

# Facultad de Ciencias Forestales

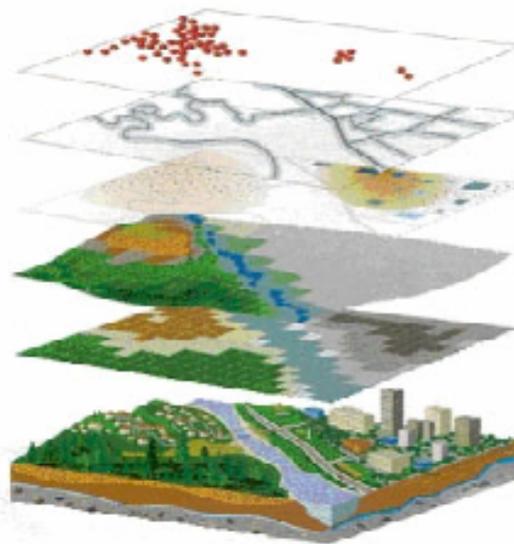
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANTIAGO DEL ESTERO



CÁTEDRA DE  
SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

## **Sistema de Información Geográfica (SIG)**

Definiciones - Funciones - Metadatos



**Ing. Ftal. ALFREDO FABIAN REUTER**

Mayo de 2006

# SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

## INTRODUCCIÓN

Eventos naturales como terremotos e inundaciones pueden ser peligrosos para el hombre. Los desastres que los peligros naturales pueden causar resultan, en gran parte, resultado de acciones del hombre que aumentan la vulnerabilidad o, también, omisiones humanas en materia de anticipar y mitigar el daño potencial de estos eventos.

Los planificadores están familiarizados con la cantidad desconcertante de información dispar que tienen que analizar y evaluar en el proceso de planificación. Este proceso se complica, sin embargo, cuando se debe considerar datos enteramente nuevos sobre evaluación de diferentes peligros naturales, se estudien uno por uno o interrelacionados. También se complica por la necesidad de satisfacer lo siguiente: analizar estos peligros en relación con el desarrollo existente o planeado; seleccionar las formas de mitigación del daño que pueden causar los peligros; realizar un análisis económico de alternativas de mitigación versus ninguna mitigación; y, determinar el impacto de tales alternativas sobre la factibilidad económica y financiera del proyecto.

Al lado de estas complicaciones adicionales, existen también técnicas de manejo de información para que el planificador no sea abrumado por ella. Entre ellas están los sistemas de información geográfica SIG, una herramienta sistemática para referir geográficamente una serie de "estratos" de información, a fin de facilitar la sobreposición, cuantificación y síntesis de los datos, así como de orientar las decisiones.

Hay varias razones para que los organismos de gobierno en los países de América Latina se beneficien con un SIG:

- Puede ser sorprendentemente barato: se pueden evitar equipos muy costosos y técnicos altamente especializados seleccionando adecuadamente el sistema y su aplicación. La principal restricción puede no ser falta de fondos sino falta de personal y equipo apropiado;
- Se puede multiplicar la productividad de un técnico.

- Puede dar resultados de mejor calidad que los que se obtienen manualmente, sea cual fuere el costo respectivo.

Puede facilitar la toma de decisiones y mejorar la coordinación entre agencias cuando la eficiencia es lo que más interesa.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) están de moda, como profesionales repetidamente oímos pronunciar esas palabras mágicas, cuyo significado profundo muchas veces se desconoce. El que los SIG estén en boca de casi todos se debe, entre otras razones, a la espectacularidad de algunos de sus resultados, a la amplitud de su campo de aplicaciones, a la atracción que ejerce toda disciplina frontera y al gusto por las novedades tecnológicas.

Por otro lado, se trata de una disciplina joven, ciertamente compleja, todavía inmadura en el sentido de que plantea problemas muy serios aún sin resolver, Sin embargo, posee un núcleo teórico importante, ya establecido, que contiene cuestiones conceptuales muy interesantes.

Pese a ello, existe cierta confusión en los conceptos y definiciones básicos. La mayor parte de la bibliografía sobre el tema está escrita en inglés, y todavía no existen suficientes libros y revistas sobre SIG publicados en nuestro idioma. Apenas si ha habido tiempo para adquirir experiencia real en la formación de especialistas. Los fabricantes de máquinas y programas, presionados por la crisis del sector informático debida a una saturación del mercado, han lanzado productos primando en ocasiones el aspecto comercial en detrimento del estrictamente técnico.

Los SIG en Argentina constituyen un campo de trabajo dentro de las ciencias aplicadas, podríamos considerarlo como una actividad de la ingeniería.

El objetivo de estas series didácticas es contribuir a una labor de divulgación. En primer lugar repasaremos el panorama de definiciones existentes de lo que es un Sistema de Información Geográfica.

## **ASPECTOS GENERALES**

Administrar, regular, controlar y planificar las acciones que se desarrollan en un territorio determinado constituye una tarea muy compleja. En este sentido,

identificar las variables que intervienen en el proceso de administración, permite conocer una parte del problema, paralelamente resulta imprescindible comprender y analizar las interrelaciones que existen entre esas variables.

No es suficiente comprender el fenómeno sobre el que hay que accionar, es necesario haber acordado un marco conceptual y metodológico que evidencie la problemática y permita definir un rumbo, disponer de los datos necesarios para abordar el problema, sistematizar y procesar estos datos en información utilizable, y además, contar con las herramientas que permitan manejar y actualizar esta información en el tiempo y el espacio pertinente.

El campo de la planeación se define principalmente desde la acción que se anticipa a los fenómenos del entorno, por lo que la modelación se hace indispensable. Además, hoy es necesario predecir de modo continuo, y para esto hay que contar con tecnología digital que colabore en la realización de modelos de situaciones para garantizar una adecuada toma de decisiones.

La tecnología de Sistemas de Información Geográfica, constituye en este sentido una de las herramientas adecuadas de manejo de información, ya que al usar el modelo de base de datos georrelacional se asocia un conjunto de información gráfica en forma de planos o mapas a bases de datos digitales.

Esto, sintéticamente quiere decir que los SIG tienen como característica principal que el manejo de la información gráfica y alfanumérica se realiza de forma integrada, pudiendo abordar de este modo aspectos de alta complejidad relacional en el tema planteado.

Disponer de esa capacidad de comprensión y manejo de la complejidad, incluye el entendimiento de que también se ha modificado la dimensión del tiempo. La posibilidad de afrontar en forma dinámica y acelerada los fenómenos se presenta como otro de los importantes desafíos conceptuales y prácticos. La idea de contar con la información pertinente en el momento oportuno y en el lugar oportuno constituye otra fuerza vital.

Más aún, no sólo es importante disponer de la estructura necesaria para la construcción, actualización y operación integral de bases de datos y viabilidad de la información, tendiendo a su manejo en tiempo real, sino que además, se requiere incorporar el concepto de información en proceso, haciendo referencia a

la idea de información activa; es decir, tender a la construcción automática y veloz de información para optimizar los modelos haciéndolos también automáticos.

Por estos motivos, relacionar los datos alfanuméricos con los gráficos es uno de los principales desafíos técnicos. Antes, se elaboraban modelos con programas informáticos simples que permitían arribar a resultados importantes, pero que perdían su capacidad automática y relacional cuando había que modificar la mínima información de algún plano o mapa; precisamente por la ausencia de una base de datos que articulara los datos gráficos y alfanuméricos.

La construcción de modelos y programas informáticos con alta capacidad en el manejo de los datos pueden constituirse en vehículos de socialización, no sólo de la propia información generada, sino de las herramientas adecuadas que faciliten que la toma de decisiones se realice en el momento adecuado con los actores pertinentes.

Un Sistema de Información Geográfico (SIG o GIS por las siglas inglesas - Geographic Information Systems) define un conjunto de procedimientos sobre una base de datos no gráfica o descriptiva de objetos del mundo real que tienen una representación gráfica y que son susceptibles de algún tipo de medición respecto a su tamaño y dimensión relativa a la superficie de la tierra. Además de la especificación no gráfica, el SIG cuenta también con una base de datos gráfica con información georeferenciada o de tipo espacial y que se relaciona con la base de datos descriptiva. La información es considerada geográfica si tiene localización y es medible.

Estos sistemas deben ser capaces de usar y mantener datos con localizaciones exactas en una superficie terrestre.

En un SIG se utilizan herramientas de gran capacidad de administración de datos y procesamiento gráfico. Estas herramientas están dotadas de procedimientos y aplicaciones para captura, almacenamiento, visualización y análisis de la información georeferenciada.

La construcción de modelos de simulación se convierte en una excelente herramienta para analizar fenómenos que tengan relación con tendencias y así poder lograr establecer los diferentes factores influyentes.

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

¿Dónde se ubica el objeto A?

¿Dónde se ubica A con relación a B?

¿Qué valor que toma la función Z en la posición X?

¿Cuántas ocurrencias del tipo A hay en una distancia D de B?

¿Cuál es la dimensión de B (Frecuencia, perímetro, área, volumen)?

¿Cuál es el resultado de la intersección de diferentes tipos de información?

¿Cuál es el camino más corto (menor resistencia o menor costo) sobre el terreno desde un punto (X1, Y1) a lo largo de un corredor P hasta un punto (X2, Y2)?

¿Qué hay en el punto (X, Y)? ¿Cuál es el resultado de clasificar conjuntos de información espacial?

La mayor utilidad de los sistemas de información geográfica está íntimamente relacionada con su capacidad construir modelos o representaciones del mundo real a partir de bases de datos digitales, lo cual logran aplicando una serie de procedimientos específicos que generan aún más información para el análisis.

La importancia del SIG radica en las herramientas de análisis que proporciona. No se trata de dibujar simples mapas sino que va más lejos. Las consultas pueden ser guiadas por datos o por gráficos. Las consultas sobre los datos permiten la generación de mapas cartográficos específicos. Las consultas gráficas proporcionan búsquedas selectivas espaciales, retornando los datos asociados. Todas las operaciones para recibir, resumir, mostrar selectivamente y analizar tanto datos alfanuméricos como gráficos forman parte de la funcionalidad básica del SIG.

La construcción de modelos o modelos de simulación como se llaman, se convierte en una valiosa herramienta para analizar fenómenos que tengan relación con tendencias y así poder lograr establecer los diferentes factores influyentes.

A nuestro entender la confusión terminológica es un espejo de la situación dinámica e hiperactiva del sector de los SIGs desde finales de los años ochenta, siendo tres los principales factores explicativos de esta confusión:

1. La disparidad de las actividades
2. La orientación comercial del sector
3. La rápida progresión tecnológica.

1. - Sobre el primer factor, varias ciencias han intentado sin éxito monopolizar los Sistemas de Información Geográfica y rentabilizarlos en exclusiva, muy especialmente a raíz de la popularidad que adquirieron a partir de la mitad de los años ochenta. Los intentos de oligopolio han fracasado porque desde sus inicios los SIG se han nutrido tecnológicamente de los avances de diversas disciplinas, tales como la Geografía, la Cartografía, las Matemáticas, la Informática o la Topografía. Incluso en el seno de una misma organización, como puede ser la municipal, o direcciones gubernamentales suelen evidenciarse extremos que a menudo entran en conflicto dentro del mismo entorno.

2.- la nada despreciable vertiente comercial. El número de licencias de los productos ESRI aumentan en progresión vertiginosa.

Las previsiones de crecimiento del sector a nivel mundial oscila entre el 25 % y el 40 % anual y el número acumulado de sistemas instalados actualmente es de varios millones.

3. - la constante evolución tecnológica de la informática en general y de los SIG en particular. La juventud y rápida evolución de la tecnología SIG ha tenido repercusiones múltiples, algunas muy positivas. Una de las repercusiones no tan positivas ha sido la circulación de nuevos acrónimos y nuevas categorías, con el fin de resaltar la vida propia de tecnología relacionadas con los SIG.

En primer lugar, hay que decir que existen tres acepciones en uso para el acrónimo SIG:

- **SIG COMO DISCIPLINA**, En este sentido se habla de experiencia en SIG, cursos y seminarios sobre SIG, especialistas en SIG, libros sobre SIG, etcétera.

- **SIG COMO PROYECTO**, es cada una de las realizaciones prácticas de la disciplina SIG, cada instalación existente. En una primera aproximación, es un sistema capaz de proporcionar cierta información, ya procesada, sobre elementos de los que se ocupa la Geografía. Esta es la acepción principal.

- **SIG COMO “SOFTWARE”**. Las casas comerciales llaman SIG al programa, o programas integrados, que ofertan para el establecimiento de un SIG proyecto. Se trata de un caso en el que se nombra a la parte por el todo. Un SIG proyecto se compone de “hardware”, “software”, datos, personal y organización. El único problema estriba en que hay que ser consciente y no caer en la ingenuidad de creer que por el mero hecho de adquirir un SIG “software” ya se tiene un SIG proyecto.

Las tres acepciones se diferencian bien por el contexto, sin dar lugar a equívocos ni causar problemas de entendimiento.

## CONTEXTO HISTÓRICO

La distribución espacial es inherente tanto a los fenómenos propios de la corteza terrestre, como a los fenómenos artificiales y naturales que sobre ella ocurren. Todas las sociedades que han gozado de un grado de civilización han organizado de alguna manera la información espacial.

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.

Los griegos adquirieron un desarrollo político, cultural y matemático, refinaron las técnicas de abstracción con sus descubrimientos geométricos y aportaron elementos para completar la cartografía utilizando medición de distancias con un modelo matemático ( $a^2 + b^2 = c^2$  Pitágoras).

Enmarcados dentro de un hábitat insular, se convirtieron en navegantes e hicieron observaciones astronómicas para medir distancias sobre la superficie de la tierra. La información de éste tipo se guardó en mapas.

Los romanos imitaron a los griegos y desarrollaron el Imperio utilizando frecuentemente el banco de datos previamente adquirido y ahora heredado. La logística de infraestructura permitió un alto grado de organización política y

económica, soportada principalmente por el manejo centralizado de recursos de información.

Se puede decir que las invasiones bárbaras disminuyeron el ritmo de desarrollo de civilización en el continente europeo durante la edad media, y sólo hacia el siglo XVIII los estados reconocieron la importancia de organizar y sistematizar de alguna manera la información espacial.

Se crearon organismos comisionados exclusivamente para ejecutar la recopilación de información y producir mapas topográficos al nivel de países enteros, organismos que han subsistido hasta el día de hoy.

En el siglo XIX con su avance tecnológico basado en el conocimiento científico de la tierra, se produjo grandes volúmenes de información geomorfológica que se debía cartografiar. La orientación espacial de la información se conservó con la superposición de mapas temáticos especializados sobre un mapa topográfico base.

Recientemente la fotografía aérea y particularmente las imágenes de satélite han permitido la observación periódica de los fenómenos sobre la superficie de la corteza terrestre. La información producida por este tipo de sensores ha exigido el desarrollo de herramientas para lograr una representación cartográfica de este tipo de información.

El medio en el cual se desarrollaron estas herramientas tecnológicas correspondió a las ciencias de teledetección, análisis de imágenes, reconocimiento de patrones y procesamiento digital de información, en general estudiadas por físicos, matemáticos y científicos expertos en procesamiento espacial. Obviamente, éstos tenían un concepto diferente al de los cartógrafos, con respecto a la representación visual de la información

Durante los años 1960 y 1970 emergieron nuevas tendencias en la forma de utilizar los mapas para la valoración de recursos y planificación. Dándose cuenta de que las diferentes coberturas sobre la superficie de la tierra no eran independientes entre sí, sino que guardaban algún tipo de relación, se hizo latente la necesidad de evaluarlos de una forma integrada y multidisciplinaria. Una manera sencilla de hacerlo era superponiendo copias transparentes de mapas

de coberturas sobre mesas iluminadas y encontrar puntos de coincidencia en los distintos mapas de los diferentes datos descriptivos.

Luego, esta técnica se aplicó a la emergente tecnología de la informática con el procedimiento de trazar mapas sencillos sobre una cuadrícula de papel ordinario, superponiendo los valores de esa cuadrícula y utilizando la sobreimpresión de los caracteres de la impresora por renglones para producir tonalidades de grises adecuadas a la representación de valores estadísticos, en lo que se conocía como sistema reticular; sin embargo, estos métodos no se encontraban desarrollados lo suficiente y no eran aceptados por profesionales que manejaban, producían o usaban información cartográfica.

El primer ejemplo de SIG que funcionó en el año 1962 es el denominado Canadian Geographical Information System (CGIS), el cual sirvió para el inventario y planeamiento de la ocupación del suelo en grandes zonas de este país. Fue financiado por el Departamento de Agricultura de Canadá. En su creación se plantearon muchos de los problemas técnicos y conceptuales que después se han ido resolviendo, en especial los referentes a la estructura y organización de la base de datos y a los métodos de entradas de la información.

El siguiente avance importante se introdujo con el programa SYMAP presentado en 1967 por la Universidad de Harvard, en USA. Este programa de cartografía asistida por ordenador, sólo permitía la obtención de borradores de los mapas, trazados a baja resolución mediante una impresora de línea. Por otra parte, no tenía casi ninguna ayuda para la digitalización de la información espacial ni para su manejo rápido y almacenamiento.

En 1970 se desarrolla el programa PLYVRT, en el cual se plantea una importante novedad en cuanto a la estructura de la información espacial, integrando en ella la topología de los objetos cartográficos.

Con posterioridad se crea el primer Sistema de Información Geográfica, propiamente dicho, de tipo vectorial del Laboratorio de Harvard, el programa ODYSSEY. En el mismo se incluye la digitalización semiautomática de los datos espaciales, la gestión de la base de datos y la elaboración interactiva de los mapas.

En el mismo laboratorio de Harvard, se trabajó en la creación de una línea de programas cartográficos muy diferentes basados en una representación de los datos ráster. De ellos surge, en parte, el programa MAP en la Universidad de Yale, que ha servido de pauta para la mayoría de los programas posteriores de este tipo, como por ejemplo, ERDAS, IDRISIS, etc.

A finales de los años 70's el uso de computadoras progreso rápidamente en el manejo de información cartográfica, y se afinaron muchos de los sistemas informáticos para distintas aplicaciones cartográficas. De la misma manera, se estaba avanzando en una serie de sectores ligados, entre ellos la topografía, la fotogrametría y la percepción remota. En un principio, este rápido ritmo de desarrollo provocó una gran duplicación de esfuerzos en las distintas disciplinas relacionadas con la cartografía, pero a medida que se aumentaban los sistemas y se adquiría experiencia, surgió la posibilidad de articular los distintos tipos de elaboración automatizada de información espacial, reuniéndolos en verdaderos sistemas de información geográfica para fines generales.

A principios de los años 80's, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se habían convertido en un modelo plenamente operativo, a medida que la tecnología de cómputo se perfeccionaba, se hacía menos costosa y gozaba de una mayor aceptación. Actualmente se están instalando rápidamente estos sistemas en los organismos públicos, los laboratorios de investigación, las instituciones académicas, la industria privada y las instalaciones militares y públicas.

Durante los '80, los avances en la tecnología ligada a la computación, particularmente en la velocidad y capacidad de almacenamiento de las computadoras (ordenadores), impulsaron el desarrollo del Software para el manejo espacial de los datos. Surgieron el ARC/INFO PC (1981), ATLAS (1984), GENAMAP (1985), TERRASOFT (1986), MAPINFO (1986), SYSTEM 9 (1989), entre otros.

La fotografía aérea y las imágenes de satélite han permitido la observación periódica de los fenómenos sobre la superficie terrestre, llevando al

desarrollo de herramientas que combinan la representación cartográfica con la información analítica.

En los años ochenta se vio la expansión del uso de los SIG, facilitado por la comercialización simultánea de un gran número de herramientas de dibujo y diseño asistido por ordenador (CAD), así como la generalización del uso de microordenadores y estaciones de trabajo en la industria y la aparición y consolidación de las bases de datos relacionales, junto a las primeras modelizaciones de las relaciones espaciales o topología.

Los años noventa se caracterizó por la madurez en el uso de estas tecnologías en los ámbitos tradicionales y por su expansión a nuevos campos, propiciada por la generalización en el uso de ordenadores, la enorme expansión de las comunicaciones y en especial de Internet.

En la actualidad son muchas las empresas que compiten por el mercado de los SIG, que ofrecen multitud de sistemas para diversas plataformas y objetivos. Empresas como ESRI (Environmental Systems Research Institute Inc.), MAPINFO Co. e INTERGRAPH (creadores de MICROSTATION GIS) se suman a la gran cantidad de empresas que desarrollan Softwares.

La producción automática de dibujo se basó en la tecnología de diseño asistido por computador (CAD). El CAD se utilizó en la cartografía para aumentar la productividad en la generación y actualización de mapas. El modelo de base de datos de CAD maneja la información espacial como dibujos electrónicos compuestos por entidades gráficas organizadas en planos de visualización o capas. Cada capa contiene la información de los puntos en la pantalla (o píxeles) que debe encender para la representación por pantalla. Estos conjuntos de puntos organizados por planos de visualización se guardan en un formato vectorial.

Las bases de datos incluyen funciones gráficas primitivas que se emplean para construir nuevos conjuntos de puntos o líneas en nuevas capas y definir un símbolo imaginado por el usuario.

Posteriormente, a la simbología se le adicionó una variable "inteligente" al incorporar el texto.

El desarrollo de la tecnología CAD se aplicó para la manipulación de mapas y dibujos y para la optimización del manejo gerencial de información

cartográfica. De allí se desarrolló la tecnología AM/FM (Automated Mapping / Facilities Management)

Hoy en día se ha logrado reunir el trabajo en el área de sistemas de información geográfica multipropósito, en la medida en que se superan los problemas técnicos y conceptuales inherentes al proceso.

La aparición de la Orientación a Objetos (OO) en los SIG (como el Tigris de Intergraph), inicialmente aplicado en el ámbito militar (Defense Map Agency - DMA) (OO) permite nuevas concepciones de los SIG donde se integra todo lo referido a cada entidad (p.e. una parcela) (simbología, geometría, topología, atribución). Pronto los SIG se comienzan a utilizar en cualquier disciplina que necesite la combinación de planos cartográficos y bases de datos como: Ingeniería Civil: diseño de carreteras, presas y embalses. Estudios medioambientales. Estudios socioeconómicos y demográficos. Planificación de líneas de comunicación. Ordenación del territorio. Estudios geológicos y geofísicos. Prospección y explotación de minas, entre otros.

Los últimos años se caracterizan por la madurez en el uso de estas tecnologías en los ámbitos tradicionales mencionados y por su expansión a nuevos campos (SIG en los negocios), propiciada por la generalización en el uso de los ordenadores de gran potencia y sin embargo muy asequibles, la enorme expansión de las comunicaciones y en especial de Internet y el World Wide Web, la aparición de los sistemas distribuidos (DCOM, CORBA) y la fuerte tendencia a la unificación de formatos de intercambio de datos geográficos propician la aparición de una oferta proveedora (Open Gis) que suministra datos a un enorme mercado de usuario final. El incremento de la popularidad de las tendencias de programación distribuida y la expansión y beneficios de la máquina virtual de Java, permiten la creación de nuevas formas de programación de sistemas distribuidos, de esta manera aparecen los agentes móviles que tratan de solucionar el tráfico excesivo que hoy en día se encuentra en Internet. Los agentes móviles utilizan la invocación de métodos remotos y la serialización de objetos de Java para lograr transportar la computación y los datos. Nace aquí un nuevo paradigma para el acceso a consultas y recopilación de datos en los sistemas de información geográfica, cuyos mayores beneficios se esperan obtener en los siguientes años.

El Mapa del Futuro es una Imagen Inteligente ya se empezaron a colocar en distintas órbitas una serie de familias de satélites que traen a los computadores personales, fotografías digitales de la superficie terrestre con resoluciones que oscilan entre 10 metros y 50 centímetros. Empresas como SPOT, OrbImage, EarthWatch, Space Imaging.

Las imágenes pancromáticas, multiespectrales, hiperespectrales, radar, infrarrojas, térmicas, crearán un mundo virtual digital a nuestro alcance. Este nuevo mundo cambiará radicalmente la percepción que tenemos sobre nuestro planeta.

## **TECNOLOGÍAS RELACIONADAS CON LOS SIG**

Los sistemas de Información Geográfica comparten características con otros sistemas de información pero su habilidad de manipular y analizar datos geográficos los distingue del resto. La siguiente sería una forma de clasificar los sistemas de información con los que se relaciona los SIG:

- Mapeo de escritorio
- Herramientas CAD
- Sensores remotos
- Sistemas Manejadores de Bases de Datos

### **Mapeo de Escritorio**

Se caracteriza por utilizar la figura del mapa para organizar la información utilizando capas e interactuar con el usuario, el fin es la creación de los mapas y estos a su vez son la base de datos, tienen capacidades limitadas de manejo de datos, de análisis y de personalización. Podría entenderse como los inicios de la tecnología de sistemas de información geográfica.

### **Herramientas CAD**

Se utilizan especialmente para crear diseños y planos de construcción tanto de manufactura como de obras de infraestructura, estos sistemas no

requieren de componentes relacionales ni herramientas de análisis, las herramientas CAD actualmente se han ampliado como soporte para mapas, pero tienen utilidad limitada para analizar y soportar bases de datos geográficas grandes.

### **Sensores Remotos**

Se definen como la técnica de adquisición y procesamiento digital posterior de los datos de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, en virtud de la interacción electromagnética existente entre la tierra y el sensor.

### **Sistemas Manejadores de Bases de Datos (SMBD)**

Los SMBD se especializan en el almacenamiento y manejo de todo tipo de información, incluyendo datos geográficos, están perfeccionados para almacenar y retirar datos, y muchos SIG se apoyan en ellos para este propósito; sin embargo, no tienen las herramientas comunes de análisis y de visualización de los SIG.

## **APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

En la mayoría de los sectores los SIG pueden ser utilizados como una herramienta de ayuda a la gestión y toma de decisiones, a continuación se describen brevemente algunas de sus aplicaciones principales:

### **Cartografía automatizada**

Las entidades públicas han implementado este componente de los SIG en la construcción y mantenimiento de planos digitales de cartografía. Dichos planos son puestos a disposición de las empresas a las que puedan resultar de utilidad

estos productos con la condición de que estas entidades se encargan posteriormente de proveer versiones actualizadas de manera periódica.

### **Infraestructura**

Algunos de los primeros sistemas SIG fueron utilizados por las empresas encargadas del desarrollo, mantenimiento y administración de redes de electricidad, gas, agua, teléfono, alcantarillado, etc.; en este caso, los sistemas SIG almacenan información alfanumérica de servicios relacionados con las distintas representaciones gráficas de los mismos. Estos sistemas almacenan información relativa a la conectividad de los elementos representados gráficamente, con el fin de realizar un análisis de redes.

La elaboración de mapas, así como la posibilidad de realizar una consulta combinada de información, ya sea gráfica o alfanumérica, son las funciones más comunes para estos sistemas, también son utilizados en trabajos de ingeniería, inventarios, planificación de redes, gestión de mantenimiento, entre otros.

### **Gestión territorial**

Son aplicaciones SIG dirigidas a la gestión de entidades territoriales y permiten un rápido acceso a la información gráfica y alfanumérica, y suministran herramientas para el análisis espacial de la información. Facilitan labores de mantenimiento de infraestructura, mobiliario urbano, etc., y permiten realizar una optimización en los trabajos de mantenimiento de empresas de servicios. Tienen la facilidad de generar documentos con información gráfica y alfanumérica.

### **Medio ambiente**

Son aplicaciones implementadas por instituciones de medio ambiente, que facilitan la evaluación del impacto ambiental en la ejecución de proyectos. Integrados con sistemas de adquisición de datos permiten el análisis en tiempo real de la concentración de contaminantes, a fin de tomar las precauciones y

medidas del caso. Facilitan una ayuda fundamental en trabajos tales como reforestación, explotaciones agrícolas, estudios de representatividad, caracterización de ecosistemas, estudios de fragmentación, estudios de especies, etc.

### **Equipamiento social**

Implementación de aplicaciones SIG dirigidas a la gestión de servicios de impacto social, tales como servicios sanitarios, centros escolares, hospitales, centros deportivos, culturales, lugares de concentración en casos de emergencias, centros de recreo, entre otros y suministran información sobre las sedes ya existentes en una determinada zona y ayudan en la planificación en cuanto a la localización de nuevos centros. Un buen diseño y una buena implementación de estos SIG aumentan la productividad al optimizar recursos, ya que permiten asignar de forma adecuada y precisa los centros de atención a usuarios cubriendo de forma eficiente la totalidad de la zona de influencia.

### **Recursos mineros**

El diseño de estos SIG facilitan el manejo de un gran volumen de información generada en varios años de explotación intensiva de un banco minero, suministrando funciones para la realización de análisis de elementos puntuales (sondeos o puntos topográficos), lineales (perfiles, tendido de electricidad), superficies (áreas de explotación) y volúmenes (capas geológicas). Facilitan herramientas de modelación de las capas o formaciones geológicas.

### **Ingeniería de Tránsito**

Sistemas de Información Geográfica utilizados para modelar la conducta del tráfico determinando patrones de circulación por una vía en función de las condiciones de tráfico y longitud. Asignando un costo a los o puntos en los que puede existir un semáforo, se puede obtener información muy útil relacionada con análisis de redes.

## **Demografía**

Se evidencian en este tipo de SIG un conjunto diverso de aplicaciones cuyo vínculo es la utilización de las variadas características demográficas, y en concreto su distribución espacial, para la toma de decisiones. Algunas de estas aplicaciones pueden ser: el análisis para la implantación de negocios o servicios públicos, zonificación electoral, etc. El origen de los datos regularmente corresponde a los censos poblacionales elaborados por alguna entidad gubernamental; para el caso de México el organismo encargado de la procuración de datos generales es el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, este grupo de aplicaciones no obligan a una elevada precisión, y en general, manejan escalas pequeñas.

## **GeoMarketing**

La base de datos de los clientes potenciales de determinado producto o servicio relacionada con la información geográfica resulta indispensable para planificar una adecuada campaña de marketing o el envío de correo promocional, se podrían diseñar rutas óptimas a seguir por comerciales, anuncios espectaculares, publicidad móvil, etc.

## **Banca**

Los bancos son buenos usuarios de los SIG debido a que requieren ubicar a sus clientes y planificar tanto sus campañas como la apertura de nuevas sucursales incluyendo información sobre las sucursales de la competencia.

## **Planimetría**

La planimetría tiene como objetivo la representación bidimensional del terreno proporcionándole al usuario la posibilidad de proyectar su trabajo sobre un papel o en pantalla sin haber estado antes en el sitio físico del proyecto. El fin de

la planimetría es que el usuario tenga un fácil acceso a la información del predio; por ejemplo, saber qué cantidad de terrenos desocupados se encuentran en el lugar, o qué cantidad de postes telefónicos necesita para ampliar su red, o qué cantidad de cable necesita para llegar hasta un cliente, o emplearlo en soluciones móviles, o utilizarlo como plataforma de archivos GIS. En otras palabras, permite el usuario visualizar de forma clara y con gran exactitud la información que se encuentra dentro de su proyecto. Existen distintos tipos de planimetría, que van de la más básica a la más completa. La elección del tipo de planimetría depende del tipo de información que el usuario vaya a necesitar para su proyecto.

### **Cartografía Digital 3D**

Este tipo de información tridimensional de construcciones civiles, es requerida para realizar, por ejemplo, la planeación de la cobertura de las ondas de radio en una población ubicando los rebotes de ondas radiales entre antenas, optimización de redes, ubicación de antenas, interferencias de radio frecuencia, tendido de líneas de transmisión en 3D; o en el caso de la planeación de un aeropuerto este modelado tridimensional permitiría realizar el estudio de los espacios aéreos que intervienen en el proceso de diseño referenciado, en su caso, la viabilidad técnica de su construcción.

Antes de dar una definición de SIG, quizás sería conveniente decir lo que no es un SIG y así proceder a su deslinde de disciplinas afines.

### **DIFERENCIAS: SIG - CAD**

Existe una cierta dificultad para fijar los límites de los SIG con respecto a otras herramientas informáticas, como el CAD, la cartografía automática, y los sistemas de tratamiento de imágenes de satélite. Todos ellos son anteriores en el tiempo a los SIG. Dado que los SIG han evolucionado a partir de estos sistemas, poseen muchos rasgos en común, pero también tienen rasgos diferenciales.

Los sistemas CAD (Computer Aided Design – Diseño Asistido por Computador) se basan en la computación gráfica, que se concentra en la

representación y el manejo de información visual. Los SIG requieren de un buen nivel de computación gráfica, pero un paquete exclusivo para manejo gráfico no es suficiente para ejecutar las tareas que requiere un SIG y no necesariamente un paquete gráfico constituye una buena base para desarrollar un SIG.

El manejo de la información espacial requiere una estructura diferente de la base de datos, mayor volumen de almacenamiento y tecnología de software que supere las capacidades funcionales gráficas ofrecidas por las soluciones CAD.

Los SIG y los CAD tienen elementos en común, dado que ambos manejan los contextos de referencia espacial y topología. Las diferencias consisten en el volumen y la diversidad de información, y la naturaleza especializada de los métodos de análisis presentes en un SIG. Estas diferencias pueden ser tan grandes, que un sistema eficiente para CAD puede no ser el apropiado para un SIG y viceversa.

Lo más característico de un SIG es su capacidad de análisis, de generar nueva información de un conjunto previo de datos mediante su manipulación y reelaboración. Por tanto, un SIG es bastante más que un sistema de diseño asistido por ordenador (CAD/CAM), y es por su capacidad de relacionar elementos gráficos (puntos, líneas, polígonos), que también son manejados por un sistema CAD/CAM, con los elementos de una base de datos temáticos, aspecto que falta en el CAD.

### **DIFERENCIAS: SIG - CARTOGRAFIA ASISTIDA POR ORDENADOR**

Tanto en la Geografía como en los SIG las observaciones son objetos situados en el espacio. Una cuestión importante es especificar cuáles son los componentes de esta situación espacial de un objeto geográfico. Existen dos aspectos: la localización geométrica o absoluta en relación a algún sistema de referencia exterior y las relaciones topológicas cualitativas que mantienen con otros objetos espaciales.

Se puede considerar que una diferencia clave entre un SIG y un programa de cartografía asistida por ordenador se halla en la información topológica incluida en la base de datos de un SIG, la que facilita desarrollar análisis y operaciones

complejas con los datos espaciales. Por el contrario, un programa de cartografía sólo emplea la referenciación absoluta para preparar los mapas.

La diferencia con los programas de cartografía asistida por ordenador estriban en su posibilidad de manejar más de un conjunto de elementos gráficos al mismo tiempo y, sobre todo, la capacidad de construir nuevos datos a partir de los ya existentes en las bases de datos

Un SIG debe estar en condiciones de manejar tanto las características espaciales de los objetos geográficos (la geometría o localización absoluta y la topología o relaciones cualitativas entre ellos) como los aspectos temáticos asociados a los objetos o unidades de observación.

Un SIG no es una instalación de Cartografía Asistida por Ordenador (CAO). La esencia de la CAO radica en que utiliza la potencia de proceso de la información que poseen los computadores para producir mapas. El resultado final es siempre el producto clásico, un documento cartográfico en papel o en otro tipo de soporte (digital, microfilm, película, transparente, etc.), aún cuando pueda ser tan sofisticado como el mapa “a la carta”, en el que el usuario selecciona la escala, proyección cartográfica, zona, simbología, información que desea, para obtener finalmente un documento trazado a la medida de sus necesidades.

En cambio, un SIG aplica las posibilidades de la informática a la tarea de consultar y analizar la información que puede contener un mapa, o conjunto de mapas, enriquecida en ocasiones con datos de procedencia diversa. El producto final, en este caso, es una respuesta que puede tomar la forma de un fichero, un listado, un dibujo en papel, un gráfico en pantalla, un disquete, etcétera.

Se puede decir que un SIG se comporta análogo a un individuo encerrado en un cajón con una colección de mapas y libros dedicado a contestar a un tipo de preguntas previamente acordado. En suma, en el caso de la CAO la acción que se implementa es hacer mapas y en el de los SIG consultarlos.

## **DIFERENCIAS: SIG – BASE DE DATOS**

Un SIG tampoco es una base de datos (BD). Una BD es un conjunto de datos compartidos e interrelacionados, diseñado para ser explotado de forma óptima por todas las aplicaciones que utiliza una organización.

Aún cuando es cierto que un SIG suele incluir una BD como núcleo principal, comprende más cosas, tales como programas de dibujo, utilidades gráficas, de cambio de proyección, de huso, procedimientos de comprobación, métodos de adquisición y tratamiento de datos, de corrección de errores... Mientras que el concepto de BD sólo abarca los datos y como mucho los programas que los mantienen y gestionan, la palabra SIG engloba también a las aplicaciones finales de que se dispone, al "hardware", al personal y a la organización. Un SIG es algo mucho más amplio que una BD.

La información geográfica es muy voluminosa en comparación con la que gestionan las bases de datos tradicionales. Esto origina unos problemas de gestión y organización muy específicos.

La información geográfica es básicamente ambigua; ¿quién puede saber con exactitud en una desembocadura dónde acaba el margen del río y comienza la costa? ¿A qué distancia de una ciudad ha de estar el cauce de un río para poder decir que realmente pasa por esa localidad? ¿Como se puede saber exactamente dónde acaba un bosque y comienza un terreno abierto con árboles diseminados?

### **DIFERENCIAS: SIG - TELEDETECCIÓN**

Los sistemas para el tratamiento de imágenes por satélite constituyen un campo cada vez más próximo al de los SIG, de manera que hoy la teledetección se considera como una fuente de información para alimentar los SIG. Estos sistemas están diseñados para tratar la información obtenida a partir de sensores remotos. Ponen un especial énfasis en las operaciones de clasificación de esos datos, pero sus capacidades de análisis suelen ser reducidas. Algunos de estos sistemas pueden conectarse a un SIG para la realización de posteriores análisis o incluso ambos sistemas pueden estar plenamente integrados en un mismo producto. Es importante la complementariedad de ambas tecnologías aunque se desarrollaran separadamente desde un principio.

## **DIFERENCIAS: SIG - MAPA**

Un SIG difiere de un mapa en varias formas. El mapa es una representación análoga de la superficie terrestre; el SIG almacena archivos espaciales en forma numérica. En el mapa muchos de los atributos del terreno son desplegados y almacenados simultáneamente mientras que un SIG guarda esas características separadas. Un mapa es estático y difícil de actualizar; en un SIG cada capa de datos puede ser fácilmente revisada. Un mapa es un producto final en si mismo mientras que el producto final de un análisis en un SIG puede ser un mapa o datos. Los mapas son algunos de los insumos y productos de un SIG; éste puede engrandecer considerablemente la versatilidad de datos "mapeados" con abundante técnicas de análisis y manipulación de datos.'

## **DEFINICIONES DE SIG**

Los SIG 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. Existen muchas definiciones de SIG, 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 referirse a un SIG como un sistema integrado para trabajar con información espacial, herramienta esencial para el análisis y toma de decisiones en muchas áreas vitales para el desarrollo nacional, incluyendo la relacionada con la infraestructura de un municipio, estado o incluso a nivel nacional.

No existe una definición consensuada de un Sistema de Información Geográfica (SIG) y precisamente dedicamos este apartado a razonar y concretar una definición que nos sea útil para seguir avanzando en su conocimiento. El término SIG ha sido definido de decenas de formas diferentes sin existir un consenso claro sobre cual es la más adecuada. Tiene varias acepciones y puede ser enfocado desde varios puntos de vista. Múltiples son las definiciones comúnmente aceptadas sobre lo que es un SIG, pudiéndose concebir éste, en un

primera aproximación, como mínimo bajo tres perspectivas (GOULD, 1992), de modo muy general: SIG como software o programa informático, SIG como proyecto y sistema de información orientado a fundamentalmente a la gestión o planificación territorial y SIG como campo o ambiente de trabajo de múltiples disciplinas profesionales orientado fundamentalmente al análisis espacial dentro de la Ordenación del Territorio.

“Es una estructura organizada de equipos, programas y procedimientos sistemáticos manejados por un grupo de especialistas para obtener, procesar, analizar y modelar información espacialmente referenciada y bases de datos masivas con el objeto de resolver problemas de planificación y gestión.”

“El Sistema de Información Geográfica (SIG) es un sistema de administración y procesamiento de información referenciada geográficamente. En sentido amplio un SIG incluye el conjunto de datos geográficos numéricos que caracterizan a una región y el programa que las procesa.” (Camris, 1999:1)

“Un conjunto manual o computacional de procedimientos utilizados para almacenar y manipular Datos georeferenciados” (Aronoff, 1989).

“Conjunto poderoso de herramientas para coleccionar, almacenar, recuperar, transformar y visualizar datos sobre el mundo real” (Burrough, 1986)

“Un sistema de soporte a la decisión que integra datos referenciados espacialmente, en un ambiente de respuestas a problemas” (Cowen, 1988)

“Un banco de datos indexados espacialmente, sobre el cual opera un conjunto de procedimientos para responder a consultas sobre entidades espaciales” (Smith et al., 1987)

“Un Sistema de Información Geográfica (SIG), también conocido por sus siglas en inglés como GIS (Geographic Information System), es una herramienta de trabajo constituida por una serie de equipos de cómputo hardware

(computadora, impresora, scanner, etc.) y programas de computación especializados (i.e. ArcView), que se utiliza para coleccionar, organizar, actualizar, diseminar, visualizar y analizar diferentes series de datos (o juegos de datos) que comparten un mismo dominio geográfico”

“Un Sistema para capturar, chequear, manipular, analizar, y mostrar datos que están espacialmente referenciados a la Tierra” (Departamento de Medio Ambiente, U.K.)

“Cualquier conjunto de procedimientos manuales o informáticos, usado para almacenar y manipular datos geográficos referenciados” (Aronof, 1989).

“Un poderoso conjunto de herramientas para recoger, almacenar, recuperar, transformar, y mostrar datos espaciales del mundo real” (Burrough, 1988).

“Base de datos computarizada que contiene información espacial” (Cebrián, 1986).

“Una tecnología aplicada a resolución de problemas territoriales” Bosque Sendra, 1992).

“Un conjunto de equipos informáticos, de programas, de datos geográficos y técnicos organizados para recoger, almacenar, actualizar, manipular, analizar y presentar eficientemente todas las formas de información georeferenciada. Un sistema informático para almacenar y utilizar datos referentes a lugares de la superficie terrestre” (ESRI, 1992).

“Un sistema de apoyo a la toma de decisiones que conlleva la integración de datos espacialmente referenciados en un entorno de solución de problemas” (Cowen, 1988).

Un SIG se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos.

Aunque al leer algunas definiciones de los Sistemas de Información Geográfica se puede pensar que es algo muy complejo, en realidad resulta sencillo de comprender si se percibe a un SIG como un programa de cómputo, un software con funciones específicas. En este sentido un SIG es igual que una hoja de cálculo o un procesador de textos, solo que para el caso de los SIG se tienen programas como Arcinfo, Geomedia o Arcview.

En términos prácticos, la función principal de este software es contar con cartografía con bases de datos asociadas, con la misión principal de resolver problemas espaciales o territoriales; es decir, un programa que permita manejar conjuntamente la cartografía y las bases de datos alfanuméricas asociadas.

Otras definiciones más académicas hacen hincapié en el SIG como disciplina o ciencia aplicada, incluyen en su formulación no solo al software sino también el hardware, equipo técnico y filosofía de trabajo integrándolo todo de una forma global. Una de las más citadas es la del National Center for Geographic Information and Analysis, N.C.G.I.A.: "un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión".

Se puede extraer que la importancia de los SIG radica en que las soluciones para muchos problemas frecuentemente requieren acceso a varios tipos de información que sólo pueden ser relacionadas por geografía o distribución espacial. Sólo la tecnología SIG permite almacenar y manipular información usando geografía para analizar patrones, relaciones y tendencias en la información, todo tendiente a contribuir a tomar mejores decisiones.

## COMPONENTES DE UN SIG

1. Hardware
2. Software
3. Información
4. Personal
5. Métodos

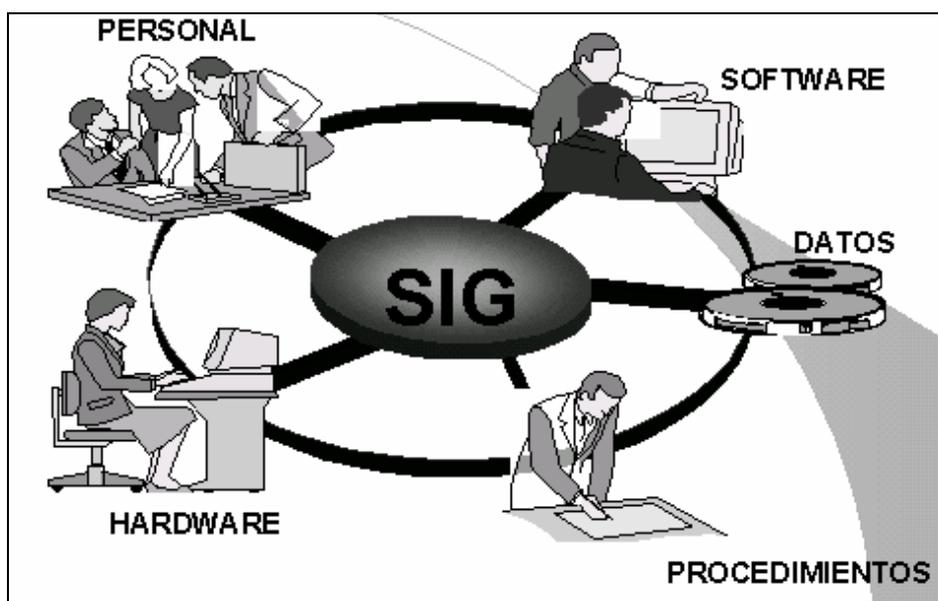


Figura 1: Componentes de un SIG

### 1. Hardware

El computador es una maquina que procesa y maneja información, para ello necesita codificarla, es decir, representarla en símbolos entendidos por la maquina. Este Código se basa en el sistema binario, el bit constituye el elemento fundamental, solo tiene dos estados posibles: 1 o 0. La utilización simultanea de 8 bits se denomina byte, por lo cual el numero de variantes es  $2^8$ , es decir 256 posibilidades. Asignando a cada una de ellas un carácter único, se ha establecido un código, como por ejemplo el código ASCII.

### Componentes Físicos

- Unidad Central de proceso (CPU): formada por un procesador electrónico, una memoria de acceso rápido, y por un canal de comunicación entre ellos y también entre los periféricos.
- Discos y otros dispositivos de almacenamiento: discos duros, discos Floppy (3,5”), Unidad DVD, CD ROM, entre otros.
- Periféricos de entrada: Monitor (pantalla), teclado, mouse (ratón o apuntador electrónico), Mesas Digitalizadoras (tabletas digitalizadoras), barredor óptico (scanner).
- Periféricos de salida: Pantalla, impresoras, plotters (trazador).

El hardware es la máquina donde físicamente se ejecuta el SIG. El desarrollo inicial requería máquinas con alto poder de procesamiento.

Los SIG corren en un amplio rango de tipos de computadoras desde equipos centralizados hasta configuraciones individuales o de red, una organización requiere de hardware suficientemente específico para cumplir con las necesidades de aplicación.

La capacidad del hardware afecta la velocidad del procesamiento y la facilidad de uso en las tareas de un Sistema de Información Geográfica (SIG). En la actualidad una máquina de escritorio moderna y normal posee la potencialidad suficiente para ejecutar un SIG lo cual hace más sencillo su manejo.

## 2. Software

El software de un Sistema de Información Geográfica (SIG) debe tener herramientas y funcionalidades para poder ubicar gráficamente elementos cartográficos, que puedan ser consultados a través de una base de datos asociados a estos, poder manipularlos, ejecutar análisis y permitir la generación de mapas

Los componentes principales del software SIG son:

- Sistema de manejo de base de datos.
- Una interfase grafica 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.

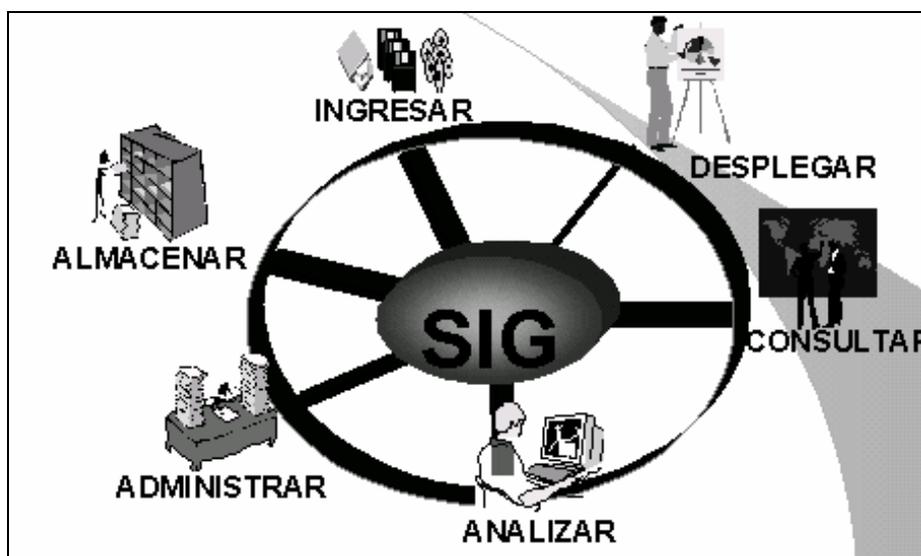


Figura 2: Funciones del software SIG

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

### **Arc/Info - ArcGis**

Es un Sistema de Información Geográfica (SIG) profesional, que permite automatizar, modificar, manejar, analizar, y desplegar datos geográficos. Basado sobre un diseño georelacional. Arc/Info provee cientos de herramientas con funciones sofisticadas para el procesamiento de datos geográficos.

### **Arcview**

Es el Sistema de Información Geográfica (SIG) de escritorio más popular del mundo y considerado un software de Mapeo, consulta y análisis estadístico.

Permite de manera sencilla la generación de mapas y análisis espaciales tan simples o complejos como el usuario los determine. Es muy fácil de aprender. El ArcView tiene extensiones o módulos adicionales que permiten análisis geográficos mas poderosos corriendo estos sobre computadoras de escritorio.

Las extensiones de ArcView permiten incrementar las capacidades de análisis de un (SIG) y algunas de estas son las siguientes:

ArcView Network Analyst. - Análisis de redes

ArcView Spatial Analyst.- Integra información vector/ráster que puede ser procesada para generar Modelos Digitales de Elevación (DEM), con esta extensión permite el análisis de pendientes, visualizar zonas erosionadas.

ArcView 3D Analyst.- Permite el despliegue y análisis sobre superficies en tres dimensiones, para proyectos donde podamos visualizar y analizar el subsuelo para determinar niveles freáticos, contaminación de mantos acuíferos, y a su vez visualizar y analizar lo que hay en la superficie o sobre de de ella.

ArcView Tracking Analyst.- Para análisis y despliegue de datos geográficos en movimiento en tiempo real, como puede ser la trayectoria de la migración de algunas especies.

### **3. Información**

El componente más importante para un SIG es la información. Se requiere de adecuados datos de soporte para que el SIG pueda resolver los problemas y contestar a preguntas de la forma mas acertada posible. La consecución de datos correctos generalmente absorbe entre un 60 y 80% del presupuesto de implementación del SIG, 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 tabulares pueden ser adquiridos por quien implementa el sistema de información, así como por terceros. El sistema de información geográfico integra los datos espaciales con otros recursos de datos y puede incluso usar manejadores de base de datos comunes para manejar la información geográfica, tales como Excel, MySql u Oracle.

Es importante considerar la disponibilidad de datos y confiabilidad o veracidad de ellos.- Esto afecta los resultados de cualquier consulta o análisis ya que el contar con información no verídica o carecer de ella puede ocasionar la toma de decisiones erróneas.

Se puede estimar que el costo de adquisición y mantenimiento de la información es aproximadamente del 80% (el costo de los equipos físicos y lógicos no suelen superar el 20%) y ello es debido, principalmente, a dos causas:

La información básica para el sistema, en especial la información cartográfica, es costosa de obtener. Esta tendencia cambiará en el futuro, puesto que cada vez son más los organismos públicos que ceden o comercializan datos al igual que ciertas empresas privadas.

La depuración y mantenimiento de la información es igualmente costosa.

Por la importancia de este tema, se ampliará en un capítulo independiente.

#### **4. Personal – Usuarios**

Las tecnologías SIG son de valor limitado si no se cuenta con los especialistas en manejar el sistema y desarrollar planes de implementación del mismo. Sin el personal experto en su desarrollo, la información se desactualiza y se maneja erróneamente, el hardware y el software no se manipula en todo su potencial.

La tecnología de los SIG está limitada si no se cuenta con el personal que opera, desarrolla y administra el sistema; Y que establece planes para aplicarlo en problemas del mundo real.

Clasificación de los usuarios de acuerdo con sus necesidades y conocimientos del sistema. Hay tres grupos claramente identificables:

- Técnicos, son los encargados de la captura cartográfica, el modelado y análisis. Es el usuario más sofisticado y con un profundo conocimiento del tema y el sistema
- Usuarios, son aquellas personas que requieren del sistema para consultas. Su interés principal está en la información, su calidad, presentación y accesibilidad.

- Visualizadores, esas personas son usuarias de productos finales tales como reportes, mapas o informes que usan para la toma de decisiones.

Se estima que la relación entre estas personas es de 1:10:100, o sea que por cada técnico hay 10 usuarios y 100 visualizadores. De ahí la importancia en facilitar la interfase a estos últimos dos grupos.

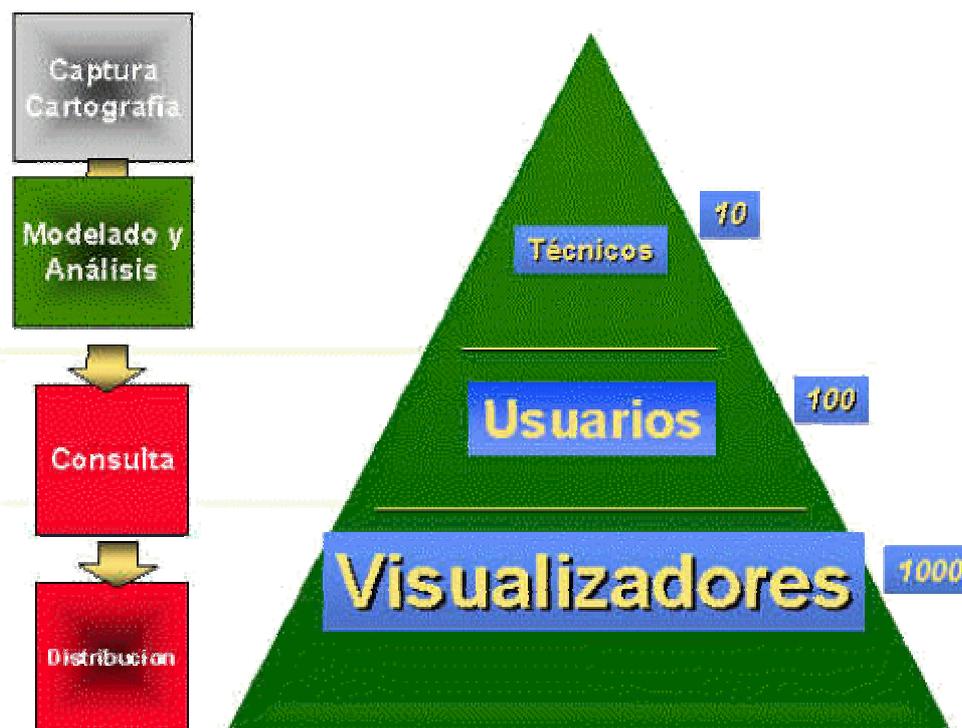


Figura 3: Participantes SIG

### Capacitación de los usuarios

Toda metodología de implementación de un SIG debe incluir al usuario como factor central. Esta importancia dada al usuario está basada en el hecho de que son ellos los encargados de elaborar las soluciones y aportar la componente de creatividad.

El proceso de modernización debe incluir a todos los usuarios a través de la incorporación a un programa de capacitación especialmente diseñado de acuerdo al rol que tendrán dentro del SIG.

Dentro del proceso de implementación, implantación, mantención y explotación de un SIG existen un número considerable de tareas por ejecutar. Cada una de estas tareas debe ser realizada por el personal indicado y con la capacitación adecuada. Por este motivo el diseño del programa de capacitación debe considerar a los usuarios según las funciones que van a realizar y según el nivel de responsabilidad que tendrán.

- En la etapa de implementación se debe considerar un proceso de capacitación orientado a la preparación de la cartografía base, digitalización, corrección, codificación e integración de la base de datos. Este grupo de producción puede incluir a cualquier usuario que haya recibido la adecuada capacitación.

- La etapa de implantación requiere que se capaciten a usuarios que un nivel intermedio de responsabilidad (jefes de unidad o departamento) para que coordinen y supervisen el armado y generación de la base de datos. Estos usuarios deben controlar los ingresos y egresos de la información así como los cambios administrativos necesarios para facilitar la asimilación de la nueva tecnología.

- La etapa de mantención agrupa a los usuarios con mayor capacidad que han participado del grupo de implementación. Estos usuarios deben coordinar, orientar y ejecutar todos los procedimientos de actualización e ingreso de nuevos datos.

- La etapa de explotación incluye al mayor número de usuarios a nivel institucional pues su objetivo es habilitar el uso de las nuevas herramientas en el mayor número posible de aplicaciones. Estos usuarios deben ser capacitados en los procedimientos de análisis espacial, elaboración de cartografía aplicada, cartografía temática, etc.

## **5. Métodos – Procedimientos**

Para que un SIG tenga una implementación exitosa debe basarse en un buen diseño y reglas de actividad definidas, que son los modelos y prácticas operativas exclusivas en cada organización.

Son el orden en que se quieren obtener los resultados en un Sistema de Información Geográfica (SIG); los pasos a seguir para el desarrollo de un proyecto.

Un SIG opera mediante un plan bien diseñado y con reglas definidas por el negocio. El modelo plasma las prácticas operativas propias de cada organización, debe existir un modelo de la realidad que representar.

## FUNCIONES DE LOS SIG

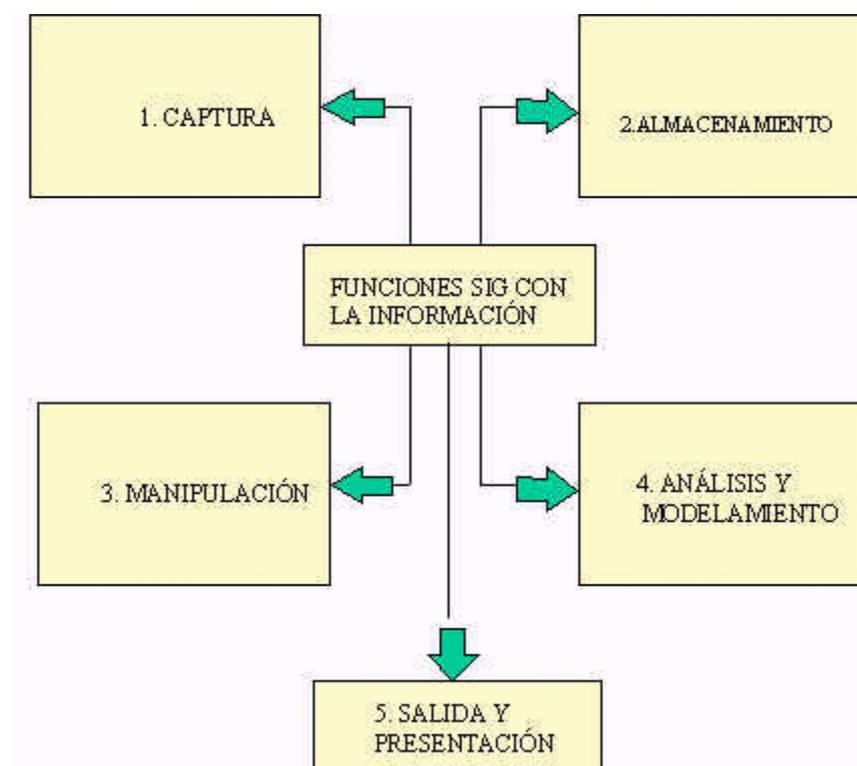


Figura 4: Funciones SIG

Un SIG permite resolver una variedad de problemas del mundo real. El SIG puede manipularse para resolver los problemas usando varias técnicas de entrada de datos, análisis y resultados.

### 1. Captura - Entrada de Datos

El ingreso de datos se refiere a todas las operaciones por medio de las cuales los datos espaciales de mapas, sensores remotos y otras fuentes son

convertidos a un formato digital. Entre los diferentes dispositivos comúnmente utilizados para esta operación están los teclados, digitalizadores, barredores electrónicos, CCTS, y terminales interactivos o unidades de despliegue visual (VDU). Dado su costo relativamente bajo, eficiencia, y facilidad de operación, la digitización es la mejor opción de ingreso de datos para los fines de planificación del desarrollo.

Se deben ingresar dos tipos diferentes de datos al SIG: referencias geográficas y atributos. Los datos de referencias geográficas son las coordenadas (sea en términos de latitud y longitud o columnas y líneas) que fijan la ubicación de la información que se está ingresando. Los datos de atributos asignan un código numérico a cada casilla o conjunto de coordenadas y a cada variable, sea para representar los valores actuales (p.e., 200 mm de precipitación, 1.250 metros de elevación) o para connotar tipos de datos categóricos (usos del terreno, tipo de vegetación, etc.). La rutina de ingreso de datos requiere una cantidad considerable de tiempo, ya sea el ingreso manual con teclado, digitalización, o por barrido electrónico.

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) provee métodos para poder ingresar información geográfica y datos tabulares a una computadora, algunos métodos son los siguientes:

En mapas de papel que pueden ser digitalizados por medio de tableta.

Mapas escaneados

Conversión de archivos en formato ASCII

Conversión de datos digitales desde otro tipo de formatos.

Bajar datos desde cintas y CD-ROMs

Obtener copias digitales desde otros departamentos o agencias

## **2. Almacenamiento de datos**

Almacenamiento de datos se refiere al modo como los datos espaciales son estructurados y organizados dentro del SIG, de acuerdo a la ubicación, interrelación, y diseño de atributos. Las computadoras permiten que se almacenen gran cantidad de datos, sea en el disco duro de la computadora o en diskettes portátiles.

### **3. Manipulación**

El proceso de manipulación puede ser desde una simple sobreposición de dos o más mapas, hasta una extracción compleja de elementos de información dispares, de una gran variedad de fuentes.

Es decir un (SIG) puede contar con numerosas operaciones espaciales. Los siguientes son algunos ejemplos:

Adyacencia entre los elementos de un mapa.

Generación de zonas de buffer (áreas con determinado tipo de especies de flora y fauna)

Identificación de zonas con cierto tipo de recurso natural.

### **4. Análisis de datos**

El procesamiento de datos se hace para obtener información útil de los datos previamente ingresados al sistema. La manipulación de datos abarca dos tipos de operaciones: (1) operaciones para eliminar errores y actualizar conjuntos de datos actuales (editar); y (2) operaciones que hacen uso de técnicas analíticas para dar respuesta a preguntas específicas formuladas por el usuario.

### **5. Salida y Presentación de datos (Producción de datos)**

La producción de datos se refiere a la exhibición o presentación de datos empleando formatos comúnmente utilizados incluyendo mapas, gráficos, informes, tablas y cartas, sea en forma impresa o como imagen en pantalla, o como un archivo de textos trasladables a otros programas de cómputo para mayor análisis

Se pueden nombrar otras aplicaciones de tipo general dentro de las muchas posibilidades que suministra un SIG.

## METADATOS - INFRAESTRUCTURAS DE DATOS

### INTRODUCCIÓN

Una tendencia reciente que ha sido generada como uno de los frutos de a globalización, lo constituyen los procesos de configuración de mecanismos para compartir información espacial a nivel mundial.

Entre los elementos mas importantes que se requieren para este propósito figuran

- **METADATOS**: Una descripción de la información espacial disponible.
- **INFRAESTRUCTURAS DE DATOS**: Un sistema de estándares, elementos técnicos y procesos para clasificar, buscar, compilar y distribuir la información espacial
- **GISWEB**: Una tecnología de software y redes que permite el despliegue y manipulación de la información espacial disponible en la red.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo asignó suma importancia a la globalización de la información espacial de recursos naturales en favor de la óptima planificación y adecuado manejo en pro del desarrollo sustentable.

### METADATOS

En la mayoría de los proyectos, la elaboración de metadatos no se contempla como una de las actividades del proyecto y por lo tanto su uso no es una práctica común entre las instituciones que generan o utilizan datos geospaciales . La elaboración de metadatos permite mejorar el intercambio de información entre instituciones y usuarios y a la vez reducir costos por concepto de duplicación de bases de datos existentes y por lo tanto deben considerarse como un componente integral de un Sistema Integrado de Información Geográfica (SIIG). Los metadatos son un elemento dinámico que puede ser utilizado por la institución como un medio para mantener registros

actualizados de sus datos y a la vez facilitar la transferencia de archivos entre usuarios y clientes.

## QUÉ SON METADATOS

Definición: Metadatos indica “datos sobre los datos”, los que describen el contenido, calidad, condición y otras características de los datos. Los Metadatos ayudan a los potenciales interesados a ubicar y entender las principales características de los datos, sin necesidad de transferirlos.

En su forma más simple metadatos es información sobre los datos que utilizamos o generamos en nuestro Sistema Integrado de Información Geográfica.

El contenido de los estándares para metadatos geoespaciales fue diseñado para documentar los conjuntos de datos geoespaciales.

Los estándares para metadatos documentan las características o propiedades de los datos. De esta manera los usuarios pueden determinar su grado de apropiabilidad para los requerimientos de su proyecto.

Los Metadatos preparados adecuadamente permiten ayudar a la preservación de las inversiones en datos realizadas por la organización. Como el personal cambia, asciende o se retira, y el tiempo pasa, la información sobre los datos de la organización se perderá, y por lo tanto los datos mismos también perderán su valor. Los usuarios que vengan posteriormente (tanto dentro como fuera de la empresa u organización) van a entender poco sobre los contenidos y posibilidades de uso de los datos (digitales o no) y por lo tanto no garantizarán ni creerán demasiado en los resultados que pudieran obtenerse procesando esa información. La existencia de registros completos en metadatos sobre el contenido y error de los datos dará más confianza sobre los mismos e impulsará un mayor uso de esa información. Estas descripciones incluso permitirán proteger a la organización en caso de conflictos por uso equivocado de los datos.

Las aplicaciones de SIG usualmente requieren muchas capas temáticas. Pocas organizaciones pueden encarar la creación o recolección de todos los datos que requieren. Usualmente los datos creados por una

organización suelen ser útiles también para otras. Mediante la creación de metadatos, y haciéndolos visibles a través de catálogos, se permite que las organizaciones encuentren los datos a usar, así como a potenciales socios que puedan compartir los costos de recolección de la información y de su mantenimiento, así como la custodia de los mismos. El mecanismo propuesto internacionalmente es el de intercambio de metadatos utilizando la Internet.

Los metadatos deberían acompañar la transferencia de los datos mismos. Los metadatos permitirán a la organización que recibe los datos el interpretarlos y procesarlos, incorporar esos datos a su acervo así como actualizar sus propios registros de datos.

## OBJETIVOS DE LOS METADATOS

Un metadato geográfico pretende describir datos espaciales con respuestas al quién, qué, cuándo, dónde, porqué y cómo de éstos datos. Esta información debe trascender para mejorar especialmente los siguientes aspectos:

- **Reconocer la Disponibilidad:** facilitar al usuario la identificación de la información existente sobre un documento con datos espaciales.
- **Identificar el Uso de los datos:** facilitar al usuario reconocer si el conjunto de datos se ajusta a un requerimiento específico.
- **Facilitar el Acceso:** informar sobre la ubicación, tamaño, formato, medio, precio y restricciones de uso con el fin de identificar y adquirir un grupo de datos.
- **Facilitar la Transferencia:** brindar la información necesaria para utilizar, procesar e intercambiar un conjunto de datos espaciales.

### Los estándares y su importancia

Los estándares se han definido para determinar qué debe documentarse de la base de datos, proveen una terminología común y un conjunto de definiciones para la documentación de los datos geoespaciales.

El estándar especifica contenido de información, pero no como organizar esa información en un sistema de computadora o al realizar una transferencia de datos, o como transmitir, comunicar o presentar la información a un usuario. Hay varias razones para justificar esta decisión:

Existen muchas maneras para organizar los metadatos en una computadora. Ellas incluyen el incorporarla como parte de un Sistema de Información Geográfica, en una base de datos separada, o como un archivo de texto simple. Las diferentes organizaciones pueden elegir la mejor solución de acuerdo a su estrategia de manejo de datos, presupuesto así como otros factores técnicos e institucionales.

Existen muchos estándares y formatos con los que se transfieren tanto los datos espaciales como la información asociada. Algunos incluyen mecanismos para transferir los metadatos, y otros no. Las decisiones sobre como adjuntar los metadatos en una transferencia deben ser realizadas por la organización que mantiene esos estándares y formatos.

También existen muchas formas para transmitir, comunicar y presentar los metadatos. Los diferentes elementos de los metadatos serán asignados por diferentes usuarios, o por un mismo usuario para diferentes tareas. La Internet y otras tecnologías están provocando un cambio muy rápido en los mecanismos para proveer información. Muchos usuarios continúan y continuarán prefiriendo recibir metadatos en un medio físico como el papel. El estándar permite que los productores de información usen las técnicas y formatos que mejor se ajustan a sus necesidades y las de sus usuarios.

## ESTRUCTURA DE LOS METADATOS

Los metadatos pueden ser **mínimos o detallados** según el nivel de información que brinden de un conjunto de datos documentado.

El **METADATO DETALLADO** se compone de nueve (9) secciones. 7 de estas son secciones independientes y las dos restantes son secciones de soporte que cobijan elementos comunes de las 7 básicas.

El **METADATO MÍNIMO** se restringe sólo a los componentes mas importantes e involucra sólo tres secciones del detallado con algunos de sus elementos: identificación, calidad y distribución.

**Amarillo:** Secciones Obligatorias

**Verde:** secciones condicionales

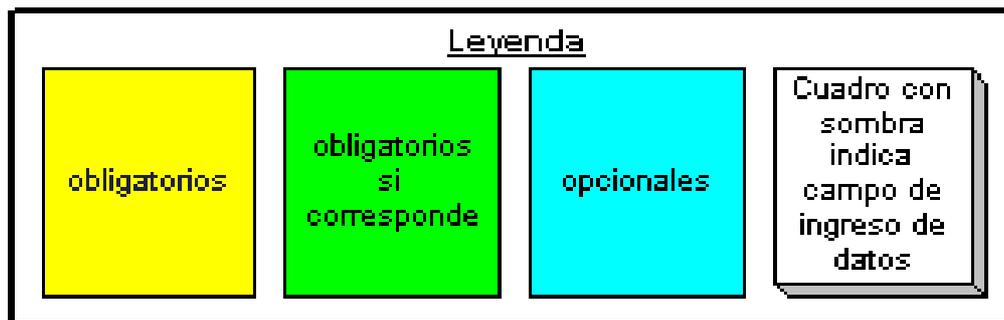


Figura 5: Leyenda en Metadatos, los colores indican las características de los datos ya sean estos obligatorios o no u opcionales, esto se aplica a todas las figuras a continuación

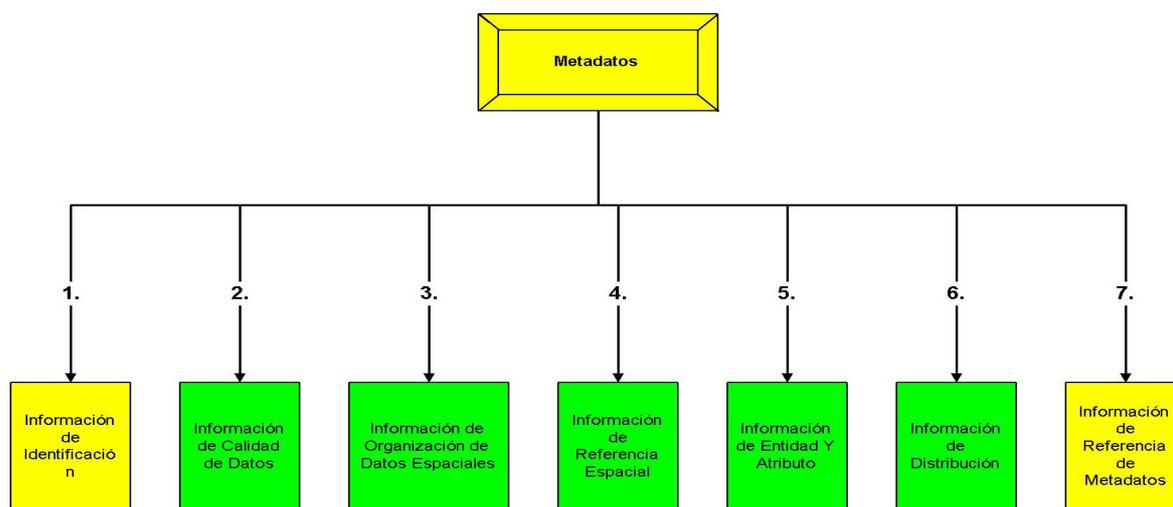


Figura 6: Representación Gráfica del estándar de contenido de metadatos geospaciales digitales.

Los estándares del Comité Federal de Datos Geográficos (FGDC) de los Estados Unidos recomienda documentar los siguientes elementos de cada base de datos:

## 1. Información sobre la identificación de los datos

Aquí se incluye la información básica sobre el conjunto de datos. Los elementos a documentar son:

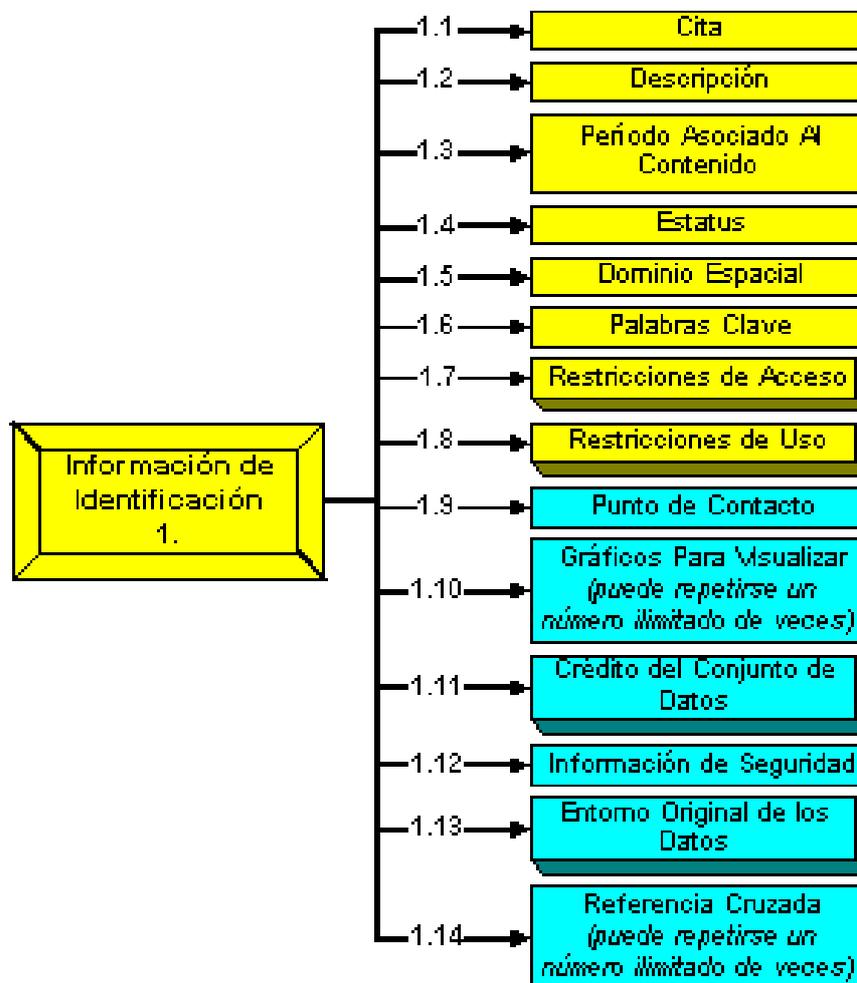


Figura 7: Información sobre la identificación de los datos

Título: Nombre del conjunto de datos o del mapa/imagen.

Descripción de los datos: Resumen que indica el propósito o uso para el cual fue elaborado el set de datos.

Temporalidad de los datos: Fecha en que fue elaborado el set de datos.

Estatus de los datos: Situación actual de los datos.

Área geográfica: Cobertura espacial de la base de datos.

Palabras claves: Descriptores que caractericen al dato o base de datos

Normas para obtener y utilizar los datos: Indicar cómo se puede obtener una copia de la base de datos y cuáles son las condiciones que regulan su uso.

Contacto: Dirección física y electrónica de la persona que puede proveer acceso a los datos, incluyendo horas de oficina.

Fecha y nombre de la persona que elaboró los metadatos. Indicar la fecha y la persona responsable por elaborar la descripción del set de datos.

## 2. Información sobre la calidad de los datos

Aquí se ofrece al usuario de los datos el resultado de las pruebas o procedimientos utilizados para evaluar la calidad de los datos. Los elementos a documentar son:

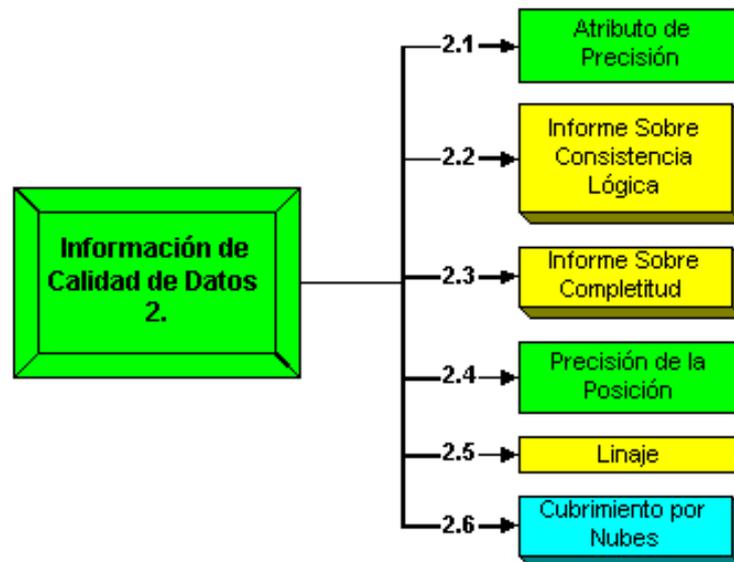


Figura 8: Información sobre la calidad de los datos

Exactitud horizontal y vertical (X,Y,Z): Se brinda información sobre los errores esperados en X,Y y Z en la base de datos. Frecuentemente se cita la raíz del error medio cuadrático (RMS) como indicador de la exactitud de la base de datos. También se brinda el valor utilizado como tolerancia difusa (fuzzy tolerance) para definir la resolución entre coordenadas; el valor que define la distancia mínima entre vértices (weeding) y la precisión utilizada para almacenar las coordenadas.

Exactitud en los atributos: Se indica el método utilizado para verificar que el etiquetado de los atributos es correcto.

Veracidad: Se documenta la veracidad (reflejo de la realidad) de la información en la base de datos. Este es un indicador de la calidad de los mapas originales y de las escalas a partir de las cuales fueron digitados los datos. Por ejemplo, algunos elementos pueden haber sido generalizados o eliminados en el mapa original debido a la escala utilizada o a restricciones de legibilidad.

Consistencia lógica: Identifica elementos con códigos ilógicos o erróneos en la base de datos mediante la combinación de un ítem múltiple. Por ejemplo, clase de capacidad de uso de la tierra I con una pendiente de 80%. El reporte de consistencia lógica describe la fidelidad entre los elementos en la base de datos y las pruebas realizadas.

Totalidad de los elementos que conforman el geodato: Se debe documentar el método utilizado para verificar que la totalidad de los elementos que conforman la capa de datos forman parte del archivo digital. Por ejemplo, si en la realidad existen 50 parcelas en la base de datos deben existir 50 registros.

Fuentes de información: Se describe de donde se obtuvo la información para crear la base de datos; se indica la resolución de los elementos gráficos y/o las escalas utilizadas; así como la fecha de creación de los datos originales y sus actualizaciones.

Métodos utilizados para crear los datos: Se describen los principales pasos utilizados para crear la base de datos. Por ejemplo, se pueden mencionar los comandos utilizados para elaborar la base de datos.

Descripción de los ajustes aplicados a la ubicación de los elementos en la base de datos. Por ejemplo, transformación de coordenadas, ajuste geométrico utilizando ubicaciones con mayor exactitud que el mapa original, registro geométrico de datos originales, etc.

### **3. Información de Organización de Datos GeoEspaciales**

Se describe la estructura de datos utilizada para representar la información espacial en el conjunto de datos.

Se presenta información sobre los mecanismos utilizados para representar la información espacial en el set de datos. Los elementos a documentar son:

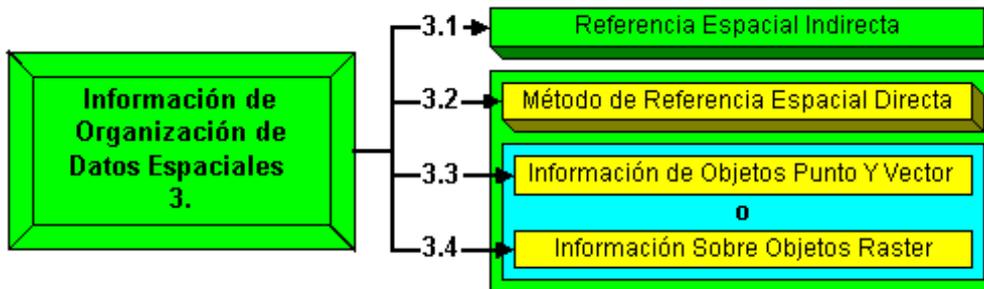


Figura 9: Información de Organización de Datos GeoEspaciales

Métodos utilizados para representar la ubicación espacial de los elementos en forma directa. Por ejemplo, estructura ráster ó vectorial.

Métodos utilizados para representar la ubicación espacial de los elementos en forma indirecta. Por ejemplo dirección por calles y avenidas o códigos de distritos.

Número de elementos espaciales en el set de datos. Tabla que indica el número de puntos, líneas y polígonos.

#### 4. Información sobre el sistema de coordenadas utilizado (Referencia geoespacial)

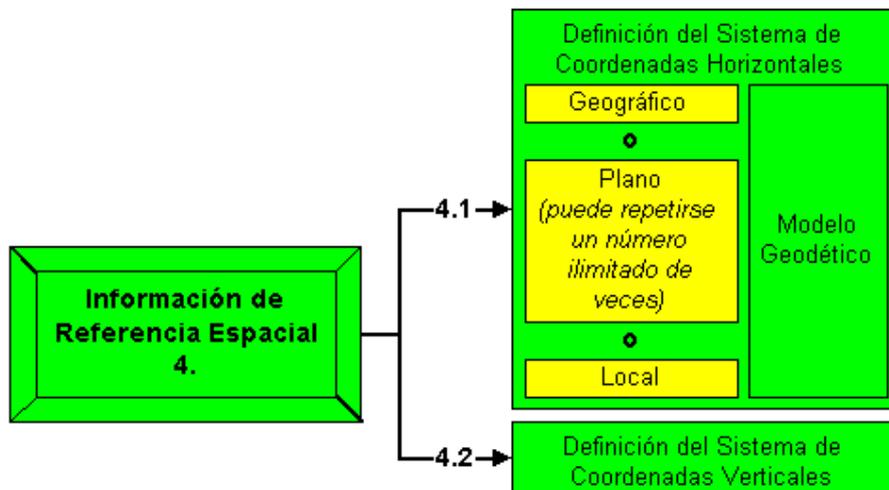


Figura 10: Información sobre el sistema de coordenadas

Se debe brindar una descripción del marco de referencia y de los medios utilizados para codificar las coordenadas en el set de datos. Los aspectos a documentar son:

Sistema de coordenadas utilizado:

Geográfico (latitud, longitud)

Plano: indicar parámetros de la proyección

Dátum horizontal y Dátum vertical

Resolución del sistema de coordenadas utilizado

## 5. Información sobre las entidades y sus atributos

En esta sección se provee información sobre las entidades y atributos que contiene el set de datos, incluyendo el dominio a partir del cual los valores de los atributos son asignados. Algunos aspectos a documentar son:

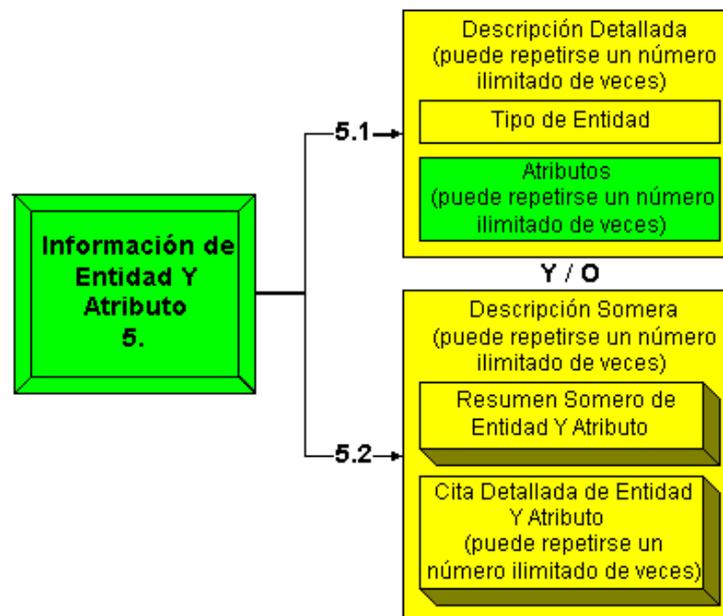


Figura 11: Información sobre las entidades y sus atributos

Nombre y definición de los elementos en el set de datos. Por ejemplo definición de puntos, líneas, arcos y polígonos.

Nombre y definición de los atributos. Diccionario de los datos utilizados en las tablas de atributos.

Dominio de los campos en la base de datos: Nombre y definición de los valores que pueden tomar los atributos.

Fuente de información de los atributos. Se indica de donde se tomaron los valores o códigos de los atributos utilizados en el set de datos. En caso de que no sean generados por el autor del set de datos, se indica la fuente de información.

## 6. Información sobre la distribución de los datos

Aquí se indica cómo obtener una copia del set de datos. Algunos elementos a documentar son:

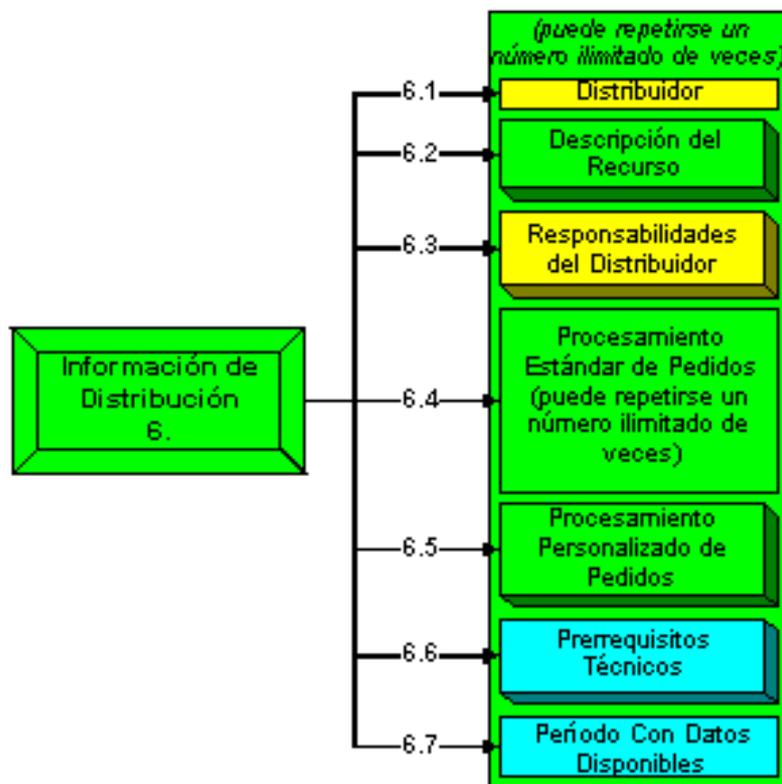


Figura 12: Información sobre la distribución de los datos

Persona a contactar: Nombre y dirección física y electrónica.

Formatos disponibles: Información sobre cómo obtener los datos; por ejemplo en línea vía Internet o por un medio físico (Ej. CD, cinta de 8mm, etc.)

Costo de la información: En caso de que la información no sea gratuita debe indicarse el costo y cómo debe cancelarse el valor de los datos o del servicio. En algunos casos sólo se cobra por el servicio y no por los datos, esto debe quedar claro al usuario.

Derechos de autor y propiedad intelectual: El autor de los datos o la institución debe indicar claramente cómo deben citarse. También debe quedar claro que se autoriza el uso de los datos, pero no se transfiere su propiedad y que por lo tanto la institución o el individuo que los generó retienen su propiedad sobre los mismos.

## **7. Información de referencia sobre los metadatos**

Esta sección contiene información sobre diferentes aspectos de los metadatos tales como su fecha de creación, actualizaciones, seguridad, restricciones de uso y la persona responsable por ellos.

Fecha: fecha de creación de los metadatos

Fecha de última revisión: Puede ser igual a la fecha de creación.

Fecha de futura revisión: En caso de no estar prevista; indicar —no programada—

Condiciones de uso/restricciones para el uso de datos: Indicar si los datos son de acceso restringido, libres, con ó sin derecho de reproducción, etc.

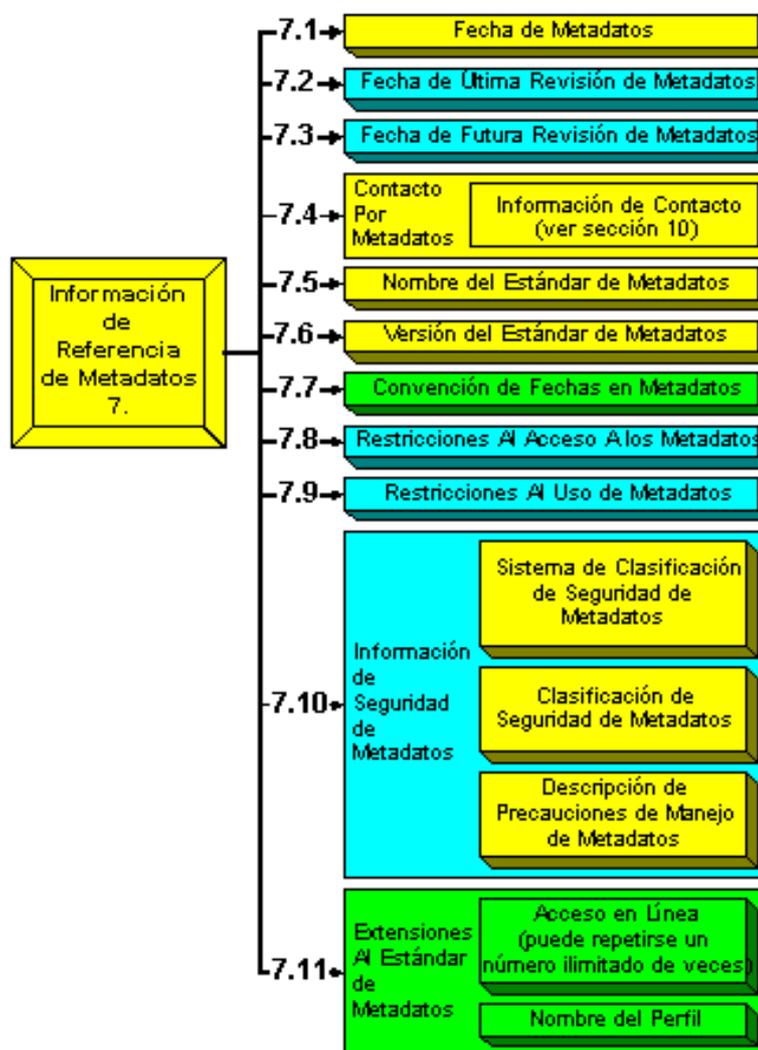


Figura 13: Información de referencia sobre los metadatos

## METADATOS EN LÍNEA: UTILIZANDO INTERNET

La forma más fácil y eficiente de asegurarse el acceso a la meta información por parte de los potenciales usuarios de la base de datos es mediante el uso de Internet. El archivo de metadatos puede publicarse como un HTML o un archivo PDF de Adobe; estos archivos pueden visualizarse utilizando programas tales como Netscape o Explorer. Para aquellos sitios con abundantes bases de datos pueden crear un índice basado en áreas temáticas, ubicación espacial o proyectos. Los hipervínculos en los archivos HTML o PDF permiten fácilmente guiar al usuario hasta la información que necesita.

La tendencia en los SIG hoy en día se inclina al uso de información geográfica en Internet. Desde fines de los 90's se han generado poco a poco una serie de técnicas y de software para visualizar, consultar y/o operar mapas y modelos SIG en la red.

Hoy en día existen actualmente modalidades en las que se puede encontrar información geográfica en el Web, entre las que tenemos: Mapas estáticos, mapas interactivos y SIGWEB o plataformas de verdaderos SIG on-line.

A los interesados en la última versión de los estándares para elaborar metadatos visitar a <http://www.fgdc.gov/subdirectorio/pub/metadata>.