

Título: Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión del territorio

Autor: © Jual Peña Llopis

ISBN: 84-8454-493-1

Depósito legal: A-1059-2005

Edita: Editorial Club Universitario Telf.: 96 567 61 33

C/ Cottolengo, 25 - San Vicente (Alicante)

www.ecu.fm

Printed in Spain

Imprime: Imprenta Gamma Telf.: 965 67 19 87

C/. Cottolengo, 25 - San Vicente (Alicante)

www.gamma.fm

gamma@gamma.fm

Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de este libro puede reproducirse o transmitirse por ningún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia, grabación magnética o cualquier almacenamiento de información o sistema de reproducción, sin permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright

Prólogo

El presente manual proporciona las nociones básicas para el entendimiento y el uso de los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.) dirigido principalmente a personas sin conocimientos previos, o ya iniciadas, que precisan profundizar en la utilización práctica. Se recomienda este libro a todas aquellas personas que se quieran iniciarse de forma autodidacta en ESRI ArcGIS 9 y quieran alcanzar un buen nivel en el uso de este programa. Esta obra consta de introducción teórica a estos sistemas (91 páginas), descripción del funcionamiento práctico (146 páginas) y ejercicios prácticos en ArcGIS 9 (54 páginas).

En la segunda parte se describe la interfaz de visualización del programa ArcGIS 9 y se muestran los aspectos prácticos de entrada, manejo, análisis y salida de datos geográficos. Debe resaltarse la importancia de una lectura previa y detenida de la parte teórica del manual para consolidar una mejor base y asentar los conocimientos antes de proceder a la parte práctica, en la cual se proponen ejercicios prácticos con un desarrollo paso a paso para que el lector ponga en práctica los conocimientos adquiridos.

Se ha pensado que el planteamiento de los capítulos ha de ser práctico, por ello, se aconseja realizar todos los ejercicios propuestos al terminar los capítulos prácticos, con el fin de plasmar todos los procedimientos de entrada, manejo, análisis y salida de datos geográficos vistos en la teoría. Al mismo tiempo, se cuenta con un glosario de términos que ayudan a la comprensión de conceptos básicos. Además, junto a este manual se adjunta un CD-ROM autoejecutable que contiene: el propio manual en formato digital, el guión de prácticas y los ejercicios propuestos resueltos y sin resolver.

Por último, la obra queda abierta a toda información que pueda enriquecer y mejorar las técnicas y métodos de aprendizaje de los S.I.G., por esta razón junto a este manual se adjunta un CD-ROM que contiene: el propio manual en formato digital, el guión de prácticas y los ejercicios propuestos resueltos y sin resolver.

Conviene resaltar que la presente obra hace uso de ESRI ArcGIS 9 en su versión ArcInfo 9.1. Y que no existe ningún inconveniente de su empleo con ArcView o con nuevas versiones de estos productos S.I.G., ya que estas últimas no constituyen avances en el manejo básico del programa, tan sólo aportan nuevas extensiones y algunas herramientas.

Mencionar que más información acerca de este manual se puede encontrar en la siguiente web: <http://www.ua.es/deco/sig>. Cualquier duda, comentario o sugerencia se puede dirigir a la siguiente dirección de e-mail: JPL@ua.es

COPYRIGHT:

MS-DOS™, Windows™ y Visual Basic™ son marcas registradas de Microsoft®.

ArcGIS™, ArcView™, ArcEditor™, ArcInfo™, ArcCatalog™, ArcMap™ y ArcToolBox™ son marcas registradas de ESRI®.

Índice

PARTE TEÓRICA

1. Introducción a los S.I.G.	1
1.1. Introducción histórica a los S.I.G.	1
1.2. Definición de los S.I.G.....	3
1.3. Aplicaciones de los S.I.G.....	4
1.4. Componentes de un S.I.G.	6
2. Datos geográficos en el ordenador.	13
2.1. Tipos de organización de los datos geográficos en el ordenador.....	13
2.2. Estructura vectorial: puntos, líneas y polígonos.	14
2.3. Estructura ráster: malla de celdas o píxeles.	15
2.4. Ventajas e inconvenientes de la estructura vectorial y ráster.....	16
3. Entrada de datos espaciales.....	17
3.1. Fuentes de datos geográficos.	17
3.2. Pasos para crear datos digitales mediante entrada manual.....	18
4. Almacenamiento de datos espaciales.	23
4.1. Tipos de almacenamiento de los datos.....	23
4.2. Formatos de almacenamiento de la estructura vectorial y ráster.	24
4.3. Tipos de almacenamiento en software de S.I.G.....	26
5. Manejo de datos espaciales.	29
5.1. Operaciones con las entidades geográficas discretas (vectorial).	29
5.2. Operaciones con las entidades geográficas continuas (ráster).	35
5.3. Creación de superficies continuas a partir de datos puntuales.....	39
5.4. Georreferenciación de datos geográficos.....	57
6. Presentación de datos espaciales.	63
6.1. Tipos de salidas gráficas de los S.I.G.	63
6.2. Tipos de soportes gráficos de los S.I.G.....	65
7. Errores y control de calidad.	67
7.1. Tipos de errores en un S.I.G.	67
7.2. Procedencia de los errores en los datos espaciales.	70
7.3. Factores que afectan a la veracidad de los datos espaciales.....	71
7.4. Tamaño idóneo de píxel al rasterizar un mapa vectorial lineal.....	73
7.5. Errores resultantes de rasterizar un mapa vectorial poligonal.	74
8. Metodologías en el desarrollo de S.I.G.	77
8.1. Optimización de recursos y tiempo en la utilización de un S.I.G.	77
8.2. Diseño gráfico y objetivos de los mapas de un S.I.G.	86
8.3. Construcción de una base de datos de un S.I.G.	88
8.4. Manejo adecuado de los programas para la creación de un S.I.G.....	91

PARTE PRÁCTICA

9. Introducción al ESRI ArcGIS 9	99
9.1. Estructura de ESRI ArcGIS 9.	100
9.2. ArcCatalog.....	103
9.3. ArcMap.	104
9.4. ArcToolbox.....	105
9.5. Extensiones del ArcGIS.....	106
10. Organización de datos (ArcCatalog).	107
10.1. Catálogo digital.....	108
10.2. Metadatos.....	111
10.3. Creación de datos espaciales nuevos.	112
10.4. Conectar las carpetas.....	113

10.5. Operaciones con ArcCatalog.....	114
10.6. Formato de los datos espaciales (tipos de archivos).....	117
11. Herramientas básicas (ArcMap).....	127
11.1. La interfaz del ArcMap y el manejo de capas.....	127
11.2. Navegación.....	135
11.3. Herramientas y propiedades de visualización de los atributos.....	137
11.4. Representación gráfica (simbolización de entidades).....	143
11.5. Etiquetado de entidades.....	150
12. Entrada y manejo de datos (ArcMap).....	153
12.1. Georreferenciación de imágenes y fotografías.....	153
12.2. Digitalización y edición de datos espaciales.....	156
12.3. Edición de atributos.....	168
12.4. Datos creados en un sistema C.A.D.....	169
12.5. Consulta espacial (selecciones).....	170
13. Integración a las bases de datos (ArcMap).....	177
13.1. Formatos de tabla del ArcGIS.....	178
13.2. Visualización, manejo y consulta de tablas.....	179
13.3. Creación de una tabla de datos.....	182
13.4. Añadir y borrar campos, registros y atributos.....	183
13.5. Conexión con bases de datos.....	185
13.6. Representación de coordenadas X,Y de una tabla.....	185
13.7. Relaciones entre tablas (cardinalidad).....	186
14. Análisis de datos espaciales (ArcMap).....	191
14.1. Análisis de proximidad.....	192
14.2. Análisis de recubrimiento.....	196
14.3. Cálculo de áreas, perímetros y coordenadas X,Y,Z.....	201
14.4. Creación de un Modelo Digital de Terreno con un TIN.....	204
14.5. Análisis geoestadístico.....	208
15. Procesamiento de datos (ArcToolbox).....	213
15.1. Geoprocesamiento en ArcGIS.....	213
15.2. Ejecución de las herramientas del ArcToolbox.....	215
15.3. Herramientas del ArcToolbox.....	219
16. Presentación de datos (ArcMap).....	229
16.1. Vistas de datos y de diseño.....	229
16.2. Propiedades del diseño de salida.....	230
16.3. Ítems de los mapas.....	232
16.4. Plantillas.....	234
16.5. Exportar a archivo imagen.....	235
16.6. Elaboración de gráficos.....	236
16.7. Confección de informes.....	237

EJERCICIOS

17. Ejercicios prácticos en ArcGIS 9.	239
17.1. Ejercicio 1: Organización de datos (ArcCatalog).....	240
17.2. Ejercicio 2: Herramientas básicas (ArcMap).....	246
17.3. Ejercicio 3: Entrada y manejo de datos (ArcMap).....	254
17.4. Ejercicio 4: Integración a las bases de datos (ArcMap).....	264
17.5. Ejercicio 5: Análisis de datos espaciales (ArcMap).....	270
17.6. Ejercicio 6: Procesamiento de datos (ArcToolbox).....	278
17.7. Ejercicio 7: Presentación de datos (ArcMap).....	287

Glosario de términos.....	293
----------------------------------	------------

Referencias bibliográficas.....	310
--	------------

PARTE TEÓRICA

1. Introducción a los S.I.G.

Los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.) son una tecnología reciente fundamentada en el uso de datos espaciales y que se aplica cada vez más a un mayor número de disciplinas. En el presente punto se trata de mostrar la visión histórica, diversas definiciones, aplicaciones y los componentes típicos de los S.I.G.

1.1. Introducción histórica a los S.I.G.

Desde las más tempranas civilizaciones hasta la actualidad los datos espaciales han sido recopilados por los navegantes, geógrafos y agrimensores para ser almacenados en un código o forma pictórica por los cartógrafos.

En tiempo de los romanos, los agrimensores eran una parte importante del gobierno y los resultados de su labor aún son patentes de forma vestigial en los ecosistemas europeos en la actualidad. La Caída del Imperio Romano propició el derrumbamiento de la agrimensura y la creación de mapas, que más tarde revivió con los descubrimientos geográficos que se produjeron en el Renacimiento.

En el siglo XVII, cartógrafos especializados como Mercator demostraron que no sólo el uso de un sistema de proyección matemático y un ajustado sistema de coordenadas mejoraba la fiabilidad de las medidas y la localización de las áreas de tierra, sino que el registro de fenómenos espaciales a través de un modelo convenido de distribución de fenómenos naturales y asentamientos humanos era de un valor incalculable para la navegación, para la búsqueda de rutas y en la estrategia militar.

En el siglo XVIII, los países europeos habían llegado a un estado de organización en el que la mayoría de gobiernos se había dado cuenta del valor del cartografiado sistemático de sus tierras. La *Geographical Information Society* fue creada a partir del establecimiento de los organismos de gobierno nacional cuyo mandato fue la producción de mapas catastrales y topográficos de todos los países. Estos institutos han continuado hasta hoy en la representación de la distribución espacial de las características de la superficie de la Tierra, o topografía, en forma de mapa.

Durante los últimos 200 años la mayoría de estilos individuales de mapas habían sido desarrollados, pero ha habido muchas tradiciones en los estándares de la cartografía que no se han roto y que han continuado hasta el presente. Como el estudio científico

terrestre avanzaba, se empezaron a necesitar distintos tipos de atributos para ser mapeados. El estudio de la Tierra y sus recursos naturales (geofísicos, geodésicos, geológicos, geomorfológicos, edafológicos, ecológicos y territoriales) que empezó en el siglo XIX ha continuado hasta hoy.

En el siglo XX la demanda de mapas topográficos y de recursos naturales ha acelerado el desarrollo de técnicas de estereofotogrametría e imagen satélite, para la elaboración de mapas de grandes áreas con gran precisión. Antes de la aplicación de los ordenadores al cartografiado, todos los mapas tenían en común que las bases de datos espaciales estaban dibujadas en soporte de papel o film. Toda la información se encontraba codificada en líneas, puntos o áreas, y las entidades básicas se presentaban mediante símbolos, colores o códigos de texto, todos ellos explicados en una leyenda adjunta. Al haber gran cantidad de características espaciales que pueden ser representadas en un mismo mapa aparecen los primeros mapas *temáticos* creados con un propósito específico, debido a que éstos contienen la información sobre un propósito o tema único, por ejemplo: mapa geológico, mapa topográfico, etc. Puesto que las primeras bases de datos estaban en un soporte de papel y compuestas por su correspondiente memoria, esto suponía un grave inconveniente o limitación. Esto se ha conseguido paliar por el uso del ordenador en la cartografía; ya que superponer más de 3 mapas temáticos en plantillas transparentes no es manejable ni preciso, por tanto los análisis espaciales quedan muy restringidos.

Durante las décadas de 1960 y 1970 se empezaron a utilizar los ordenadores para las tareas de realización de mapas. El objetivo inicial era conocer datos de los recursos naturales del suelo y del paisaje, los cuales podían ser utilizados para la gestión de recursos, evaluación y planificación.

Los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.) se han desarrollado paralelos a las técnicas aplicadas al cartografiado y análisis espacial. Estos sistemas han estado demandados por distintas áreas del conocimiento que tienen muchas coincidencias en sus bases. Así, se pueden citar como núcleo de interrelación a la topografía, cartografía temática, geografía, ingeniería civil, planificación rural y urbana, edafología, inventariado, fotogrametría, etc. Las últimas incorporaciones han sido la utilización de las redes informáticas, los sensores remotos y el análisis de la imagen satélite.

Las ventajas del uso del ordenador a las aplicaciones S.I.G. son innumerables, permiten: una realización rápida y de bajo coste, generación de mapas para necesidades específicas, facilitan la realización de análisis por conjunción de paquetes estadísticos y S.I.G., minimización del uso de mapas impresos como almacén de información, creación de mapas en 3D de difícil ejecución manual, fácil actualización y revisión al estar en una base de datos digitales modificable.

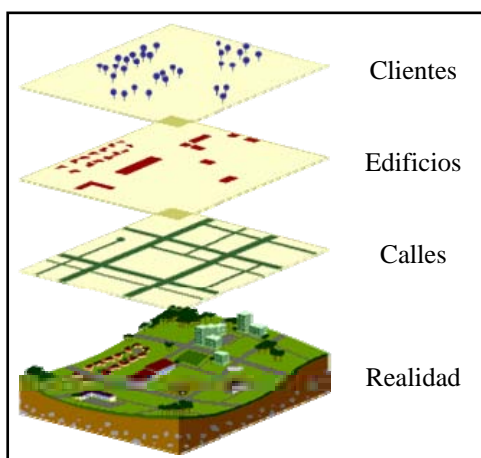
En la actualidad, la fotografía aérea y especialmente la imagen satélite hacen posible la interpretación dinámica de los paisajes y sus cambios a lo largo del tiempo. Acontecimientos como el avance de la erosión, la distribución de los incendios forestales, la expansión de las ciudades,... pueden ser seguidos e interpretados espacialmente gracias a la incorporación de esta información en bases de datos digitales por ordenador. Por este motivo, los datos digitales se encuentran codificados como elementos gráficos de un S.I.G. que permiten un rápido análisis.

1.2. Definición de los S.I.G.

Los S.I.G. son una nueva tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial, y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato.

Es realmente complejo explicar el concepto de S.I.G. y no hay un consenso a la hora de definir un S.I.G., debido a que integra dentro de un mismo concepto tanto los componentes como las funciones. Asimismo, existen otras muchas definiciones de S.I.G., algunas de ellas acentúan su componente de base de datos, otras sus funcionalidades y otras enfatizan el hecho de ser una herramienta de apoyo en la toma de decisiones; pero todas coinciden en que se trata de un sistema integrado para trabajar con información espacial, herramienta esencial para el análisis y toma de decisiones en muchas áreas del conocimiento.

Como “Sistema de Información” se entiende la unión de la información y herramientas informáticas (programas o software) para su análisis con unos objetivos concretos. Por otra parte, al incluir el término “Geográfica” se asume que la información es espacialmente explícita, es decir, incluye la posición en el espacio.



La base de un S.I.G. es, por tanto, una serie de capas de información espacial en formato digital que representan diversas variables (formato ráster), o bien capas que representan objetos (formato vectorial) a los que corresponden varias entradas en una base de datos enlazada. Esta estructura permite combinar en un mismo sistema, información con orígenes y formatos muy diversos, incrementando la complejidad del sistema (ver **Figura 1-1**).

Figura 1-1. Ejemplo de S.I.G.

La primera referencia al término S.I.G. aparece por Tomlinson en 1967, referida a *“una aplicación informática cuyo objetivo es desarrollar un conjunto de tareas con información geográfica digitalizada”*. Se trataba del Sistema de Información Geográfica de Canadá (C.G.I.S.).

En 1987, Berry definió un Sistema de Información Geográfica como *“un sistema informático diseñado para el manejo, análisis y cartografía de información espacial”*.

También, en 1987, el Department of Environment de USA lo expresó como *“un sistema para capturar, almacenar, chequear, manipular, analizar y representar datos que están espacialmente referenciados en la Tierra”*.

En 1988 Burrough y McDonnell, amplían el concepto a *“un sistema (normalmente asistido por ordenador, cuando se utiliza este término) de herramientas para reunir, introducir, almacenar, recuperar, transformar y cartografiar datos espaciales sobre el mundo real con el fin de satisfacer múltiples propósitos”*. La base de datos está compuesta, generalmente, por un gran número de representaciones espaciales de tipo mapa denominadas *“coberturas”* o *“capas”*.

En 1990, el National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA) de USA los define como *“sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión”*.

Tal como se observa, estas definiciones no sólo son sucesivas en el tiempo, sino que además cada una supone un mayor nivel de complejidad respecto a la anterior. La primera hace referencia únicamente a las bases de datos espaciales; la segunda y la tercera a las herramientas (software) de tratamiento de estos datos (el típico paquete de módulos de S.I.G.); finalmente, la cuarta y quinta incluyen el hardware utilizado y los procedimientos complementarios que puedan ser necesarios.

Mediante los S.I.G. se pueden realizar operaciones entre las capas, y así obtener resultados en formato imagen o en tablas. Todos estos resultados pueden utilizarse para la elaboración de análisis y modelos. Por lo tanto, no hay que considerar a los S.I.G. como una herramienta sólo de captura, almacenamiento, manejo y presentación de mapas.

1.3. Aplicaciones de los S.I.G.

Un Sistema de Información Geográfica es una herramienta que permite la integración de bases de datos espaciales y la implementación de diversas técnicas de análisis de datos. Por tanto, cualquier actividad relacionada con el espacio, puede beneficiarse del trabajo con S.I.G. Entre las aplicaciones más usuales destacan:

- Científicas: ciencias medioambientales y relacionadas con el espacio, desarrollo de modelos empíricos, modelización cartográfica, modelos dinámicos y teledetección.
- Gestión: cartografía automática, información pública, catastro, planificación física, ordenación territorial, planificación urbana, estudios de impacto ambiental, evaluación de recursos y seguimiento de actuaciones.
- Empresarial: marketing, estrategias de distribución, planificación de transportes y localización óptima.

Aunque, todas estas disciplinas utilicen los S.I.G. para resolver cuestiones distintas, todas realizan y ejecutan tareas comunes, siendo estas:

Organización de datos: almacenar datos con el fin de sustituir una mapoteca analógica (mapas físicos en papel) por una mapoteca digital (mapas en el ordenador) posee ventajas obvias, entre las cuales pueden ser citadas una reducción en el espacio físico; el fin del deterioro de los productos en papel; la rápida recuperación de los datos; la posibilidad de producir copias sin pérdida de calidad; y otras más.

Visualización de datos: la posibilidad de seleccionar los niveles de información deseados; de acuerdo con el contexto, permite acoplar los mapas temáticos elegidos superándose cualquier producto en papel. La capacidad de análisis del ojo humano, a pesar de estar subestimada, es esencial en un estudio que implica información espacial.

Producción de mapas: en general los S.I.G. poseen herramientas completas para la producción de mapas, siendo bastante simples la inclusión de rejillas de coordenadas, escala gráfica y numérica, leyenda, flecha norte y textos diversos, siendo mucho más indicados para la cartografía que los simples sistemas C.A.D. (*Computer-Aided Design*).

Consulta espacial: posiblemente la función más importante de los S.I.G es la posibilidad de preguntar cuáles son las propiedades de un determinado objeto, o en qué lugares tienen tales propiedades. La interacción entre el usuario y los datos se convierte en dinámica y extremadamente poderosa.

Análisis espacial: consiste en el uso de un conjunto de técnicas de combinación entre los niveles de información (capas), con el fin de evidenciar patrones o establecer relaciones dentro de los datos que quedaban anteriormente ocultos al analista. Es una manera de inferir significado a partir del cruce de los datos.

Previsión: uno de los propósitos de los S.I.G. es el de verificación de escenarios, modificando los parámetros para evaluar cómo los eventos, naturales o no, ocurrirían si las condiciones fuesen diferentes, obteniendo un conocimiento más general de los objetos o el área en estudio.

Creación de modelos: la capacidad de almacenamiento, recuperación y análisis de datos espaciales convierte a los S.I.G. en plataformas ideales para el desarrollo y aplicación de modelos distribuidos espacialmente, y para la validación de escenarios hipotéticos.

1.4. Componentes de un S.I.G.

Los componentes necesarios para llevar a cabo las tareas de un S.I.G. son los siguientes (ver **Figura 1-2**):

Usuarios: Las tecnologías S.I.G. son de valor limitado sin los especialistas en manejar el sistema y desarrollar planes de implementación del mismo. Sin el personal experto en su desarrollo, la información se desfasa y se maneja erróneamente, y el hardware y el software no se manipula con todo su potencial.

Software: Los programas S.I.G. proporcionan las herramientas y funcionalidades necesarias para almacenar, analizar y mostrar información geográfica. Los componentes principales del software S.I.G. son:

- Sistema de manejo de base de datos.
- Una interfase gráfica de usuarios (IGU) para el fácil acceso a las herramientas.
- Herramientas para captura y manejo de información geográfica.
- Herramientas para soporte de consultas, análisis y visualización de datos geográficos.

Actualmente la mayoría de los proveedores de software S.I.G. distribuyen productos fáciles de usar y pueden reconocer información geográfica estructurada en muchos formatos distintos.

Hardware: Los S.I.G. funcionan en un amplio rango de tipos de ordenadores desde equipos centralizados hasta configuraciones individuales o de red. Esta organización requiere de hardware específico para cumplir con las necesidades de cada aplicación.

Datos: El componente más importante para un S.I.G. es la información. Se requieren buenos datos de soporte para que el S.I.G. pueda resolver los problemas y contestar a las preguntas de la forma más acertada posible. La consecución de buenos datos generalmente absorbe entre un 60 y 80 % del presupuesto de implementación del S.I.G., y la recolección de los datos es un proceso largo que frecuentemente demora el desarrollo de productos que son de utilidad. Los datos geográficos y alfanuméricos pueden obtenerse por recursos propios u obtenerse a través de proveedores de datos. Mantener, organizar y manejar los datos debe ser política de la organización.

Métodos: Para que un S.I.G. tenga una implementación exitosa debe basarse en un buen diseño y en unas reglas de actividad definidas, que son los modelos y las prácticas operativas exclusivas en cada organización.

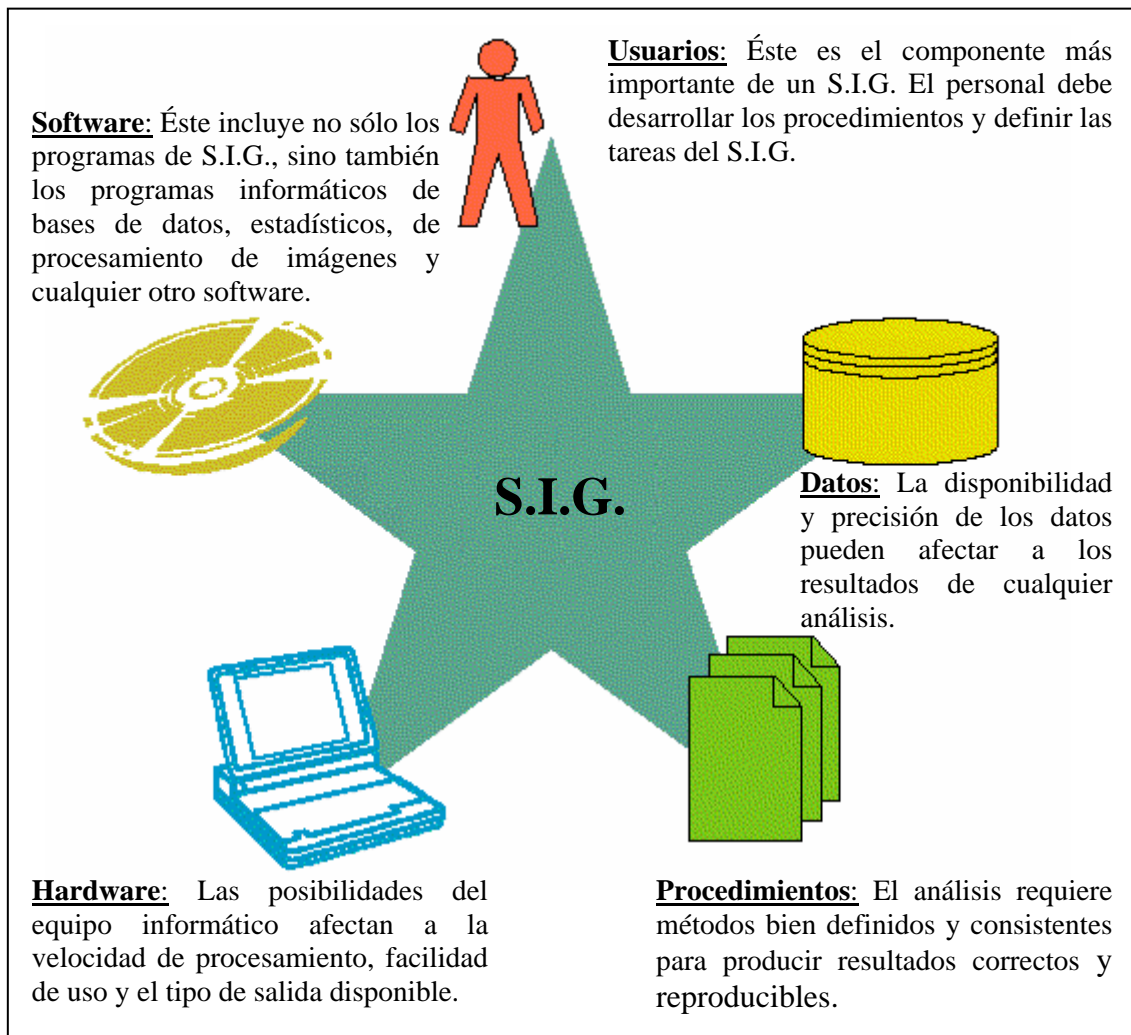


Figura 1-2. Componentes de los S.I.G.

De estos componentes, el hardware (ordenador), el software (programas del ordenador) y un contexto apropiado de organización, que incluye personal capacitado, son fundamentales. Los usuarios pueden superar con frecuencia los obstáculos de los otros componentes del S.I.G., pero no a la inversa. El mejor software y hardware del mundo no pueden compensar la incompetencia de quien los maneja.

Hardware:

Los componentes del ordenador de un S.I.G. se presentan en la **Figura 1-3**. El ordenador está compuesto por un disco duro para almacenar datos y programas, pero se puede proporcionar capacidad extra vía red o en cassettes digitales, CD-ROMs y otros dispositivos. El usuario controla el ordenador y los periféricos (plóter, impresora, tableta digitalizadora, etc.) mediante la pantalla del ordenador, el teclado y el ratón. La comunicación entre distintos ordenadores se hace posible a través de redes locales, globales o vía Internet.

Para introducir información de mapas (*input*) se dispone de una tableta digitalizadora o un escáner, que se utiliza para convertir los mapas y documentos a formato digital, por lo tanto, éstos pueden ser utilizados por los programas de ordenador.

Para mostrar los resultados de los mapas (*output*) se dispone de un plóter o una impresora u otro tipo de dispositivo de representación, que se utiliza para presentar los resultados del procesamiento de los datos.

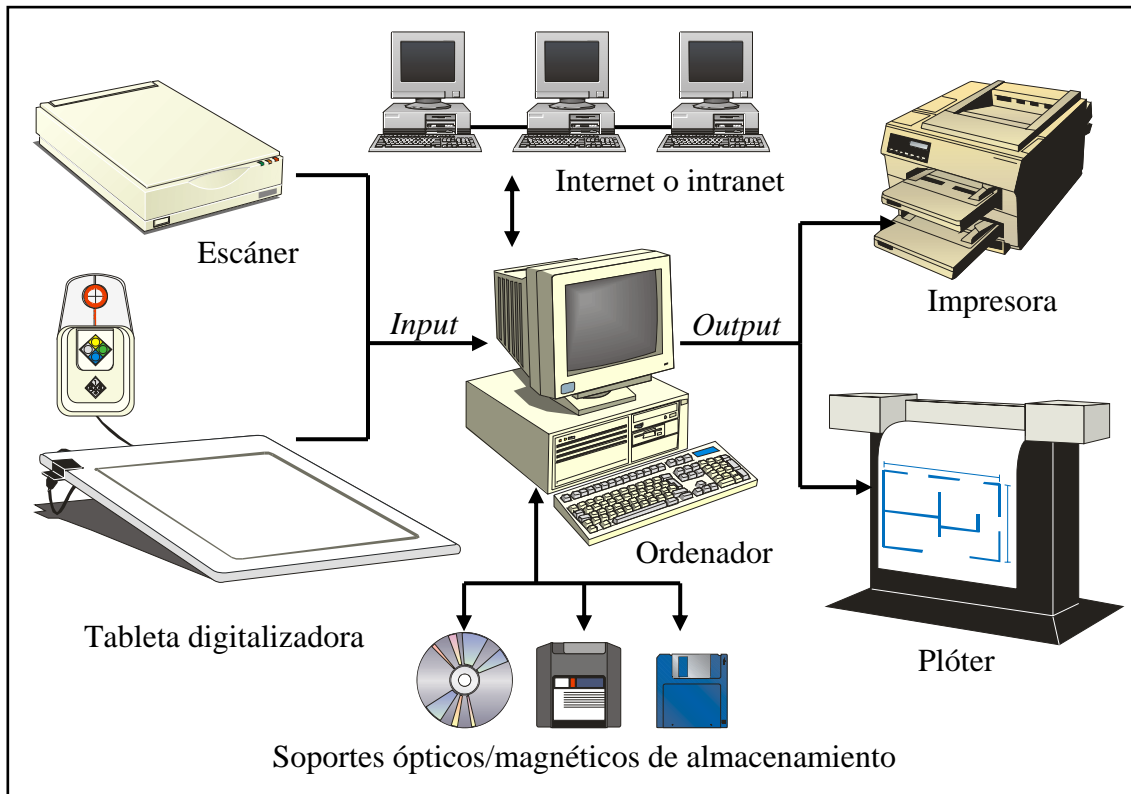


Figura 1-3. Componentes de hardware más importantes para un S.I.G.

Software:

Los programas de ordenador de un S.I.G. se suelen dividir en 5 partes funcionales (**Figura 1-4**):

- 1) Introducción de datos y verificación (*input*).
- 2) Almacenamiento de datos y manejo de bases de datos.
- 3) Transformación de los datos.
- 4) Interacción con el usuario.
- 5) Salida de los datos y presentación (*output*).

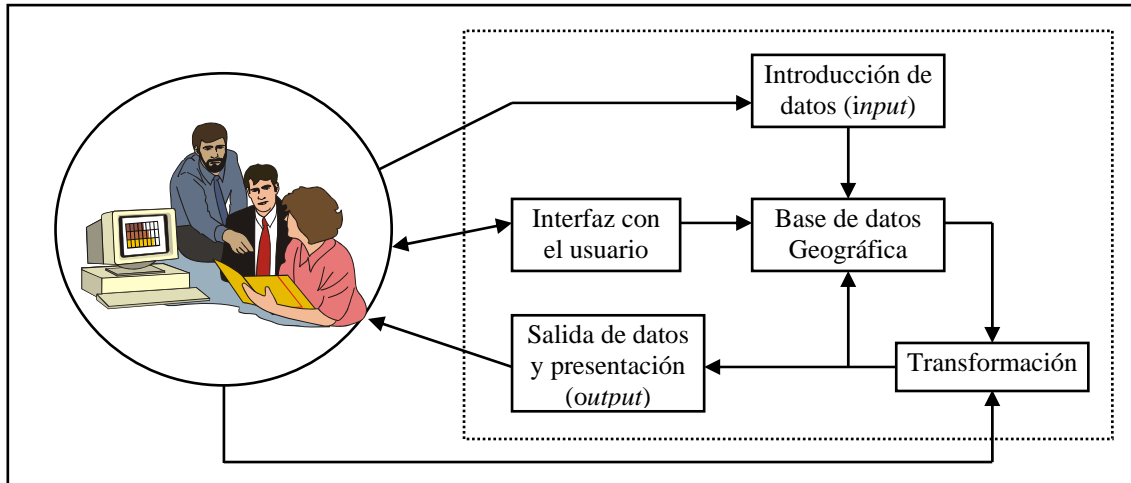


Figura 1-4. Los componentes principales del software para un S.I.G.

1) Introducción de datos y verificación (input).

La introducción de los datos (**Figura 1-5**) incluye todos los aspectos para capturar datos espaciales desde diversas fuentes: mapas existentes, observaciones de campo y sensores (fotografías aéreas, satélites e instrumentos de grabación) y poder convertirlos en un formato estándar digital.

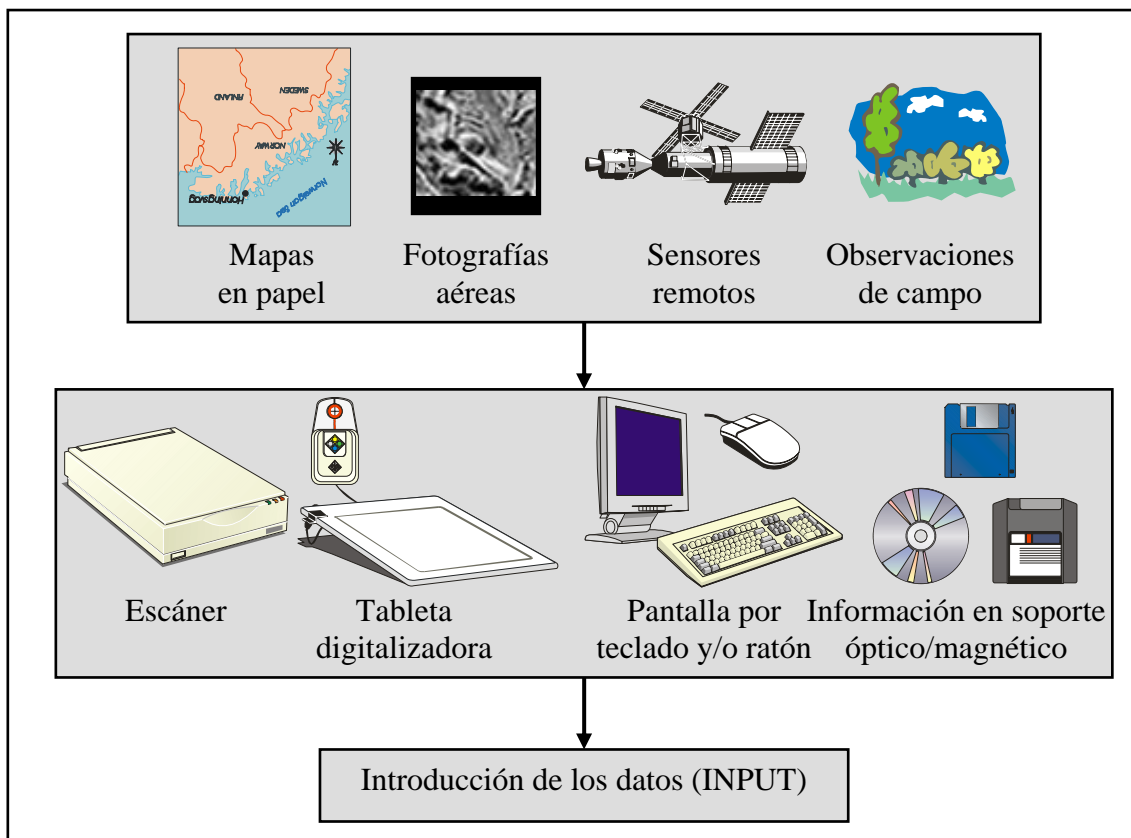


Figura 1-5. Recogida e introducción de datos.

La mayoría de las herramientas utilizadas por el S.I.G. están disponibles. La más básica es la introducción de datos a través de la pantalla con la ayuda del teclado y/o del ratón, el resto son el escáner (para convertir directamente los mapas y las imágenes fotogramétricas de vuelos aéreos o de satélites), la tableta digitalizadora, y otros dispositivos necesarios para la lectura y/o escritura de los datos como las unidades de CD-ROM, ZIP y disquete.

2) Almacenamiento de datos y manejo de bases de datos.

El almacenamiento de datos y el manejo de las bases de datos (**Figura 1-6**) concierne a los datos sobre su localización, relaciones (topología) y atributos de los elementos geográficos (puntos, líneas, áreas, y entidades más complejas que representan los objetos de la superficie terrestre) están estructurados y organizados. De esta forma, éstos deben ser manipulados por un ordenador tal y como son percibidos por los usuarios del sistema.

El programa de ordenador que se utiliza para organizar la base de datos se conoce como Sistema de Manejo de Bases de Datos.

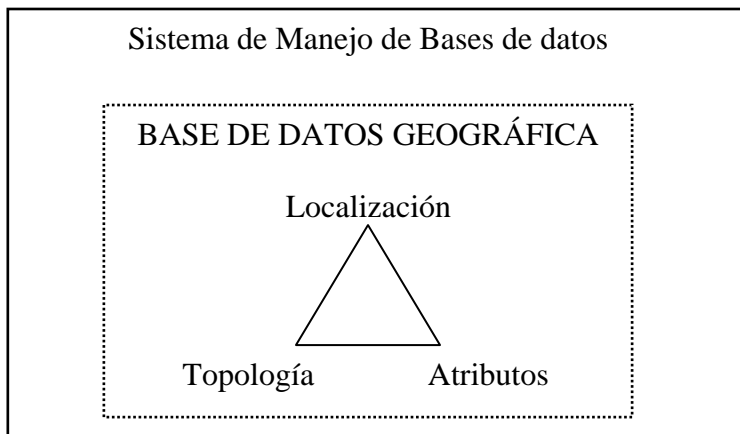


Figura 1-6. Los componentes de la base de datos geográfica.

3) Transformación de los datos.

La transformación de los datos (**Figura 1-7**) abarca 2 clases de operaciones:

- Transformaciones necesarias para eliminar errores de los datos o para actualizarlos o para emparejarlos en otros conjuntos de datos.
- La gran serie de métodos de análisis que pueden ser aplicados a los datos para lograr respuestas a las preguntas formuladas en el S.I.G.

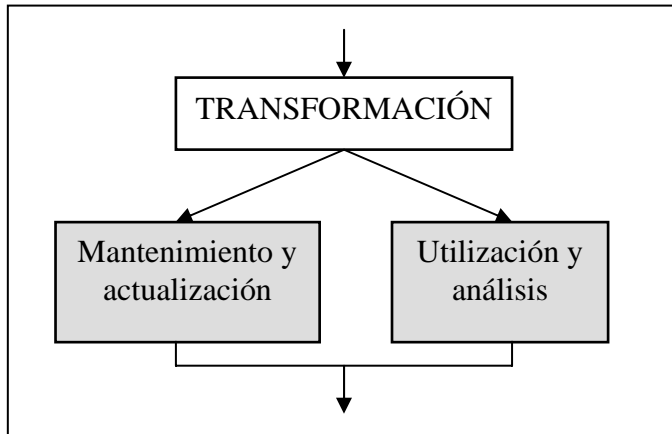


Figura 1-7. Transformación de los datos.

Las transformaciones pueden operar con los datos espaciales (topología) y los aspectos no espaciales de los datos, por separado o en combinación. La mayoría de estas transformaciones, como las asociadas a los cambios de escala, ajuste de los datos a las nuevas proyecciones, recuperación de datos lógicos y cálculo de las áreas o perímetros,... son de una naturaleza tan general que podemos esperar encontrarlos en cualquier tipo de S.I.G. de una forma u otra. Otros tipos de manipulación pueden ser aplicaciones extremadamente específicas, y su incorporación en un S.I.G. particular sólo puede ser satisfecha en los usuarios particulares que tengan dicho sistema.

4) Interacción con el usuario.

La interacción entre el usuario y los S.I.G. es imprescindible para la introducción de los datos y la creación de los modelos para analizar los mismos. Éste es un aspecto que había sido descuidado hasta la actualidad (Hearnshaw & Unwin, 1994). La introducción del ordenador personal, el ratón u otros dispositivos de punteros, y las multi-ventanas del software han facilitado en gran manera las tareas S.I.G. de ordenador.

5) Salida de los datos y presentación (output).

Las salidas de los datos y la presentación (**Figura 1-8**) corresponden al formato en que los datos están representados y cómo los resultados de los análisis informan a los usuarios. Los datos suelen estar presentados como mapas, tablas o figuras (gráficas y tablas) en una variedad de tipos que se extienden desde la imagen efímera en la pantalla del ordenador, pasando por las copias conseguidas en la impresora o plóter a la información almacenada en soporte magnético en formato digital.