
ACERCA DE LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

Jorge Enrique García Hurtado
Profesor Asistente
Dep. Mecánica de Sólidos y Materiales
Universidad del Valle
Cali - Colombia

1. INTRODUCCION

Existe hoy en día una gran información temática y cartográfica, que es mantenida en Sistemas de Información Geográfica (SIG), los cuales son diseñados para aceptar grandes volúmenes de datos espaciales derivados de diferentes fuentes.

El SIG eficientemente almacenado, recupera, manipula, analiza y muestra esos datos de acuerdo con las especificaciones definidas por el utilizador.

La teledetección (fotografías aéreas, imágenes de satélite) produce una gran cantidad de información, sin embargo, los sistemas de teledetección usualmente adquieren información no de un dato simple, sino de múltiples datos, permitiendo al analista no sólo el inventario, sino también el monitoreo.

También la teledetección proporciona valiosa información acerca de ciertas medidas biofísicas (por ejemplo: temperatura, biomasa, etc.), las cuales pueden llegar a ser valores significativos en modelización del medio ambiente.

Desafortunadamente tal información procedente de la teledetección, no es a menudo utilizada porque es muy difícil interrelacionarla con otros tipos de distribución (cartográfica) de información espacial.

Hace dos décadas la tecnología SIG inició su desarrollo, reportándose que aproximadamente 1000 SIG y sistemas de cartografía automática estaban en opera-

ción en Norte América en 1983, y 4000 estaban previstos para utilizarse a fin de la década en todo el mundo.

2. EL CONCEPTO SIG

Un SIG puede ser una herramienta que analiza la información en un contexto espacial. El área bajo investigación o área de estudio es caracterizada por atributos y rasgos que pueden ser interrelacionados en una base común.

La fuente de manejo de la región es ejecutada manualmente por un método de superposición de mapas o con ayuda de un computador usando grupos de datos espaciales numéricos o archivos de geobase. Véase la **figura 1**. El acceso manual es ejecutado por la superposición de mapas transparentes para visualizar con su fusión un bloque de informaciones mediante el análisis de un mapa de salida (output map). La limitación de este método es el reducido número de mapas que es posible superponer simultáneamente para el análisis visual y las dificultades de obtener mapas transparentes en una escala común.

El acceso ayudado por computadora requiere una información en forma digital. La fuente de la gestión de datos codificados numéricamente puede ser vista como una extensión de análisis multivariado en un contexto espacial. La interrelación de rasgos (atributos o

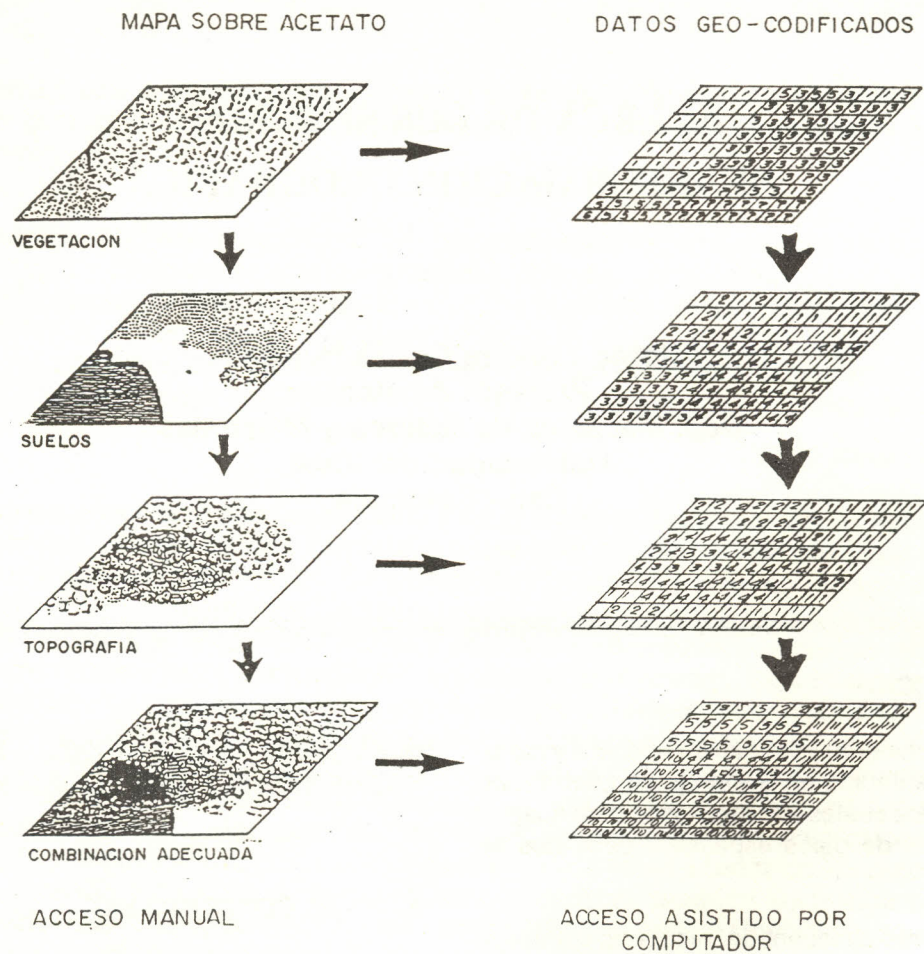


FIGURA 1. Accesos manuales y ayudados por computador en gestión de recursos

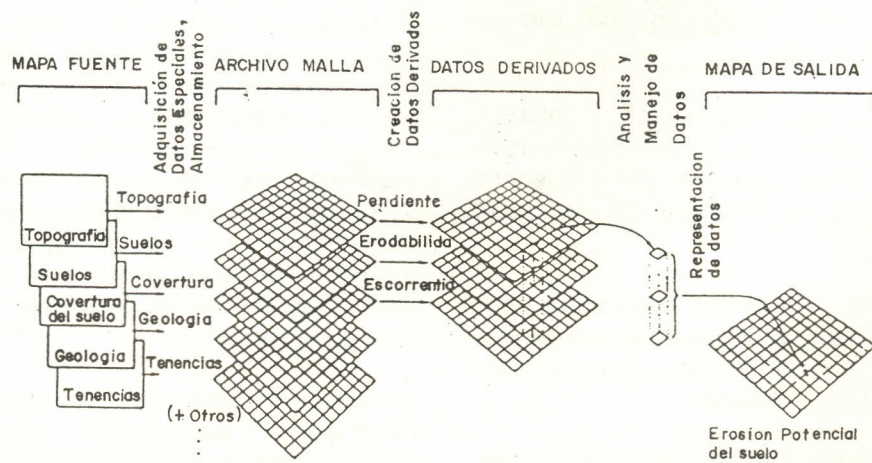


FIGURA 2. Pasos para un estudio de erosión en un SIG

factores) es efectuada a través de transformación numérica.

Los pasos para la creación de un SIG son:

- Adquisición espacial de datos
- Creación de grupos de datos derivados
- Análisis y gestión de datos y
- Representación de datos

La **figura 2** ilustra este acceso en un estudio de erosión y sedimentación en una cuenca.

En este artículo sólo se tratará el aspecto correspondiente a los SIG que son creados con ayuda de un computador.

3. LA NATURALEZA DE LOS DATOS

Todos los datos que pueden ser mapeados tienen características (X, Y) y atributos. Por ejemplo, para un determinado rasgo de un terreno existe una localización (X, Y) y además posee Z atributos. Estos atributos pueden ser cualitativos (por ejemplo: el uso de la tierra y su localización) o cuantitativos (por ejemplo: la elevación del terreno y del mismo modo su localización). Estos atributos y su localización pueden ser monitoreados a través del tiempo.

Los tres componentes: Localización, atributos y tiempo, representan el contenido de la mayor parte de los SIG y de hecho pueden ser almacenados (codificados) digitalmente. Véase **figura 3**.

Características Espaciales:

En el análisis espacial existen diferentes rasgos que pueden ser agrupados en tres tipos diferentes: puntos, líneas y polígonos o áreas.

Un sumario de estos tres tipos de datos y sus formas de representación son presentados en la **figura 4**.

Características de los atributos:

Una variable expresa numéricamente las mediciones de un fenómeno. Las medidas son adquiridas para un número de observaciones (sitios o localización) durante un limitado período de tiempo. Una variable es llamada un atributo; una observación puede ser descrita con un simple atributo (descripción univariable) o varios (multivariable).

Ambos, los fenómenos y los atributos son de diferente naturaleza, ellos pueden ser continuos (elevación del

terreno, contenido de arcilla en el suelo), o discretos (número de habitantes, tipos de cobertura de la tierra).

Las medidas pueden ser hechas en tres niveles diferentes: nominal, ordinal y relación-intervalo.

Desde el punto de vista del contenido de una información ellos están jerarquizados:

Nivel Nominal: tiene un pobre contenido de información. Los valores son discretos y son usados para identificar las observaciones.

Nivel Ordinal: añade a la información diferentes grados para las observaciones. Ellas pueden ser comparadas con otras para determinar si son más pequeñas, iguales o más grandes.

Nivel Relación-Intervalo: define cuánto más grande o más pequeña es una observación con respecto a otra. Tiene un alto contenido de información.

4. DOS TIPOS DE SIG

4.1 ESTRUCTURA VECTOR

La más tradicional codificación de puntos, líneas y polígonos es basada en el uso de coordenadas cartesianas tales como longitud/latitud, utilizando los principios de la geometría Euclidiana.

Este tipo de codificación es llamada **vector o polígono**.

La **figura 5** muestra conceptualmente un mapa compuesto de puntos, líneas y polígonos, el cual es codificado de un formato original (mapa analógico), a un formato digital (mapa numérico) a través de un proceso de digitalización.

El SIG VECTOR es ideal para la incorporación de información temática derivada del análisis visual de fotografías aéreas y otros tipos de datos de teledetección análoga.

4.2 ESTRUCTURA RASTER

Debido a su principio fundamental, la estructura raster es única y simple de entender.

El área de estudio, es subdividida en un patrón regular (malla o raster) de unidades espaciales (células) que tienen generalmente una forma cuadrada o rectangular la cual se puede asociar en términos de la teledetección con un pixel.

Cada célula posee un atributo, el cual puede ser igual o

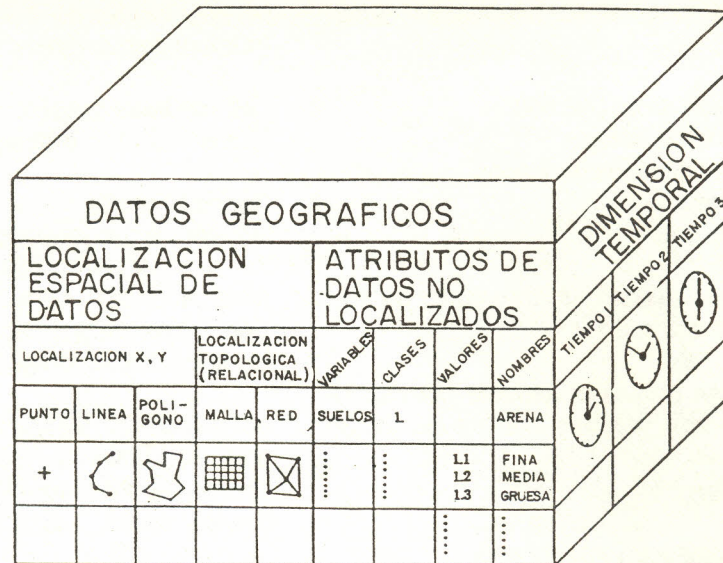


FIGURA 3. Los tres componentes conceptuales de un SIG

	PUNTOS	LINEAS	POLIGONOS
DATOS CARACTER.			
	Rasgos Puntuales (Sitios Arqueologicos)	Rasgos Lineales (Carreteras)	Poligonos Homogen. (Suelos)
UNIDADES AEREAS			
	Poligonos Centroides	Poligonos de Limites Administrat.	Unidades Aereas (Censos Regionales)
RED TOPOLOGICA			
	Nodos (Intersecciones)	Enlaces (Calles)	Poligonos (Bloques)
REGISTRO DE MUESTRAS			
	Estación Meteorologica	Lineas de Vuelo	parcelas y Campo de Prueba
DATOS DE SUPERFIC.			
	Elevaciones Topograficas	Lineas de Contorno	Poligonos Proximos
TITULOS DE DATOS DE TEXTO			
	Simbolos de Puntos	Caracteristica Lineal	Poligono con Nomenclatura
DATOS DE SIMBOLOS GRAFICOS			
	Simbolos de Puntos	Simbolos de Lines	Poligono Sombreado

FIGURA 4. Tipos de datos geográficos y varios métodos de representación

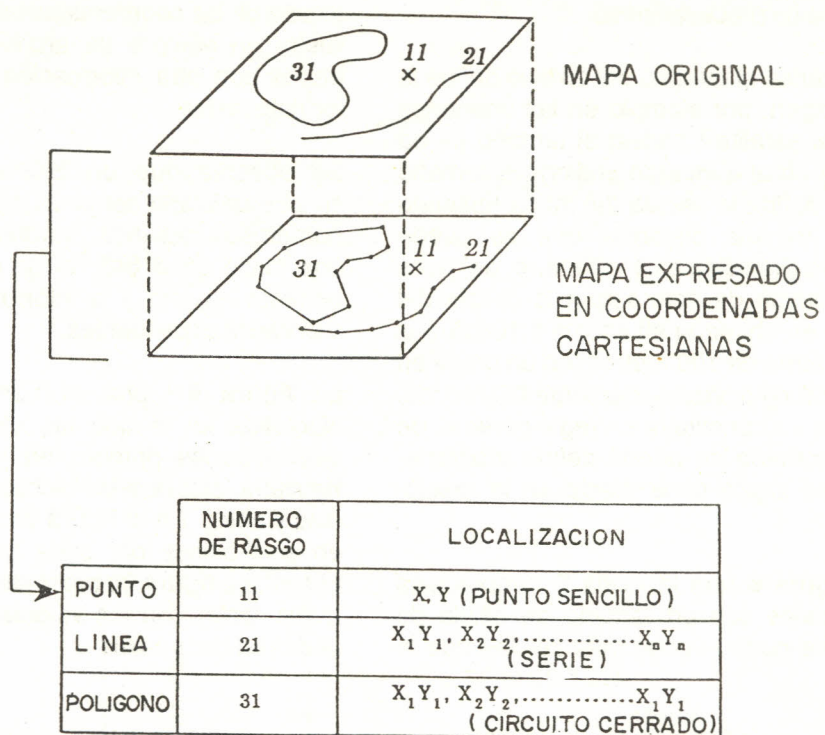


FIGURA 5. Codificación de puntos, líneas y polígonos usando técnicas de digitalización por coordenadas cartesianas en forma vector.

0	1	1	0	0
0	1	1	1	1
0	3	1	1	2
3	3	3	2	2
3	3	3	2	2
0	3	2	2	0
0	0	2	2	0

A. 2 x 2 Km TAMAÑO DE CELULA

0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	3	1	1	1	1	1	1	1	1
0	3	3	1	1	1	1	1	1	2
0	3	3	3	1	1	1	2	2	2
3	3	3	3	3	1	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	2	2	2	2
0	3	3	3	3	2	2	2	2	0
0	0	3	3	2	2	2	2	2	0
0	0	0	2	2	2	2	2	0	0
0	0	0	2	2	2	2	2	0	0
0	0	0	0	2	2	2	0	0	0

B. 1 x 1 Km TAMAÑO DE CELULA

VALORES ATRIBUTOS:
 0 = AREA FUERA DE ESTUDIO
 1-3 = LIMITES DE LAS CLASES

FIGURA 6. Diferentes subdivisiones para una región en forma raster

diferente entre dos células vecinas. Véase **figura 6**. El tamaño de la célula es generalmente determinado para optimizar ambos: el tamaño del área estudiada y la capacidad del sistema de procesamiento.

En una imagen numérica el tamaño del pixel lo define la resolución de la imagen, por ejemplo en las imágenes TM provenientes del satélite Landsat el tamaño es de 30x30 metros; pero en una imagen análoga el tamaño del pixel o célula lo define la escala del mapa teniendo en cuenta que la mínima distancia que se puede visualizar con relativa precisión es 1 milímetro, así pues se busca la equivalencia de éste según la escala del mapa, por ejemplo: en un mapa en escala 1:100.000 el tamaño de la célula sería de 100 metros, en un mapa en escala 1:25.000 sería de aproximadamente 30 metros. Sin embargo esto no se constituye en regla general, de tal manera que el tamaño se puede definir arbitrariamente pero como es lógico tiene efecto en la resolución espacial.

Obsérvese en la **figura 6** que la malla B, proporciona más detalles espaciales con un tamaño de célula de 1x1 Km que contiene cuatro veces más células que la malla A.

Los valores dados a las células dependen del tipo de información original seleccionada, como muestra la **figura 9C** en la cual los valores de elevación del terreno en cada célula se dan en su valor original.

Es mucho más difícil incorporar información teledetectada en un formato digital raster (tales como mapas de uso de la tierra derivados de datos digitales Landsat MSS o TM) a un SIG forma vector, puesto que las estructuras de datos son diferentes.

Para realizar este objetivo es necesario realizar una conversión raster a vector en la red de información teledetectada; esto no es un trabajo trivial y puede consumir considerables recursos de computador.

Los puntos, líneas y polígonos pueden ser codificados utilizando una estructura de datos cartográficos en forma raster. Véase **figura 7**.

Como puede observarse, la malla realmente crea una matriz que es superpuesta sobre el terreno, de tal forma que la información atributo de cada célula es colectada dentro de un orden sistemático de las mismas. Al ser referenciadas como pixels son analizadas y presentadas como si fuera una imagen de un grupo de datos suministrados por técnicas de teledetección.

Los SIG basados en la forma raster, tienen poca dificultad de incorporar la información derivada de los

datos digitales de la teledetección. Sólo es necesario que los archivos SIG y los archivos derivados de la teledetección puedan ser referenciados a una localización exacta de las coordenadas sobre el terreno. La **figura 8** ilustra un número de archivos que pueden ser registrados con otra información cartográfica utilizando un formato raster.

Se observa que un SIG computarizado puede ser conceptualizado como un mapa base acompañado por numerosos registros (archivos). Este ejemplo ilustra una malla base SIG, en la cual 13 matrices están en perfecto registro y la información ha sido derivada de una variedad de fuentes.

La **figura 9** presenta un ejemplo de una región hipotética en la que las elevaciones del terreno son suministradas primero en forma vector, como en la **figura 9a**, clasificando dichas altitudes como bajas, medias y altas. En la **figura 9b** las altitudes son agrupadas en seis clases por cada 50 metros de diferencia de altitud. La **figura 9c** presenta las mismas elevaciones en forma raster con los valores originales de las mismas, dadas en cada célula.

4.3 ESTRUCTURA VECTOR Vs. ESTRUCTURA RASTER

Generalmente la forma vector almacena con más exactitud los límites definidos de puntos, líneas y áreas, comparado con respecto a la forma raster, que es más empleada en aquellos casos de complejas combinaciones de atributos, tales como el análisis de factores ambientales y gestiones del medio ambiente.

En la forma vector el almacenamiento es eficiente y el muestreo flexible, y en la forma raster, la misma estructura permite el estudio de complejas relaciones espaciales como los análisis multiatributos, además su formato es mucho más fácil de manejar en el computador.

5. ADQUISICION Y ALMACENAMIENTO DE LOS DATOS

En función de las características de los datos, éstos se pueden dividir en datos geométricos o gráficos y datos alfanuméricos.

Datos geométricos o gráficos son aquellos que proceden básicamente de la localización de los objetos y pueden georeferenciarse por sus coordenadas.

Por ejemplo, aquellos datos espaciales que representan de una forma física la topografía, como los ríos,

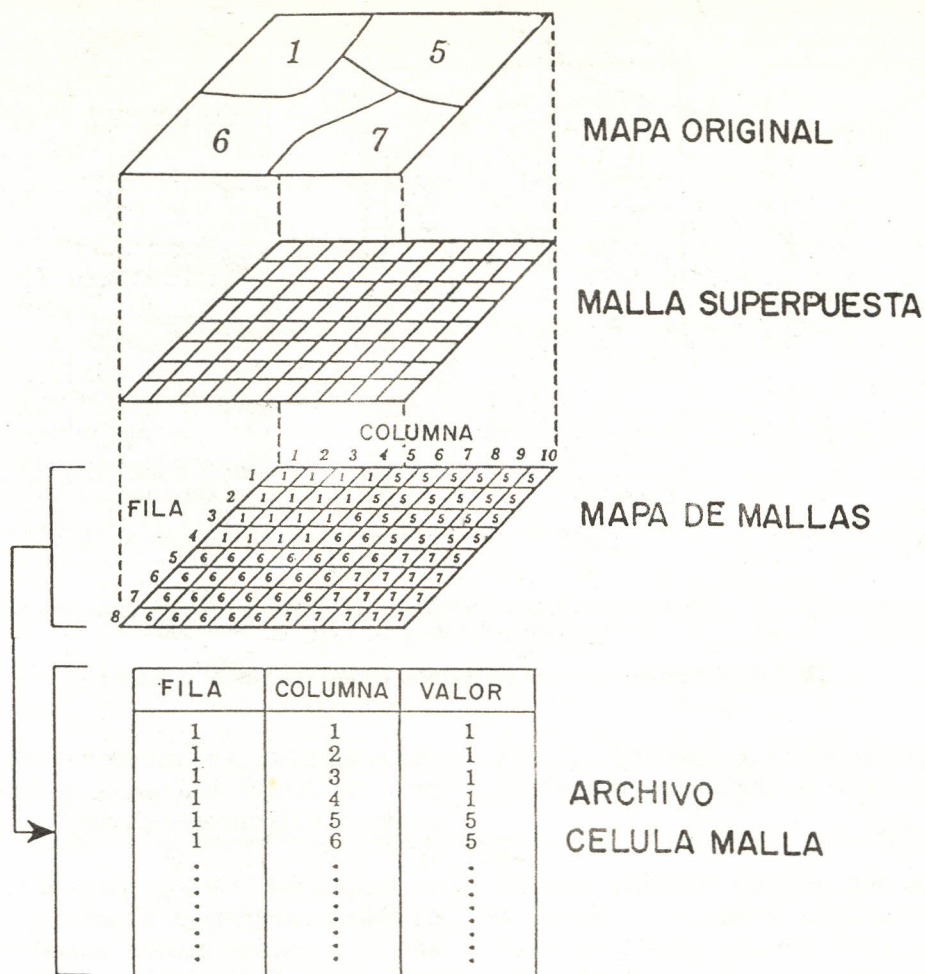
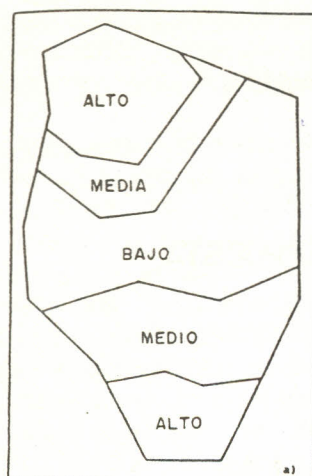


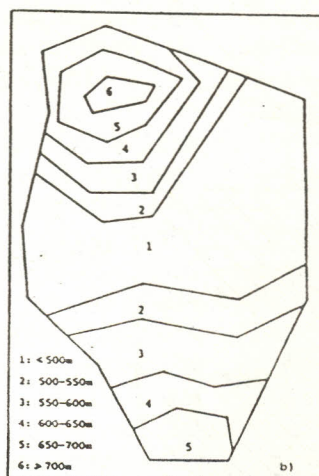
Figura 7. Estructura básica de un archivo SIG raster



FIGURA 8. SIG computarizado mostrado como un mapa base acompañado de numerosos archivos



A. CLASIF. DE ELEVACION DEL TERRENO FORMA VECTOR



B. CLASIF. DE ELEVACION DEL TERRENO FORMA VECTOR

580	600	615	620	600	570	530	490	450	445
610	625	650	670	650	600	590	510	455	445
610	640	680	720	710	660	580	500	450	440
570	625	670	680	660	600	540	480	440	440
500	550	610	625	610	560	500	440	440	440
480	500	550	570	565	510	440	440	440	440
470	480	490	510	510	450	440	440	440	445
460	460	470	470	450	440	440	445	450	470
455	450	450	450	490	480	475	475	490	520
450	510	530	540	540	525	520	515	525	550
510	550	560	555	560	565	570	565	570	570
550	570	580	600	610	600	580	575	600	600
560	580	600	625	640	650	640	630	620	610
570	600	620	630	660	670	660	640	620	600
590	605	615	630	640	650	640	620	610	590

C. CLASIF. DE ELEVACION DEL TERRENO FORMA RASTER

FIGURA 9. Elevaciones de un terreno en formas vector y raster

montes y valles en el caso de los accidentes naturales y en el de los artificiales como las ciudades, vías y predios de una ciudad.

Datos alfanuméricos son aquellos obtenidos por encuesta directa o evaluación estadística referente al estado de las cosas, como por ejemplo al área de un predio, nombre del propietario, código catastral. Véase la figura 10.

A su vez estos datos indistintamente de sus características se pueden obtener de bases de datos existentes o generarlos como nuevos.

5.1 METODOS DIRECTOS PARA LA ADQUISICION DE DATOS

Son aquellos utilizados en la adquisición de nuevos datos o para modificación de los ya existentes. Los principales son la topografía, la fotogrametría y la teledetección.

Topografía: A partir de las observaciones básicas de campo, medición de ángulos y distancias desde puntos de coordenadas conocidas y con el empleo de equipos analógicos y analíticos, se realiza el levantamiento de planos.

La aparición en el mercado de teodolitos y distanciómetros electrónicos apoyados por los avances en informática, han dado un importante impulso para la automatización en la adquisición de datos.

Fotogrametría: Los métodos de obtención de datos a partir de fotografías aéreas o terrestres se pueden dividir en: fotogramétricos y de fotointerpretación.

La fotogrametría tiene su razón de ser en la elaboración de planos topográficos a partir de pares de fotografías aéreas a través de unos aparatos llamados restituidores, los cuales son de tipo analógico o analítico.

La fotointerpretación es una forma de interpretar y obtener determinados datos a partir de fotografías apoyándose en el análisis de las formas, los distintos tonos y colores. Por ejemplo: identificación de las diferentes clases de uso del suelo.

Teledetección Espacial: Es quizás el más moderno de los métodos de obtención directa de datos, y lo constituye el análisis de las imágenes de satélite, las cuales emplean diversos sensores como son los radiómetros para captar la energía reflejada o emitida por los diferentes rasgos que componen la superficie terrestre.

Estos métodos son indicados para la adquisición de datos con cierta rapidez, especialmente con aplicación y actualización cartográfica sobre todo del tipo temático para clasificación del uso del suelo y para el monitoreo de fenómenos evolutivos en el tiempo tales como erosión, sequías e inundaciones.

Los principales programas de este tipo de satélites son Landsat y Spot.

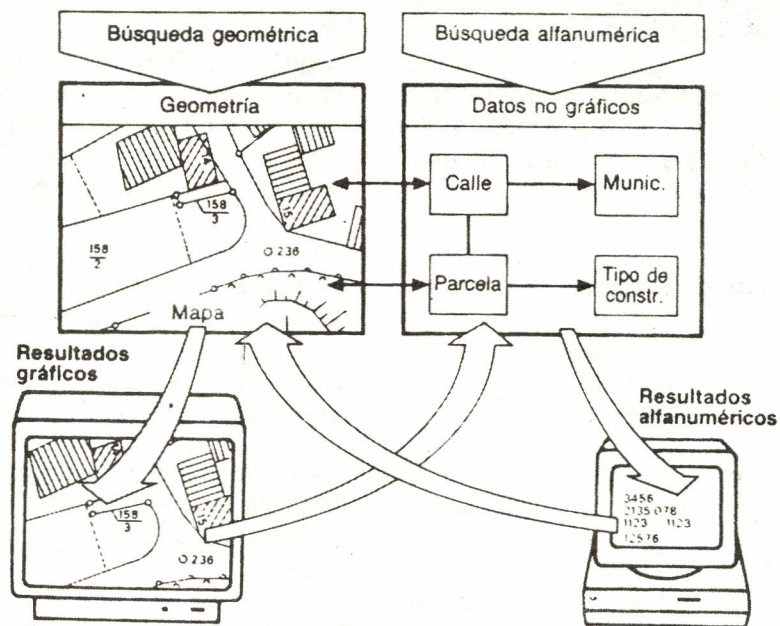


FIGURA 10. Representación de los datos gráficos y alfanuméricos en un SIG

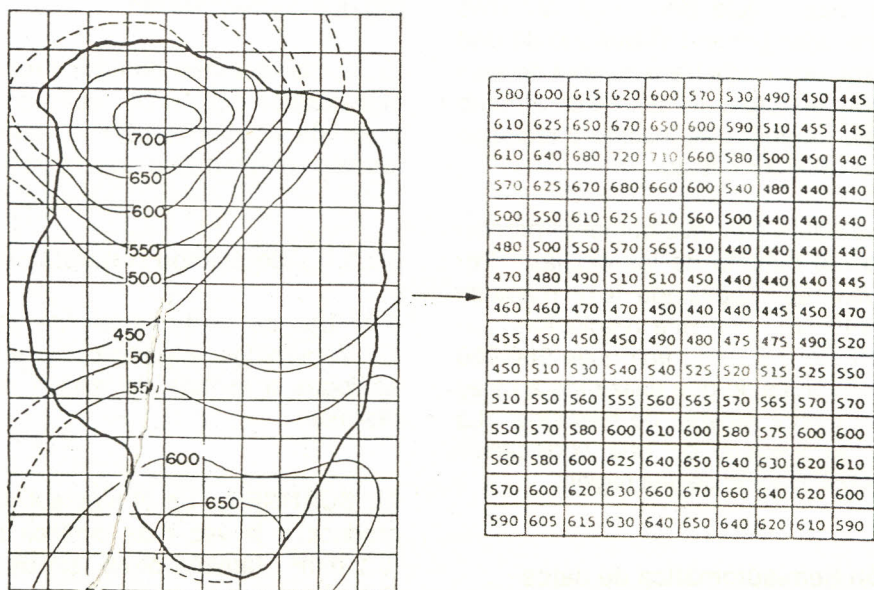


FIGURA 11. Codificación manual de una distribución espacial continua de forma raster

5.2 METODOS INDIRECTOS PARA LA ADQUISICION DE DATOS

Existen cerca de una docena de equipos para ser utilizados en la adquisición de datos. Ellos pueden ser agrupados en tres clases: adquisición manual, semi-automática y dispositivos de adquisición automática. Algunos instrumentos son capaces de adquirir datos espaciales y atributos, otros son especializados solamente en la adquisición de datos espaciales. Se describen a continuación algunos de estos equipos:

5.2.1. Adquisición manual de datos

Los datos espaciales y atributos son llevados y almacenados en este caso a través de un computador utilizando su sistema periférico de terminal y teclado.

La mayor desventaja de esta forma de adquisición de datos es la tediosa tarea de introducir manualmente una gran cantidad de datos.

La entrada manual en forma vector: Los datos son puntos, líneas y áreas. Las coordenadas de los datos son obtenidas a partir de la malla de referencia (sistema de coordenadas) ya dadas sobre el mapa o a partir de una malla superpuesta sobre el mismo. Ellas pueden ser enseguida tecleadas en un archivo o almacenadas con la ayuda de un programa de captación que puede ser Autocad.

La entrada manual en forma raster: Todos los puntos, líneas y áreas están en los conjuntos de células (pixels). El método más simple pero a la vez más tedioso consiste en escoger primero el tamaño de una malla de células. Luego una malla transparente de este tamaño es puesta sobre el mapa; el valor de un atributo único para cada célula es entonces inscrito y tecleado sobre el computador en un archivo texto.

Los volúmenes de los datos son inversamente proporcionales al cuadrado del tamaño de las células. Por ejemplo, considerar una malla codificada de un mapa de suelos, midiendo 60x40 cm., con una resolución (tamaño de las células) de 0.5 mm.; entonces 960.000 células deben ser codificadas, lo que utilizando 2 bytes por entero demandan casi 2 Mbytes de memoria. La **figura 11** muestra un ejemplo de una codificación manual de las curvas de elevación de una región.

5.2.2. Adquisición Semiautomática de datos

El trabajo enorme de ubicar las coordenadas y enseguida teclearlas para almacenarlas en un archivo

de computador puede ser grandemente reducido utilizando un digitalizador para codificar las coordenadas X e Y de los puntos, líneas y áreas o células de mallas deseadas.

Un digitalizador es un aparato electrónico o electromagnético consistente en una tabla (desde 27x27 cm hasta 1.0x1.5 m) sobre la cual un mapa o un documento puede ser colocado; su objetivo principal es poder entrar con rapidez y precisión las coordenadas de cada uno de los puntos del mapa en un computador.

La **figura 12** muestra diferentes tipos de digitalizadores de uso corriente. Los más utilizados para cartografía y gráficos de alta calidad son los de malla de filamentos eléctricos muy finos y de disposición ortogonal, o el tipo con la fase de una onda eléctrica.

Las coordenadas de un punto sobre la superficie de un digitalizador son enviadas al computador por un lápiz magnético utilizado a mano, o un aparato llamado "mouse".

Para la cartografía, donde una precisión considerable es requerida, un "mouse" con una marca cruzada es utilizado, de tal manera que se ubica esta cruz sobre el punto de digitalizar y se presiona un botón de control sobre el "mouse", quedando así registrada la coordenada del punto sobre el computador.

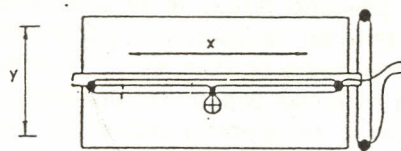
La digitalización puede ser utilizada para introducir datos vector, como son los puntos, las líneas y los límites de las áreas, entrando justamente las coordenadas que los materializan.

En combinaciones con los programas adecuados, el digitalizador puede ser utilizado para entrar datos a partir de mapas temáticos, que son convertidos en formatos enteramente raster o vector.

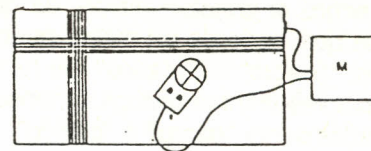
5.2.3. Adquisición Automática de datos

Este tipo de instrumentos de adquisición, transforma los contenidos espaciales y atributos de imágenes análogas a formas de mallas numéricas (imágenes digitales).

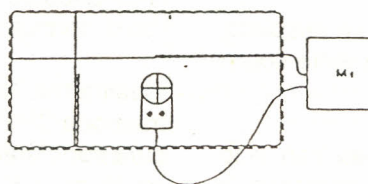
EL SCANNER: Es el más sofisticado instrumento que produce a la vez más detalles de una imagen digital (0.1 mm² tamaño pixel) sin distorsiones geométricas. Este instrumento mide la energía electromagnética reflejada de la imagen análoga y la convierte en valores digitales.



A. CABLES CONECTADOS A LOS CODIFICADORES DIGITALES

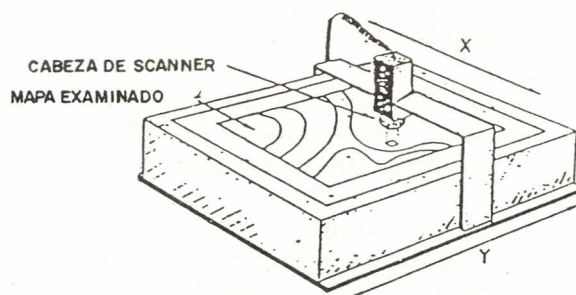


B. MALLA ELECTRONICA INSTALADA EN TABLA

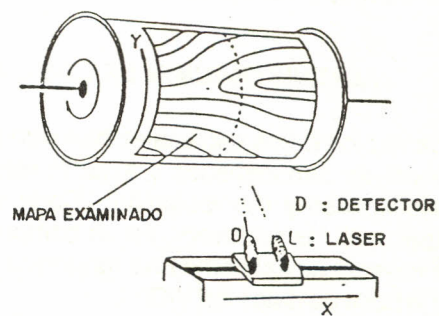


C. FASE DE ONDA ELECTRICA

FIGURA 12. Diferentes clases de digitalizadores



A) SCANNER RASTER



B) SCANNER DE TAMBOR

FIGURA 13. Diferentes tipos de scanner

Existen varios tipos de scanner entre los cuales se mencionarán el scanner raster (véase la **figura 13a**), el cual trabaja sobre el principio simple de que un punto no importa de qué parte de un mapa, puede tener uno o dos colores: "negro" o "blanco", de tal manera que los datos raster resultantes son un inmenso número de pixels registrados como "negro" o "blanco".

El scanner incorpora una fuente de iluminación (habitualmente un láser de baja potencia) y una cámara de televisión equipada con un captor especial llamado CCD provisto de un lente de alta resolución. El scanner está montado sobre unos rieles y puede ser desplazado sistemáticamente en las dos direcciones X e Y sobre la superficie del documento fuente.

En otras versiones, la cabeza del scanner se desplaza en una sola dirección colocándose el documento sobre un tambor rotativo. (véase al **figura 13b**).

Videocámara: Varios instrumentos simples han sido desarrollados para captar los límites interpretados a partir de las fotografías, o para "rasterizar" toda una fotografía aérea. Consiste en una cámara-video conectada a una "framegrabber" (aparato microelectrónico) que transforma una imagen de televisión analógica a una imagen digital raster.

Plotter Stereoanalítico: Es un instrumento fotométrico utilizado para registrar los niveles y las posiciones de las curvas de nivel, directamente a partir de cuplas estereográficas de fotografías aéreas.

El proceso de adquisición y almacenamiento de datos y su relación con las diferentes fuentes de información es mostrado en la **figura 14**.

6. ADMINISTRACION DE LOS DATOS

Una vez los datos espaciales han sido codificados, ellos deben ser almacenados y estarán listos para su inmediato acceso y manipulación. Cada variable (llamada capa SIG) es archivada en un computador compatible de formato digital como una referencia geográfica plana en la base de datos del SIG.

La base de datos puede contener algún tipo de información de distribución espacial tales como rasgos socioeconómicos (densidad de población), variables climatológicas (presión de Ozono sobre una ciudad) o variables biofísicas fundamentales (temperatura de la superficie).

Estos registros digitales forman un banco de datos compuesto por capas, las cuales pueden ser consul-

tadas cuando así lo requiera (**figura 8**).

Porque cada polígono puede tener una única forma, este almacenamiento, recuperación y manipulación de la estructura de datos es complejo y costoso; por lo tanto, la malla es la más popular estructura de datos; es barato almacenar, recuperar y manipular datos tanto para una malla de 10x10 Km, como la utilizada para datos de base de características de la tierra empleada en el Reino Unido, hasta la malla de 30x30m para un pixel de una imagen TM del satélite Landsat.

Recíprocamente la codificación vector, requiere menos espacio de almacenamiento de computador que la codificación raster. De este modo se presentan continuos debates sobre cuál es más económico y eficiente tipo de formato de datos.

Idealmente, los archivos de base de datos residen en la memoria CPU (RAM) y son inmediatamente accesibles para computación y manipulación. No obstante a causa de la gran cantidad de información contenida en los archivos, ella es almacenada con relativa rapidez en el disco duro.

Además el perfeccionamiento en almacenamiento a partir de discos ópticos durante la siguiente década hará posible el almacenamiento y acceso a SIG extremadamente grandes.

7. MANIPULACION DE DATOS

Al extraer la información de los datos de base de un SIG, el utilizador debe ser hábil para hacerse preguntas y cuestionamientos lógicos, en un proceso llamado comúnmente manipulación de datos.

Aquí se tocan los aspectos fundamentales de la manipulación de datos, y se suministran ejemplos diagramáticos cuando es posible.

Primero se asume que un SIG tiene la capacidad para cambiar su escala y proyección, elimina distorsiones, y ejecuta rotación y traslación de coordenadas si es necesario. Véase la **figura 15**.

El utilizador debe tener habilidad para mirar sobre la base de datos, abriendo ventanas selectivas de la región de interés y dentro de ellas contemplar la posibilidad de definir más subventanas específicas.

Idealmente esto toma lugar en tiempo real, mientras que los datos pueden ser vistos en un monitor a color de alta resolución.

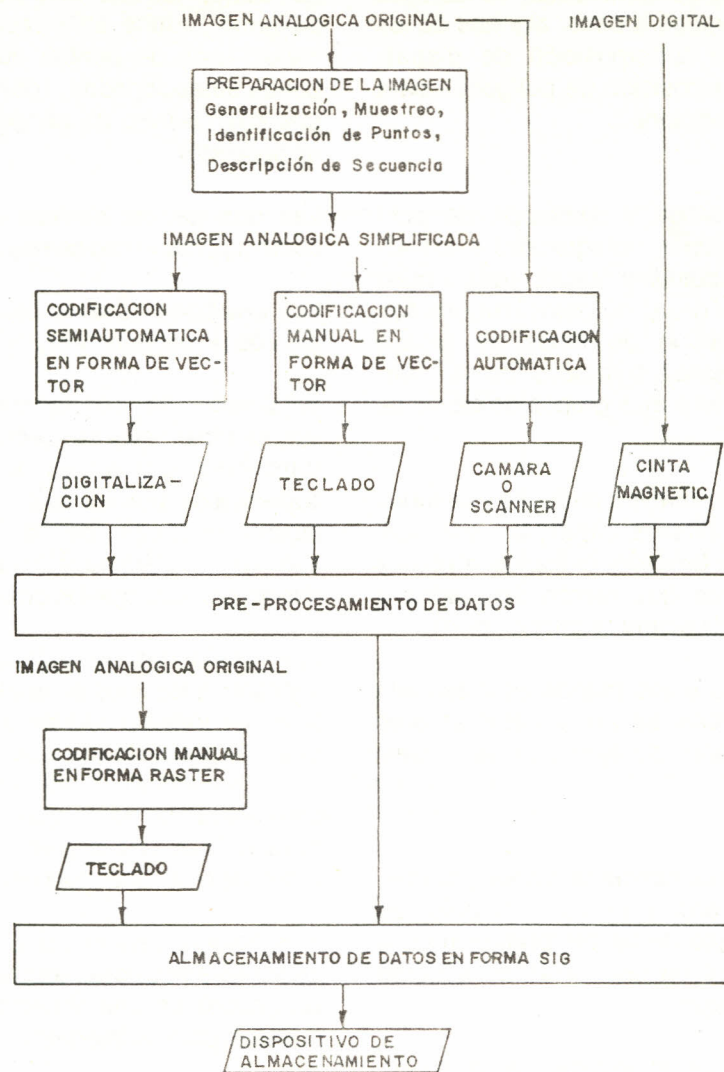


FIGURA 14. Procesos involucrados en la adquisición y almacenamiento de datos

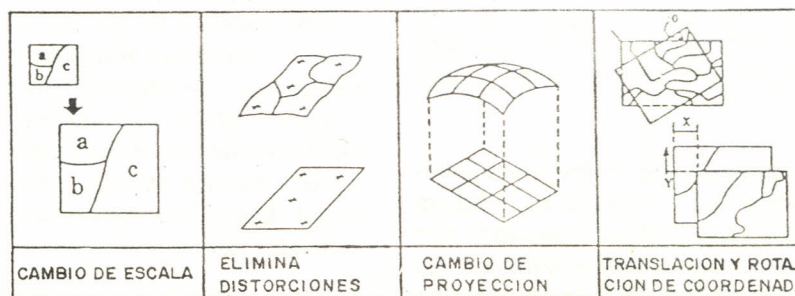


FIGURA 15. Manipulación geométrica fundamental de archivos de base de datos SIG

Una vez el área de interés es identificada, varios tipos de análisis pueden ser llevados a cabo; algunos de los más importantes incluyen superposición de mapas, disolución de mapas, superposición de polígonos para cálculos de áreas y otras mediciones.

Las técnicas de superposición y disolución de polígonos involucran la composición (integración) o extracción (desintegración) de múltiples mapas (dos o más) en orden a crear un nuevo grupo de datos (figura 16). Normalmente el nuevo grupo de datos es creado conteniendo nuevos polígonos formados de la intersección de los límites de dos o más grupos de capas de polígonos separados.

En adición a la creación de nuevos polígonos basados en la superposición de múltiples capas, a esos polígonos les son asignados también múltiples atributos (por ejemplo: los atributos que fueron asignados a cada capa separada antes de ocurrir la composición).

La cubierta matemática de estos mapas es efectuada para el propósito de medición de áreas como atributo múltiple (parámetro múltiple) de ejercicios de modelización.

Esto puede involucrar la importancia de varios parámetros y su clasificación en orden a crear "modelos de interpretaciones", un ejemplo de tal interpretación es la generación de gravámenes de las tierras de acuerdo con su conveniencia/capacidad.

La disolución de mapas es el inverso de la superposición de polígonos (figura 16); extrae de múltiples polígonos atributos, archivos de atributos simples indicando su posición y una descripción de sus atributos.

Un segundo tipo de superposición de polígonos es realizada cuando las áreas para una capa de datos dada (por ejemplo: uso de la tierra) necesita ser calculada y resumida dentro de una segunda capa de polígonos tales como el censo de una región (figura 16). El resultado de salida es el sumario de estadísticas (por ejemplo: áreas del uso de la tierra para el censo de una región).

Los cuatro tipos más comunes de mediciones involucran puntos, líneas, polígonos y volúmenes (figura 17). Las típicas actividades de medidas asociadas con puntos son la enumeración del total de números de puntos y también la enumeración del número total de puntos que caen dentro del polígono.

La última técnica involucra el uso de "punto en polígono", rutina en la cual cuenta el número de los varios tipos de puntos que caen dentro de los polígonos seleccionados (por ejemplo: número de pozos que caen dentro de un distrito de riego definido como un polígono).

Las dos formas básicas de medición de líneas son punto a punto y mediciones a lo largo de una curva.

Los dos tipos básicos de mediciones de áreas son el área de un polígono y el perímetro del mismo.

Finalmente la cuarta categoría involucra medidas volumétricas, que se ejecutan a través de una sección transversal o a través de superposición de múltiples superficies (por ejemplo: un terreno antes de la nivelación, después de la nivelación y la diferencia computada para la superficie). Este último procedimiento requiere que los datos estén en formato raster.

Las actividades de análisis de unidades de malla son similares a los tipos de análisis de mapas que son ejecutados usando un SIG de base vector, pero ellas tienen una más generalizada resolución especial.

Las unidades de mapas superpuestas involucran el desarrollo de una cubierta de mapa lógico Booleano en orden de crear una composición de mapas.

Típicamente esto involucra la importancia de las clasificaciones seleccionadas para múltiples capas de mapas, resultando en una superficie numérica de datos compuestos, para su interpretación. Véase la figura 18.

El ejemplo de la figura 19 demuestra de qué modo la importancia de los datos de suelos pendientes y accesos pueden ser usados para computarse de conformidad al mapa señalado.

La distancia entre puntos de una célula de la malla, y el cálculo del área es similar a la superposición de polígonos para cálculos, excepto que ellos son basados en un dato malla. El radio de agregación en una célula de una malla es utilizado para contar el número de eventos y actividades o relatar los fenómenos geográficos que caen dentro de una distancia específica de cada célula de la malla. La información es almacenada en un nuevo orden de malla y representa una superficie frecuencia / accesibilidad. El cómputo es usualmente basado en un círculo que se mueve con un radio dado que el utilizador especifica moviéndose alrededor de la malla célula por célula.

El cálculo de la distancia entre células de la malla involucra el cómputo aplicado a la característica

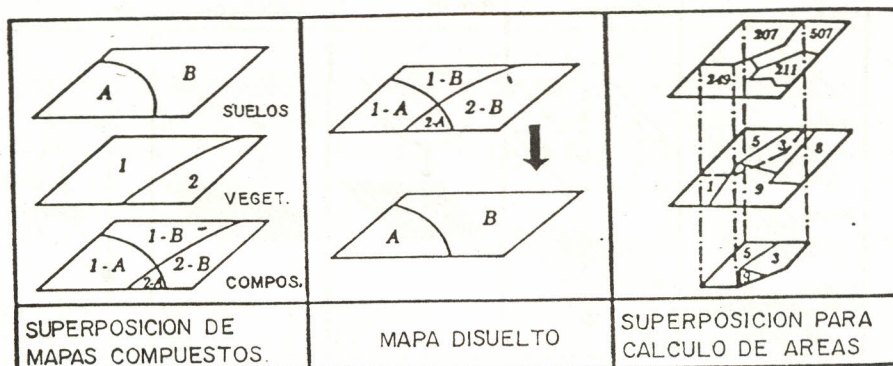


FIGURA 16. Manipulación de datos usando técnicas de superposición y disolución de polígonos

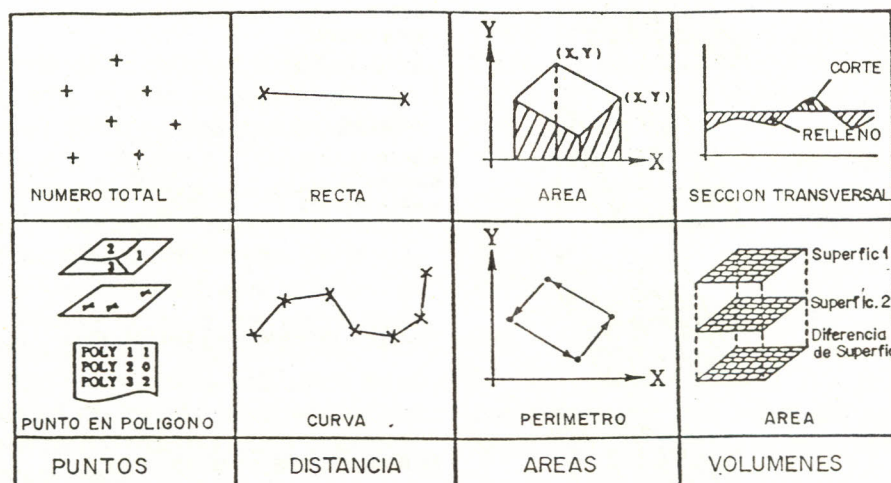


FIGURA 17. Medición de puntos, distancias, áreas y volúmenes de un SIG

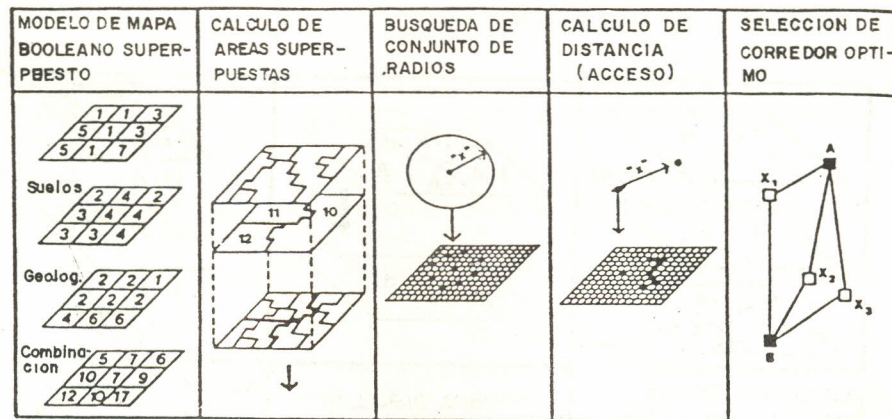


FIGURA 18. Técnicas analíticas de un SIG en forma raster

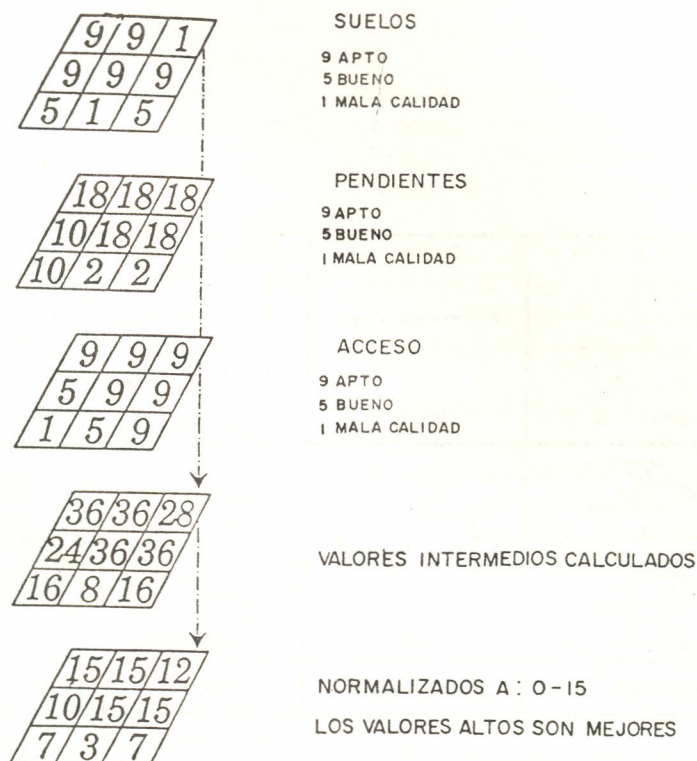


FIGURA 19. Lógica de una superposición de células de mallas usando archivos almacenados de suelos y vegetación en un SIG de forma raster

geográfica o a la vecindad del evento, el cual es definido por el utilizador.

Una típica aplicación es el cálculo de la distancia de cada célula a una red de ríos o a una red de carreteras. La salida del análisis es la creación de un archivo de accesibilidad. (figura 18).

Usando un SIG de forma raster, es también posible de computar un corredor óptimo (figura 18), lo cual implica el cómputo del mínimo costo entre puntos. Específicamente una superficie de contacto es computada distante del origen y también distante del destino.

Estas superficies de contacto son resúmenes numéricos de costo, basados en el costo en una malla original de entrada, usando la técnica de superposición descrita más atrás.

Este mapa original (actualmente superficie de datos de malla), expresa para cada unidad el costo a través del movimiento. Estos costos pueden ser de carácter económico, ambientales, sociales y se resumen basándose en un parámetro de superposición múltiple.

Después de computar los dos mapas de contacto (origen y destino), ellos son superpuestos y la superficie resultante es una ruta óptima seleccionada con un cómputo de incrementos de gradientes en los costos, en orden de optimizar.

Otro tipo de SIG de forma raster que es muy utilizado es el análisis de matriz; esta función permite al analista seleccionar dos archivos que son combinados por asignación de una variable a la columna de la matriz y otra variable a la fila de la misma. La lógica es mostrada en la figura 20. Note que los datos de las subclases pueden ser asignados selectivamente o combinados dentro de cada fila o columna. Los números mostrados en la esquina de los elementos de la matriz son el resultado de los valores de datos en el archivo de salida. Por ejemplo, el valor del dato 9 representa toda célula de la malla que contiene suelos del tipo B y la vegetación del tipo L o M. El utilizador define muchas filas y columnas para ser usadas al crear la matriz.

De esta manera y como ya se ha dicho más atrás, muchos tipos de datos son manipulados en formatos raster, tales como elevaciones del terreno, pendientes, temperaturas, densidad de población, etc.

8. DATOS DE SALIDA

La salida de las operaciones SIG pueden ser mostradas en copias duras de la información espacial de las más importantes informaciones temáticas, bien sea en plotter, o en impresión a color; en exhibiciones efímeras sobre monitores o pantallas y en listados estadísticos.

Puesto que los datos son entrados, utilizando coordenadas geográficas de los sitios asociados con rigurosos mapas de base, los archivos de mapas de salida pueden ser obtenidos en cualquier escala deseada.

9. CONFIGURACION DE SISTEMAS

En función de la red de usuarios se puede disponer de distintas configuraciones bien con bases de datos centralizadas, descentralizadas o mixtas.

A nivel general de una administración o centro cartográfico relativamente importante se puede pensar en un computador central con la base de datos residente en él. A éste se conectarán distintas estaciones, bien en modo local, en red o conexión directa y a su vez en otras secciones se pueden tener puestos autónomos con bases de datos locales y descentralizados, lo que da una mayor versatilidad al sistema, ganando también en rapidez. La figura 21 muestra dos ejemplos de configuración de sistemas.

Existen numerosos software desarrollados para instituciones públicas o compañías privadas, tanto para forma vector como para forma raster, algunos de ellos son:

DIME (Dual Independent Map Encoding)
CLDS (Canada Land Datas System)
POLYVRT (Harvard University)
ARC/INFO (Esri)
IBIS (Image Based Information System)
ERDAS - GIS (Erdas)
IMGRID (Grid Based Information Manipulation System)
SICAD (Siemens)
INFOCAM (Kern)
DIGICAD e ILWIS entre otras.

A nivel nacional se tiene un software muy competitivo comercialmente con los arriba descritos, desarrollado totalmente en Colombia llamado PROMAP.

10. APLICACIONES

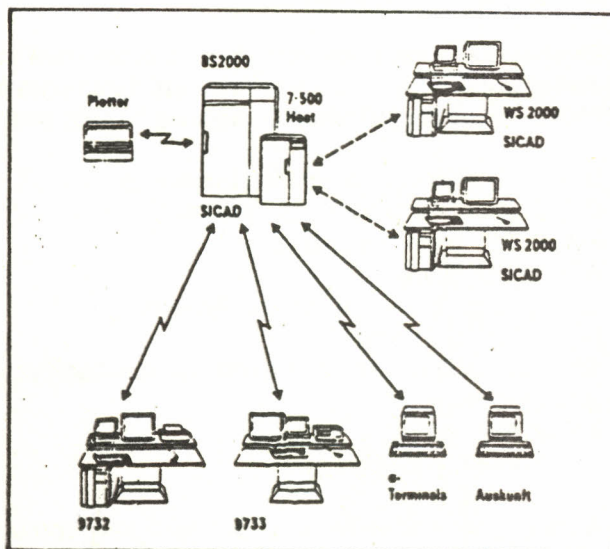
Es interesante resaltar que en Colombia algunas entidades del sector público y privado han captado la importancia de los SIG a través de sus diversas aplica-

COLUMNA VARIABLE = SUELOS

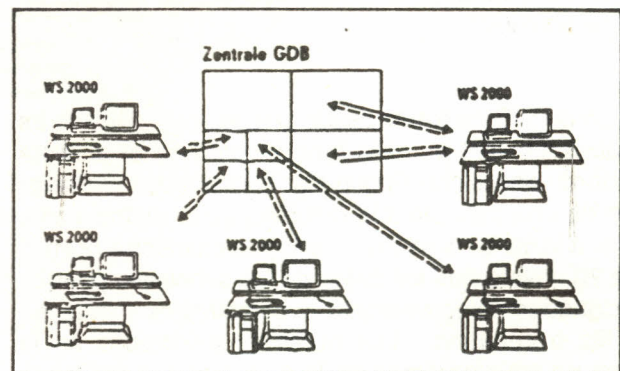
FILA VARIABLE = VEGETACION

	SUELO TIPO A Col. 1	SUELO TIPO B Col. 2	SUELO TIPO C,D Col. 3	SUELO TIPO E,F Col. 4
VEG TIPO H FILA 1	= 0	1	2	3
VEG TIPO I,J,K FILA 2	4	5	6	7
VEG TIPO L,M FILA 3	8	9	10	11

FIGURA 20. Ejemplo de superposición de células de malla, usando dos archivos de atributos



CONFIGURACION DE SISTEMA CON BASE DE DATOS CENTRALIZADA Y CONEXION DE VARIOS PUESTOS DE TRABAJO EN MODO LOCAL Y REMOTO.



CONFIGURACION DE SISTEMA CON BASE DE DATOS DESCENTRALIZADA EN ESTACIONES AUTONOMAS.

FIGURA 21. Ejemplo de dos formas de configuración de sistemas

ciones. Se puede citar entre otras al Departamento Administrativo de Catastro Distrital de Bogotá que adquirió hace aproximadamente tres años un sistema ARC/INFO con varias estaciones que incluyen mesas digitalizadoras, monitores de alta resolución, Plotters y otras periféricas para introducir en una base de datos, información concerniente a la ciudad de Bogotá.

El SIIG (Sistema Integrado de Información Geográfica) fue creado por decreto de la Alcaldía Mayor de Bogotá No. 635 del 23 de febrero de 1987 teniendo por objetivos:

- Centralizar la información cartográfica, fotogramétrica y catastral del Distrito
- Coordinar y controlar todas las acciones relacionadas con esta actividad
- Evitar que la información de este tipo se disperse o subutilice
- Coordinar todo lo relacionado con el acceso, protección y uso de las bases de datos geográficas del Distrito
- Suministrar información geográfica de Bogotá para que sirva de base a todas las entidades del Distrito en lo relacionado con el manejo de su propia información.

Qué beneficios se obtendrán con el SIIG?

- Formar y conservar el inventario predial de la ciudad y atender adecuadamente los trámites inmobiliarios catastrales.
- Utilizar una base cartográfica única por diferentes entidades distritales
- Ahorrar recursos humanos y técnicos en el manejo de la cartografía automatizada
- Consultar oportuna y rápidamente, por parte de las empresas de servicios, la información de redes propias y de otras entidades
- Manejar variables para la elaboración de mapas temáticos valiosos para la planeación y administración de la ciudad
- Disponer de la información catastral apropiada para las asignaciones del impuesto predial.

En la ciudad de Cali, las EEMM y las oficinas de Catastro

y Planeación Municipal han proyectado implantar un SIG con una base de datos de las mismas características que las de Bogotá; actualmente se trabaja en la fase de selección del equipo y software más adecuado y se espera que el SIG sea operativo en pocos años.

11. BIBLIOGRAFIA

1. **BOYLE R., Douglas D.,** "Computer-assisted cartography information processing: hope and realism". Canadian Association, Ottawa. 1982.
2. **COLLET C.,** Geographical Information Technology The field of environment UNEP/UNITAR and EPFL Training Programme in three volumes. Vol. 3. 1987.
3. **COLLET C.,** "Un système d'informations spatialisées, plus qu'une banque de données", publication de la Commission de Géographie, SHSN No. 9, Suiza. 1983.
4. **CRAIN I. et. al.,** "Trend in data structure in GIS" paper presented at the 19th Int. Symposium on Remote Sensing of Environment, Ann Arbor, Michigan. 1985.
5. **DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE CATASTRO MUNICIPAL.** Folleto de la Alcaldía Mayor de Bogotá.
6. **HONEYCUTT D., BROOKS K.,** "Geographic Information Systems a review of selected operational and functional capabilities", Oregon State University, USA. P. 17-21. 1980.
7. **JENSEN J.,** "Introductory digital image processing a remote sensing perspective". Prentice-Hall, USA (Chapter 10: pag. 254-271). 1986.
8. **LILLESAND T., KIEFER R.,** "Remote sensing and image interpretation", Wiley & SONS. USA. P. 45-65. 1979.
9. **MARBLE D.,** "Computer Software for Spatial Data Handling", Vol 1-3. 1980.
10. **OCHOA C.J.,** "Sicad-Cartografía. Sistema de Información Geográfico". Revista Topografía y Cartografía. Vol. V. Num. 26. 1988.