

MODULO 1. FUNDAMENTOS DE LOS SIG

Tema 1.1. Definición, Historia, Componentes

1.1.1. SIG y Mapa

1.1.2. Definiciones

1.1. 2.1. Definición de Información Geográfica

1.1. 2.2. Definición de Mapa

1.1. 2.3. Definición de SIG

1.1.3. Historia de la representación cartografía

1.1.4. Historia del SIG

1.1.5. Componentes

1.1.5.1. Hardware

1.1.5.2. Software

1.1.5.3. Datos

1.1.5.4. Recursos humanos

1.1.5.5. Organizacion

Enlaces y recursos

Bibliografia

“Atlas Maior, Joan Blaeu, 1665”, Ed. Taschen.

“Los descubridores”, Boorstin, D. J., Ed. Critica.

“Gran Atlas, Johannes Blaeu, Siglo XVII”, Ed, Libsa.

“La revolución científica 1500-1750”, Hall, R. A., Ed. Critica.

“La geographie de Ptolémé”, Ed. Anthèse.

“Mapas antiguos del mundo”, Ed. Tagle Books España.

“El Atlas del Rey Planeta, La descripción de España y de las costas y puertos de sus reinos. Pedro Texeira (1634)”, Pereda, F. y Marías, F., Ed. Nerea.

“Geographic Information Systems and Science”, P.A. Longley et alt, John Wiley and sons.

“Geographic Information Systems. Principles, Techniques, Management, and Applications”, P.A. Longley et alt, John Wiley and sons.

“Geospatial Data Infrastructure. Concepts, Cases and Good Practice” Richard Groot y John MCLAughlin, Oxford University Press.

“Principles of Geographical Information System for Land Resources Assessment” P.A. Burrough, Oxford Science Publications.

“Geographical Information systems and Computer Cartography”, C.Jones, Addison Wesley Longman.

“Sistemas de Informacion geográfica” J. Bosque Sendra, Ediciones Rialp.

“Tecnología de los sistemas de información” F. J. Moldes, Ra-Ma.

“SIG, Sistema de información geográfica” J. G. Puebla y M. Gould, Ed. Síntesis.

“GIS concepts”. A. Cebrian.

“Fundamentos de los sistemas de información geográfica” D.Comas y E. Ruiz, Ed. Ariel.

Direcciones Web

www.geocities.com
www.cr-am.rnp.br/geog.html
www.sigte.uolg.es
www.cnig.ign.es
www.icc.es
www.fru.ruu.nl/eurogi/eurogi.html
redgeomatrica.rediris.es
www.ideg.es

Enlaces y recursos

Conceptos generales de SIG:

es.wikipedia.org/wiki/SIG

Página de ESRI sobre conceptos básicos de SIG:

www.gis.com/

Página de ESRI sobre concepto de SIG:

www.esri-es.com/index.asp?pagina=285

Página de Intergraph, producto GeoMedia

www.intergraph.com/geomedia/

Página del Open Geospatial Consortium (OGC)

www.opengeospatial.org/

Diccionario glosario de términos SIG

www.geo.ed.ac.uk/agiolict/welcome.html

Bibliografía SIG

www.sgi.masun.maine.edu/biblio/

FAO: Aspectos técnicos del SIG

<http://www.fao.org/sd/spdirect/gis/chap3.htm>

NCGI, Centro nacional de Inf. geográfica

<http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/toc.html>

1.1.1 SIG y Mapa

Una de las primeras necesidades del hombre en su lucha por asegurar la subsistencia fue la de explorar el territorio. Necesitaba hacer un reconocimiento del mismo, saber donde estaba, a donde tenía que desplazarse y como volver a su lugar de origen.

La descripción del territorio se realizó en cada época de acuerdo a los medios científicos y tecnologías disponibles, pasando en un principio de simples dibujos o esquemas elementales sobre tablillas de barro hasta los sofisticados sistemas actuales en que se aúnan técnicas nuevas, como el posicionamiento por satélite, la teledetección e Internet.

A lo largo de la historia se han producido dos grandes revoluciones en las tecnologías usadas por el hombre para representar el territorio a escala: El Mapa y los Sistemas de Información Geográfica, SIG.

El protagonista de la primera revolución, el mapa puede entenderse, en sentido general, como una representación convencional y gráfica de fenómenos concretos y abstractos, localizados en la tierra o en cualquier parte del universo, cuya elaboración ha sido y es una necesidad de cualquier pueblo en cualquier lugar del mundo. Una de sus principales características es que posee una gran fuerza expresiva, y ejerce un gran poder de fascinación ya que en ocasiones es capaz de transmitir más información que la palabra escrita.

La ciencia que trata de la elaboración de los mapas es la Cartografía, figura 1. La organización de las Naciones Unidas ONU, en un trabajo de 1949, la define como “la ciencia que trata de la realización de mapas de todo tipo y que engloba todas las fases de los trabajos, desde las primeras capturas de datos hasta la impresión final de los mismos”.

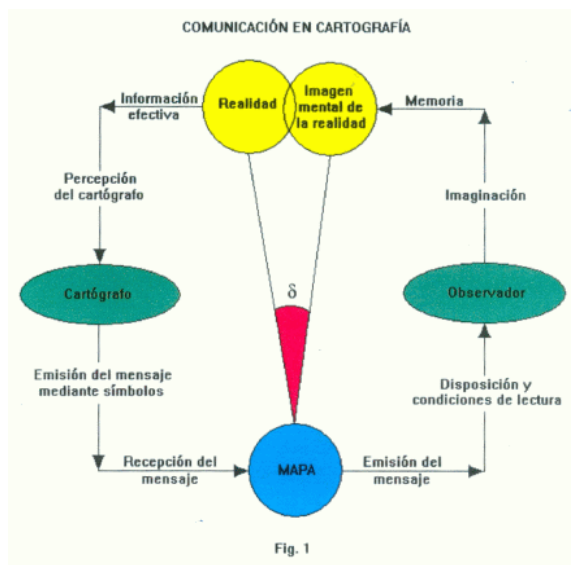


Fig. 1. Comunicación en cartografía

Los protagonistas de la segunda revolución los SIG, pueden considerarse herederos de los mapas. Son una tecnología joven, que entró en su fase de desarrollo comercial en la década de los ochenta y que en los últimos años ha tenido un crecimiento espectacular. Esto es debido, entre otras causas, a que son una alta tecnología de la geografía. A que la geografía es parte fundamental de nuestra vida, ya que la dimensión geográfica supone el 80% de la información común a muchas empresas e instituciones, y por último, a que los SIG ofrecen soluciones a problemas que tienen una componente espacial.

Prácticamente cualquier fenómeno natural o actividad humana puede ser analizado, planificado, gestionado u optimizado a escala geográfica mediante un SIG. Esto hace de ellos, una disciplina compleja que posee una componente teórica conceptual muy importante, y una metodología propia, con una historia breve pero intensa.

La mayor utilidad de un *SIG* esta íntimamente relacionada con la capacidad que posee para de construir **modelos o representaciones del mundo real**. La construcción de modelos o **modelos de simulación**, como realmente se llaman, se convierte en una valiosa herramienta para analizar fenómenos que tienen relación con tendencias y así poder lograr establecer los diferentes factores influyentes.

En consecuencia los SIG son un conjunto integrado de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados a fin de resolver problemas complejos de manipulación y gestión.

Al ser una tecnología joven, los SIG presentan ciertos problemas que organizaciones estatales conjuntamente con instituciones privadas están tratando de resolver. Uno de los más importantes es la interoperabilidad entre formatos de datos. Con el fin de resolver estas cuestiones, en la actualidad se están desarrollando las llamadas Infraestructuras de Datos Espaciales, IDES.

Existe también a nivel estatal un creciente interés por conocer la información geográfica. Multitud de gobiernos de todo el mundo dedican gran cantidad de su presupuesto para recoger y gestionar esta tipo de información. La localización de los recursos naturales, el seguimiento de los movimientos migratorios de las poblaciones, el conocimiento del desarrollo urbanístico de determinados territorios son, entre otras, actividades en que está presente la información geográfica.

Hoy en día, el mapa y el SIG junto con la Cartografía, la Geodesia, la Topografía, la Navegación y las nuevas técnicas afines, Fotogrametría, Teledetección, CAD (Diseño asistido por ordenador), CAO (Cartografía asistida por ordenador), Teledetección (Remote sensing), Sistemas de localización móvil (GPS, GSM), Dispositivos móviles (PDAs, Tablet PC, ..) se engloban dentro de un neologismote origen anglosajón, la Geomatica.

Se puede definir como el conjunto de ciencias y tecnologías que tratan del estudio, adquisición, almacenaje, organización, gestión y explotación de la información espacial georreferenciada

1.1.2. Definiciones

1.1.2.1 Información Geográfica

Se entiende por Información Geográfica aquella que tiene tres componentes:

Geometría, posición, forma.

Temática, atributos alfanuméricos

Temporal.

1.1.2.2. Definición de Mapa

Generalmente se entiende que un mapa es la representación gráfica convencional del mundo real y un medio que permite almacenar y representar la información geográfica.

Consiste en un conjunto de puntos, líneas, superficies y otros elementos cartográficos cuya localización está referenciada respecto a un sistema de coordenadas, de modo que los atributos y elementos se pueden describir a través de la leyenda.

La definición mas técnica de mapa es la propuesta por el Prof. Salichtchev, en su obra *Einführung in die Kartographie*: “Un mapa es una representación reducida, generalizada, matemáticamente precisa de la superficie terrestre sobre el plano, que muestra la situación, distribución y relaciones de los diversos fenómenos naturales y sociales, escogidos y definidos en función del objeto de cada mapa. El mapa permite igualmente mostrar las variaciones y desarrollos de los fenómenos en el tiempo, así como sus factores de movimiento y desplazamiento en el espacio”.



Fig.2 Mapa de España y Portugal en 1885

De la definición del mapa en papel se pueden definir una serie de características:

- **Verbo implementado**, Leer información
- **Objeto manejado**, Información geográfica
- **Principio básico**, Legibilidad, geometría
- La primera fuente datos para un SIG,
- Origen de la organización y estructura básica de los SIG.

A su vez los mapas en papel tienen una serie de limitaciones:

- Están diseñados para ser leídos por el ojo humano
- El análisis de la información debe ser manual (analógico) y no puede ir
- más allá del límite de percepción visual que se estima en 0.2 mm.
- El soporte físico impone una serie de limitaciones tanto de espacio
- como de deformaciones.

Par nosotros, un mapa es un **modelo** abstracto, métrico y simbolizado que describe la situación espacial de un elemento, entidad o fenómeno, natural o artificial, respecto a un Sistema de Referencia ligado a la tierra.

1.1.2.2.1. Resolución y escala

Una de las características esenciales de un mapa es la escala.

La escala sintetiza en un solo parámetro dos aspectos importantes de los datos geográficos: **la exactitud y la resolución de las coordenadas**.

- **La resolución** indica el tamaño de los detalles más pequeños que se tienen en cuenta y se representan en el sistema. Para los mapas en papel, se tiene en cuenta el límite de percepción visual (el ojo humano no percibe detalles más pequeños de 0,2 mm), y se suele cifrar el límite de resolución de unos datos en 0,2 mm a la escala de trabajo. Es decir 200 m para 1:1.000.000, 40 m para 1:200.000, 5 m para 1:25.000, 1m para 1:5.000 y así sucesivamente.
- **La exactitud de las coordenadas**, indica el error medio esperable en el valor de las coordenadas, y para los SIG y los mapas clásicos en papel el límite de los 0,2 mm a la escala de trabajo.

1.1.2.2.2. Clasificación de los mapas

Los mapas admiten dos clasificaciones, en función de su tema y de su escala:

a) En función del tema

- **Generales o de Referencia**, reflejan la asociación espacial de una selección de fenómenos geográficos diversos.
- **Topográficos, Base o Inventario**, expresan relaciones posicionales de una variedad de atributos distintos.
- **Temáticos**, representan la distribución de un atributo o las relaciones entre varios atributos.

b) En función de la escala

- **Grandes Escalas**,
Escala muy grandes: 1/500, 1/1.000, 1/2.000
Escala grandes: 1/5.000, 1/10.000
- **Escala Medias**
1/25.000, 1/50.000, 1/100.000
- **Escala Pequeñas**,
1/200.000, 1/250.000, 1/500.000, 1/1.000.000

Escala del mapa	1:2.000	1:5.000	1:25.000	1:50.000
1 cm mapa son en terreno	20m	50m	0,25 Km.	0,5 Km.
1 Km. terreno es en mapa	50cm	20cm	4km	2km

Fig. 3. Equivalencia distancia terreno-mapa a distintas escalas
Por debajo de 1/500 ya no se puede hablar de mapas sino de planos de detalle.

1.1.2.3. Definición de SIG

Existen muchas definiciones de SIG, en función del punto de vista de cómo lo contemplan los autores.

Definición clásica

“Es un sistema compuesto de máquinas, programas, datos, personas, organizaciones y acuerdos institucionales para recopilar información sobre determinadas zonas geográficas, almacenarla, analizarla y distribuirla (Dueker y Kjerne)”

Definición funcional

“Es un modelo orientado a la medida de ciertos fenómenos, para obtener información mediante operaciones y transformaciones de los datos y representarla de forma gráfica” (Chrisman)”

Definición realista

“Conjunto mal ensamblado de partes no integradas que forman un todo caótico (Abbott)”

La definición más técnica es la propuesta por Smith et Al (1987) que lo define como:
“Sistema de bases de datos en el que la mayor información está espacialmente indexada, y sobre la que se aplican una serie de procedimientos con el fin de dar respuesta a consultas sobre entidades espaciales en la base de datos”.

Además de las arriba mencionadas, otros autores definen el SIG de las siguientes maneras:

Como **Disciplina** que engloba a todas las técnicas y conocimientos relacionados directamente (Burrough, Ozemoy); como **Sistema** que gestiona datos geográficos, (Koshkariou, Devine, Cowen, Department of the Environment de USA); como **Software**, conjunto de programas o aplicaciones (Brasken y Webster, Aronof, Cebrian,

Smith); y como **Modelo** “Conjunto de mapas de la misma porción del territorio que forma un **Modelo** informatizado del mundo real, descrito en un Sistema de Referencia Geográfico, para satisfacer unas necesidades de información concretas”.

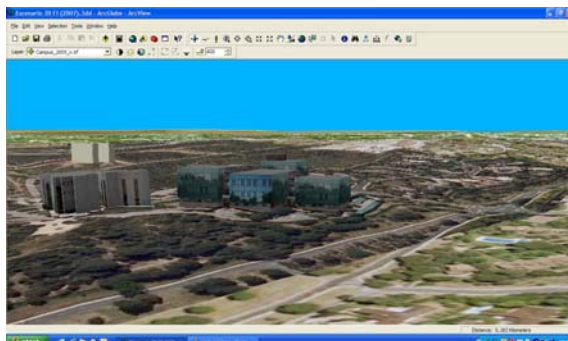


Fig.4. SIG 3D del Campus de Montegancedo. Autoras: Marina Álvarez y Águeda Arquero

Al igual que en caso del mapa, de la definición de SIG se pueden deducir una serie de características:

- **Verbo implementado**, Consultar mapas
- **Objeto manejado**, Información geográfica
- **Principio básico**, Principio analítico
- Datos = mapas + texto + fotos + libros + ...
- Mayores exigencias de resolución
- Límites del SIG: el ordenador y el diseño

MAPA	SIG
Diseñado para ser leído por el ojo humano	Diseñado para ser analizado por el ordenador
Limitado por el soporte físico	Limitado por los recursos informáticos
Análisis Manual	Análisis Automático
Contenidos Estáticos	Contenidos ampliables según las necesidades
Dificultad para generar productos derivados	Facilidad para generar productos derivados

Fig. 5. Ventajas del SIG respecto al mapa

Para nosotros, un SIG gira alrededor de los siguientes puntos:

- Existencia de un interés por conocer **cierto aspecto** del mundo que nos rodea.
- Intento de explicarlo mediante un **modelo**.
- **Medida** del conjunto de variables que constituyen el modelo.
- Voluntad de influir en el aspecto estudiado: **decisión y control**.

El modelo puede ser:

- **Estático**, si representa el mundo real en un instante de tiempo determinado. Se necesita la creación de una nueva versión del modelo para actualizarlo.
- **Dinámico**, si almacena de alguna manera la evolución temporal de las entidades geográficas, por ejemplo, considerando el tiempo como una coordenada más (x, y, z, t).

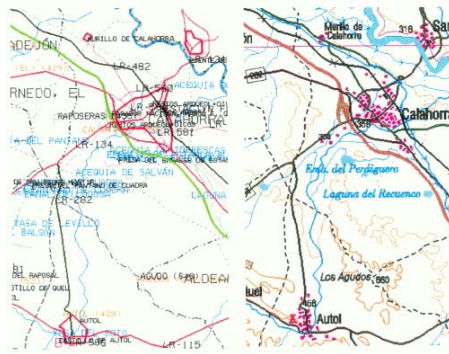


Fig. 6. Diferencias entre SIG (izquierda) y Mapa (derecha)

En general, un *SIG* debe tener la **capacidad de dar respuesta a las siguientes preguntas:**

1. **Localización**, ¿Dónde está el objeto “A”?
2. **Condición**, ¿Dónde sucede que la función Z toma determinado valor?
3. **Tendencias**, ¿Qué ha cambiado en determinada localización?
4. **Rutas**, ¿Cuál es el camino mas corto (menor resistencia o menor costo) sobre el terreno desde un punto (X_1 , Y_1) a lo largo de un recorrido “P” hasta un punto (X_2 , Y_2)?
5. **Pautas**, ¿Qué pautas existen en una localización X?
6. **Modelos**, ¿Utilizando el modelo definido del mundo real, simule el efecto del proceso “P” en un tiempo “T” dado un escenario “S”?

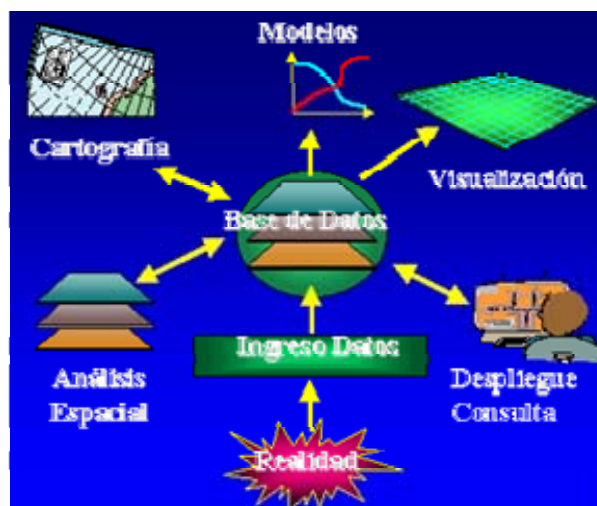


Fig. 7. Conjunto de aplicaciones típicas SIG

1.1.2.3.1. Clasificación de los SIG

En general los SIG se pueden clasificar de dos formas:

SIG básicos, de referencia o de propósito general

Herederos de la idea de catastro polivalente, son análogos a cartografía básica.

Presentan una serie de problemas: Solo son abordables a medias escalas en España por la Administración Pública. Requieren un gran volumen de trabajo. Como ejemplos se pueden citar: SIG de Holanda de 1986 a escala 1:250.000, SIG topológico de Francia de 1996 a escala 1:25.000 acabado en 2020, SIG topológico de España de 1992 a escala 1:200.000, SIG sin topología a escala 1:25.000 acabado en 2003.

b) SIG monotemáticos

1.1.3 Historia de la representación cartográfica

A lo largo de la historia de la cartografía se pueden definir nueve grandes etapas que se extienden desde la antigüedad, 3000 a.C. hasta el siglo XX, con tres hitos importantes.: El siglo XV cuando en 1454 Gutenberg inventa la imprenta. El siglo XVIII llamado, de la reforma cartográfica, cuando debido a los avances de las técnicas y las ciencias propiciados por los viajes de exploración, se pudo elaborar un tipo de mapas con muchos datos. Finalmente el siglo XX, que con la introducción de métodos y técnicas informáticas en la producción y gestión cartográfica se cambian no solo los procesos sino el concepto mismo de mapa, que pasa a ser una base de datos cartográfica. En este mismo siglo en 1960 nacen los SIG, y otras técnicas afines como la teledetección, fotografía aérea, sistemas de posicionamiento global, e Internet.

Antigüedad. (3000 a.C.-600 a.C.)

Es posible que los primeros dibujos esquemáticos del territorio se encuentren en unas tablillas de barro encontradas en las ruinas de Ur, en la antigua Mesopotamia, 3000 a.C., que se conservan en el Museo Británico. En la figura 8 se puede observar un mapamundi del 600 a.C., que refleja la concepción babilónica del mundo como un disco continental en medio del océano.



Fig. 8. Mapamundi babilónico, 600 a.C.

De la cartografía del tiempo de los **egipcios** quedan muy pocos vestigios. Esto es debido, entre otras causas, al material en que estaban realizados, papiro. Existen mapas

del Libro de los Muertos que representan el reino de Osiris. Pero los verdaderamente importantes son los trabajos realizados para la parcelación y regadío de las tierras del valle del Nilo. El más antiguo es el Papiro Rhind, del siglo XVI a.C, figura 9.



Fig.9. Papiro descubierto en 1858 por el egiptólogo escocés A. Henry Rhind.

Los **fenicios** fueron navegantes, exploradores y estrategas militares que recopilaban información en un formato pictórico, y desarrollaron una cartografía "primitiva" que permitió la expansión y mezcla de razas y culturas.

Cartografía Griega, (600 a.C.-150 a.C.)

Los primeros estudios geográficos y astronómicos de los filósofos y geógrafos griegos se encaminaron a obtener una visión global del universo y a desvelar la forma y dimensiones de la tierra. Es en los descubrimientos realizados por los griegos clásicos sobre geografía matemática y su afán por la simetría, donde se basan los mapas actuales.

Eratóstenes (276-194 a.C.) el segundo responsable de la biblioteca de Alejandría, en su *Geografía*, expone los mejores métodos de la época para el trazado de planos. Concibió un procedimiento para determinar las dimensiones de la tierra, que todavía se utiliza. La primera estimación de la longitud del meridiano fue de 250000 estadios, aproximadamente 39500 kilómetros.

Eratóstenes representó en su *Geografía*, figura 10, el mapa de la tierra dibujando paralelos y meridianos. Este mapa fue posteriormente utilizado por Julio Cesar



Fig. 10. El mundo según Eratóstenes, (276-194 a.C.)

El griego egipcio Claudio Ptolomeo, que vivió en el siglo II d. C., se puede considerar el padre de la geografía moderna, su sistema reticular sigue siendo la base de la cartografía actual. Se inspiró en Eratóstenes e Hiparco para elaborar su *Geografía* en ocho volúmenes que fue un modelo para los árabes, por medio de los cuales llegó a la Europa del Renacimiento. La reproducción de la geografía de Ptolomeo, figura 11, que se realizó en el siglo XV, sirvió como documento de consulta para los navegantes de la época incluido Colón.



Fig.11. Mapa o Geografía de Ptolomeo, 170 d.C.

Cartografía de Romana. (150 a.C.-400 d.C.)

El interés por el saber científico y cartográfico de Grecia, se perdió en Roma. Sus esfuerzos se limitaron a realizar el trazado, a modo de croquis, de lo llamados itinerarios de apoyo a los desplazamientos de sus legiones. Roma fue la creadora de la primera red general de carreteras, cuatrocientas vías y setenta mil kilómetros que conducen a Roma.

Se conservan reproducciones medievales del siglo XII o XIII de los itinerarios siendo la más conocida la *Tabla de Peutinger*, figura 12, copia del itinerario de Antonino del siglo III d.C.



Fig. 12. Tabula Peutingeriana (sección) de arriba a abajo: costa dalmata, mar Adriático, Italia Meridional, Sicilia, costa mediterránea de Áfricaeografía. III d.C.

Aunque la visión del mundo de los romanos plasmada en sus mapamundis muestra una cartografía que abandona los criterios matemáticos de los griegos, en el Mediterráneo oriental se mantiene viva la cartografía matemática que continuará hasta la época islámica y renacentista.

La cartografía de la Edad Media. (400-1500 d.C.)

En esta etapa se debe distinguir entre la cartografía cristiana y la cartografía atribuida a los árabes. La primera se divide en dos grandes periodos. El primero transcurre desde el año cuatrocientos hasta el mil trescientos d.C. El segundo termina en el mil quinientos.

1. Cartografía cristiana, Primer Periodo. (400-1300 d.C.)

Con la caída del imperio romano en Europa se produjo un largo periodo de decadencia cultural. Se abandonan los conocimientos de Ptolomeo y la idea de la tierra como una forma esférica para pasar a otras formas en consonancia con las Sagradas Escrituras.

Se conservan más de seiscientos *mappae mundi* realizados en este periodo de todos los tamaños y formas. El tipo de mapas característicos es el conocido como *Mapas rueda* o *Mapas "T-O"* que representan el mundo, como una tierra plana con forma de disco sumergida en aguas oceánicas sin meridianos ni paralelos, por influencia de la Biblia. Llamados también *Mapa Mundi Circular*, *Discario* y *Orbisterrarus*, tienen un origen incierto aunque se suponen basados en un mapa contenido en una pagina de *Las Etimologías* de San Isidoro (560-636), figura 13.

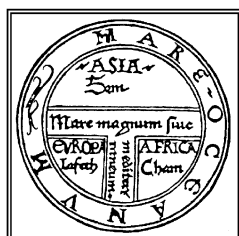


Fig. 13. Pagina de las Etimologías de san Isidoro, (560-636)

La "O" es un océano circular que rodea la parte habitable de la tierra dividido por una corriente de agua en forma de T símbolo de la cruz. Su parte horizontal la configuran el río Nilo, el Don, el mar Negro y el Bósforo. La vertical representa el mar Mediterráneo,

La tierra se encuentra, dividida en tres zonas. Asia, al este, se representa en la parte superior con el paraíso terrenal encima, Europa en la parte inferior izquierda y África en la inferior derecha. Jerusalén se sitúa en el centro del mapa.

De entre todos los mapas de T-O, los más famosos son los *Mapas de los Beatos*, de los cuales se conservan varios ejemplares. Los de Turín, Gerona, Burgo de Osma, *el Mapamundi Anglosajón* y el *Mapamundi de San Severo* en Paris. Entre ellos destaca *el Mapa del Beato de Liébana*, figura 14, mapa del mundo de inspiración isidoriana, que esta incluido en la obra del siglo VIII, *Comentarios al Apocalipsis de San Juan*.

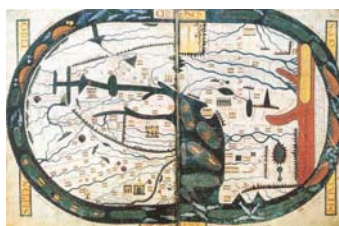


Fig. 14. Mapa de T-O del Beato de Liébana, siglo VIII

El discario de fra Mauro de 1459, es el último de los realizados, muestra influencia árabe y presenta información recogida de los portulanos.



Fig.15. Discario del convento de Ebstorf de 1339

Los portulanos son colecciones de notas personales portátiles, sin proyección, que contienen características de las costas en los trayectos entre puerto y puerto. Están basados en distancias, observaciones astronómicas y reconocimiento de costas.

A finales del siglo XIV se reunieron los portulanos en mapas más grandes y atlas. El más famoso de todos es el realizado, dentro de la Escuela judía de cartografía mallorquina, por Abraham Cresques en 1375 para el rey de Aragón. Conocido como *Atlas Catalán*, figura 16, se encuentra en la Biblioteca Nacional de París.



Fig. 16. Mapa de Europa y del Mediterráneo Atlas Catalán, 1375

Cartografía cristiana, Segundo Periodo. (1400 d.C.-1500 d.C.)

A finales de la Edad Media hay una vuelta al pensamiento clásico. Se conocen manuscritos de la *Geografía* de Ptolomeo en griego de principios del siglo XIII, que están acompañados por unos veintisiete mapas atribuidos al mismo autor, recopilados por árabes y bizantinos. Fue traducida al latín y copiada hasta la saciedad, han sobrevivido treinta y ocho manuscritos.

En 1454 Gutenberg inventa la imprenta y cambiaron muchas cosas en el mundo de la representación del territorio. No solo los métodos de fabricación de los mapas, sino también la cantidad de información contenida en ellos. A finales del siglo XV circularon por Europa no solo numerosos atlas impresos siguiendo la obra de Ptolomeo, sino también numerosas ediciones impresas de su *Geografía*. La primera edición se realizó en Vicenza en 1475.

Cartografía de los árabes

Los árabes, al contrario que los cristianos siguieron utilizando, e incluso corrigiendo, los conocimientos de Ptolomeo. Es gracias a los árabes que las enseñanzas de los antiguos llegaron a Europa, en el siglo XII, a través de España.

Entre los geógrafos árabes de la Edad Media destaca el *Mapamundi de Al Idrisi*, 1154 d.C.16, figura 17, desarrollado en setenta mapas locales que reunían los conocimientos cristianos y árabes de la época.



Fig.17. Mapamundi de Al Idrisi, 1154 d.C.

Renacimiento, Grandes descubrimientos.

Después del descubrimiento de América, rápidamente se empieza a realizar cartografía de las tierras hasta entonces ignotas.



Fig. 18. Carta del Atlántico de Colón, 1513

Entre ella destaca la *Carta del Atlántico*, figura 18, publicada en 1513. Recoge los descubrimientos del primer viaje de Colón.

El primer mapa donde está dibujada la costa oriental de América es la *Carta de Juan de la Cosa* de 1500, figura 19, compañero y piloto mayor de Colón,



Fig. 19. Carta de Juan de la Cosa, 1500

En este tiempo en España, el rey Carlos I encarga a Fernando Colón en 1517 la realización de un trabajo titulado, *Descripción y Cosmografía de España*. Su desarrollo se paralizó antes de que la empresa llegara a su fin debido al levantamiento de los Comuneros.

La escuela holandesa XVI – XVII

Son los italianos los que editan más obras en el siglo XVI. Ello es debido a que fueron los primeros que usaron la técnica de reunir los mapas en atlas o *isolari*. De entre todos, destaca el *Mapamundi de Battisti* de 1545, figura 20, que se conserva en la Biblioteca Nacional de Madrid.



Fig. 20. Mapamundi de Battisti, 1545

Gerardus Mercator (1512-1594), publicó en el año 1569 su *Mapamundi*, figura 21, en el que dibuja con gran exactitud la tierra conocida. Utilizó la “proyección de Mercator” inventada por el mismo.



Fig. 21 Mapamundi de Gerardus Mercator, 1569

Abraham Ortelius (1527-1598), en 1570 publicó, después de diez años de trabajo, el Primer Atlas moderno, el *Theatrum Orbis Terrarum*, figura 22. Presentaba algunas novedades con respecto a los mapas tradicionales. Una lista del editor con los nombres de los ochenta y siete cartógrafos cuya obra fue utilizada para elaborar el atlas, y la aparición en su portada por primera vez de cuatro figuras simbólicas que representaban los cuatro continentes conocidos.



Fig. 22. Theatrum Orbis Terrarum de Abraham Ortelius, 1570

En España, Felipe II encarga a Pedro de Esquivel la realización de un mapa peninsular. Este constaba de dos partes, *Las Relaciones Topográficas* y el *Mapa de España*. Las primeras sirvieron para elaborar en 1590, en veinte hojas dobles, el conocido como *Atlas de El Escorial*, que no se llegó a terminar

Entre los cartógrafos del siglo XVII destaca Joan Blaeu, el editor del *Atlas Maior*, la obra maestra de la cartografía del barroco. Fue publicada entre 1662 y 1663 en Ámsterdam. Con esta obra crea una modalidad de mapa **la carte à figures** que tuvo un uso prolongado en el tiempo.

En 1634 se publica el *Atlas del Rey Planeta* de Pedro Texeira (1595- 1662). Este atlas es el más importante trabajo realizado en España durante el siglo XVII.

La Reforma Cartográfica. XVIII

A finales del siglo XVII se inicia la llamada Cartografía oficial, solamente las academias podrán encargar los mapas.

En España, la realización de la cartografía de esta época es acometida por cartógrafos formados en Francia. En 1760, Tomas López, inició un nuevo proyecto de trazado de mapas de España. Realizó más de 200 mapas que fueron publicados en 1810 con el nombre de *Atlas Geográfico de España*.



Fig. 23. Mapa Esférico de las Costas de España de Tofiño, 1789

En 1789, Vicente Tofiño publica el *Mapa Esférico de las Costas de España*, figura 23. Es considerado el primer trabajo cartográfico matemático español.

Entre 1789 y 1795 se desarrolla la expedición científica encargada a Alejandro Malaspina con el objetivo, entre otros, de realizar un levantamiento hidrográfico de las costas de América y Filipinas. Los resultados se conocen como *Mapas de Malaspina*, figura 24.



Fig. 24. Levantamiento de la Costa de Nutra de Malaspina, 1795

La cartografía matemática. XIX

Se inicia el siglo XIX con el planteamiento, en diversos países de Europa, de iniciativas para la realización de mapas nacionales.

En 1817, una iniciativa de carácter personal llevada a cabo por el gallego Domingo Montan conduce a la publicación en 1835 de la *Carta Geométrica de Galicia* más conocida como *Mapa de Galicia de Fontan*.

En el año 1875 se inicia la publicación del *Mapa Topográfico Nacional*. Esta realizado a escala 1:50.000 y basado en trabajos de levantamiento topográfico a escala 1:25000. Consta de 1125 hojas, la primera, publicada a cinco colores, fue el número 559 correspondiente a Madrid. En 1968, se publica la última hoja a seis colores, San Nicolás de Tolentino.

El mapa como Base de Datos cartográfica, XX

En el siglo XX, la aparición de cantidades ingentes de información periódica generada por nuevas técnicas, como la fotografía aérea y las imágenes de satélite, ha propiciado el desarrollo de diversas herramientas para lograr su representación cartográfica. Nace la denominada Cartografía Asistida por Ordenador, CAO, que ha cambiado, no solo los procesos de elaboración, sino el concepto mismo de mapa. Actualmente el mapa es una base de datos, un conjunto de datos digitales organizado para mostrar el modelado de las entidades geográficas reales.

1.1.4. Historia de los Sistemas de Información Geográfica, SIG

Al igual que en la historia de la cartografía, en la corta historia de los SIG se pueden definir una serie de etapas. Comprenden desde el siglo XVIII, la época de los que se pueden considerar como pioneros, hasta el siglo XXI, con tres hitos importantes: los años sesenta, cuando se desarrolla el primer SIG, el año 1997, cuando se incorpora Internet a los SIG, y el año 2003, cuando se empieza a hablar de Infraestructuras de Datos Espaciales.

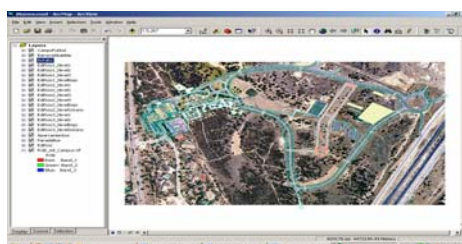


Fig. 24. SIG del Campus de Montegancedo.
Autoras: Marina Alvarez y Agueda Arquero

Pioneros, (...., 1950)

En este periodo no se puede hablar propiamente de Sistemas de Información Geográfica sino de gente avanzada en su tiempo que desarrolló alguna función de análisis espacial, una de las más importantes de un SIG. La vez primera se realizó durante la guerra de independencia americana, cuando en 1780 A. Berthier utilizó superposiciones de mapas para representar los movimientos de la tropa en la batalla de Yorktown.

Durante el siglo XIX muchos cartógrafos y científicos usaron la técnica de las superposiciones de mapas para representar varios niveles de información sobre una localización. La primera aplicación de esta función en demografía se desarrolló en 1825 en la realización del primer Censo británico.

Pero el verdadero padre del análisis espacial es J. Snow, figura 26, considerado también como el padre de la epidemiología. En 1854, realizó una aplicación de análisis espacial al estudiar un brote de cólera en el Soho de Londres. Se trata de la distribución de muerte por bomba de agua contaminada en Bond Street, figura 27.



Fig. 26. J. Snow

A principios del siglo XX Frederick Law Olmstead, el padre de la arquitectura paisajística, utilizó superposiciones manuales, generalizándose este tipo de análisis para un amplio rango de aplicaciones, entre ellas, detección de cambios, planeamiento urbano y manejo de recursos.



Fig. 27. Estudio de un brote de cólera en el Soho de Londres, 1854

Antecedentes, (1950 -1963)

En esta época parecen una serie de conceptos y métodos que constituyen la base sobre la que después se ha desarrollado la tecnología SIG. Tienen lugar operaciones de análisis cartográfico, superposición de mapas, que constituye una de las operaciones más características de los SIG modernos. Se desarrolla el análisis estadístico en USA.

Berry inventa su *Matriz Geográfica*, antecedente conceptual de los SIG.

Se realizan avances en la representación del espacio geográfico en el ordenador. El territorio se modela por medio de una retícula formada por cuadrículas regulares, imagen raster. A cada una de estas se le asignan datos.

Inventario (1963 - 1969)

En esta época se realizan aplicaciones informáticas procedentes, fundamentalmente de equipos de investigación de las universidades. También se desarrollan aplicaciones CAO relacionadas con grandes inventarios de datos forestales.

En 1963, Roger Tomlinson desarrolló el primer SIG, el *Canadian Geographic Information System* CGIS, para el inventario de tierras en Canadá. En 1965, se desarrolla el *SYMAP*, el primer SIG raster que incorpora la metodología de análisis espacial. En 1969 se descubre el escáner láser.

Análisis, (1970 -1979)

En esta etapa se producen importantes avances en conceptos y algoritmos utilizados en los SIG y en la búsqueda de soluciones informáticas a aplicaciones ya existentes. Se crean modelos que permiten realizar análisis y simulación de, entre otras, las políticas de ordenación del suelo, la gestión del crecimiento de la masa forestal, la evolución de la superficie urbana.

En 1972 se lanza el primer satélite de la serie Landsat.

A finales de la década, los laboratorios de las universidades americanas desarrollan su propio SIG. El laboratorio de Harvard crea el *ODISSEY*, la de Yale el *MAP* y la de Clark desarrolla el *IDRISSI*.

En el año 1978 empieza el proyecto GPS

Comercialización, (1980-1989)

Esta época se caracteriza por la expansión del uso de los SIG, debido por una parte al abaratamiento y mayor potencia de la tecnología informática y por otra, a la comercialización de herramientas de Diseño Asistido por Ordenador, CAD. La aparición de las bases de datos relacionales y de los primeros modelados topológicos y

posteriormente de las bases de datos orientadas a objetos, inicialmente en el ámbito militar, llevan a que pronto se empiecen a utilizar en proyectos de ingeniería civil, medioambientales, urbanismo, y geológicos.

En 1982, se funda el proyecto de teledetección por satélite Spot.

En 1985, se hacen operativos los GPS.

A mediados de la década se inicia la comercialización de imágenes procedentes de los satélites LandSat y Spot, recuperándose la técnica raster que había caído en desuso.

Expansión, (1990-2000)

Los primeros años de los noventa se caracterizan por la madurez en el uso de los SIG, propiciada por la aparición de ordenadores personales de gran potencia y muy asequibles económicamente. Se incorporan a los SIG elementos multimedia. La integración de SIG, GPS y telefonía móvil permiten importantes aplicaciones, como los SIG para la gestión de transportes y control de flotas.

En 1992, se publica por la Secretaría de Defensa de USA la primera base de datos de cobertura global a escala 1:1000000.

En 1994, nace el Consorcio OpenGis OGC, agrupando a agencias gubernamentales, universidades, empresas y usuarios. Tendrá en el futuro un gran papel en el establecimiento de estándares y especificaciones SIG.

La incorporación en 1997 de Internet a los SIG, los convierte en sistemas de difusión de información georreferenciada de alta calidad que permiten la elaboración de callejeros y la difusión de planes de urbanismo. Se lanza el MAPQUEST servicio de mapas por Internet que produjo más de 130 millones de mapas.

El desarrollo de los servidores de bases de datos permite la integración de productos suministrados por diferentes proveedores gracias a la incorporación de sistemas de indexación espacial y estándares promovidos por el OGC. En 1998 se lanza el TerraServer.

En 2000 la integración de los SIG con dispositivos móviles como teléfonos y agendas personales PDAs, figura 28, abrió nuevas posibilidades a estos sistemas, como la captura de datos en tiempo real.

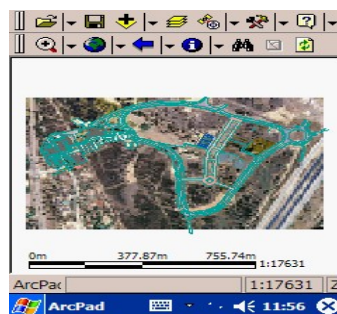


Fig. 28. SIG del Campus de Montegancedo en un dispositivo móvil, PDA
Autoras: Marina Alvarez y Agueda Arquero

Actualidad

En la actualidad se ha generalizado el uso de cartografía multimedia o cibercartografía basada en la combinación de cartografía digital, textos, imágenes, videos, sonidos.

Se ha generalizado el uso de SIG a través de Internet desarrollándose servidores para la información en 3D.

Están en pleno desarrollo las Infraestructuras de Datos espaciales IDES. Se pueden definir como servicios interoperables para ayudar a propiciar, publicar, encontrar, y acceder, y eventualmente usar y entender la información geográfica en Internet en el ámbito de la UE y países asociados. Las IDES están basadas en la armonización y compatibilidad de datos y la interoperabilidad de los sistemas.

El precursor, es la National Spatial Data Infrastructure NSDI, que nació en 1994 por iniciativa del vicepresidente de USA Al Gore. Presentan cinco niveles de ámbito, Global, Continental, Nacional, Regional y Local. En la actualidad, ciento treinta países del mundo están trabajando en el desarrollo de IDES, de los cuales más 60 tienen en la Red un catálogo de recursos IDE.

El objetivo fundamental es integrar las iniciativas y datos de las Instituciones productoras de datos geográficos, conforme a un modelo descentralizado y transparente a los usuarios.

En un futuro cercano, se prevé la entrada en el mercado de aplicaciones como, sistemas avanzados de asistencia al conductor ADAS, navegación guiada por voz y mapas con reconocimiento de voz.

1.1.4.1. Historia de los SIG en España

En la década de los setenta del pasado siglo se inicia en España el uso de los Sistemas de Cartografía Asistida CAO.

A finales de la misma se desarrollaron las primeras aplicaciones SIG en organismos oficiales como, el *INITEC* del Instituto Nacional de Industria. El Instituto Geográfico Nacional aborda por esta época la realización de un sistema cuyo resultado no fue del todo satisfactorio. Posteriormente surgen desarrollos privados como el *INPAMAP* de la Universidad de Sevilla y el *MAVSAR* de la consultora *INYPSA*.

En los primeros años de la década de los ochenta fueron adquiridos por las grandes consultoras de ingeniería los primeros SIG de nueva generación, vectoriales e interactivos. A finales a nivel oficial se realizan, *el SIG Vitivinícola*, *el Oleícola* y el proyecto *SIGCA*, Centro de Gestión y Cooperación tributaria

A principios de la década de los noventa, en 1990, se crea el Centro Nacional de Información Geográfica, CNIG. A mediados empieza el uso masivo de SIG en los Ayuntamientos, para la difusión de planeamiento.

Por ultimo en 2002 se empieza a desarrollar la Infraestructura de Datos Espaciales Española, IDEE.

1.1.5. Componentes de un SIG

Un SIG, tradicionalmente consta de 5 tipos de componentes, figura 29: hardware, software, datos, recursos humanos y organización. Actualmente se le añaden 2: Internet y aplicaciones finales

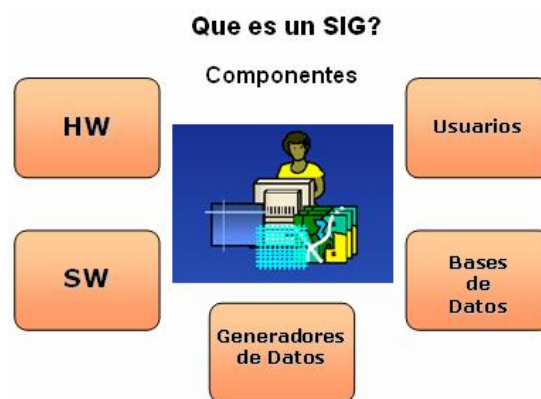


Fig. 29. Esquema general de las partes generales que integran un SIG

1.1.5.1. Equipos-Hardware

Equipos (hardware), Es donde opera el SIG. Hoy por hoy, los programas de SIG se pueden ejecutar en un amplio rango de equipos, desde servidores hasta computadores personales usados en red o trabajando en modo "desconectado". Así, desde un simple PC se pueden utilizar un SIG, e incluso desde una PDA, aunque con importantes limitaciones en este último caso.

Componentes del hardware,

- **CPU** (Unidad central de procesamiento)
- **Periféricos**,
- **De entrada**, (ratón, teclado, escáner, etc.)
- **De salida**, (Monitor o pantalla LCD, impresora, plotter, etc.)
- **De almacenamiento**, (USB, DVD, CD, Disquetes, etc.)

Es el componente que ofrece cada vez más prestaciones a un coste cada vez más reducido.



Fig.30. Mosaico de sistemas de información geográfica

1.1.5.2. Programas-Software

Los programas de SIG proveen las funciones y las herramientas necesarias para almacenar, analizar y desplegar la información geográfica, figura 31.

El Software para SIG se puede clasificar en:

- **Comerciales**, ArcGIS (USA), SMALLWORLD (U.K.), MAPINFO (USA), INTEGRAPH (USA), AUTODESK (USA)
- **De código abierto**, en “C”: CUMM, Mapserver, GRASS, GDAL/OGR, OSSIM, proj4, GEOS, PostGIS y OpenEV; en Java: GeoTools, JTS, WKB4J, GeoServer, DeeGree, JUMP/JCS, gvSIG (Español).
- **De enseñanza**, IDRISI (USA), OSU-MAP (USA), AMAP (USA)

GIS software	Windows	Mac OS X	GNU/Linux	BSD	Unix	Entorno Web	Licencia de software
ArcGIS	Si	No	No	No	Si	Si	Software no libre
Autodesk Map	Si	No	No	No	No	Si	Software no libre
CartaLinux	Si	No	No	No	No	No	Software no libre
Geomedia	Si	No	No	No	Si	Si	Software no libre
GeoServer	Si	Si	Si	Si	Si	Java	Libre: GPL
GRASS	Si	Si	Si	Si	Si	Mediante pyWPS	Libre: GPL
gvSIG	Java	Java	Java	Java	Java	No	Libre: GPL
IDRISI	Si	No	No	No	No	No	Software no libre
ILWIS	Si	No	No	No	No	No	Libre: GPL
JUMP	Java	Java	Java	Java	Java	No	Libre: GPL
Koumo	Java	Java	Java	Java	Java	No	Libre: GPL
Manifold	Si	No	No	No	No	Si	Software no libre
MapGuide Open Source	Si	Si	Si	Si	Si	LAMP/WAMP	Libre: LGPL
MapInfo	Si	No	Si	No	Si	Si	Software no libre
MapServer	Si	Si	Si	Si	Si	LAMP/WAMP	Libre: BSD
Mapitude	Si	No	No	No	No	Si	Software no libre
MapWindow GIS	Si (ActiveX)	No	No	No	No	No	Libre: MPL
MicroStation Geographics	Si	Abandonado	No	No	Abandonado	Si	Software no libre
Quantum GIS	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Libre: GPL
SAGA GIS	Si	Si	Si	Si	Si	No	Libre: GPL
Smallworld	Si	?	Si	?	Si	Si	Software no libre
SPRING	Si	No	Si	No	Solaris	No	Software no libre: Freeware
TanukGIS	Si	No	No	No	No	?	Software no libre
TransCAD	Si	No	No	No	No	Si	Software no libre

Fig.31.Tabla comparativa de aplicaciones SIG

Un software SIG suele incluir los siguientes grupos de funciones:

1. Funciones de Entrada y manipulación,

Los procedimientos de entrada de datos en un SIG permiten:

- Introducir datos posicionales digitalizando entidades cartográficas de forma georreferenciada, con sus coordenadas x, y, z en base a un sistema de referencia convencional.
- Introducir datos alfanuméricos. Los más importantes son los códigos individuales y únicos de cada entidad cartográfica, que servirán como identificador y nexo de unión entre las entidades cartográficas y sus atributos alfanuméricos.
- Importación de datos existentes procedentes de otras fuentes y formatos de datos.

2. Funciones de Gestión,

Las funciones de gestión son llevadas a cabo por un subsistema del SIG: el sistema gestor de la base de datos, SGBD o el DBMS, sistema de manejador de base de datos. Su finalidad es permitir la independencia entre la organización física y la organización lógica de los datos.

Las funciones principales de un SGBD de un SIG son controlar:

- la organización físico-lógica de los datos
- el almacenamiento
- la recuperación y
- la actualización

3. Funciones de Manipulación,

Por funciones de manipulación entendemos los procedimientos utilizados para la:

- estructuración topológica
- transformación
- superposición
- integración de los datos geográficos, cartográficos y temáticos.

La función más importante es la de estructuración topológica de los datos, que consiste en la definición digital explícita de las interrelaciones geométricas de los fenómenos (intersección, conectividad, etc.) representados en la base de datos.

4. Funciones de Análisis,

Las funciones de análisis espacial del SIG son, sin duda, las más representativas y las que le diferencian claramente de otros sistemas de información espacial. Según Aranoff (1989, pp. 195-196) se clasifican en:

- Funciones de recuperación
- Funciones de superposición
- Funciones de vecindad
- Funciones de conectividad

5. Funciones de Representación y Visualización,

El quinto tipo de funciones del software SIG son las de representación de los resultados obtenidos del análisis y del tratamiento de los datos. La Interfaz gráfica permite al usuario (GUI) acceder fácilmente a las herramientas. Es corriente que un SIG disponga

de varias GUI, pues la información geográfica se puede analizar desde distintas perspectivas.

Los resultados expresan tanto la información contenida en la base de datos geográficos como las operaciones y análisis realizados,

Los procedimientos de representación de resultados incluyen:

- Tratamiento de textos
- Simbolización
- Transformación de los resultados numéricos en resultados gráficos.
-

Este componente ha evolucionado razonablemente bien y cada vez hay soluciones más eficaces y fáciles de utilizar.

1.1.5.3. Datos

Probablemente la parte más importante de un sistema de información geográfica son los datos. Los datos geográficos pueden ser adquiridos por quien implementa el sistema de información, así como por terceros que ya los tienen disponibles. La adquisición de estos datos combina diferentes tecnologías: fotografía aérea, radares, toma de datos a nivel del terreno, etc.

Usualmente, la información está almacenada en una base de datos, organizada y controlada por diversos subsistemas de software. La forma y el funcionamiento de las bases de datos geográficos depende de:

1. El tipo de base de datos escogida, relacional, orientada a objetos, híbrida, etc. La mayoría de los SIG organizan los datos **en capas de información** sobre las que se pueden actuar en bloque, figura 32.

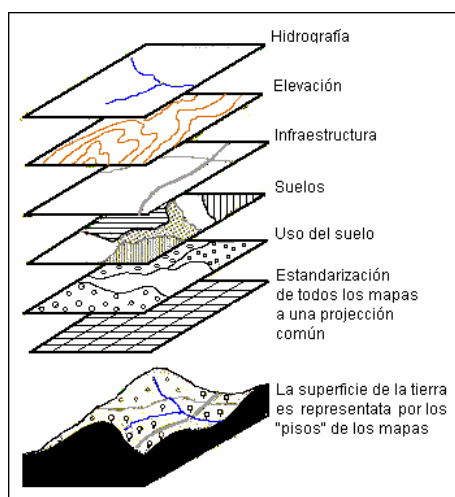


Fig. 32. Distribución de la información geográfica en capas temáticas

2. La existencia de dos grandes tipos de **Modelo de datos** que simplifican la complejidad de la realidad geográfica. Existen dos tipos de modelo de datos en SIG: **el Vector y el Ráster**, figura 33.

- **Vectorial**, consiste en modelar el espacio utilizando fenómenos individuales, un río, una población, un lago, que se representan mediante puntos, una línea o un polígono, definidas por vértices con coordenadas.
- **Ráster**, consiste en modelar el espacio continuo dividiéndolo mediante una cuadrícula regular de píxeles o celdas y cuantificando el valor de un fenómeno continuo en cada unidad de la cuadrícula.

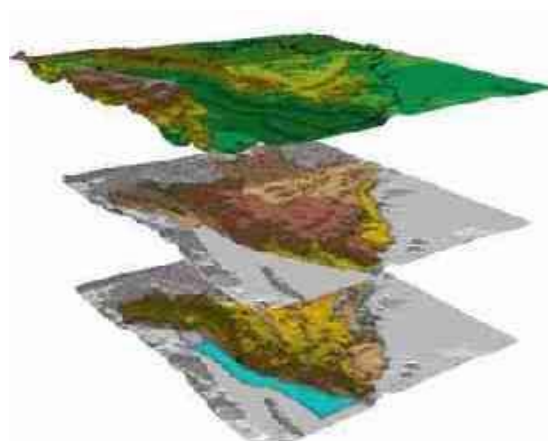


Fig. 33. Modelos Vector y Raster

Los datos constituyen uno de los componentes más problemáticos por su escasez (todavía hay grandes zonas de la superficie terrestre sin cartografiar a escalas grandes) y por su coste, que puede llegar al 60 % o más del coste total del proyecto.

1.1.5.4. Recursos Humanos

La tecnología de los SIG está limitada si no se tiene en cuenta el personal que opera, desarrolla y administra el sistema.

Los recursos humanos son el conjunto de personas que trabajan en un proyecto SIG y que debe estar especializado tanto en tecnologías de la información como en las disciplinas relacionadas con la cartografía (Geodesia, Fotogrametría, Topografía, Cartografía, Geografía, etc.). El mayor problema de éste componente es, por lo tanto, la formación.

1.1.5.5. Organización

La implantación de un proyecto SIG involucra y afecta a muchas personas en una organización, razón por la cual es necesario definir los flujos de comunicación adecuados para obtener resultados óptimos.

Se ha demostrado que el 10 % de los fracasos en los proyectos SIG se debe a razones relacionadas con las Tecnologías de la Información y el 90 % son consecuencia de problemas corporativos. Por lo tanto, se trata de un componente crítico, que coordina y equilibra la contribución de todo lo demás.

Otros aspectos importantes a tener en cuenta en los proyectos SIG son los relacionados con costes y tiempos de implantación. Los plazos de puesta en marcha y recuperación de la inversión en proyectos SIG suelen doblar a los de otro tipo de implantaciones tecnológicas.

La introducción del SIG en las organizaciones debe contemplar tres aspectos:

1. Tecnológico,

Muchas organizaciones disponen de unos criterios o estándares en sus tecnologías de información y comunicaciones (TIC), previos a la implantación del SIG, que pueden ser condicionantes. En algunos casos las restricciones son de tipo hardware (características, compatibilidades, etc.), en otros pueden ser de tipo lógico (sistema operativo, versiones, SGBD, etc.).

Es conveniente hacer una revisión de la experiencia de otras organizaciones en la implantación de los SIG.

2. De Planificación, una buena planificación siempre conduce al mejor resultado.

- Se ha de desarrollar un concepto de negocio o empresa y marcar los objetivos.
- Se deben identificar los requisitos de usuario tanto los previos como los finales.
- Se debe realizar un análisis financiero de costes y beneficios con el objeto de prever los posibles efectos positivos y negativos.

3. De Procesos, el análisis de los procesos revela aspectos desconocidos de los que se puede aprender y mejorar, con el fin de alcanzar el mejor resultado.

- Es necesario analizar las relaciones de la organización, tanto internas como externas con usuarios, proveedores y otras entidades con las que se coopere.
- Es recomendable evaluar las tareas actuales, los usuarios, los datos y sus flujos.
- Se ha de desarrollar un modelo lógico de datos.

La implantación de un SIG en una organización puede suponer:

- Revisar aspectos de la dirección y/o administración para integrar nuevas prácticas de trabajo.
- Reestructurar los departamentos, por ejemplo, para crear uno nuevo que se encargue de los análisis de negocios y gestión del SIG.

- Dotar de formación y entrenamiento al personal para su adaptación a las nuevas necesidades.
- Definir políticas de estandarización para compartir e intercambiar nuevos datos entre los departamentos de la organización, para que todos puedan utilizarlos.

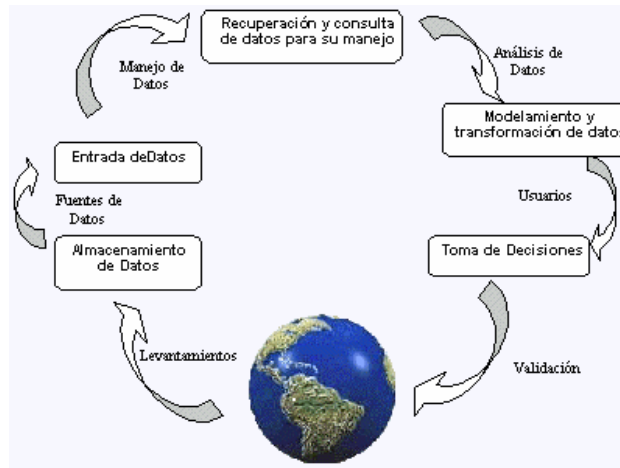


Fig. 34. Resumen de las funciones de un SIG

