Existen en la actualidad numerosos centros cartográficos, centros de investigación y universidades que han desarrollado sistemas de cartografía automática casi siempre dentro de alguno de los esquemas que reseñamos anteriormente. Por el interés que tiene como introducción al conocimiento del proceso automático en cartografía, haremos la descripción de algunos sistemas.

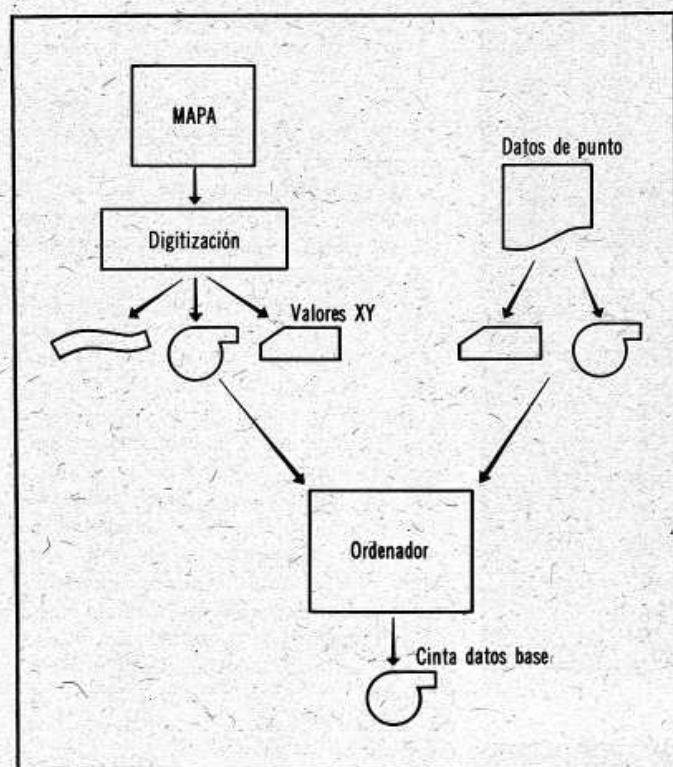


Fig. 5

Si disponemos de información de línea y de punto, se procede para la primera a realizar la selección, codificación y creación del índice y a continuación se digitalizan los segmentos elegidos registrando en cinta los valores X Y de los puntos que los definen. La información de punto (situación de signos, vértices, etc.) se puede introducir en forma de tarjetas perforadas. Esta información procesada y corregida, gracias a un programa de puesta al día, se transforma en una o varias cintas de datos bases. Al realizar la petición de un mapa determinado, siempre que exista información en el archivo, debe especificarse escala, proyección y recuadro. La petición se hace por medio de fichas perforadas y junto con el programa de trazado y la cinta de datos base se procesan en el ordenador.

En el ordenador se seleccionan, a partir de los datos base, las líneas y puntos necesarios para formar el mapa, convirtiendo los valores archivados en valores correctos X Y adecuados a la escala, proyección y equipo de trazado que se va a utilizar. La cinta de trazado que se obtiene en el ordenador se introduce en el trazador automático que

dibuja el mapa solicitado sobre una plancha o, en colores separados, sobre diversas planchas. Los ciclos de entrada y salida de un SCA como el indicado se representan en las figuras 5 y 6 y en sistemas parecidos se han formado: el mapa de las costas del mundo en proyección Hammer (SCA, E-103 del U. S. Naval Oceanographic Office) figura 7; el plano catastral de la figura 8 trazado en un equipo Aristomat y el mapa topográfico de la figura 9, prueba realizada para el Instituto Geográfico y Catastral con digitizador Codimat (20 puntos por segundo) y coordinatógrafo automático Coragraph DC, dotado de ordenador de control programable cora de 4k y 24 bits. Estos ejemplos son suficientes para demostrar las posibilidades y versatilidad de un SCA.

En el SCA Automap utilizado por la Central Intelligence Agency (CIA) de los Estados Unidos, para situar 8.000 posiciones geográficas correspondientes a la línea de continentes en una proyección acimutal equidistante, el ordenador tardó diez minutos en transformar las 8.000 coordenadas geográficas en órdenes para el trazador; éste ejecutó el dibujo, esgrafiando sobre plástico, en una hora. El

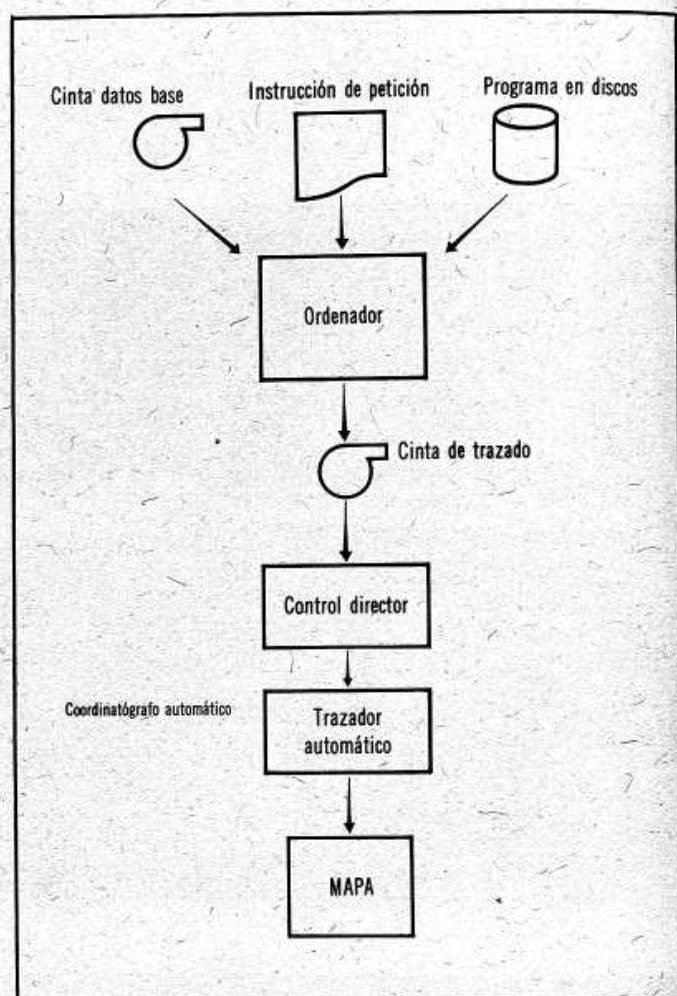


Fig. 6

mismo trabajo por sistemas convencionales hubiese supuesto cinco o seis semanas.

Un sistema más perfeccionado, aunque sólo aconsejable para cartografía que necesita continuas y frecuentes revisiones, es el que se representa en el diagrama de bloques de la figura 10. En este sistema el proceso de mantenimiento de datos base asegura la actualidad de los datos que serán reflejados en el mapa. El proceso de extracción y conversión de datos selecciona los datos necesarios para un determinado mapa digitizado. A continuación, en el equipo de representación visual (TRC) la información gráfica digitizada se convierte en analógica con el fin de que se pueda manipular esa información a través del teclado de la consola, modificando, eliminando o introduciendo información por medio del lápiz de luz. Una vez realizadas las oportunas correcciones, se procede al trazado utilizando un trazador óptico rápido que proporcione el mapa deseado sobre material fotográfico.

Un sistema similar es el utilizado por el USC & GS para la formación de cartas aeronáuticas de vuelo con instrumen-



tos como la representada en la figura 11. El equipo empleado por el USC&GS en este SCA, es un ordenador IBM 360 50 con 256 K. una consola de representación visual IBM 2250 y un trazador óptico de tambor, Geospace DP 203 que admite formatos de 100 x 150. Este sistema es apto para cualquier tipo de cartografía que se desee, aunque de momento es prohibitivo dado el elevado coste del equipo.

Un tercer sistema muy aconsejable para cartografía temática cuantitativa y en las disciplinas de análisis espacial, es el conocido por "Computer Graphics". Este sistema de hacer gráficos con ordenador se sintetiza en el diagrama de la figura 12. Existen dos métodos, el que produce mapas en impresora rápida con signos de 0,3 mm. de alto por 0,25 mm. de ancho producidos por la superposición de diversos caracteres (el negro se obtiene por la superposición de O, A, X, V.), y el que se basa en la utilización de un conjunto de signos fijados a una máquina de escribir unida a un ordenador que determina automáticamente el signo a emplear en cada zona geográfica. Al primer sistema pertenecen los programas SYMAP, de la Universidad de Harvard, AUTOMAP de Environmental Systems Research Institute de California, y LINMAP del Ministry of Housing and Local Government de Gran Bretaña, entre otros. Todos utilizan como instrumento de salida una impresora rápida (figura 13) para producir mapas de coropleletas (figura 14), de coroisopleletas (figuras 15 y 16) y de puntos. Entre las informaciones que deben darse al ordenador para dibujar un mapa es de primordial importancia la relativa a la base geográfica de los mapas y situación de la información estadística, procedente del banco de datos, que deberá referirse a una cuadrícula, zona o distrito, si no se dan las coordenadas geográficas del punto cuyo valor queremos representar. También deben definirse otros factores, como escala del mapa que se desea, número de categorías en que deben dividirse los datos, y signos específicos asociados a cada categoría. La determinación de coordenadas de la base es un trabajo largo y penoso, y por eso estos programas solo son de interés cuando se necesita gran número de mapas de una misma zona, y son especialmente recomendables cuando se dispone de bancos de datos estadísticos. Los mapas dibujados con ordenador

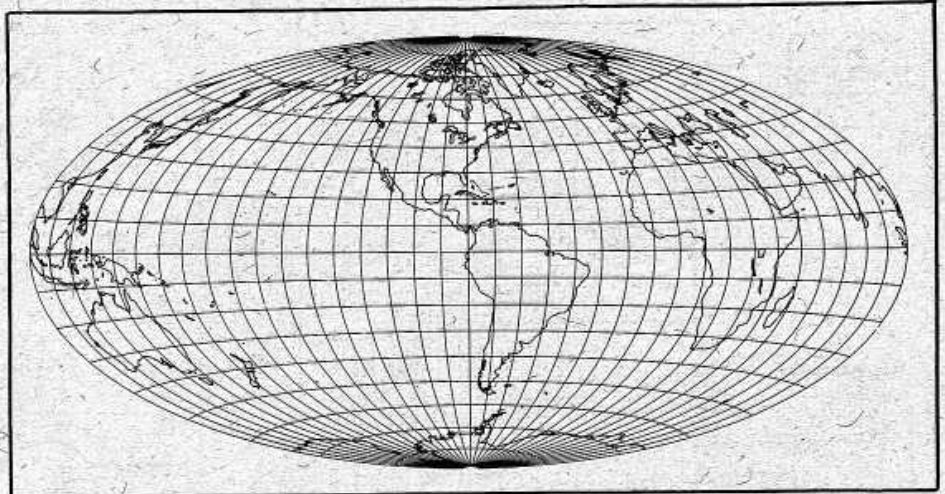


Fig. 7

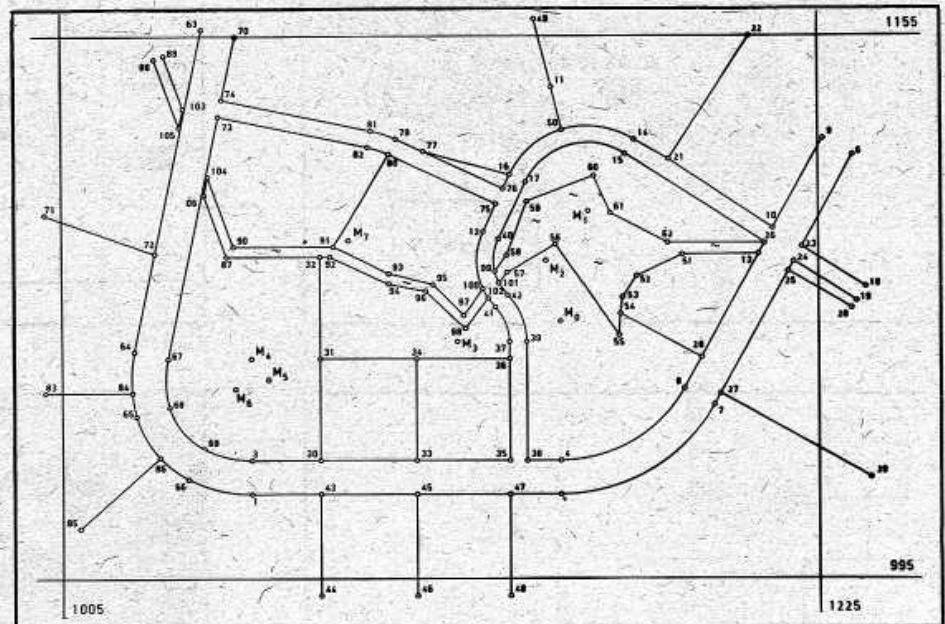


Fig. 8

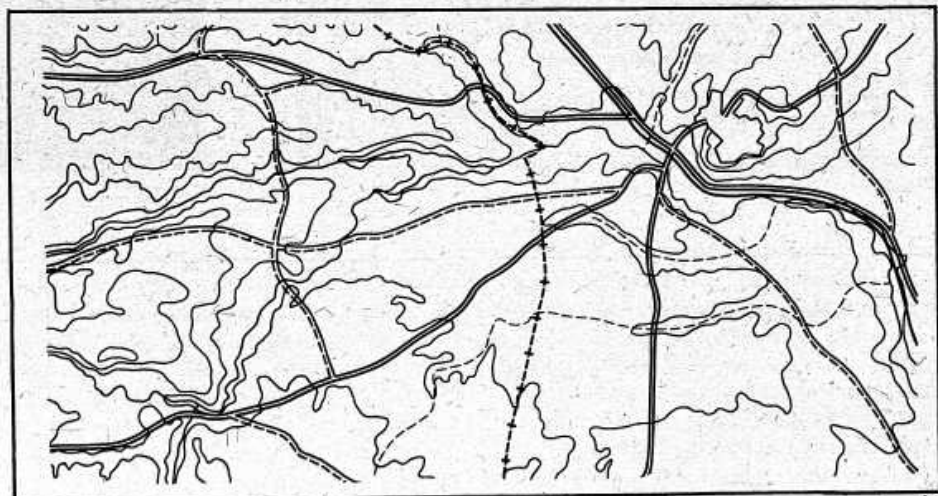


Fig. 9

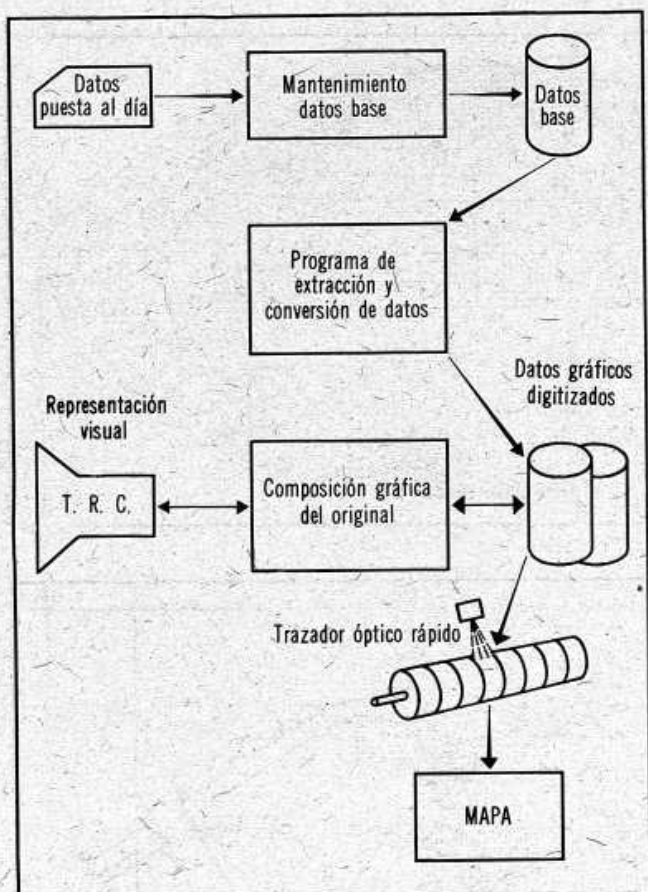


Fig. 10

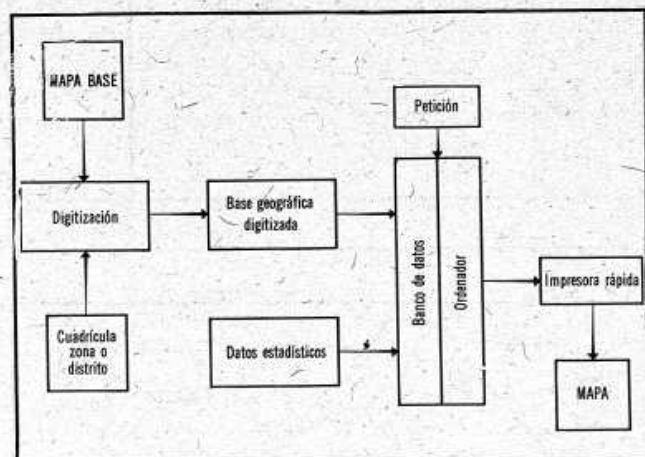


Fig. 12

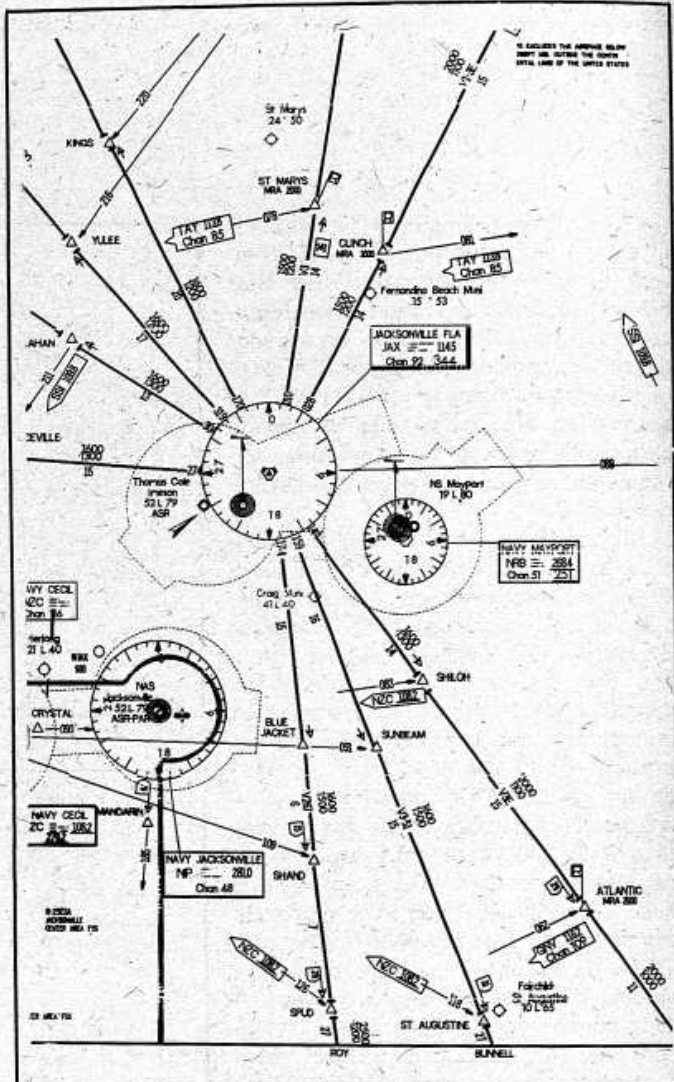


Fig. 11

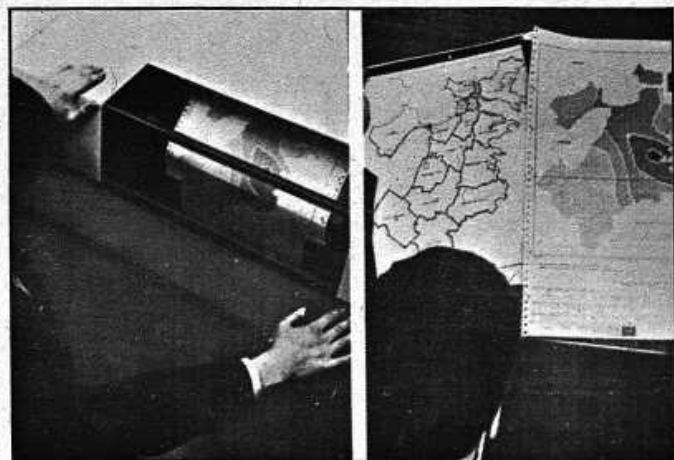


Fig. 13

son instrumentos fundamentales de análisis y decisión, ya que permiten investigar nuevas posibilidades de algunos problemas y de forma rápida, clara y hasta cierto punto económica, pueden presentar una información a veces compleja pero necesaria, por ejemplo en planeamientos urbanos o regionales.

El sistema que utiliza como instru-

mento de salida una máquina de escribir dotada de signos especiales, por ejemplo círculos de diferentes superficies, como el inventado por el Profesor Bertin de Francia, exige la utilización de fondos de mapas impresos previamente donde figuren los límites administrativos. Es un sistema costoso y poco rápido si se compara con los anteriores.

Beneficios que el Automatismo aporta al Proceso Cartográfico

Hemos visto a lo largo de la exposición algunas de las ventajas de los SCA, pero indudablemente hay tres puntos

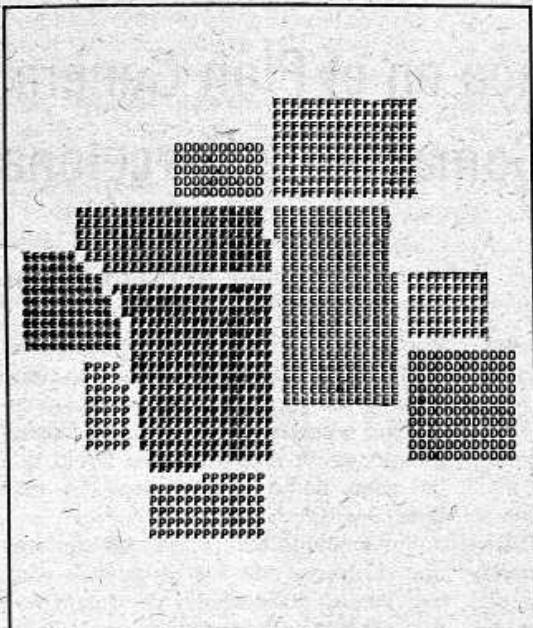


Fig. 14

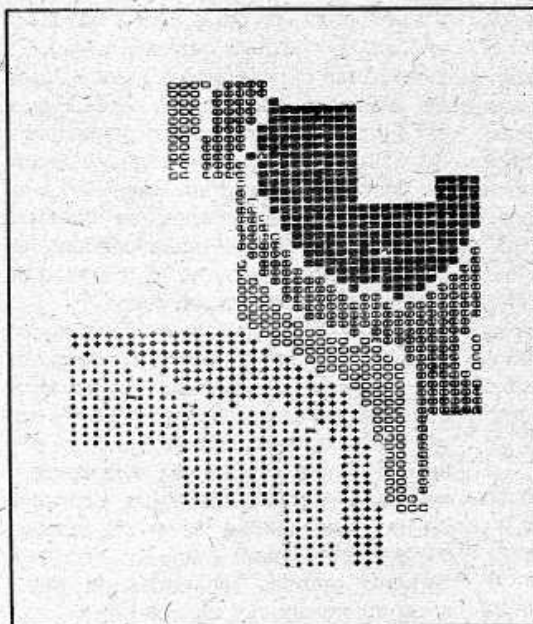


Fig. 15

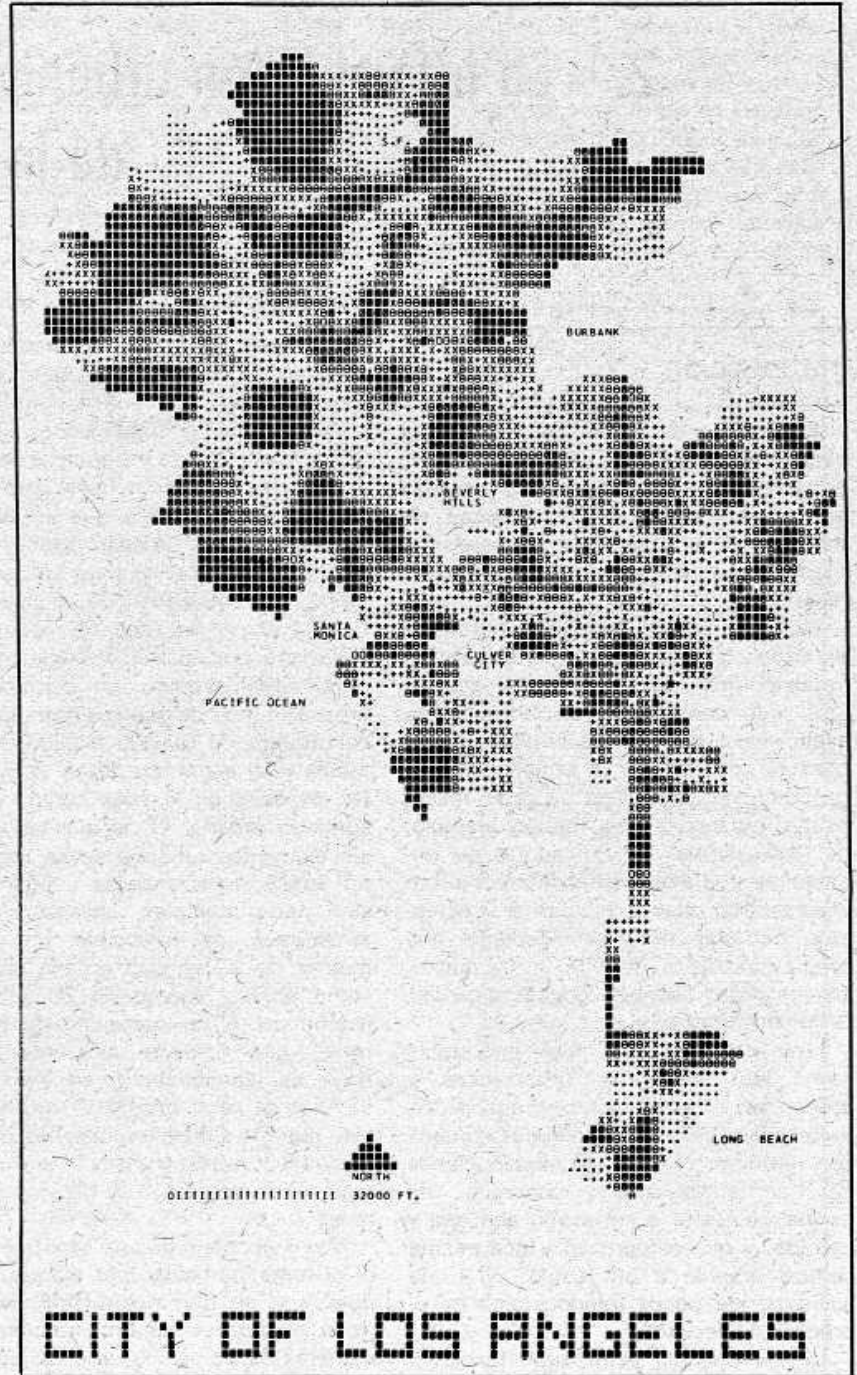


Fig. 16

que podemos considerar como fundamentales:

- La gran cantidad de datos que se pueden manejar y situar gráficamente y con precisión.
- El tiempo que se ahorra en el proceso, ya que cuadrículas, recuadros, proyecciones y líneas especiales, ta-

les como las redes hiperbólicas necesarias para navegación, que antes exigían meses de trabajo de delineantes y cartógrafos experimentados, ahora pueden realizarse en horas.

- La variedad de posibilidades que ofrecen al cartógrafo, ya que puede manipular los elementos de un mapa

con facilidad, liberado de las dificultades del proceso clásico.

Es posible que la automatización produzca más mapas, mejores y más útiles aunque menos artísticos, pero es el momento de considerar que el estilo cartográfico debe cambiar dando paso a nuevos tipos de representación cartográfica.