

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR**

**UNIDAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS**

**DISERTACION DE GRADO PREVIA LA OBTENCION  
DEL TITULO DE INGENIERO DE SISTEMAS**

**“Modelo de Sistema de Información Geográfica para el Control  
Catastral del Ilustre Municipio de Ambato”**

**Pablo Renán Egas Castro  
Myriam Jeannette González Robles**

**DIRECTOR DE DISERTACIÓN:  
ING. FRANCISCO FERNANDEZ Ph.D.**

**Ambato, 2000**



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR**

**UNIDAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS**

**DISERTACION DE GRADO PREVIA LA OBTENCION  
DEL TITULO DE INGENIERO DE SISTEMAS**

**“Modelo de Sistema de Información Geográfica para el Control  
Catastral del Ilustre Municipio de Ambato”**

Director: \_\_\_\_\_

  
Ing. Francisco Fernández Ph.D.

Revisores: \_\_\_\_\_

  
Ing. Patricio Chambers

  
Ing. David Guevara

Pablo Renán Egas Castro

Myriam Jeannette González Robles

**Ambato, 2000**

# DEDICATORIA

Esta Disertación la dedico principalmente a mi Dios Todopoderoso, quien me ha dado la inteligencia y la fuerza para seguir adelante. A mis padres quienes con su sacrificio me han ayudado a culminar mi carrera y en especial a mi madre que ha sido la luz de mi existencia, y a Mayra quien ha sido mi apoyo durante estos últimos años y la razón de mi existencia.

Alma mía bendice al Señor, alaba de corazón su Santo Nombre. Si alma mía, bendice al Señor y no olvides tantos beneficios de su mano.

(Salmo 103:1-2)

Pablo R. Egas Castro

## DEDICATORIA

A mis Padres, las personas más importantes de mi vida, quienes me impulsaron a salir adelante, me brindaron su amor, confianza, apoyo y ya que gracias a su esfuerzo he podido culminar esta etapa importante en mi vida.

*Myriam Jeannette*

## AGRADECIMIENTO

Le doy gracias a Dios por permitirme consolidar mis sueños y aspiraciones a través del presente trabajo. A Myriam mi compañera fiel de trabajo. A nuestro Director de Disertación Dr. Francisco Fernández quien con sus valiosos conocimientos concretamos el presente trabajo. A nuestros Revisores Ing. Patricio Chambers e Ing. David Guevara quienes con su desinteresado apoyo culminamos esta Disertación. Al Ing. Fricson Moreira quien nos proporcionó su ayuda y conocimientos en el desarrollo de este trabajo. Al Ing. Javier Acurio a quien le agradezco todo su apoyo e interés sobre mi persona. A todos los amigos y compañeros que de uno u otra forma contribuyeron para la realización de esta Disertación de Grado.

Espero en el Señor, mi alma espera y confía en su palabra, mi alma aguarda al Señor mucho más que a la aurora el centinela.

(Salmo 130:5-7)

Pablo R. Egas Castro

## AGRADECIMIENTO

A *Dios* por estar junto a mí en cada momento de mi vida.

A mis *Padres*, Rosa y Manuel ya que gracias a su esfuerzo y amor he logrado cumplir mi meta.

A mis *Hermanos*, Vinicio y Geovanny por brindarme su apoyo incondicional durante toda mi vida.

Al *Dr. Francisco Fernández* por brindarnos sus conocimientos y sobre todo su amistad.

A Los Ingenieros *Patricio Chambers* y *David Guevara* por sus consejos y asesoramiento

A *Pablo Egas* por su amistad de siempre y por su ayuda en éste nuestro proyecto.

Al *Departamento de Avalúos y Catastros del I. Municipio de Ambato* y en especial al Ing. Frieson Moreira por su gran ayuda para la realización de este proyecto.

A todos y cada uno de los *Profesores* de la Escuela de Ingeniería en Sistemas de la PUCF ya que a lo largo de mi carrera como estudiante me brindaron sus conocimientos en forma desinteresada.

A mis *Amigas, Amigos y Compañeros* por todos los momentos que compartimos, durante estos años.

*Myriam Jeannette*

**Modelo de Sistema de  
Información Geográfica  
para el Control Catastral  
del Ilustre Municipio de  
Ambato**

# INDICE

## **PREFACIO**

## **CAPITULO I**

### **1. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.**

1.1	Introducción.....	1
1.2	Reseña Histórica.....	2
1.3	Análisis Cartográfico.....	4
1.4	Introducción a la Topografía.....	5
1.5	Dibujo Topográfico.....	7
1.6	Los Sistemas de Información Geográfica.....	8
1.7	Digitalización y Gráficas por Computadora.....	10
1.8	Requerimientos de un Sistema de Información Geográfica.....	12
1.9	Componentes de los SIG.....	12
1.9.1	Hardware.....	12
1.9.2	Software.....	13
1.9.3	Información.....	13
1.9.4	Personal.....	14
1.10	Ventajas y Desventajas de un SIG.....	15
1.10.1	Ventajas.....	15
1.10.2	Desventajas.....	15

## CAPITULO II

### 2. ESTRUCTURA DE LOS DATOS.

2.1	Estructura de Datos para un SIG.....	17
2.2	Información Geográfica.....	18
2.3	Organización de los Datos en el Computador.....	19
2.3.1	Archivos.....	19
2.3.2	Bases de Datos.....	22
2.3.2.1	Estructura de Datos Jerárquica.....	22
2.3.2.2	Sistemas en Red.....	23
2.3.2.3	Estructura de Base de Datos Relacionales.....	26
2.4	Métodos de Representación de la Información	
	Geográfica en el Computador.....	27
2.4.1	Raster.....	27
2.4.1.1	Mapas Superpuestos (Layers).....	30
2.4.1.2	Pixeles de Referencia.....	31
2.4.1.3	Métodos de Almacenamiento Raster.....	33
2.4.1.3.1	Códigos de Cadena.....	34
2.4.1.3.2	Códigos de Longitud Corrida.....	35
2.4.1.3.3	Códigos de Bloque.....	36
2.4.1.3.4	Arboles Cuaternarios.....	37
2.4.2	Vector.....	38
2.4.2.1	Tipos de Entidades.....	39
2.4.2.1.1	Entidades Puntuales.....	39
2.4.2.1.2	Entidades Lineales.....	39



2.4.2.1.3	Entidades de Area.....	39
2.4.2.2	Poligonos Simples.....	40
2.4.2.3	Estructura de Red de Poligonos.....	40
2.4.2.3.1	Etapa 1: Enlace de Cadenas a una Red de Límites.....	41
2.4.2.3.2	Etapa 2: Revisión de Cierre de Poligonos.....	42
2.4.2.3.3	Etapa 3: Unión de las Líneas en los Poligonos.....	42
2.4.2.3.4	Etapa 4: Cálculo de las Áreas de Polígono.....	42
2.4.2.3.5	Etapa 5: Asociación de Atributos no Gráficos a los Poligonos.....	43
2.4.2.4	Redes Irregulares de Triangulación (TIN).....	43
2.5	La Elección entre Raster y Vectorial.....	44
2.5.1	Comparación.....	45
2.5.1.1	Métodos Vectoriales.....	45
2.5.1.1.1	Ventajas.....	45
2.5.1.1.2	Desventajas.....	45
2.5.1.2	Métodos Raster.....	45
2.5.1.2.1	Ventajas.....	45
2.5.1.2.2	Desventajas.....	45

## **CAPITULO III**

### **3. MODELOS DE ELEVACION DIGITAL.**

3.1	Métodos de Representación.....	47
3.1.1	Modelos de Graficación.....	48
3.1.1.1	Modelos de Línea.....	48

3.1.1.2	Modelos de Punto.....	49
3.1.1.2.1	Matrices de Altitud.....	49
3.1.1.2.2	Redes Irregulares de Triangulación (Tin Triangulated Irregular Networks).....	50
3.1.2	Métodos de Muestreo.....	53
3.1.2.1	Muestreo Progresivo.....	54
3.3	Fuentes de La Información.....	54
3.4	Productos Derivados.....	57
3.4.1	Diagramas de Bloque.....	57
3.4.2	Volúmenes de Corte y Relleno.....	59
3.4.3	Mapas de Contorno.....	60
3.4.4	Mapas de Relieve.....	61

## CAPITULO IV

### 4. INGRESO DE DATOS.

4.1	Obtención de Datos.....	64
4.2	Sensores Remotos.....	66
4.2.1	Imagen Satelital.....	67
4.2.1.1	Cobertura y Obtención de la Información.....	67
4.2.2	Fotografía Aerogramétrica.....	70
4.2.2.1	Reseña Histórica.....	71
4.2.2.2	El Proceso Fotogramétrico.....	72
4.2.2.3	Fotogrametría Terrestre.....	73
4.2.2.4	Fotogrametría Aérea.....	73

---

4.2.2.5	Superposición.....	76
4.3	Formas de Digitalización para Fotografía	
	Aerogramétricas.....	77
4.3.1	Mesa Digitalizadora.....	77
4.3.2	Scanners para Raster.....	80
4.3.2.1	Dispositivo de Acoplamiento y Carga (CCD).....	81
4.3.3	Scanner de Tipo Vectorial.....	82
4.3.4	Otros Dispositivos de Scanners para Mapas.....	82
4.4	Comprobación.....	84
4.5	Verificación de Datos.....	87
4.6	Almacenamiento.....	90

## **CAPITULO V**

### **5. MODELO SIG-IMA.**

5.1	Antecedentes.....	93
5.2	Ventajas del SIG para el Catastro del I.M.A.....	95
5.3	Ficha Catastral.....	99
5.4	Base de Datos Relacional para el Catastro.....	102
5.5	El Desarrollo Catastral del IMA en un SIG.....	102
5.6	Análisis Cartográfico.....	103
5.7	Análisis con M.G.E.....	105
5.7.1	Base de Datos en Foxpro.....	107
5.7.2	Microestación.....	110
5.7.3	Anexación y Conformación del Modelo SIG-IMA.....	112

5.7.3.1	Digitalización.....	112
5.7.3.1.1	¿Cómo se debe Digitalizar?.....	115
5.7.3.1.2	Identificación de Entidades.....	115
5.7.3.1.3	Identificando Atributos.....	116
5.7.3.1.4	Determinación de las Relaciones.....	116
5.7.3.1.5	Enlace a la Base de Datos.....	117
5.7.3.1.5.1	Cómo Preparar la Base de Datos para Usarla con Microestación.....	117
5.7.3.1.5.2	Mslink.....	118
5.8	Modelo Propuesto con Arcview.....	119
5.8.1	Base de Datos (Ms Access).....	120
5.8.2	Arcview.....	122
5.8.3	Modelo SIG-IMA con Arcview.....	125
5.8.3.1	Sistema para el Catastro.....	125
5.8.3.1.1	La Base de Datos Gráfica.....	127
5.8.3.1.2	Añadir Tablas.....	128
5.8.3.1.3	Vinculando las Tablas.....	128
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>130</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>133</b>
<b>APÉNDICE</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## **PREFACIO**

El mundo de hoy es un mundo de información, la correcta organización y manipulación de la misma es indispensable pues un adecuado tratamiento da como resultado la optimización de procesos cualesquiera que estos sean.

Para realizar un adecuado control de la información se requiere manipular datos alfanuméricos y gráficos al mismo tiempo, con lo cual se facilite al usuario a comprender y manejar de mejor manera la misma, éste es el propósito de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Los Sistemas de Información Geográfica son las herramientas, informáticas especializadas que fusionan los gráficos en el computador y las bases de datos, facilitando el control de varios procesos, optimizando las tareas realizadas dentro de determinadas dependencias y ayudan en el proceso de toma de decisiones.

Considerando esta realidad se llevó a cabo una propuesta para el Municipio en la cual se probaría si un SIG es o no de ayuda para la institución, sobre todo si era aplicable para el Departamento de Avalúos y Catastros después como aplicación.

Estas herramientas son el complemento a los sistemas informáticos ya implantados en dependencias gubernamentales, las cuales necesitan una mayor proyección y un mejor tratamiento de la información. En esta era bien llamada de la información, las propiedades

de los SIG responden de una manera asombrosa a dichas necesidades, pero sobre todo se debe ajustar a la realidad de un problema específico considerando recursos y necesidades.

Los SIG son la conjugación de Hardware, Software, Información y Personal que interactúan unos con otros para responder a una necesidad específica, como al Catastro y el control que este realiza en las ciudades.

El presente trabajo desarrollará los conceptos básicos y la historia que antecede a los Sistemas de Información Geográfica lo cual está expuesto en el Capítulo I, con lo que el lector obtendrá una visión general de los SIG.

Luego en el Capítulo II se pasará a revisar las estructuras de los datos y como son estos manejados por el computador. Con esta información el técnico encargado de realizar una implantación, tendrá varias alternativas en lo que se refiere a formas de almacenamiento y métodos para tratar la información.

Posteriormente en el Capítulo III se revisará los resultados y productos que se pueden obtener de los SIG.

En el Capítulo IV veremos la manera cómo se debe ingresar los datos ya sean estos gráficos y no-gráficos.

Concluiremos en el Capítulo V con un modelo SIG realizado con Microestación y el módulo MGE, adicionalmente propondremos un modelo con ArcView una propuesta interesante y alternativa.

Sobre todo, al finalizar este trabajo se dará al lector una idea clara de los Sistemas de Información Geográfica, su utilización e importancia en el mundo de hoy, pero principalmente veremos la aplicación de los SIG en el IMA y el modelo propuesto para alcanzar una relación adecuada entre las bases de datos existentes y la aplicación. Haremos hincapié en la poderosa herramienta que representa para la toma de decisiones y la verdadera importancia que esto representa para el Departamento de Avalúos y Catastros y en especial para el Municipio de Ambato.

Para demostrar lo antes expuesto, al realizar el modelo se consideró un sector representativo el cual se puede tomar como eje y aplicarlo al resto de la ciudad de Ambato. Dicho sector es el ocupado por la Urbanización Amanecer Popular, el modelo responde adecuadamente con las consultas sobre predios, los cuales son mostrados en pantalla además se presenta la información alfanumérica almacenada en la base de datos. Las consultas varían desde la búsqueda de un lote independiente al análisis colectivo del avalúo de los predios consultados.

Con el modelo propuesto, el cual sirve de piedra angular, en un futuro próximo se establece la propuesta para la implantación de un SIG ya aplicable y que abarque a toda la ciudad de Ambato, el cual ayudará al control catastral y a dar un mejor servicio a la ciudadanía que espera que los procesos se agilicen y sean de buena calidad.

Finalmente, queremos agradecer a la Municipalidad de Ambato por permitirnos realizar este estudio en sus instalaciones, a los funcionarios del Departamento Organización y Sistemas y al Departamento de Avalúos y Catastros, quienes nos brindaron su apoyo y colaboración al realizar este trabajo de disertación.

## **CAPITULO I**

### **1. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.**

#### **1.1 INTRODUCCIÓN.**

En los tiempos modernos la expansión territorial ha crecido a un ritmo geométrico, la necesidad de un área física para el desarrollo de las actividades del hombre y en si para el desarrollo de su vida cotidiana demandan de una planificación y un control sobre el espacio físico donde el mismo ha realizado sus asentamientos. Con la llegada de la informática y sus notorios avances los métodos para la planificación, el control catastral y sobre todo de una organización social, han proporcionado una herramienta muy poderosa para llevar de mejor manera estos problemas que se han agudizado con la mencionada expansión.

En este siglo la creciente demanda de mapas se ha incrementado notablemente con usos cada vez más específicos. Adelantos en fotografía aérea, sensores remotos han proporcionado a los fotogrametristas herramientas indispensables para representar grandes extensiones del suelo. Como es evidente, con la ayuda de la computación se ha logrado automatizar estos procesos y obtener herramientas computarizadas muy eficientes para el uso por parte del hombre.

Una de estas herramientas son los Sistemas de Información Geográfica (SIG), las cuales combinan las técnicas de procesamiento de imágenes, graficación digital y las bondades que ofrecen las bases de datos relacionadas, conjuntamente con disciplinas como la

Cartografía, Topografía, Ingeniería Civil, Geografía, Ciencia de los Suelos, Fotogrametría, Planificación Urbana y Rural, Redes de Servicios, Sensores Remotos, Análisis de Imágenes, digitalización de imágenes, corrección de las mismas y el anexamiento a la base de datos, proporcionan al operador una herramienta confiable y eficiente empleada para una infinidad de aplicaciones, siendo una de ellas el control catastral.

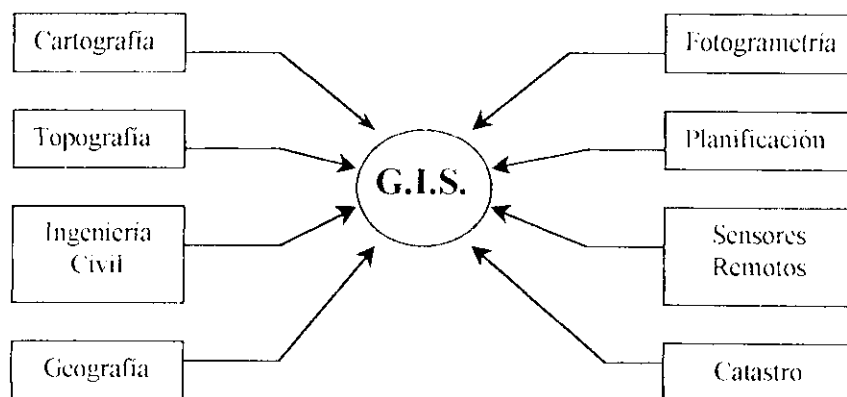


Fig. 1. Elementos que conforman un GIS

Como podemos observar en la Figura 1, los GIS o SIG son el resultado de una relación entre disciplinas separadas, pero que en conjunto se transforman en una poderosa herramienta.

## 1.2 RESEÑA HISTÓRICA

Los Sistemas de Información Geográfica son una herramienta que ha evolucionado de una técnica que parte de la representación del terreno sobre una superficie plana, es decir, la estructuración de los mapas. La realización de los mismos y la Cartografía tradicional vienen desde tiempos remotos, desde una simple tablilla de barro a las cartas modernas y su representación en un computador.

Los mapas más antiguos se han obtenido de la antigua Mesopotamia los cuales fueron hechos en tablas de barro, culturas antiguas del Mediterráneo los cuales representaron a la geografía sobre mosaicos los mismos que han sido preservados hasta la actualidad. Se han encontrado referencias sobre algunos escritos que hablan de la existencia de mapas en las civilizaciones Griegas y Romana, pero han sido destruidos debido a que fueron hechos sobre materiales perecibles.

Algunas cartas antiguas han sobrevivido, más no sus originales sino que han sido copiados y recopiados a través del tiempo. Otros tipos de mapas son los adjudicados a Ptolomeo de Alejandria quien realizó una representación cónica, la misma que poseía datos sobre localización y efectos de latitud.

La cartografía medieval, avanzó muy poco en conceptos de representar la superficie del terreno, obteniendo una pobre y retrasada concepción del mundo conocido. No fue sino hasta el Renacimiento donde por efectos de la comercialización aparecen cartas náuticas conocidas como *portulanos*. En el siglo XIII se empieza a mostrar las costas de una manera muy exacta utilizando líneas y compases, la utilización de la astronomía y de la geometría, dan un salto enorme para la confección de mapas. La Impresión y el grabado que también se logran en el Renacimiento, abaratan costos y hacen más asequibles y abundantes a los mismos.

En el siglo XVII cuando se realizan nuevas técnicas en la Astronomía y se logra conformar la latitud, los mapas se vuelven muchos más exactos. La exploración de los interiores en los siguientes siglos, determinaría la concepción final de la cara de la Tierra.

Adicionalmente, mucha de esta representación fue adoptada por varios grupos religiosos de monjes, quienes con su dedicación y paciencia hicieron suya esta actividad y realizaron grandes avances en el grabado de mapas obteniendo una matriz en un tamiz el cual poseía los puntos referenciales para la estructuración de nuevas cartas. Esta técnica fue muy común hasta cuando en este último siglo surgen los adelantos modernos, la fabricación de máquinas y computadores que empiezan a revolucionar esta antigua tradición, haciendo los mapas más exactos, coloridos y con muchas más representaciones del suelo.<sup>1</sup>

El primer intento de una cartografía automatizada se logra alimentando en un computador los datos del suelo y en distintas capas los diferentes aspectos del mismo. Esto evolucionaria trayendo formas más complejas y exactas de los mapas en el computador, aumentando herramientas que no solo muestran los suelos, sino, que pueden realizar proyecciones, planificación, etc. Estas herramientas son los Sistemas de Información Geográfica.

### **1.3 ANÁLISIS CARTOGRÁFICO.**

La localización de cualquier lugar o accidente geográfico puede ser representada sobre un mapa, pero uno solo de estos no puede mostrar absolutamente todo, para un GIS esto no es una regla. Un mapa puede diferir de una fotografía aérea que solo muestra la superficie fotografiada, este puede mostrar entidades claramente visibles como una costa, un río, una ciudad, pero adicionalmente puede mostrar la distribución de redes telefónicas, alcantarillado, lotizaciones, inclusive se puede mostrar líneas de latitud y longitud, las cuales no se muestran en fotografías.

---

<sup>1</sup> Información obtenida de las Enciclopedias Campton y Britanica

En adición a esto, la topografía es parte vital de la Cartografía ya que esta es una ciencia y un arte por el cual se realizan las mediciones necesarias para determinar su posición relativa o bien establecer su posición específica. Las mediciones de topografía son las distancias tanto horizontales, verticales y las de dirección.

Conjuntamente con las mediciones reales están los cálculos matemáticos. Distancias, ángulos, direcciones, elevaciones, áreas que son obtenidas del levantamiento o por otros medios de elevación de modelos de suelos. El desarrollo de estas técnicas y sobre todo la comprensión y administración de los recursos, la geología, la geomorfología, la ciencia de los suelos, la planificación, el catastro constituyen los cambios y adelantos que se han perfeccionado desde el siglo XIX.

Mapas de distribución de tipos de suelo, utilización de los mismos, son usados para diversos propósitos, especialmente en las zonas urbanas son empleados para la planificación de calles, de redes y distribución del terreno.

Hasta ahora se ha mostrado una vista general de la topografía, pero para una mayor comprensión veamos más detalladamente lo que es la topografía y su aplicación.

## **1.4 INTRODUCCIÓN A LA TOPOGRAFÍA.**

Tenemos también como parte importante la topografía del suelo, ya que sobre el mismo es donde se levantan edificios, casas, se construyen vías, etc. En este capítulo detallaremos algunos de los conceptos fundamentales para poder entender la terminología usada, detallaremos algunos conceptos básicos al igual que algunas técnicas.

La topografía tiene por objeto medir extensiones de tierra, tomando los datos necesarios para poder representarlos sobre un plano, a escala y tomando en cuenta la forma y los accidentes que pueden encontrarse. Con la información obtenida del terreno y aplicando procedimientos matemáticos, se calcula distancias, ángulos, direcciones, coordenadas, elevaciones, áreas, según sea lo requerido.

Este procedimiento comprende dos etapas: La primera consiste en el trabajo de campo o sea la recopilación de datos y la segunda el trabajo de oficina que comprende el cálculo y dibujo.

Una de las aplicaciones de la Topografía es establecer los límites de propiedades, medir sus extensiones, dividirlos y determinar accidentes u objetos dentro de ellas; es decir, es la parte medular del Catastro, ya que la información que arroje la topografía será la utilizada para determinar la información catastral.

La Topografía se divide en dos ramas fundamentales: La Planimetría y la Altimetría.

La primera, solo tiene en cuenta la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario que se supone es la superficie media de la tierra y la segunda, se centra en las diferencias de nivel existente entre los diferentes puntos de un terreno.

Se deben considerar estos conceptos debido a la distribución geográfica del cantón, la cual es muy irregular y diversa. En muchos lugares, los levantamientos de construcciones se los ha realizado sobre los costados de pendientes, declives o simplemente incrustándolos en

las elevaciones, también tenemos asentamientos en planicies, lo que facilita el trabajo de Topografía y su cálculo.<sup>2</sup>

## 1.5 DIBUJO TOPOGRÁFICO.

El dibujo topográfico no es más que la representación de la información recolectada en el campo, con la cual se realizan mapas o planos en los que se representa la forma y accidentes de un terreno. Es necesario hacer la distinción entre mapa planimétrico y altimétrico o topográfico. En el primero se representa accidentes naturales y artificiales del terreno tales como quebradas, lagos, linderos, obras, etc. En el segundo además de esto, se

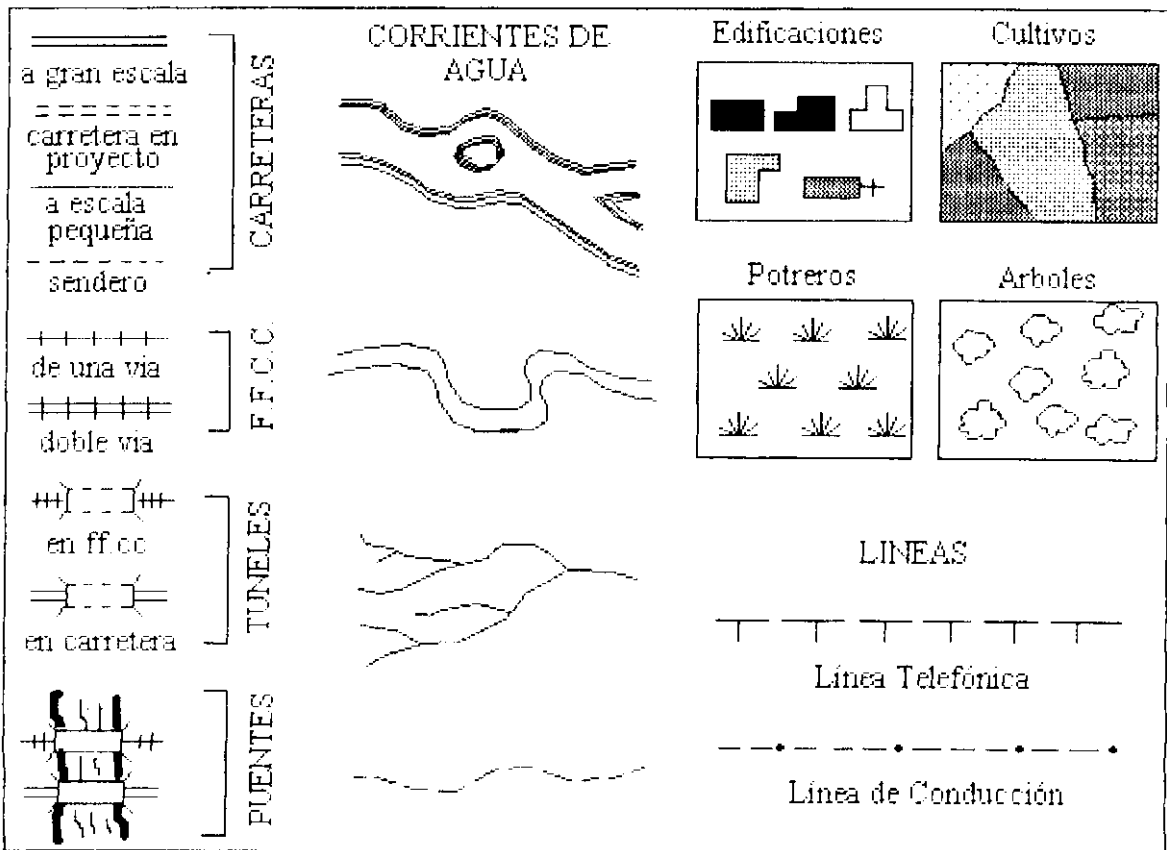


Fig. 2 Símbolos topográficos utilizados en la confección de mapas

<sup>2</sup> Información técnica obtenida del libro TOPOGRAFIA de Torres y Villate

representa el relieve del terreno.

En el dibujo Topográfico, además del dibujo de la planta, el perfil, y las secciones transversas, existe la necesidad de realizar cálculos gráficos, luego la precisión en la localización de puntos y líneas sobre el plano es muy importante.

En el dibujo topográfico se utilizan signos convencionales para evitar que la claridad de un mapa sea aminorada al mostrar los objetos del terreno. En la Figura 2 se muestran dichos símbolos.

## **1.6 LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.**

Dichos sistemas están diseñados para proporcionar respuestas no predefinidas. Estos sistemas se encuentran conformados por un conjunto de procedimientos para el procesamiento de datos gráficos en su mayoría, su manipulación y principalmente enlazado a una base de datos. Además debe incluir una buena interface entre el hombre y el computador.

Los SIG nos permiten realizar un análisis y un procesamiento de la información espacial y vectorial, llevando las imágenes comunes de una fotografía digital a coordenadas espaciales alcanzando una representación exacta del mundo real en el computador. Permitiendo de esta manera realizar las actividades de planificación, control catastral, planificación de todo tipo de redes tales como de telecomunicación, energía y otras.

La necesidad de información espacial y de su análisis no se restringe únicamente a geógrafos. Planificadores urbanos y departamentos catastrales necesitan de una completa información acerca de la distribución de la tierra y sus recursos en las ciudades.

Pero el material obtenido de fotografías aéreas y sensores remotos como los satélites no son mapas, sino que son imágenes o conjuntos de información gráfica, la cual es almacenada en los distintos tipos de dispositivos magnéticos. Los elementos comunes como áreas, elevaciones, líneas son representados internamente en el computador como elementos simples en pixels (picture elements). Los cuales son representados en matrices bidimensionales que contienen un número indicando las diferentes características del suelo y sus irregularidades.

Estas imágenes tienen que ser además localizadas correctamente con la malla geodésica para poder obtener su correcta correlación con el sitio en el espacio terrestre. Toda la conjunción entre los sensores remotos, el levantamiento del suelo, la cartografía ha hecho posible concretar esta poderosa herramienta que son los Sistemas de Información Geográfica.

Un concepto dado es el de que "Un Sistema de Información Geográfica está diseñado para trabajar con datos georeferenciados mediante coordenadas espaciales o geográficas"<sup>3</sup>. Como se puede observar de este concepto la parte principal de un SIG es la parte referente a la Geografía y la aplicación que se ha dado a la misma en la informática. De igual manera, podemos indicar que de forma paralela va también el procesamiento de imágenes, con lo cual se hace posible la manipulación de la información gráfica para su correlación con la geográfica. No podemos dejar a un lado la parte de las bases de datos relacionadas

que son también parte importante debido a que en ellas se encuentra la información principalmente catastral de la zona en la cual se está aplicando el SIG.

## 1.7 DIGITALIZACIÓN Y GRÁFICAS POR COMPUTADORA.

En lo que se refiere a la graficación, diagramas y modelos por computadora, comercialmente existen diversos programas en el mercado ya sea para generar una gran variedad de tipos de gráficos tales como: barras, gráficas superficiales o diagramas de pastel. Estos programas pueden procesar las imágenes tanto bidimensionales como tridimensionales según sea el requerimiento. Los gráficos en la tercera dimensión son utilizados para representar múltiples relaciones y/o obtener una abstracción del mundo real mucho más auténtico y aplicativo como podemos observar en la Figura 3. En lo que se refiere a un SIG las gráficas por computadora llevan al mundo geográfico a ser representado en la computadora, teniendo de esta manera una herramienta visual de una gran utilidad como ya lo manifestamos anteriormente.

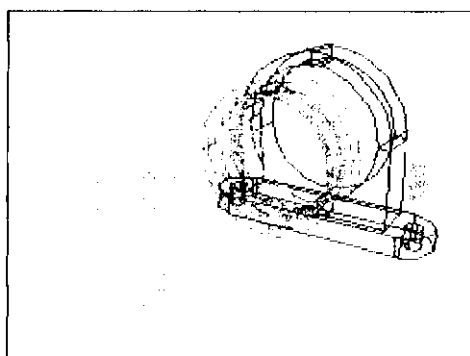


Fig. 3 Grafica por computadora  
Representación de un objeto  
del mundo real

La técnica que se utiliza para la producción de imágenes a partir de fotografías ya existentes, las cuales han de ser digitalizadas y corregidas para mejorar su calidad, se llama procesamiento de imágenes. En esta técnica se utiliza la digitalización para generar los

modelos de sombras y color. Estos métodos son utilizados para mejorar muchos objetos borrosos o que no se pueden apreciar correctamente, como podemos apreciar en la Fig. 4.

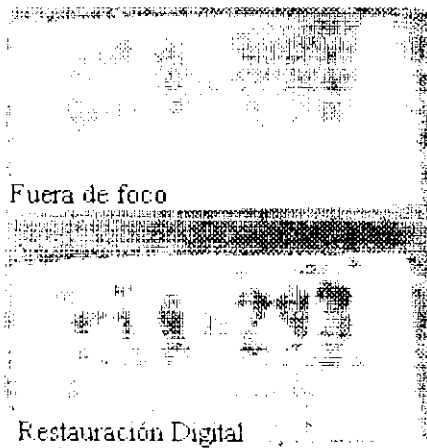


Fig 4 Restauración digital de una  
fotografía borrosa

Una vez que se ha procedido a la digitalización de una imagen se utilizan varios métodos de corrección para mejorar la misma, se puede obtener el mejoramiento de la calidad del color y la textura de las sombras.

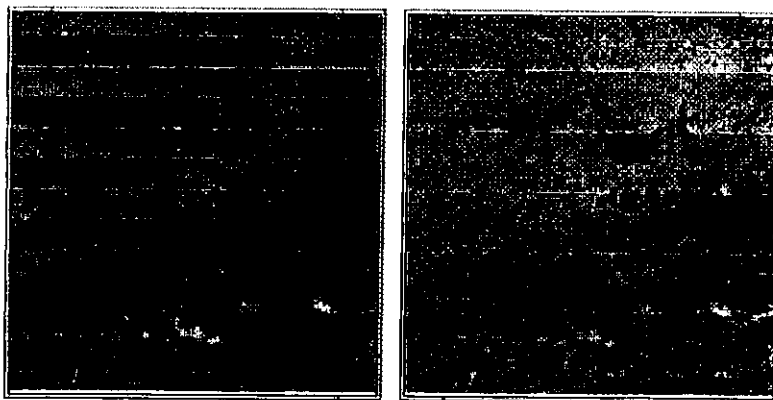


Fig. 5 Imagen tomada desde un satélite en órbita

La utilización de las gráficas por computadora es diversa y pueden ser aplicadas en muchos campos de la ciencia, uno de ellos es la Geografía donde se puede analizar estos datos y aplicarlos. Como se puede ver en la Figura 5, se muestra fotografías de satélite tomadas para analizar el tipo de terreno.

- d) Una unidad de almacenamiento lo suficientemente grande para guardar los datos.
- e) Un digitalizador para el procesamiento de la imagen (fotogramétrica en este caso).

Tal como se muestra es la siguiente figura.

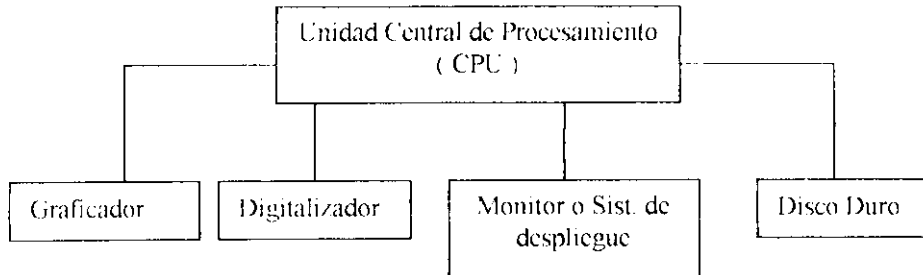


Fig. 6 Esquema de Hardware

### 1.9.2 Software.

Los aspectos del software que se deben observar son:

- a) Digitación de datos.
- b) Manejo y tratamiento de datos
- c) Análisis espacial y modelación.
- d) Salidas

Esto lo podemos observar en la figura a continuación.

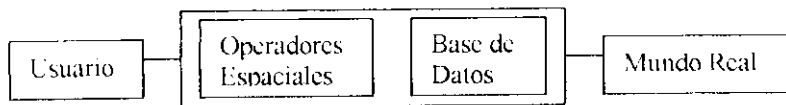


Fig. 7 Esquema del Software

### 1.9.3 Información.

Otra de las partes fundamentales en los GIS es la información, debido a que se necesita alimentar a la computadora con todos los datos necesarios para que esta pueda realizar las tareas posteriormente. En este punto surgen algunos problemas. Primero, no existe la

suficiente información como para poder trabajar y obtener los resultados deseados. Segundo, existe la misma pero la calidad no es lo suficientemente satisfactoria o no se ajusta a nuestras necesidades. En nuestro caso si estamos realizando un trabajo aplicado al Catastro, necesitamos toda la información referente al Catastro, información de otra índole simplemente no sirve debido a que no se la puede aplicar a este campo, aunque esta sea muy buena.

La información se la puede obtener de varias fuentes, ente las principales mencionaremos las siguientes:

- a) Mapas
- b) Fotografías Aéreas
- c) Imágenes Satelitales
- d) Productos Digitales

#### **1.9.4 Personal.**

Una vez que todos los elementos anteriores han sido reunidos, aparece el elemento fundamental en un GIS, que es el personal que trabajará, recopilará, procesará la información y manejará los equipos para poner en marcha el proyecto.

Debemos tomar en cuenta que el personal es la parte clave en este trabajo, debido a que si queremos obtener buenos resultados, también debemos tener personas calificadas. Para esto necesitamos entrenar al mismo adecuadamente, poniendo énfasis en la especialidad de cada uno y en los conocimientos generales y aplicativos del GIS. Recordemos que para que un trabajo sobre GIS tenga éxito el grupo de trabajo es multidisciplinario pero que

comparten sus técnicas y las fusionan en una sola "En el GIS". Por lo tanto el personal debe ser altamente calificado y entrenado en el desarrollo y funcionamiento del GIS.

## **1.10 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN SIG.**

Para poder analizar y comprender todo aquello que nos ofrece un sistema de información geográfica presentaremos a continuación las ventajas y las desventajas que un SIG presenta son las siguientes:

### **1.10.1 Ventajas.**

Entre las ventajas de un SIG podemos enumerar las siguientes:

- a) Los datos se encuentran almacenados físicamente en una base de datos.
- b) El mantenimiento y recuperación de datos tiene costos razonables
- c) Los datos espaciales y los que no lo son pueden ser tratados al mismo tiempo en forma relacional.
- d) Los cambios pueden ser realizados en corto tiempo.
- e) La búsqueda de información textual y gráfica se lo realiza en un lapso muy corto de tiempo.
- f) Una buena interface aumenta la productividad.

### **1.10.2 Desventajas.**

De igual manera debemos observar ciertas desventajas que se pueden encontrar:

- a) Se presentan algunos problemas técnicos al digitalizar las imágenes.

- b) Se requiere de especialistas para encargar a ellos el mantenimiento de los formatos digitales y de los datos contenidos en las bases de datos.
- c) El costo debido a equipos y programas es bastante elevado.

## **CAPITULO II**

### **2. ESTRUCTURA DE LOS DATOS.**

#### **2.1 ESTRUCTURA DE DATOS PARA UN SIG.**

En forma diferente a otros datos, la información geográfica es complicada de procesar debido a que debe incluir: datos sobre la posición, los atributos de los objetos registrados y las posibles relaciones topológicas.

Los datos geográficos son referidos a localizaciones sobre la superficie de la tierra usando un sistema de coordenadas. Dicho sistema puede ser: local, una cuadrícula nacional o una proyección internacionalmente aceptada.

Topología es una parte de las matemáticas que tiene que ver con las propiedades geométricas de una figura, describe la relación entre los elementos conectados y adyacentes. Las estructuras de datos topológicos son esenciales en el análisis geográfico y cartográfico.

Toda la información geográfica se puede resumir en tres tipos básicos de conceptos topológicos: punto, línea y polígono.

Cada fenómeno geográfico puede ser representado por estos tres tipos de entidades sumados a una etiqueta que describa que es cada uno de ellos.

## **2.3 ORGANIZACIÓN DE LOS DATOS EN EL COMPUTADOR.**

Antes de seleccionar una manera de almacenamiento, es necesario considerar todos los aspectos requeridos para guardar información, ya que existen varias maneras de guardar la misma. La más eficiente a ser aplicada en el caso del I. Municipio de Ambato, debe considerar aspectos referentes a los procesos y también a la disponibilidad y facilidad que ofrece uno u otro método.

Para esto mencionaremos varias formas de almacenar datos, cómo son manipulados y cuán eficientes son al momento de almacenarlos y recuperarlos.

### **2.3.1 Archivos.**

Los archivos y su organización se refieren a la forma como se encuentran distribuidos y almacenados los registros en un medio apropiado para este propósito. Mencionaremos dos tipos principales de almacenamiento de archivos, archivos secuenciales y con índice.

En un archivo secuencial los registros son colocados uno a continuación de otro y la manera de accederlos es siguiendo el mismo orden en el cual están escritos. El orden consecutivo no necesita estar en una secuencia determinada, dada por algún tipo de algoritmo o cuenta creada para este registro. Como se puede observar, estos archivos son fáciles de usar e incrementar nuevos registros, pero son increíblemente ineficientes al momento de acceder a los mismos, ya que si tenemos un archivo lo suficientemente grande y buscamos un registro que puede estar localizado al final del archivo, obtendremos una

considerable pérdida de tiempo para localizar dicho registro, por lo que su uso no es aconsejable para grandes cantidades de información

Una variante de este tipo de archivos son los secuenciales ordenados. Estos archivos son ordenados de una manera secuencial pero ordenándolos, esto se logra mediante la inserción de registros entre los ya existentes con lo cual se mejora el desempeño en la búsqueda ya que están ordenados como lo estaría una guía telefónica la cual ordena a los suscriptores en un orden alfabético. La gran ventaja de realizar esta operación es el de que un item  $x$  puede ser localizado con mayor rapidez.

Generalmente este tipo de archivos y sus búsquedas son optimizados utilizando métodos de búsqueda binaria. Este tipo de método consiste en un algoritmo que tasa el tamaño total del archivo, lo divide en dos mitades, en vez de revisar el primer registro, el registro de la mitad es examinado. Si el valor clave coincide con el valor buscado, este es el registro seleccionado, pero si no lo es, empieza una prueba simple para ver si el registro se encuentra antes o después del registro central. La mitad apropiada es retenida para realizar la misma operación tantas veces como sea necesaria (recursividad).

Una búsqueda binaria requiere de  $\log_2(n+1)$  (Logaritmo en base 2 de  $n+1$ ) pasos. Si tenemos un archivo con unos 10.000 registros y si el tiempo de búsqueda por cada registro es de 1 segundo, el promedio de tiempo para localizar un registro  $x$  es de 14 segundos. Comparado con el tipo de archivos anteriores, los cuales tomarían 1.5 horas para localizar el mismo registro. Esto le da a este tipo de archivos una gran ventaja en la búsqueda, pero

en bases de datos donde los montos de información son sumamente más cuantiosos, estos archivos siguen siendo aún ineficientes.

Otra forma de almacenar los datos, son los archivos indexados. Esta forma de organización representa una especie de balance entre la organización de archivos, ya que facilita el acceso randómico a los registros. El método utiliza una tabla de índices que indica la posición de almacenamiento aproximada para un registro dado. Un archivo indexado consta de dos componentes principales:

El archivo principal.- es el área de almacenamiento que contiene los registros de orden secuencial. Consta de dos segmentos llamados el área primaria y el área de saturación. El área primaria se carga con los registros en orden secuencial cuando el archivo se carga por primera vez, mientras que el área de saturación está diseñada para acomodar adiciones al archivo.

El índice (o archivo de índice).- está diseñado para facilitar el acceso randómico a registros en el archivo principal. La función de este archivo es similar a las etiquetas que se encuentran al frente de los archivadores de tarjetas en una biblioteca. Si necesitamos encontrar la tarjeta de un autor determinado, consultamos la etiqueta del archivador primero y luego nos dirigimos al archivador correspondiente y buscamos la tarjeta que nos es de interés. De igual forma trabajan estos archivos, ya que aceleran la búsqueda enormemente, ya que no se pierde tiempo en determinar la posición de un registro sino que ya se determina la porción donde puede estar localizado el mismo y se realiza la búsqueda en esta porción.

El problema radica en el archivo auxiliar de índices ya que necesitaremos tantos índices como registros tengamos en el archivo principal. Lo que indica que cuanto más crezca el archivo principal el archivo de índices será mayormente difícil de manipular; adicionalmente, presentan problemas cuando los archivos usados y sus registros son añadidos y borrados continuamente.

El mayor problema que se encuentra al usar este tipo de archivos, específicamente en información geográfica es el de que muchas de las entidades individuales (pixels, puntos, líneas y áreas) no tienen únicamente un atributo clave, como un identificador numérico o un nombre, sino que tienen información acerca de los atributos de las asociaciones que son también requeridas.

### **2.3.2 Bases de Datos.**

Una base de datos consiste en la conjugación de varios archivos. Para poder acceder a la información de uno o varios archivos de una manera fácil y efectiva, es necesario tener alguna clase de estructura u organización. Algunas de las estructuras más difundidas son las jerárquicas, redes y relacionales.

#### **2.3.2.1 Estructura de Datos Jerárquica.**

Cuando la información tiene una relación de uno a varios, tales como predio urbano y predios de la Calle Bolívar, o pixels que corresponden a una región. Este tipo de método es muy práctico para el acceso de datos, pero siempre hay que considerar para que tipo de

datos se lo vaya ha utilizar, puesto que puede ser eficiente para representar taxonomías de plantas y animales, clases de suelo, etc.

Estructuras jerárquicas asumen que cada una de las partes de la jerarquía puede ser alcanzada a través del campo clave.

La ventaja de este tipo de estructuras es que son fáciles de manejar, sobre todo de actualizar e incrementar. El inconveniente se presenta en la asociación de atributos ya que este es el punto débil de los sistemas jerárquicos. Otra desventaja que se presenta cuando los archivos de índices son grandes, es que a ellos hay que darles un mayor mantenimiento y algunos de los valores de los atributos tienen que ser repetidos varias veces, conduciendo como es lógico a una redundancia de la información y por consiguiente a un desperdicio de los recursos de almacenamiento.

### 2.3.2.2 Sistemas en Red.

En muchos de los casos un encadenamiento de la información se vuelve una necesidad, especialmente en estructuras de datos que están relacionadas con gráficas, donde objetos adyacentes en un mapa necesitan un encadenamiento aún cuando la información de las coordenadas se encuentra almacenada en una parte distinta de la base de datos. Para estos casos los sistemas en red responden muy satisfactoriamente ante el problema.

Consideremos un mapa simple de dos polígonos, para la concepción de una persona esto es muy fácil, dos objetos formados por líneas los cuales tienen un borde en común. Pero

debido a que la representación y su almacenamiento en un computador es más complicado, compararemos el sistema anterior y el de redes.

Cada línea es definida por un conjunto de coordenadas, con un par de coordenadas en común para dos líneas. En una estructura jerárquica resulta redundante y tedioso el almacenamiento y la representación de un elemento. Cada par de coordenadas tiene que ser repetido dos veces y las coordenadas 3 y 4 tienen que ser repetidas cuatro veces debido a que la línea C tiene que ser repetida dos veces. Si se diera el caso que se nombrara a los dos polígonos con el mismo nombre, de todos modos, la línea C tendría que ser almacenada dos veces. Este problema se evita con los sistemas en red, ya que cada línea y coordenada tiene que ser mostrada únicamente una sola vez, como lo podemos observar en la Figura 8.

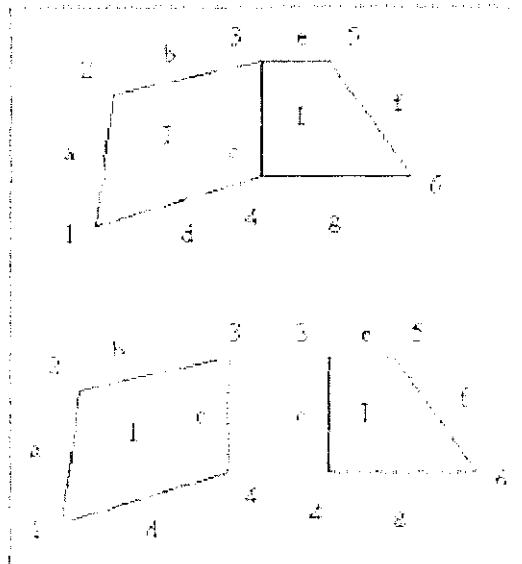


Fig. 8 Grupo de entidades a graficarse

Las figuras anteriores muestran el grupo de líneas y coordenadas a graficarse.

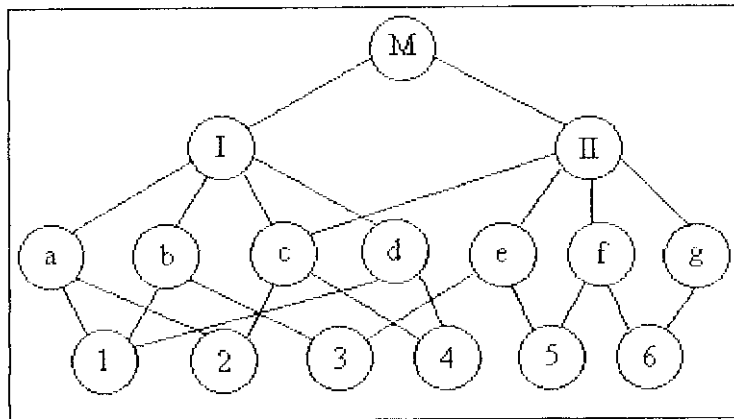


Fig. 9 Organización de un Sistema en Red

La figura 9 muestra cómo se organiza los polígonos anteriores en un sistema de red.

Muchas de las veces cuando se usan gráficos, las estructuras en red son de mucha ayuda ya que pueden representar estructuras muy complejas, algunas de estas que más satisfacen este tipo de requerimientos son los anillos. Estos sistemas son muy útiles cuando las relaciones o el encadenamiento pueden ser especificados de antemano, para evitar la redundancia de los datos.

Las desventajas aparecen cuando la base de datos y sus punteros se incrementan y en sistemas grandes la acumulación de la información y de los punteros puede convertirse en un gran inconveniente debido al espacio que ocupan. Estos deben ser actualizados y por supuesto un mantenimiento periódico debe ser aplicado para mantener la base de datos en buen estado.

### 2.3.2.3 Estructura de Base de Datos Relacionales.

Una estructura de base de datos relacional en su forma más simple no guarda ningún tipo de punteros o de jerarquía alguna. En su lugar, la información es almacenada en registros simples, conocidos como tuples, los mismos que contienen un conjunto ordenado de atributos y valores que son agrupados en tablas bidimensionales, conocidas como relaciones.

Los punteros en las estructuras en red y las llaves en estructuras jerárquicas son reemplazadas por información redundante en la forma de códigos de identificación que son utilizados como claves únicas de identificación de los registros en cada archivo. La información es extraída de la base de datos relacional a través de un procedimiento en el cual el usuario define las relaciones que más se ajusten a la consulta.

Las bases de datos relacionales tienen la gran ventaja que sus estructuras son muy flexibles y pueden satisfacer las demandas de cualquier consulta que sea formulada siguiendo las reglas de lógica Booleana y operaciones matemáticas.

El agregar o remover la información es sumamente fácil, debido a que este proceso únicamente envuelve la agregación o la eliminación de un tuple. La desventaja de las bases de datos relacionales radica en que muchas de las operaciones implican una búsqueda secuencial.

## **2.4 MÉTODOS DE REPRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL COMPUTADOR.**

Existen varias maneras de representar la información geográfica en el computador, en esta parte revisaremos dos técnicas para llevar a cabo esta tarea; estas son raster y vector. Veremos las ventajas que ofrecen cada una de estas técnicas y seleccionaremos la que más se ajuste a las necesidades del IMA. Revisando asuntos como disponibilidad de equipos, obtención de los datos y todos aquellos aspectos que pueden influir en la selección.

### **2.4.1 Raster.**

La estructura raster consiste en un arreglo de celdas en malla. El área de estudio se encuentra dividida por una fina red de celdas con las cuales se almacena la condición o atributo de la superficie de la Tierra a ese punto. Cada una posee un valor numérico con lo que se representa un identificador de la característica.

Cada celda se encuentra referenciada por una fila y una columna que contiene un número que muestra el tipo de valor del atributo que se está representando del mapa. En este tipo de estructuras un punto se representa por una celda de la malla; una línea por un número determinado de celdas vecinas con una dirección dada, un área es codificada como un conjunto de celdas adyacentes.

Este tipo de estructura nos indica que una superficie bidimensional sobre la cual la información geográfica es representada no es continua, pero es cuantificable, lo cual puede tener un importante efecto en la estimación de longitudes y áreas cuando el tamaño de las

celdas de la malla son más grandes con respecto a las características que se están representando.

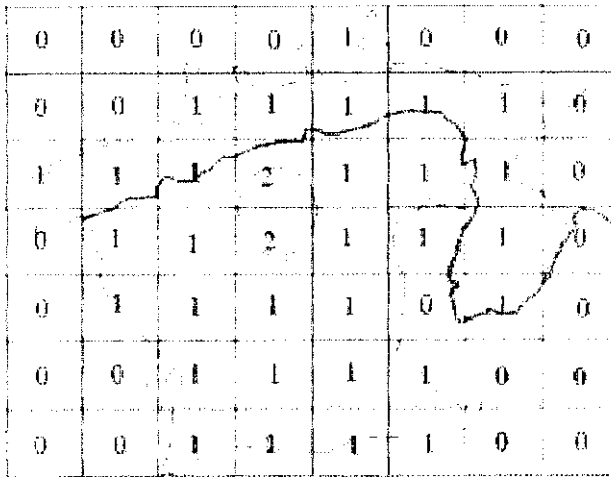


Fig. 10 Contorno de la ciudad de Ambato y su representación raster

A continuación en la Figura 10 se muestra una representación secuencial de este método.

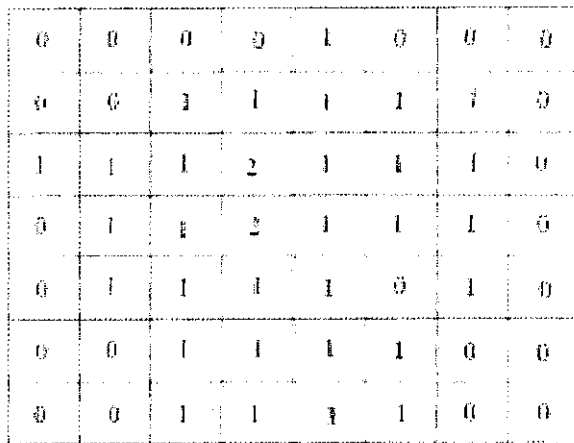


Fig. 11 Mapa raster resultante

En la Figura 11 podemos observar el contorno del área ocupada por el cantón Ambato.

Para la codificación en raster, se designa el "0" para el área fuera de los límites del cantón, el "1" para el área dentro de los límites y el número "2" para indicar la zona del centro de

Ambato. Esto es claramente visible en la Figura 11, dónde podemos visualizar la manera cómo se distribuye una representación raster.

Indicaremos que para realizar una representación real y exacta del perfil del cantón, se debe usar una malla que contenga miles de celdas que son las que darán la verdadera forma de la superficie. Pero, para el entendimiento de cómo se codifica utilizando este método, nos valdremos del ejemplo anterior para una percepción global de lo expuesto.

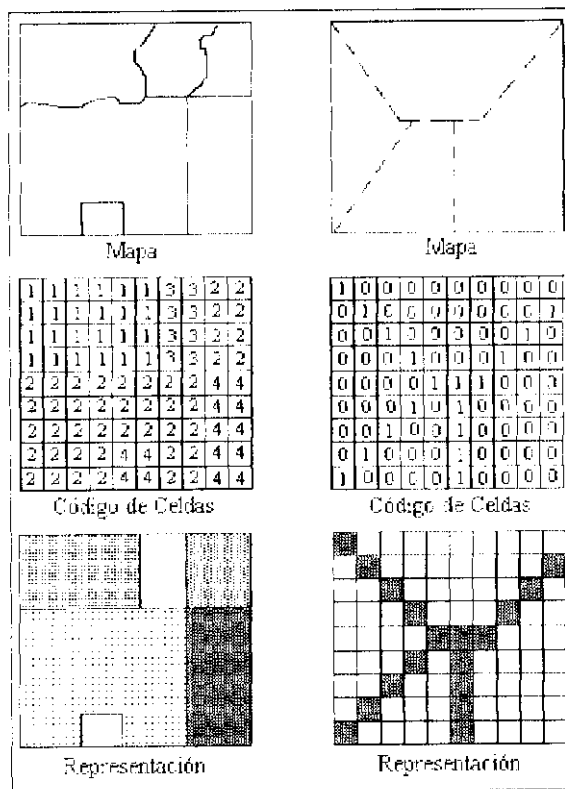


Fig 12 Ilustraciones de tipo Raster

La mayor dificultad que se puede encontrar al representar una entidad en una estructura raster es la de que las formas y propiedades son puestas en un formato de celdas sobre una malla. Para entidades poligonales tales como una cuadra, un parque, una calle, tal vez esto no represente un problema, pero para determinadas formas como curvas e

indeterminaciones esto puede causar una distorsión en la representación del objeto, esto lo podemos notar en la Figura 12.

#### 2.4.1.1 Mapas Superpuestos (layers).

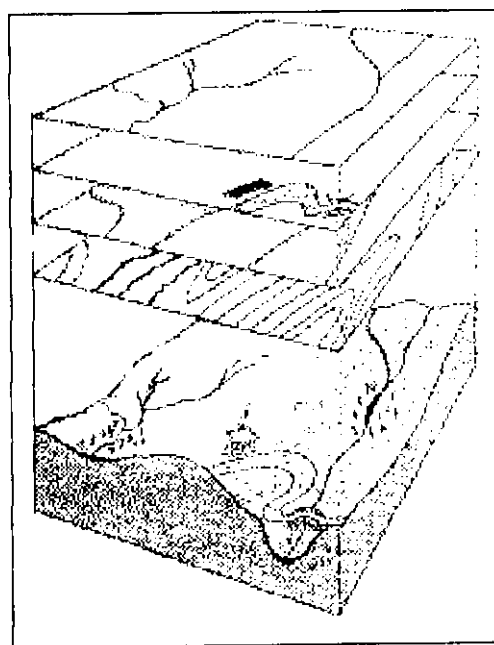


Fig 13 Sistema de Layers

En un arreglo bidimensional únicamente se puede almacenar un solo número, los distintos atributos geográficos se deben representar por un conjunto separado de arreglos cartesianos, conocidos como capas o "overlays". Esta técnica no es algo inventado para los SIG, sino que ya ha sido usada por los cartógrafos en tiempos anteriores al computador.

Como se puede observar en la Figura 13, los objetos del mundo real son representados por un conjunto de capas o layers, este conjunto simula aspectos topográficos, hidrográficos, etc. El layer superpuesto en su forma más simple es concebido para estructuras raster mediante la superposición de arreglos bidimensionales.

El concepto de layer superpuesto es equivalente a la función de cuadro en procesamiento de imágenes, plano de datos en sensores remotos y es fundamental para la mayoría de procesamiento de imágenes raster.

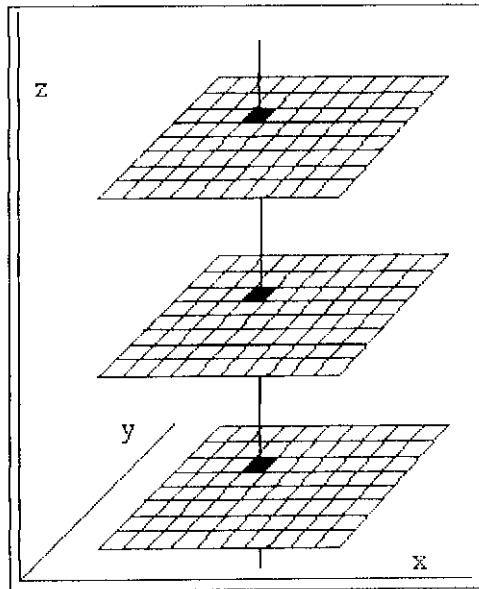


Fig 14 Combinación de Layers

Debido a que toda la información se encuentra correlacionada con coordenadas espaciales, los distintos layers son fáciles de conjugar, como lo podemos observar en la Figura 14.

#### 2.4.1.2 Píxeles de Referencia.

Un mapa raster se encuentra constituido por un conjunto de capas o layers, los cuales ocupan un espacio de memoria, pero el mayor concernimiento se basa en como es optimizada la información, ya sea con una mejor organización de la misma en el computador, escogiendo el mejor mecanismo para acceder a la misma y minimizando los requerimientos de procesamiento y almacenamiento.

Como se aprecia en la Figura 15, cada punto en el mapa es representado como un arreglo vertical en el cual cada posición del arreglo contiene el valor del atributo asociado con el layer.

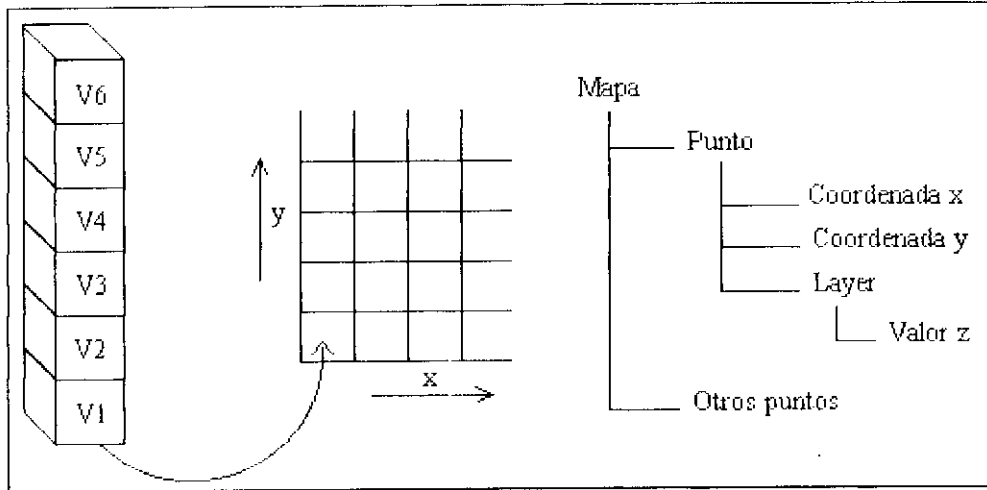


Fig 15 Almacenamiento de datos en un arreglo vertical

Otra alternativa para representar cada layer, es introduciendo los valores de un atributo en una matriz bidimensional

Adicionalmente, mencionaremos las estructuras de archivos de mapas usadas para el análisis de los mismos, el cual es equivalente a las estructuras anteriores. Este método presenta varias ventajas. La más notable es la relación de "muchos a uno" entre los valores de los atributos y el conjunto de puntos, esto lo apreciamos en la Figura 16. Esta propiedad deja por detrás el uso de las estructuras anteriormente mencionadas.

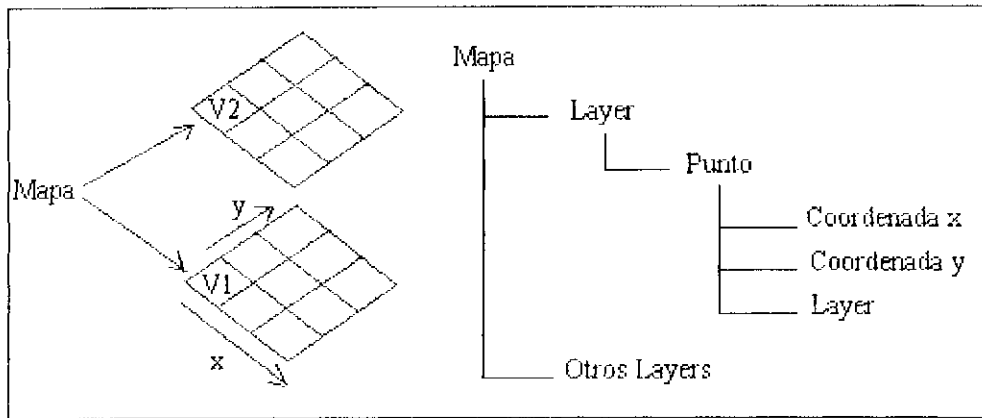


Fig. 16 Organización de valores en una matriz bidimensional

### 2.4.1.3 Métodos de Almacenamiento Raster.

Cuando cada celda posee un valor único toma un total de "n filas x m columnas x 3 valores", es decir, coordenadas X,Y y el valor del atributo. Las estructuras de mapas superpuestos y de pixeles de referencia usan coordenadas para reducir la cantidad real de números almacenados. Pero, debido a que estos métodos no soportan la facilidad de las relaciones uno a muchos entre las unidades de mapeo y las celdas de coordenadas, métodos compactos para el almacenamiento no pueden ser aplicados.

Los archivos de mapas presentan un conjunto de puntos por región o conocido comúnmente como unidad de mapeo, esto permite el uso de una gran variedad de métodos compactos de almacenamiento.

Existen cuatro maneras principales para alcanzar un método compacto de almacenamiento, de los cuales hablaremos a continuación:

### 2.4.1.3.1 Códigos de Cadena.

El boundary de la región puede ser dado en términos de su origen y una secuencia de unidades de vectores en una dirección cardinal. Estas direcciones pueden ser numeradas como este=0, norte=1, oeste=2 y sur=3.

Por ejemplo: tomemos como referencia la celda fila=10, columna=1, el boundary en esta región se codifica de la siguiente manera, siguiendo las manecillas del reloj.

0, 1, 0<sup>2</sup>, 3, 0<sup>2</sup>, 1, 0, 3, 0, 1, 0<sup>3</sup>, 3<sup>2</sup>, 2, 3<sup>3</sup>, 0<sup>2</sup>, 1, 0, 3<sup>2</sup>, 2<sup>2</sup>, 3, 2<sup>3</sup>, 3, 2<sup>3</sup>, 1, 2<sup>2</sup>, 1, 2<sup>2</sup>, 1, 2<sup>2</sup>, 1, 2<sup>2</sup>, 1<sup>3</sup>

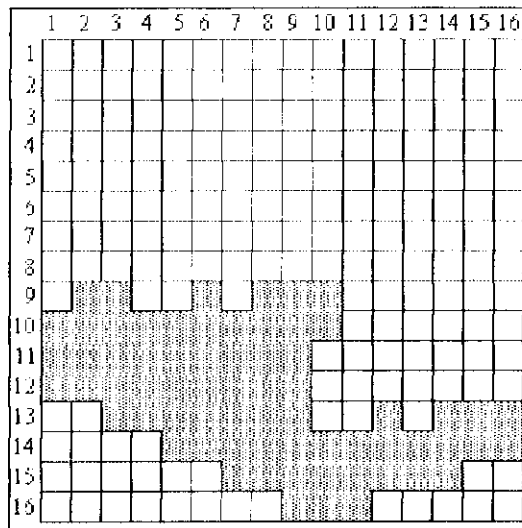


Fig. 17 Mapa de tipo Raster

En la Figura 17 se aprecia una región que ha sido rasterizada.

Este método proporciona una manera muy compacta para almacenar una región cualquiera y permite ciertas operaciones tales como estimación de áreas y perímetros, o detección de quiebres y concavidades las cuales pueden ser llevados a cabo fácilmente.

Por el otro lado, operaciones superpuestas tales como unión e intersección son difíciles de llevar a cabo si no se regresa a una representación total de la malla. También, nos encontramos con la redundancia introducida debido a que todos los boundaries que se encuentran entre regiones deben ser almacenados dos veces.

#### 2.4.1.3.2 Códigos de Longitud Corrida.

Este tipo de código permite a los puntos en cada unidad de mapeo que sean almacenados en términos de cada fila, de izquierda a derecha, desde el principio de la celda hasta el final. Para la Fig. 17 se codificaría de la siguiente manera.

Fila9	2,3	6,6	8,10
Fila10	1,10		
Fila11	1,9		
Fila12	1,9		
Fila13	3,9	12,16	
Fila14	5,16		
Fila15	7,14		
Fila16	9,11		

En el ejemplo anterior, las 69 celdas han sido completamente codificadas en 22 números, lo que se refleja notablemente en el espacio de almacenamiento requerido.

Como podemos observar, la optimización en el espacio requerido para el almacenamiento es notablemente menor sobre los métodos convencionales donde relaciones de muchos a uno se presentan. Este método es perfecto para computadores pequeños donde el volumen de la información debe ser limitada.

Se debe considerar también que el comprimir demasiado la información nos puede llevar a incrementar procesos de recuperación durante análisis cartográficos y su manipulación.

#### 2.4.1.3.3 Códigos de Bloque.

El concepto de códigos de longitud corrida se puede extender a dos dimensiones usando bloques cuadrados para encuadrar el área a ser mapeada. Como se observa en la Figura 18.

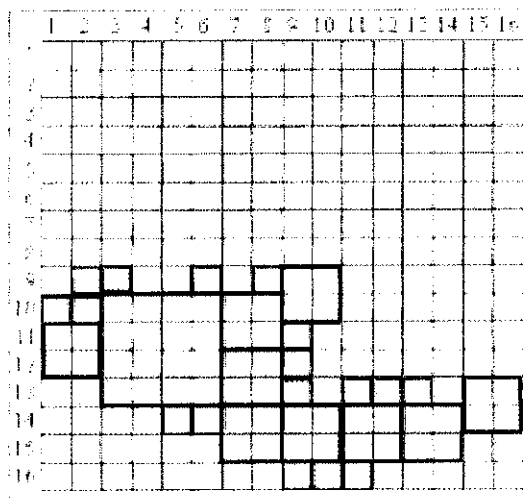


Fig. 18 Códigos de bloque

La estructura de la información consiste únicamente de tres números, el origen, el centro o la base izquierda y el radio de cada cuadro. Este proceso es llamado transformación de eje medio. La región puede ser almacenada por 17 unidades cuadradas+9 4-cuadros+1 16-cuadros.

Dando las dos coordenadas necesarias para cada cuadro la región puede ser almacenada usando 57 números, 54 para coordenadas y 3 para tamaño. Evidentemente, entre más grande sea el cuadro que puede entrar en una región determinada, más fácil es el boundary y más eficiente llega a ser el bloque codificado.

2.4.1.3.4 Árboles Cuaternarios.

El cuarto método utilizado para almacenar la información de una manera compacta, es usando las estructuras de árboles cuaternarios. Este método se basa en divisiones sucesivas de arreglos de  $2^n \times 2^n$  en cuadrantes. Como podemos observar en la Figura 19.

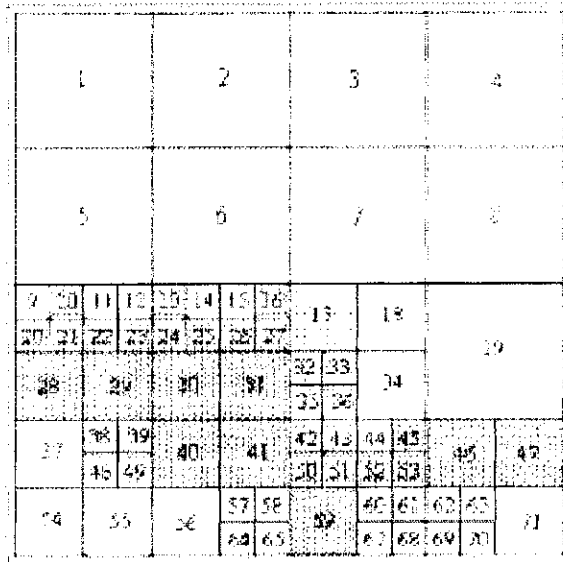


Fig. 19 Codificación de un árbol cuaternario

Una región es representada subdividiendo el arreglo paso a paso en cuadrantes y no existe nada más que cuadrantes contenidos en la región. El límite mínimo de división es un pixel.

El arreglo entero de  $2^n \times 2^n$  puntos, es el nodo origen del árbol, y la altura del árbol es al menos n niveles. Cada nodo posee cuatro ramas representando a los cuadrantes NE, NO, SE y SO. Los nodos inferiores corresponden a aquellos cuadrantes en los cuales la subdivisión no es requerida. Cada nodo en el árbol cuaternario puede ser representado por 2 bits, los mismos que definen donde es un terminal “in” (↑↑), un terminal “out” (↓↓) o un

nodo “in” en el nivel actual ( $\uparrow\downarrow$ ) o un nodo “out” en el nivel actual ( $\downarrow^{\wedge}$ ). De esta manera la región puede ser codificada en 92 bits o 6 x 6 bits-word. Esto se muestra en la Fig. 20.

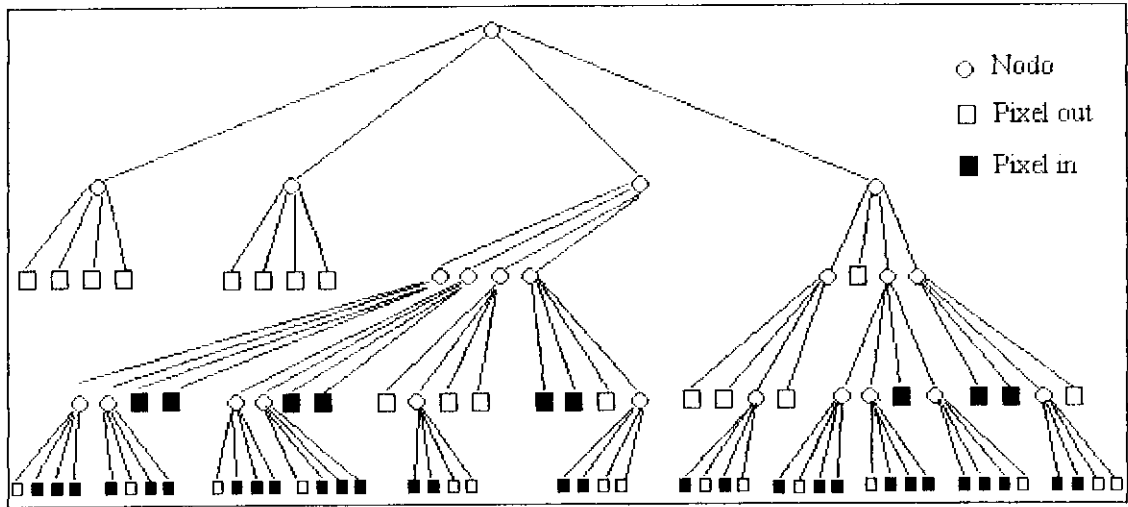


Fig. 20 Representación del almacenamiento en un árbol cuaternario

### 2.4.2 Vector.

La representación vectorial de un objeto es un intento de representar al mismo tan exactamente como sea posible. Se supone que las coordenadas del espacio son continuas, permitiendo que todas las posiciones, longitudes y dimensiones sean definidas precisamente. Esto no es exactamente posible debido a las limitaciones de la longitud de palabra del computador en la representación exacta de una coordenada y porque todos los dispositivos de despliegue vectorial tienen un tamaño de paso básico. Además de la suposición de coordenadas matemáticamente exactas, los métodos de almacenamiento de datos vectoriales usan relaciones implícitas que permiten que datos complejos sean almacenados en un mínimo de espacio.

## 2.4.2.1 Tipos de Entidades.

### 2.4.2.1.1 Entidades Puntuales.

Puede considerarse que las entidades puntuales abarquen todas las entidades geográficas y gráficas que están posicionadas por un simple par de coordenadas XY. Además de las coordenadas XY tienen que almacenarse otros datos para indicar que clase de punto es, y otra información asociada con él.

### 2.4.2.1.2 Entidades Lineales.

Las entidades lineales pueden definirse como todas las características lineales constituidas por segmentos de recta que constan de dos o más coordenadas. La línea más simple requiere el almacenamiento de un punto inicial y de un punto final (dos pares de coordenadas XY), más un posible registro indicando el símbolo de despliegue a usarse.

### 2.4.2.1.3 Entidades de Area.

Las áreas de polígonos llamadas también regiones pueden ser representadas en varias formas en una base de datos vectorial. La idea de una estructura de datos polígono es estar apto para describir las propiedades topológicas de las áreas (forma, límites, jerarquía) en tal forma que las propiedades asociadas a estos bloques constructivos espaciales básicos puedan desplegarse y manipularse como datos de un mapa temático.

### 2.4.2.2 Polígonos Simples.

La forma más simple de representar un polígono es una extensión de la cadena simple, esto es, representar cada polígono como un conjunto de coordenadas XY en el límite. Los nombres o símbolos usados para decirle al usuario lo que cada polígono representa está contenido como un conjunto de entidades textuales.

Este método presenta algunas desventajas:

- Las líneas entre polígonos adyacentes tienen que digitalizarse y almacenarse dos veces, lo cual lleva a serios errores, dando origen a roturas y brechas en el límite común.
- No hay información sobre la vecindad.
- Las islas son imposibles excepto como construcciones puramente gráficas.
- No hay formas fáciles de chequear si la topología de la vecindad es correcta o si esta incompleta.

La estructura de polígonos simples puede extenderse de manera que cada polígono esté representado por un número de cadenas, pero esto no evita los problemas básicos.

### 2.4.2.3 Estructura de Red de Polígonos.

El sistema de polígono simple a menudo requiere métodos de entrada de datos para reunir los requerimientos de la estructura de datos. Esto lleva a problemas con la entrada de los mismos y a estructuras de datos subóptimas.

Es más eficiente tratar la entrada de datos y la estructura de datos como dos procesos separados. Los procedimientos usados para construir la estructura de datos sólo necesitan hacer dos suposiciones de la entrada de datos:

- Saber que los límites del polígono hayan sido codificados en forma de cadenas o arcos, y
- Que los nombres del polígono u otros registros usados para vincular el gráfico al dato atributo sea digitalizado en forma de entidades puntuales identificables en alguna parte dentro de cada límite del polígono.

#### 2.4.2.3.1 Etapa 1: Enlace de Cadenas a una Red de Límites.

Las cadenas primero se clasifican de acuerdo a sus extensiones (coordenadas X Y mínimas y máximas ocupadas por la cadena) de manera que las cadenas topológicamente cercanas una a otra, están también cercanamente juntos en el archivo de datos. Esto es para ahorrar tiempo cuando se buscan cadenas adyacentes. Las cadenas son luego examinadas para ver qué otras cadenas intersectan. Los puntos de conjunción son construidos al final de todas las cadenas que se unen, y los registros de datos de cadena se extienden para contener punteros y ángulos de cadena. Las cadenas que cruzan en lugares distintos de los puntos finales son automáticamente separadas en nuevas cadenas y se construyen los punteros de cadena. Para manejar menores errores de digitalización tales como sobretiros y aberturas, se puede construir una ventana de tolerancia en la rutina de búsqueda. Entonces son re-escritas las coordenadas del punto final en todos los registros cadena-final como el promedio de todos los puntos encontrados.

#### 2.4.2.3.2 Etapa 2: Revisión de Cierre de Polígonos.

El cierre de la red resultante, fácilmente puede ser revisado explorando la cadena modificada de registros para ver si todos ellos tienen punteros hacia y desde por lo menos otra cadena. La otra cadena puede ser la misma en el caso de islas definidas por una sola cadena. Todas las cadenas que faltan de pasar la prueba pueden ser señaladas, provocando que sean desplegadas en una forma particular, o de otro modo sean removidas del subconjunto de cadenas a ser usadas para la red de polígonos.

#### 2.4.2.3.3 Etapa 3: Unión de las Líneas en los Polígonos.

El primer paso en la unión de las líneas en los polígonos es crear un nuevo polígono envolvente del límite exterior del mapa. Esta entidad consiste de registros que contienen:

- Un identificador único
- Un código que lo identifica como polígono envolvente
- Un puntero de anillo
- Una lista de punteros a las cadenas límites
- Su área
- Su extensión (coordenadas XY mínimas y máximas del rectángulo límite).

Note que el polígono envolvente no será visto por el usuario; su único objetivo es para la construcción topológica de la estructura de red.

#### 2.4.2.3.4 Etapa 4: Cálculo de las Áreas de Polígono.

Tienen que ver con el cálculo del área de los polígonos individuales por la regla trapezoidal. Debido a que en los datos geográficos los polígonos pueden tener muchos

cientos de coordenadas en las cadenas límite y muchos polígonos isla, generalmente es más eficiente calcular las áreas una vez, substraer las áreas de islas encerradas conforme sea necesario, y almacenar estas áreas como un atributo asociado.

#### 2.4.2.3.5 Etapa 5: Asociación de Atributos No Gráficos a los Polígonos.

La última etapa de construcción de la base de datos es vincular los polígonos a los atributos asociados que describen lo que ellos representan. Esto se puede hacer de varias formas:

La primera es digitalizar una única entidad textual dentro de cada área de polígono ya sea como parte de la entrada de datos o interactivamente después que los polígonos han sido formados.

La segunda es lograr que el computador escriba el identificador único de cada polígono en el centro de cada uno de ellos; al mismo tiempo el computador imprime una lista de todos los identificadores de polígonos. Esta lista puede fusionarse con un archivo que contiene atributos no gráficos de los polígonos. Es necesario software completo y potencia de computación para construir la red de polígonos.

#### 2.4.2.4 Redes Irregulares de Triangulación (TIN).

El modelo TIN es una estructura topológica vectorial con la excepción de que no tiene mecanismos para descubrir huecos o isla. Este sirve especialmente para los modelos digitales de elevación donde los procesos de datos de altitud son muy específicos.

## **2.5 LA ELECCIÓN ENTRE RASTER Y VECTORIAL.**

Los métodos raster y vectoriales para las estructuras de datos espaciales son diferentes aproximaciones que en forma diferente modelan la información geográfica.

Hace pocos años se creía que las estructuras de datos raster y vectoriales eran alternativas y reconciliables, debido a que los métodos raster requerían gigantescas memorias de computador para almacenar y procesar imágenes al nivel de la resolución espacial obtenida por las estructuras vectoriales. El usuario se enfrentaba con la elección de los métodos raster que permitían un análisis espacial fácil pero resultaba con mapas feos, o los métodos vectoriales que podían proveer bases de datos de tamaño manejable y gráficos elegantes pero en los cuales el análisis espacial era extremadamente difícil.

Recientemente se ha llegado a clarificar que lo que se vio como un importante problema conceptual es, en efecto, un problema tecnológico.

El problema de la elección de raster o vectorial desaparece una vez que se reconoce que ambos son métodos válidos para la representación de datos espaciales, y que ambas estructuras son interconvertibles. La conversión de vectorial a raster es muy simple y existen algunos algoritmos conocidos, pero ahora son realizadas automáticamente por microprocesadores incorporados en muchas pantallas de despliegue. La operación inversa, de raster a vectorial es una operación mucho más compleja que se complica por la necesidad de reducir el número de coordenadas en las líneas resultantes.

## 2.5.1 Comparación.

### 2.5.1.1 Métodos Vectoriales.

#### 2.5.1.1.1 Ventajas.

- Estructura de datos compacta.
- Gráficos exactos.
- Es posible la recuperación, actualización y generalización de gráficos y atributos

#### 2.5.1.1.2 Desventajas.

- Estructura de datos compleja.
- La simulación es difícil porque cada unidad tiene una diferente forma topológica.
- La tecnología es cara, particularmente por el más sofisticado hardware y software requerido.

### 2.5.1.2 Métodos Raster.

#### 2.5.1.2.1 Ventajas.

Las ventajas que podemos encontrar al usar el método raster son:

- Estructuras de datos simples.
- Varias clases de análisis espaciales son fáciles
- La tecnología es barata

#### 2.5.1.2.2 Desventajas.

Por el otro lado, podemos encontrar ciertas desventajas cómo son:

- Volúmenes de datos gráficos
- Las vinculaciones de red son difíciles de establecer
- Los mapas raster son considerablemente menos bonitos que los mapas dibujados con líneas finas.

## **CAPITULO III**

### **3. MODELOS DE ELEVACION DIGITAL.**

#### **3.1 MÉTODOS DE REPRESENTACIÓN.**

Cualquier representación digital de la variación continua del relieve en un espacio es conocida como DEM (Digital Elevation Model o Modelo Digital de Elevación) que, desarrollada originalmente con este objeto, puede ser aplicada para modelar cualquier atributo 'Z' sobre una superficie de dos dimensiones, en cuyo caso se habla de DTM (Digital Terrain Model o Modelo Digital del Terreno).

Los DEM tienen muchos usos. Entre los más importantes tenemos:

- Almacenamiento de datos de altitud para la elaboración de mapas topográficos digitales en bases de datos nacionales
- Cálculo de cortes y rellenos en el diseño de caminos y otros proyectos civiles y militares de Ingeniería
- Exhibición tridimensional de terrenos
- Análisis de visibilidad, tanto para planificación paisajística como para planificación de rutas de transmisión de ondas cortas
- Planificación de caminos, ubicación de represas
- Análisis estadístico y comparación de distintas clases de terrenos

La variación de la altitud de una superficie puede ser modelada de varias maneras: matemáticamente o por imágenes de puntos o líneas.

Los métodos matemáticos se basan en funciones tridimensionales continuas capaces de representar formas complejas con gran llanura. Los métodos locales parten la superficie total en celdas cuadradas de superficie aproximadamente igual, a las que se las da el valor del punto observados. Son necesarias funciones especiales para asegurar que las piezas calcen, objetivo que no siempre se consigue, por lo que no ha sido muy aceptado por los cartógrafos.

Ultimamente la aproximación de piezas ha sido usada para interpolar superficies que representan la variación de aguas subterráneas, propiedades del suelo u otros tipos de datos ambientales.

### **3.1.1 Modelos de Graficación.**

#### **3.1.1.1 Modelos de Línea.**

El método de imagen más conocido es el de curvas de nivel. De los mapas que la contienen se puede derivar perfiles usados para análisis de inclinaciones, construcción de ortofotomapas o diagramas de bloque. Su generalización los convierte en una fuente fácilmente disponible para describir terrenos y se ha hecho mucho esfuerzo para capturar datos automáticamente por medio de scanners, pese a que la digitalización de contornos existentes produce peores resultados que la medición aerofotogramétrica directa.

Desgraciadamente, los contornos digitalizados no son adecuados para calcular gradientes o para exhibir modelos sombreados de relieve, por lo que son normalmente convertidos a modelos de punto tales como la matriz discreta de puntos.

### 3.1.1.2 Modelos de Punto.

#### 3.1.1.2.1 Matrices de Altitud.

Por la facilidad con que la matriz de puntos o malla rectangular regular es manejada por un computador es, al momento el más común de los DEM. Aunque este tipo permite realizar con facilidad la mayoría de los cálculos, tiene ciertas desventajas tales como:

- Gran redundancia de datos correspondientes a áreas uniformes.
- Imposibilidad de adaptación a áreas complejas, sin variar el tamaño de la malla.
- Exagerada importancia de los ejes en cálculos como el de línea de vista.

Las dos primeras dificultades se han solucionado gracias a la técnica de "muestreo progresivo" mediante la cual las estereofotografías de superficies con relieve complejo son barridas automáticamente con mallas progresivamente más finas.

Como en toda estructura de malla, ésta puede ser muy tosca para representar todas las características críticas del terreno tales como picos, fosas, cursos de agua, senderos o líneas de cumbre. Los análisis a lo largo de los ejes de la malla se reducen a búsquedas en filas o columnas mientras que, en otras direcciones es necesario realizar cálculos trigonométricos para ubicar correctamente distancias y ángulos. A pesar de sus desventajas, la matriz de altitud es el DEM más fácilmente obtenible.

Se obtiene por mediciones cuantitativas de fotografías estereoscópicas aéreas mediante un "stereo-plotter" analítico. También se puede obtener de la interpolación de datos puntuales regular e irregularmente espaciados.

### 3.1.1.2.2 Redes Irregulares de Triangulación (TIN Triangulated Irregular Networks)

Las muestras de puntos irregularmente espaciados pueden servir para construir, por interpolación, la matriz de puntos o para establecer una red irregular de triángulos (TIN) con los vértices en los puntos observados. Esta técnica fue diseñada por Peucker como un modelo de elevaciones que evite las redundancias de la matriz de altitud y que, a la vez, sea más eficiente para muchos tipos de cálculo que los sistemas basados en contornos digitalizados.

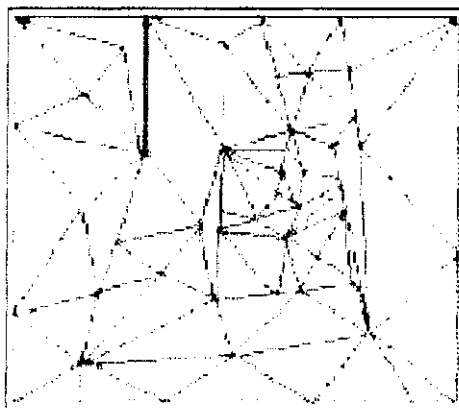


Fig. 21 Representación de una red TIN

A diferencia de las matrices de altitud, las TIN permiten acumular datos para las áreas de relieve complejo, sin hacerlo para las de relieve simple. Como se observa en la Figura 21 Consecuentemente, el proceso de captura de datos en TIN puede registrar arroyos,

senderos y otras importantes características topológicas que son digitalizadas con la precisión necesaria.

El modelo TIN es una estructura topológica vectorial. TIN trata los nodos de la red como entidades primarias de la base de datos, construye las relaciones topológicas en la base de datos mediante una lista de punteros de cada nodo a sus vecinos la cual está organizada en sentido horario, empezando por el norte.

El exterior de una TIN se modela mediante un nodo vacío en el lado inverso de la esfera topológica en la que se proyecta, este nodo vacío ayuda a describir la topología de los puntos en el borde y simplifica su procesamiento. Como se muestra en la Fig.22.

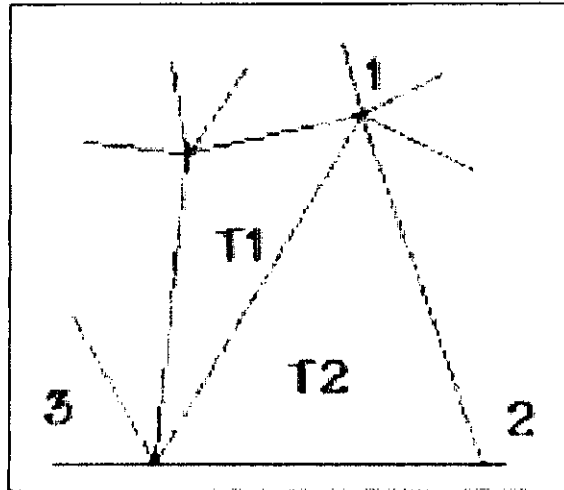


Fig. 22 Representación de un Nodo TIN

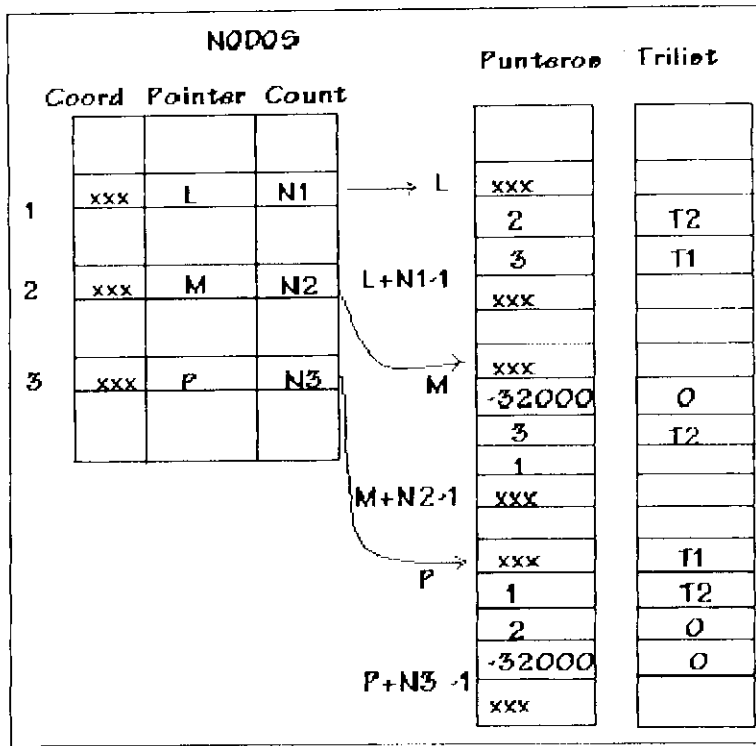


Fig. 23 Estructura de datos TIN

La Figura 23 muestra una parte de la estructura de datos usada para definir una TIN y presenta los detalles para tres nodos y dos triángulos, al filo de un área. La base de datos tiene tres conjuntos de registros: la lista de nodos, la lista de punteros y la lista de triángulos (trilist). La primera contiene las coordenadas de los nodos, el número de vecinos y la posición inicial de la lista de identificadores de estos vecinos. Los nodos en el borde tienen un puntero fijado en "-32000" para indicar que limitan con el mundo exterior. Puesto que la lista de nodos y la de punteros tienen toda la información esencial de altitudes y enlaces, son suficientes para la mayoría de aplicaciones. Cuando se trata de elaborar mapas de inclinación, sombreado de colinas o de asociar otros atributos con los triángulos, se ha de referenciar a los triángulos directamente. Esto se logra usando la lista de triángulos (trilist), el triángulo T2 se asocia con tres lados dirigidos que están en la lista de punteros: del nodo 2 al 3, del 3 al 1 y del 1 al 2.

Peucker y sus colaboradores demostraron que la estructura TIN puede ser construida a partir de datos manualmente digitalizados o de selección y triangulación automática de bases de datos raster compiladas por máquinas ortofotográficas automáticas. Mostraron también que desde una TIN, se puede elaborar mapas de inclinación, de relieve sombreado, de contorno y de línea de vista.

### **3.1.2 Métodos de Muestreo.**

Los datos sobre elevación son obtenidos por muestreo de imágenes estereoscópicas aérea o de satélite, por investigación sobre el terreno o, alternativamente, por medio de aparatos basados en radar o sonar.

Según Makarovic este muestreo puede ser *Selectivo* si los puntos se eligen antes o durante el proceso, *Adaptativo* si los puntos redundantes pueden ser desechados durante el muestreo, *Progresivo* si el modelo de muestreo es automático y se modifica dinámicamente según los resultados del análisis o *Compuesto* si primero se delinea a mano las áreas difíciles dentro de las cuales, después, se realiza el muestreo, progresiva o selectivamente. Al final, los datos obtenidos mediante cualquiera de los métodos o combinaciones de métodos descritos deben ser automáticamente convertidos para llenar uniformemente toda la matriz de altitud.

### 3.1.2.1 Muestreo Progresivo.

Muestreo Progresivo involucra una serie de operaciones, empezando con una grilla con celdas amplias como se puede ver en la Fig. 24, para luego continuar con una grilla de más alta densidad. Los puntos en donde se debe sacar una muestra se eligen a través del cálculo de las segundas derivadas en la grilla anterior.

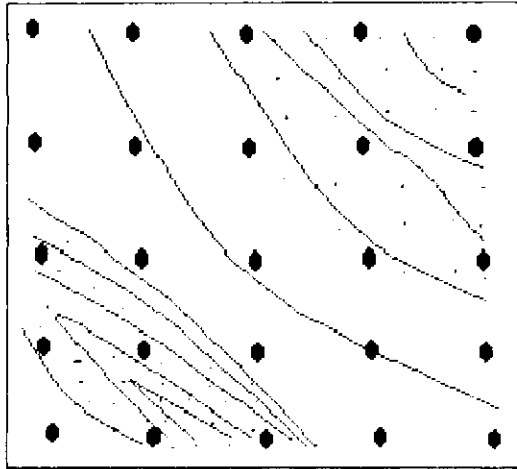


Fig. 24 Muestreo progresivo

## 3.3 FUENTES DE LA INFORMACIÓN.

La manera más común para obtener información acerca de la superficie del terreno, es usando fotografías aéreas estereoscópicas con ayuda de instrumentos fotogramétricos. Esta es una de las maneras más fáciles de obtener el levantamiento de datos sobre el terreno, pero este método al ser más rápido y eficiente, también es uno de los más costosos, debido a que demanda una cantidad de recursos que no son muy accesibles y que a la vez requieren de un presupuesto mayor.

En el caso del I. Municipio de Ambato, se utiliza este tipo de levantamiento combinado con información previa que ha sido recopilada con otros métodos. Debido a que el Municipio es una entidad gubernamental, los datos del levantamiento le son proporcionados por el mismo gobierno, específicamente por el Instituto Geográfico Militar (IGM). El mismo proporciona las fotografías aéreas usando sus aeroplanos e instrumentos y procesando la información y entregándola a las entidades que demandan este tipo de información.

Es evidente, como se había mencionado anteriormente que no toda la información se obtiene del IGM, sino que el Municipio realiza un levantamiento del terreno con métodos alternos de topografía, los cuales requieren de tiempo para obtener resultados, mientras la información es recopilada, procesada y analizada.

Existen varios métodos para realizar un levantamiento fotogramétrico, entre los más importantes mencionaremos los siguientes:

*i) Muestreo selectivo*,.- el cual lleva a cabo un muestreo de puntos y los selecciona a priori durante el proceso de muestreo.

*ii) Muestreo de adaptación*,.- este método puede rechazar puntos de la muestra los cuales son redundantes, durante el proceso de muestreo del terreno en el cual posee un poco demás de información.

*iii) Muestreo progresivo.*- este método toma lugar cuando tanto el muestreo como el análisis son realizados al mismo tiempo, el resultado de la información analizada indica como el muestreo debe llevarse a cabo.

El muestreo puede realizarse de tres maneras distintas. la primera manual en la cual el operador guía el estereoploter, este proceso es lento y tiende a producir errores. Puede ser también semiautomático conduciendo al operador y a los resultados de manera que se mejora la exactitud y la velocidad. este pueden ser considerado como el mejor de todos los tres sistemas; ya que inclusive el sistema automático a pesar de ser mucho más rápido es muchas veces inexacto.

El muestreo puede llevarse a cabo en diferentes modos, dependiendo en los requerimientos del resultado final. Un DEM puede ser utilizado para varios propósitos, pero estos modelos se basan en una matriz de altitud. Un método llamado muestreo progresivo proporciona un objetivo y un método automatizable para el muestreo del terreno, el cual puede variar en su complejidad para poder producir una matriz de altitud.

Este método involucra una serie de corridas sucesivas, empezando primero con una malla coarse, y luego se procede con mallas de mayor densidad. La densidad de la malla es doblada en cada corrida sucesiva de la muestra y el punto a ser muestreado es determinado por el análisis computarizado de la información obtenida en la corrida que le precedía.

### 3.4 PRODUCTOS DERIVADOS.

Varios productos derivados de los Modelos de Elevación Digital pueden ser obtenidos sin importar si el formato de la matriz de altitud es un set de puntos irregulares o una red de triangulación. Entre los principales productos derivados mencionaremos los siguientes:

- i) Diagramas de Bloque
- ii) Volúmenes de Corte y Relleno
- iii) Mapas de Contorno
- iv) Mapas de Relieve

#### 3.4.1 Diagramas de Bloque.

Los diagramas de bloque son una de las formas más familiares para el modelaje digital de terrenos debido a su método apelativo visual como apreciamos en la Figura 25, muestra las variaciones del valor de una variable cuantitativa sobre una área determinada.

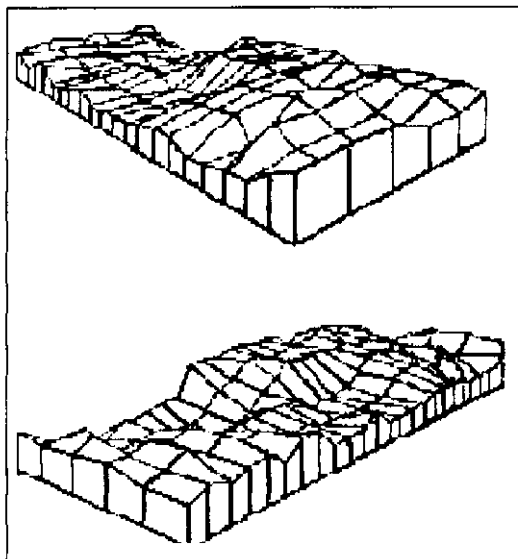


Fig. 25 Diagrama de Bloque

Los diagramas de bloque son muy útiles para desplegar muchos tipos de información de terrenos y pueden ser usados como las bases para el diseño de suelos y para simular la distribución de áreas verdes tales como parques, jardines e infraestructura recreativa dentro de los límites de la ciudad, inclusive para estructuras mayores, tales como reservorios, edificios, etcetera sobre el suelo.

El cómputo de un diagrama de bloque requiere que el observador especifique un punto de vista y factores de escala. Inclusión de perspectiva en el cómputo mejora la calidad del modelo final. El cálculo incluye métodos para resolver problemas con líneas escondidas, utilizando algoritmos de líneas escondidas usando la información de árboles cuaternarios.

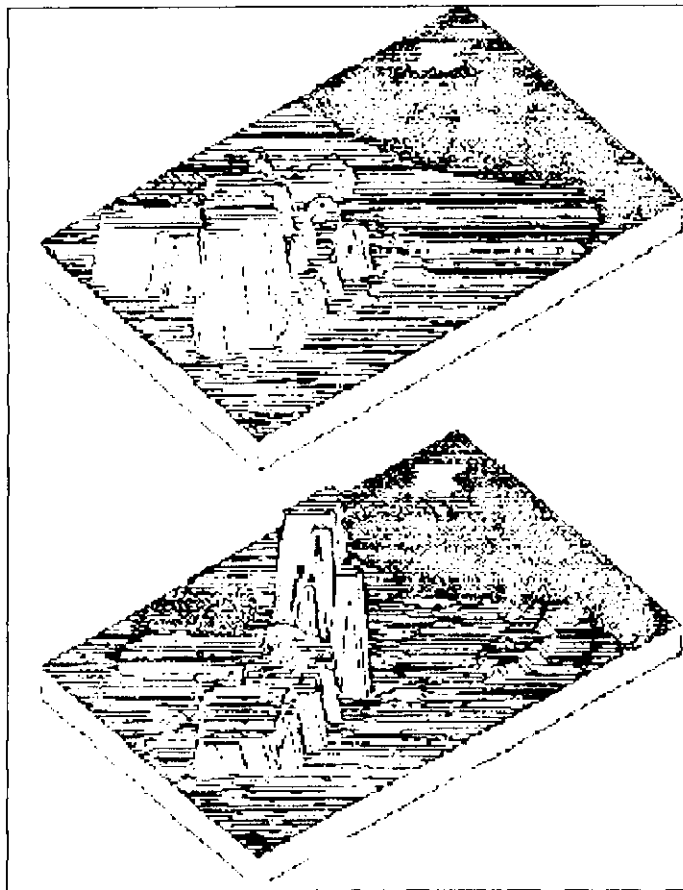


Fig 26 Mapa choropleth, donde se muestra la representación de un modelo de terreno

### 3.4.2 Volúmenes de Corte y Relleno.

En muchos problemas de ingeniería civil es necesario modelar la forma del terreno, como se ve en la Figura 27, de manera que sea posible estimar el volumen del material que necesita ser removido o que necesita ser rellenado para acondicionar un área determinada para su posterior utilización. Una evaluación correcta de este material determina una estimación exacta del costo. El procedimiento más común es construir un DEM del sitio a través de un levantamiento del terreno antes de que los trabajos comiencen.

Luego se debe crear un segundo modelo el cual debe ser modificado para mostrar los cambios propuestos. El DEM obtenido por diferencia es el del material removido o añadido y su volumen puede ser obtenido por integración numérica.

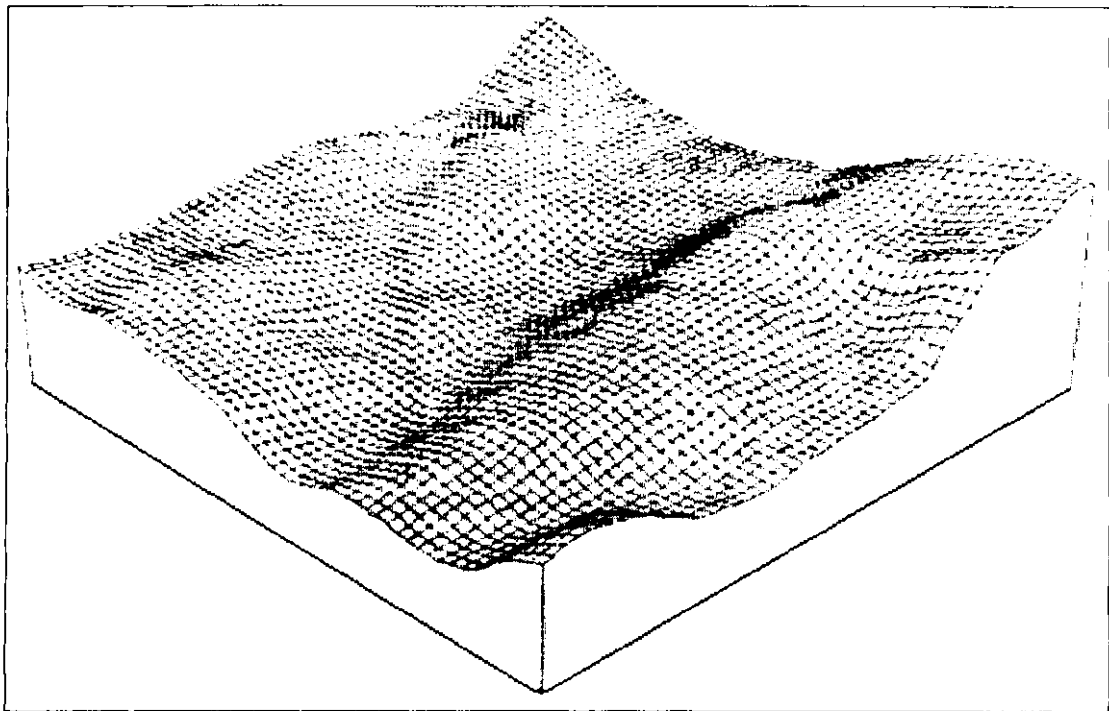


Fig 27 Representación de un Modelo de Elevación Digital (DEM)

Por ejemplo, el I. Municipio de Ambato decide optimizar la quebrada de Guagracorrall donde actualmente se encuentra el Botadero Municipal, la quebrada dispone una extensión grande de terreno pero que con el tiempo se tornará pequeña por lo que se decide socavar la montaña para aumentar la extensión del botadero. Esto demanda el desalojo de tierra e igualación de la superficie, todo esto tiene un costo y puede ser determinado por un modelo correcto, posteriormente se necesita realizar el relleno sanitario, lo que de igual manera necesita transportar tierra para cubrir el lugar. Este modelo puede ser representado en el computador de una manera gráfica dando un entendimiento mayor del problema. Los mismo puede ocurrir para determinar la extensión de un terreno en la ciudad, avaluarlo y determinar su posición.

### **3.4.3 Mapas de Contorno.**

Los mapas de contorno pueden ser obtenidos fácilmente de matrices de altitud clasificando las celdas apropiadamente en celdas de altura e imprimiendo las clases con diferentes colores o tonos de gris. Los contornos resultantes son considerados suficientes para desplegar gráficos a color y mapas de ambientes simples.

Estos mapas son considerados muy simples para propósitos cartográficos y también son usados algoritmos especiales para tratar a las líneas de contorno como a los puntos en una matriz de altitud. Si la información original es irregular o demasiado espaciada la forma de tratar el contorno es mediante interpolación sobre una malla más fina.

Los mapas de contorno son generados por modelos TIN, intersectando planos horizontales con una red. La estructura de datos secundaria de orígenes y canales es usada como una

guía para los puntos de inicio por cada uno de ellos sobre de contorno. El sobre de contorno puede necesitar un segundo procesamiento para remover artefactos resultantes de las esquinas de triángulos.

#### **3.4.4 Mapas de Relieve.**

Geomorfólogos, ingenieros que estudian la forma del suelo, han desarrollado una serie de técnicas cualitativas y semicuantitativas para describir y comparar el terreno. El análisis cuantitativo es difícil debido a la gran cantidad de información ha ser recolectada, ya sea en el campo o en fotografías aéreas. Una vez que la información es recolectada y transformada en una matriz de altitud o en un TIN, varios procedimientos que permiten la producción de mapas mostrando el declive y otras características del terreno.

El declive se define por una tangente plana y que se dirige hacia la superficie como se modela por el DEM en cualquier punto y comprende dos componentes, la gradiente que es el valor máximo en el cambio de altitud, y el aspecto o exposición, el cambio máximo de la dirección de giro.

La gradiente y el aspecto son suficientes para describir muchos de los accidentes geográficos, siendo las primeras dos derivadas de las superficies con altitud o curvas isométricas, pero para un análisis geomorfológico es necesario recurrir a un segundo diferencial; la convexidad, que es el rango de cambios en el declive. Términos como plan de convexidad, contorno de convexidad y concavidad son también de mucha ayuda. Las

gradientes son medidas en porcentajes o grados, aspectos en grados, mientras que la convexidad es medida en grados por unidad de distancia.

Las derivadas de las curvas isométricas son generalmente derivadas localmente por cada celda en la matriz de altitud, realizando cálculos en ventanas de por lo menos de 3x3, y luego movilizadas sobre un mapa.

La gradiente es dada por la siguiente ecuación:

$$\tan G = [(\delta Z/\delta X)^2 + (\delta Z/\delta Y)^2]^{1/2}$$

Donde Z es la altitud y X y Y son los ejes de coordenadas.

El aspecto es dado por:

$$\tan A = ((-\delta Z/\delta Y)/(\delta Z/\delta X))(-\pi < A < \pi)$$

Todo esto lo podemos apreciar en la siguiente matriz denominada Kernel, figura 28.

$Z_{i-1,j+1}$	$Z_{i,j+1}$	$Z_{i+1,j+1}$
$Z_{i-1,j}$	$Z_{i,j}$	$Z_{i+1,j}$
$Z_{i-1,j-1}$	$Z_{i,j-1}$	$Z_{i+1,j-1}$

Fig. 28 Matriz de variables (Kernel)

La gradiente, el aspecto, la convexidad y la concavidad son considerados como parámetros de una ecuación cuadrática que se encaja en la información del kernel (Figura 28). Los

coeficientes cuadráticos son determinados sin tener que usar menos cuadros, esto se realiza para acelerar los cálculos.

## **CAPITULO IV**

### **4. INGRESO DE DATOS.**

#### **4.1 OBTENCIÓN DE DATOS.**

La obtención de los datos es una de las etapas más difíciles en la conformación de un SIG, debido a que por un lado, la recolección, procesamiento y compilación de los datos es bastante tediosa y larga, y la adquisición de la información es de igual manera costosa, dependiendo del método que se haya elegido para obtener la misma. Existen varias maneras de obtenerla y utilizarla en un GIS.

Una de las fuentes primarias para la obtención de datos son los mapas, considerando que los mismos pueden ser recopilados de varias organizaciones, especialmente gubernamentales en donde los costos son bajos o gratuitos. En el caso del I. Municipio de Ambato, los mapas que se obtienen son proporcionados por el Instituto Geográfico Militar (IGM), quién envía las cartas bajo pedido de la institución.

Otra manera es a través del levantamiento de campo, el cual es considerado también primario, ya que la información es obtenida de primera mano. Para esta forma de recopilación se necesita de un equipo que se encargue de realizar el levantamiento del suelo, tomando fotografías, realizando cálculos e interpretaciones de todo el terreno estudiado. Toda la información recolectada es procesada en una central para luego ser ingresada y procesada por el GIS.

Una manera mucho más fácil de obtener información es a través de productos digitales que se expenden en el mercado, estos productos tienen grandes ventajas, ya que la misma ya llega a nuestras manos compilada y procesada. La actualización de estos datos es fácil y rápida, el único inconveniente radica en el costo. Como la información llega a nuestras manos como un producto final, este es comercializado, pero como los costos para realizar este trabajo son altos y pueden incrementarse aún más con la utilización de tecnología avanzada, el valor final es más alto.

También podemos obtener información de reportes que contengan una variedad de datos compatible, los cuales pueden ser trasladados a un SIG. Algunas veces, copias de texto pueden obtenerse escaneando y almacenándolos como una parte asociada de la base de datos.

Una manera convencional es la digitación de la información, es decir, asignar a una o varias personas para que introduzcan de manera manual la misma. En muchos casos resulta la manera más económica de ingresar datos, pero no siempre la más rápida.

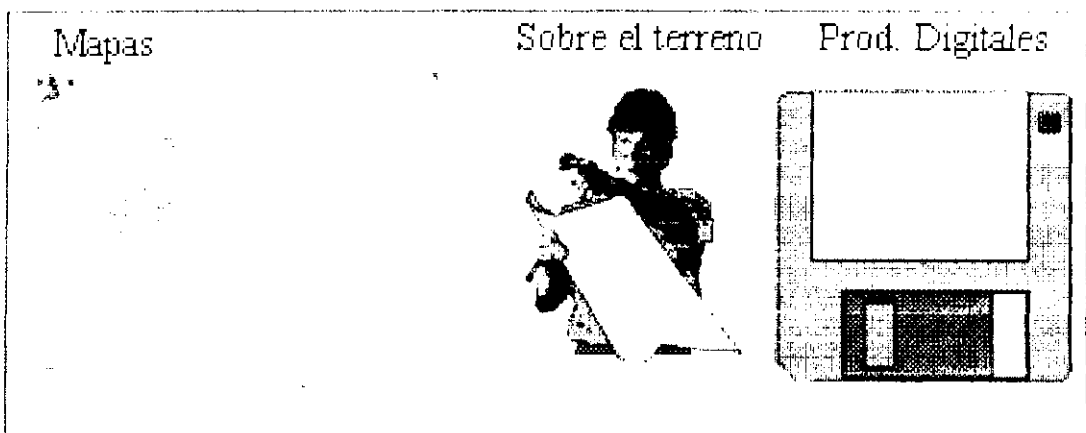


Fig. 29 Fuentes de Información

Finalmente mencionaremos los sensores remotos, estos dispositivos involucran una colección de información, la cual es tomada desde el aire o el espacio. La manera como se recolecta la misma es la siguiente:

La primera, desde un aeroplano volando a baja altura y llevando consigo cámaras. Otra manera es con aviones más grandes que vuelan a mayor altura y que llevan consigo sofisticados sensores electrónicos. Por último mencionaremos a vehículos espaciales tales como los transbordadores y satélites en órbita los cuales se encuentran equipados con dispositivos especiales de imágenes. En la siguiente figura se pueden apreciar estos sensores

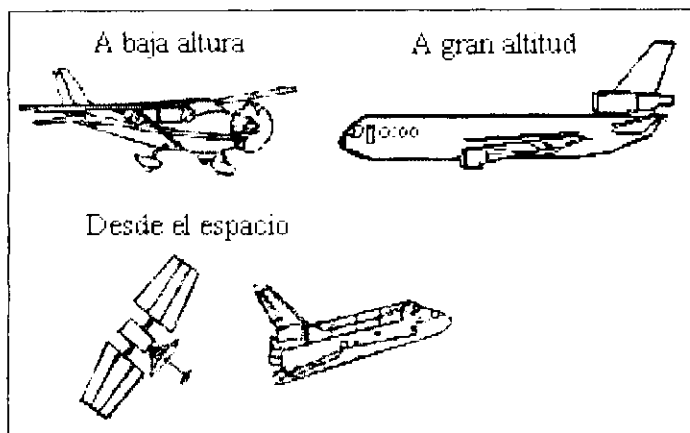


Fig. 30. Diferentes tipos de Sensores Remotos

## 4.2 SENSORES REMOTOS.

La manera de obtener información desde el aire o el espacio es utilizando aviones o sensores espaciales montados en satélites en órbita geoestacionaria. Esta es una de las fuentes mayores de donde los SIG obtienen su información, pero claro esta que es una de las más costosas. Por el otro lado, la vasta extensión cubierta hace que el costo por unidad

de terreno sea menor que el tiempo requerido por un grupo de trabajo en la recolección de la misma sobre el terreno.

### 4.2.1 Imagen Satelital.

Las fotografías satelitales son parte de los sensores remotos, en realidad, son un producto derivado de los mismos. Los mismos son dispositivos altamente sensitivos que reciben espectros de luz, ondas y radiaciones, las analizan y procesan y devuelven la información de vuelta a la superficie de la tierra. Para tener una idea más clara de cómo se lleva a cabo estos procedimientos, a continuación se explicará como funcionan los sensores remotos y como se obtienen las imágenes satelitales. Tomaremos como ejemplo la plataforma Landsat, que es un conjunto de satélites que orbitan el planeta y de los cuales se obtiene mucha de la información que es usada alrededor del mundo.

#### 4.2.1.1 Cobertura y Obtención de la Información.

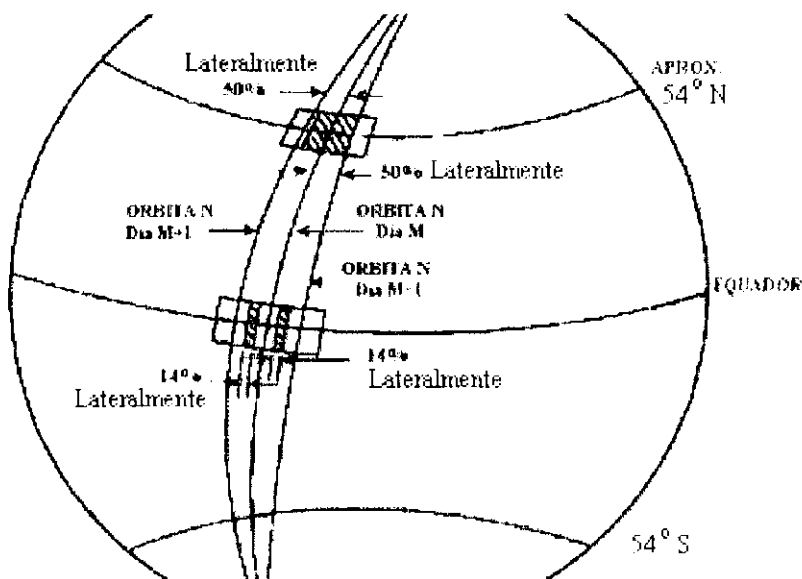


Fig. 31 Órbita del sistema de satélites Landsat

Como podemos observar en la Figura 31 los satélites de Landsat operan en una órbita alrededor de la Tierra, girando en una órbita polar entre los 81° de latitud norte y 81° de latitud sur. Los satélites recolectan los datos y son ayudados por 16 estaciones terrenas alrededor del mundo, las cuales reciben la información transmitida por los satélites en órbita. Los satélites TDRS ( Tracking and Data Relay Satellite) poseen una órbita geo-sincronizada con lo cual pueden obtener información MSS de casi toda la superficie del planeta. En la Fig. 32 podemos observar un mapa MSS.

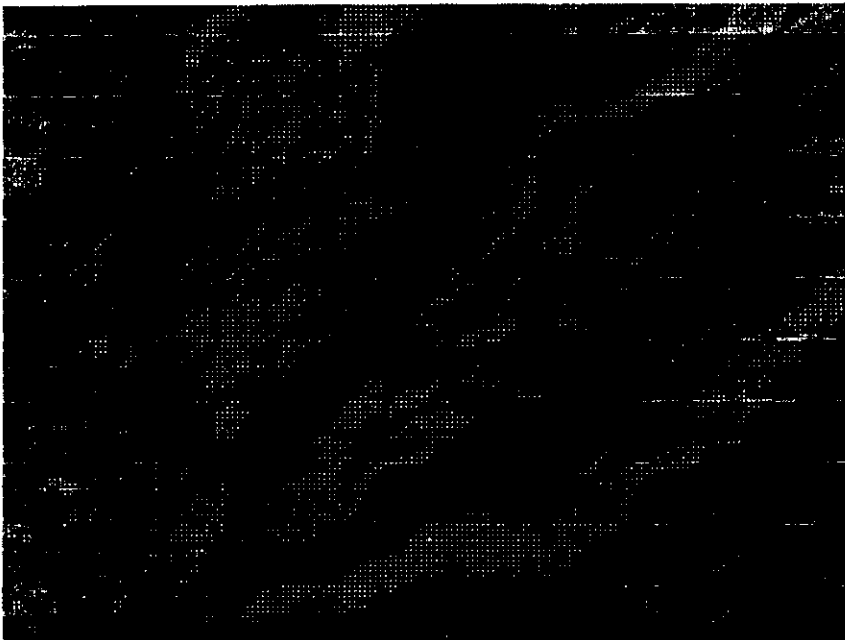


Fig. 32 Escenario MSS (fotografía satelital)

Los sistemas de satélites que han sido mencionados, son ejemplos de un complejo y organizado sistema de artefactos electrónicos, algunos civiles y otros militares, pero que en conjunto forman una intrincada red de recolección de información. Hasta ahora hemos visto de donde obtienen los datos los sensores remotos. A continuación veremos como obtienen dicha información.

Debido a los adelantos tecnológicos logrados en las últimas décadas, complejos y sensibles artefactos han sido desarrollados con esa tecnología. Estos sensores pueden detectar ondas electromagnéticas del espectro de energía los cuales son invisibles para el ojo humano. Existe una gran variedad de ondas que pueden ser reconocidas por los mismos como se muestra en la Figura 33.<sup>3</sup>

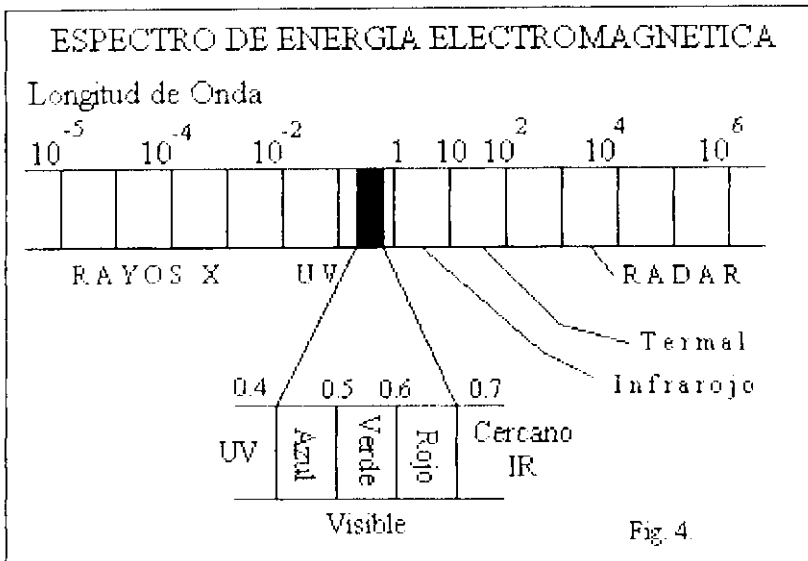


Fig. 33 Espectro Electromagnético

Ondas cortas como la ultravioleta son afectadas por los fenómenos atmosféricos por lo que no son una fuente acertada para obtener información. Algo parecido pasa con los rayos X que son utilizados en la actualidad para muchas aplicaciones, pero para sensores remotos no son útiles.

Ondas medianas contienen un rango entre los colores azul y rojo, los cuales son visibles para el ojo humano. Cámaras fotográficas ordinarias son sensibles a este espectro, las cuales son usadas para la fotografía aérea tradicional. Algunas de estas cámaras pueden

<sup>3</sup> GIS a Visual Approach por Bruce E. Davis

capturar ondas de mayor rango como el infrarrojo, para mostrar información que no es visible del espectro.

Sensores térmicos infrarrojos detectan cambios mínimos en la temperatura, estos datos son valiosos en ciudades donde se necesita conocer los centros de polución, incrementos en temperatura que pueden afectar a estructuras, etc.

Radar y microondas son ondas amplias, las cuales dan información del suelo y el agua, dichas ondas van más allá del espectro visible. Las ondas de radar pueden atravesar nubes y pueden obtener la topografía en regiones húmedas o tropicales. En la Fig. 33 se muestra el rango del espectro antes mencionado.

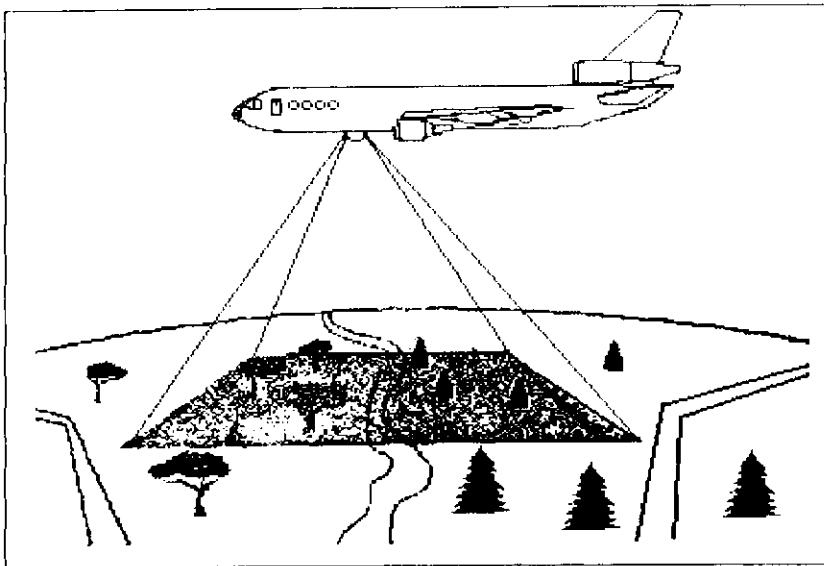


Fig. 34 Sensores Remotos, método para realizar una fotografía aerogramétrica

#### 4.2.2 Fotografía Aerogramétrica.

Otra manera de obtener información es utilizando la fotografía aerogramétrica, la cual debemos decir ha sido utilizada desde hace mucho tiempo atrás. Antes de tener la sofisticada tecnología espacial, las fotografías tomadas desde aviones era la mejor

manera de obtener datos del terreno, tales como su topografía y utilización. En la figura 3-4 podemos observar como se toman esta información.

Con el mejoramiento de la técnica esta manera de obtener datos aún sigue siendo una fuente idónea y más barata para lograr recolectar información de extensas superficies de la tierra.

La fotogrametría se define como la aplicación de la fotografía a las mediciones. Un levantamiento fotogramétrico es la aplicación de la fotogrametría para hallar áreas, volúmenes, contornos, localización de puntos, detalles, etc., sobre la superficie del terreno. Esta se ha desarrollado a medida que los descubrimientos y adelantos de la óptica y la aviación lo han hecho.

#### 4.2.2.1 Reseña Histórica.

Los trabajos de mediciones de extensiones de tierra y la confección de planos y mapas se han venido efectuando desde tiempos remotos, pero en los últimos cincuenta años han recibido mayor impulso debido principalmente a los inventos surgidos de las necesidades militares.

Desde el invento de la fotografía, se pensó en utilizar la misma para efectuar mediciones. El primer intento en emplear la fotografía para estos fines fue realizado por Laussedat, en la armada francesa, en 1850, dando así comienzo a la llamada fotogrametría terrestre.

La armada de los EE.UU. por el año de 1861 experimentó la toma de fotografías aéreas desde globos, pero con poco éxito. En Europa la utilización de dirigibles produjo

resultados más satisfactorios. En los archivos encontrados en la Sociedad Internacional de Fotografía, se conservan las primeras fotos tomadas desde un avión por el Capitán Cesare Tardiro, con fines de elaborar mapas en la primera década de este siglo. En la actualidad todos estos procesos han mejorado, se dispone de mejores y sofisticadas cámaras, películas e inclusive la tecnología de la aeronáutica ofrece más facilidades para realizar esta tarea

#### 4.2.2.2 El Proceso Fotogramétrico.

La fotografía estereoscópica es una aplicación sobre la concepción del relieve, es decir, la apreciación de las diferentes distancias a que se pueden encontrar los objetos. En el hombre, esto se debe a que cada ojo observa una perspectiva diferente del mismo objeto.

Debido a la posición relativa de los dos ojos del observador, las dos imágenes que se forman del objeto, se lo lleva a cabo en la retina y ambas son diferentes, la combinación de dichas imágenes da la sensación de relieve. La aplicación de este principio dio lugar al proceso fotogramétrico, que consiste en realizar planos topográficos a partir de pares de fotografías tomadas desde puntos diferentes las cuales al ser proyectadas bajo ciertas condiciones reproducen fielmente el terreno con todas sus características, inclusive el relieve. Este proceso comprende esencialmente los siguientes pasos:

- Plan de trabajo y cálculos preliminares.
- Toma de fotografías ( terrestres o aéreas).
- Proceso de laboratorio (revelado, copias, diapositivas, etc.).
- Control terrestre para ajustar escalas y cotas

- Restitución ( confección de planos)

La fotogrametría se puede realizar de dos maneras, desde el suelo o desde un aeroplano.

#### 4.2.2.3 Fotogrametría Terrestre.

La fotogrametría terrestre ofrece la facilidad de hacer levantamientos rápidos, económicos y precisos cuando se trata de extensiones pequeñas, no siendo necesario disponer de equipo de alto costo, aparte del fototeodolito. Este es un teodolito, con cámara fotográfica acoplada, que va montado sobre un trípode y toma las fotografías de forma horizontal.

La Fotogrametría Terrestre tiene hoy en día un campo limitado en lo que se refiere a la confección de planos. Se emplea cuando la fotogrametría aérea resulta costosa, poco práctica o imposible. Su principal uso es en trabajos pequeños y para entrenamiento de estudiantes.

#### 4.2.2.4 Fotogrametría Aérea.

La fotogrametría Aérea tiene múltiples usos, las fotografías se toman desde un avión, siendo fácil determinar la altura y el azimut del vuelo. Estas pueden ser:

- Verticales: Cuando el eje de la cámara es vertical y la película horizontal. Corresponden a perspectivas del terreno sobre un plano horizontal.

- Oblicuas: Son las tomadas con el eje de la cámara haciendo un ángulo con la vertical (La película siempre es perpendicular al eje de la cámara). Se denominan oblicuas altas cuando aparece el horizonte y oblicuas bajas cuando el horizonte no lo hace.
- Compuestas: Son en realidad grupos de fotografías tomadas oblicuamente y en forma simultánea por varias cámaras que hacen ángulos con la vertical.

Las fotografías compuestas están prácticamente fuera de uso; las oblicuas son utilizadas para ciertos propósitos únicamente, generalmente reconocimiento. Las más prácticas y utilizadas son las verticales.

Las cámaras van montadas sobre un sistema de balancines y soportes que absorben las vibraciones. Por medio de un nivel circular se hace vertical el eje de la cámara, quedando siempre en cada fotografía la imagen de dicho nivel, que muestra la localización de la burbuja en el momento en que se toma la fotografía.

Debido a vientos laterales, que tratan de desviar el avión de su línea de vuelo, es necesario poder hacer girar la cámara sobre su eje vertical un ángulo dado para que las fotografías de la zona queden una a continuación de la otra. Toda cámara tiene ciertas características diseñadas para registrar imágenes sobre un medio sensible. Se puede igualar a la retina del ojo humano la cual está constantemente recibiendo y fijando imágenes, siendo el mismo una cámara perfecta que se ajusta automáticamente a las condiciones de luminosidad, foco, etc., mientras que en la cámara fotográfica se necesitan mecanismos especiales diseñados para lograr estos ajustes.

Una cámara en general, es un pequeño cuarto oscuro, que tiene un lente frente a un obturador que actúa como una ventana a través de la cual se deja pasar la luz. La cantidad de luz admitida es importante, por lo que el tamaño del obturador deberá poder graduarse. La luz admitida va directamente al fondo de la caja donde se halla la película sensible, la cual se impresiona. El plano donde se coloca la película se denomina plano focal. Los elementos esenciales de una cámara son: a) lentes, b) disparador, c) cuerpo de la cámara, d) mecanismo de operación, e) película. Esta última en la actualidad está siendo reemplazada por la memoria de almacenamiento de las nuevas y sofisticadas cámaras digitales, mucho más avanzadas y precisas que las convencionales, ya que su mecanismo es completamente electrónico y por lo ello más preciso.

Los lentes deben tener características que les permitan eliminar las aberraciones cromáticas y esféricas principalmente. El lente de una cámara se define por su distancia focal, siendo los valores: 100 mm, 131 mm, y 152 mm, los más utilizados en trabajos de fotografías de precisión. Los de 210 mm, y 305 mm, son utilizados con fines militares.

La película empleada en fotografía aérea debe ser fresca, de grado fino, alta velocidad y pancromática (sensible a todos los colores). El encogimiento entre la película húmeda y seca no debe sobrepasar una variación del 2 por 1000; la diferencia en encogimiento en dos direcciones cualesquiera, entre el revelado y el secado no debe exceder un 0.5 por 1000.

Para evitar distorsión en las imágenes, la película debe quedar completamente sobre el plano focal, lo cual se logra por medio de una cámara de vacío; este se interrumpe una vez hecha la exposición, para permitir avanzar a otro segmento de la película.

Una fotografía aérea no puede considerarse por sí misma como el plano de una porción de terreno, pero mediante el empleo de procedimientos fotogramétricos y principios geométricos se puede obtener planos a partir de estas, siendo necesario para esto disponer de fotografías tales en un mismo punto sobre la tierra y que aparezcan las mismas tomadas de puntos diferentes; a estas se denominan pares estereoscópicos<sup>4</sup>.

#### 4.2.2.5 Superposición.

Para poder alcanzar los objetivos de este método utilizando pares estereoscópicos, se requiere, al fotografiar una faja de terreno, que el punto central de cada fotografía quede en dos tomas consecutivas. Esto se logra por medio de una superposición, entre una y la siguiente, del 60% en el sentido longitudinal. Además, para asegurar la cobertura total de la zona, es necesario la superposición de una faja de fotografías sobre la inmediatamente adyacente en un 30%.

El punto principal de una fotografía es el determinado por el pie de la perpendicular trazada desde el foco, o punto nodal de la lente, al plano focal, en el cual debe estar colocada la película.

En una fotografía completamente vertical, el punto principal debe coincidir con el punto determinado por la dirección de la plomada a través del centro de la lente.

Los ejes de una fotografía son los determinados al unir por rectas las marcas que aparecen en los bordes de toda fotografía aérea (marcas de colimación). La intersección de estos ejes determinan el centro geométrico (centro óptico).

---

<sup>4</sup> Topografía de Torres y Villate

El eje que coincide con la dirección del vuelo se denomina eje X y el eje perpendicular a la dirección de vuelo, eje Y.

## 4.3 FORMAS DE DIGITALIZACIÓN PARA FOTOGRAFÍA AEROGAMÉTRICAS.

### 4.3.1 Mesa digitalizadora.

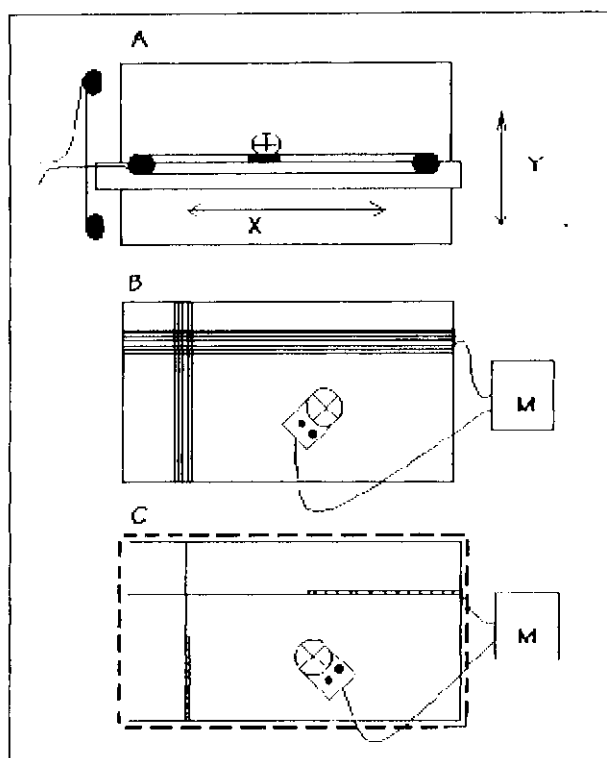


Fig. 35 Mesa Digitalizadora

La labor de escribir bajo coordenadas y digitar en un archivo con un computador, puede ser reducida con el uso de una mesa digitalizadora para codificar las coordenadas de X, Y de los puntos, líneas, áreas o celdas de imagen.

Una mesa digitalizadora es un dispositivo electrónico o electromagnético que consiste de una tabla sobre la cual los mapas o los documentos pueden ser ubicados. A continuación se muestra la mesa en la figura 35.

Los tipos más comunes usados para digitar gráficos de alta calidad son los ortogonales eléctricos con una grilla de alambre delgado o los tipos que utilizan fases de ondas eléctricas. Ambos tipos de digitalizadores soportan formatos desde 11 x 11 in. hasta 40 x 60 in. A través del digitalizador podemos seleccionar los comandos gráficos desde un menú. Las áreas del menú pueden ser definidas sobre el largo de la tabla usada.

Las coordenadas de un punto sobre la superficie del digitalizador son enviadas al computador por un lápiz magnético o un mouse (puck). Existen pucks con 4, 12, 16 o más botones adicionales, para ingresar valores atributos. A cada uno de los botones se le puede asignar un comando específico.

La escala de los mapas debe ser ingresada seguido por dos digitalizadores ubicados en el extremo inferior izquierdo  $X_{\min}$ ,  $Y_{\min}$  y en la esquina superior derecha  $X_{\max}$ ,  $Y_{\max}$ , para definir el área usada. Las dos coordenadas indicadas definen el área inicial usada. Todos los puntos que ingresen posteriormente a través del digitalizador pueden ser alineados y escalados.

Las líneas pueden ser digitalizadas de dos maneras como stream digitizing o point digitizing

*En stream digitizing*, el puck está ubicado al inicio de la línea y a través de un comando se indica al computador que inicie y registre las coordenadas automáticamente cada cierto intervalo de tiempo o después de cada desplazamiento del puck.

*En point digitizing* el operador indica al computador, presionando un botón, cada vez que las coordenadas deberían ser registradas.

Los digitalizadores constituyen uno de los métodos más exactos para seleccionar la posición de cualquier coordenada.

En combinación con otros programas el digitalizador permite al operador el ingreso de texto y símbolos especiales en el sitio seleccionado.

Aunque es posible digitalizar mapas de forma raster, en general el resultado de una digitalización será en forma vectorial. Existen programas para convertir archivos de tipo vectorial a tipo raster. Debemos comprender que en la conversión de una representación vector a una raster, inevitablemente existirá pérdida de información. Esta pérdida de exactitud es proporcional al tamaño de las celdas de la grilla y a la trayectoria de las líneas. La exactitud del digitalizador es limitada por su propia aptitud y habilidad.

No es necesario que un digitalizador este conectado directamente al computador de procesamiento (host). La digitalización usualmente es una tarea que requiere un pequeño procesamiento que puede ser efectuado sin estar el sistema en línea, usando un computador personal para control del trabajo y para almacenar los datos.

Una vez que un mapa haya sido digitalizado, puede ser almacenado en una cinta o disco para uso futuro.

### **4.3.2 Scanners para raster.**

Trabajan sobre el principio de un punto sobre cualquier parte de un mapa, puede tener colores blanco o negro. El scanner incorpora una fuente de iluminación y una cámara de televisión con un lente de alta resolución. La cámara puede estar equipada con un sensor especial conocido como dispositivo de acople y carga (CCD). El scanner es montado sobre rieles y puede ser movido sistemáticamente hacia atrás y hacia adelante sobre la superficie del documento original. En algunas otras versiones la cabeza del scanner se mueve en una sola dirección, y los movimientos en otra dirección se obtienen moviendo el documento a ser escaneado sobre un tambor de rotación. En scanners modernos y de alta calidad el tamaño de los píxeles puede ser muy pequeño.

El resultado de los datos raster es un número de píxeles registrados como blancos o negros. Estos datos deben ser procesados por programas especiales para que sean útiles en mapas de imágenes, tal como en contornos, caminos y detalles catastrales. Siempre que sea posible debe utilizarse los mejores scanners con un excelente software para obtener como resultado imágenes que se aproximen a lo perfecto.

Los ensayos realizados en este campo concluyen que los métodos automáticos son al menos siete veces más rápidos que los métodos manuales para contornos y dos veces más rápidos para planimetría.

#### 4.3.2.1 Dispositivo de Acoplamiento y Carga (CCD).

Se trata de un dispositivo semiconductor que permite traducir las fallas de las luces de los fotones sobre la superficie sobre la que se contabilizan los electrones. Un CCD típico es muy pequeño, un cuadrado de 10 x10 mm con una resolución de hasta 250.000 píxeles. El CCD puede ser ajustado en una cámara de 35mm y puede ser equipado con un sistema de lentes normales para producir un instrumento con una luz altamente sensitiva. El resultado de las líneas patrones, puede ser vectorizado o transformado a otro tipo de estructura raster para obtener el ingreso directo a los GIS.

Los algoritmos de *conversión de raster a vector* son necesarios para convertir un arreglo de píxeles a datos de línea. Esta capacidad es usada para convertir datos desde un documento escaneado a texto o líneas y también cuando los datos raster se sacan a través de un dispositivo como por ejemplo la pluma de un plotter.

El resultado de escanear consiste siempre en muchos píxeles que a veces representan imágenes poco pronunciadas.

El proceso de vectorización consiste en enhebrar una línea a través de un grupo grande de píxeles, usando para esto el algoritmo conocido como thinning (adelgazar) ya que el grupo de píxeles se adelgaza hasta una línea. Estas líneas contienen muchos más pares de información que los necesarios, y por tanto utilizan cantidades grandes de espacio de almacenamiento. El exceso de coordenadas puede ser removido usando el algoritmo weeding (limpiar).

### **4.3.3 Scanner de tipo vectorial.**

Este tipo de scanner recupera las imágenes de las líneas directamente en forma vectorial. Ofrecen la alternativa para examinar las mismas, usando un dispositivo raster y luego recupera la estructura vector a través de la aplicación de recursos de computacionales.

Se proyecta una copia transparente del mapa original encima de una pared. El operador va ha ubicar el rango del láser al inicio de una línea. El rayo láser luego sigue la línea hasta encontrar una confluencia. Allí el operador debe indicar como el haz debe continuar. Una vez que la línea ha sido scaneada, el operador debe guiar el rayo a la siguiente.

Este sistema tiene como ventaja el que la línea es examinada casi instantáneamente y los datos revisados se colocan directamente en un formato vector con una escala correcta. La gran desventaja radica en el hecho de que depende en gran parte del operador para realizar la unión de los láser y que es necesario una copia transparente de un mapa limpio.

### **4.3.4 Otros dispositivos de scanners para mapas.**

Los scanners descritos anteriormente han sido desarrollados en respuesta a la demanda para digitalizar rápidamente grandes volúmenes de complejos formatos de mapas existentes.

De la variedad de scanners existentes, la importancia radica en el conocimiento y apropiado manejo de las características para seleccionar el dispositivo necesario para nuestras necesidades.

a) Digitalizadores para video.

Son instrumentos que han sido desarrollados para capturar contornos interpretados desde fotografías o para rasterizar fotografías aéreas completas. Consiste en una cámara de video conectada a un dispositivo electrónico que convierte una imagen analógica de una pantalla de televisión dentro de una imagen digital rasterizada.

b) Graficadores stereo analíticos.

Se trata de un instrumento de fotogrametría usado para registrar los niveles y posición de las líneas de contorno directamente desde pares stereos de fotografías aéreas. Originalmente estos dispositivos se operaban manualmente, conectados a un tablero de dibujo mecánico sobre el cual los contornos eran observados por el operador a través de un sistema óptico de los instrumentos y se dibujaban directamente sobre el papel.

Los primeros intentos para automatizar la captura de datos se dieron colocando registradores electromecánicos en el tablero de dibujo para X, Y y Z y conectando sus salidas a dispositivos de cinta de papel. Posteriormente se realizó la transformación a plotters que permiten corregir distorsiones digitalizadas de tres dimensiones.

#### **4.4 COMPROBACION.**

La mejor manera de comprobar que los datos espaciales hayan sido digitalizados correctamente, es hacer que el computador dibuje nuevamente la imagen preferiblemente sobre una superficie trasluciente o en último caso sobre un papel en la misma escala que el original. Los dos mapas deben ser ubicados sobre un tablero con luz para ser comparados visualmente en forma detallada.

Datos faltantes, errores de localización y otros tipos de fallas deben ser corregidos con un lápiz. Si el mapa es un único dibujo, la localización de errores necesita sólo ser considerada dentro de los contornos del mismo, mientras que este contenga a un conjunto representando un área grande, se debe también examinar si la información al borde de la carta coinciden con los datos al borde de la carta adyacente.

Los datos no espaciales pueden ser chequeados por la impresión de los archivos que contienen los datos no espaciales y realizar una comprobación visual. Un mejor método consiste en examinar estos archivos con un programa de computación que detecte los errores. El programa que encadena los datos espaciales con los no espaciales puede también ser usado para comprobar que todos los encadenamientos han sido apropiadamente realizados.

Es más difícil descubrir errores en datos no espaciales cuando los valores tienen una sintaxis buena pero su contenido es incorrecto.

Los errores pueden aparecer durante la codificación e ingreso de datos espaciales y no espaciales. Estos errores pueden agruparse de la siguiente manera:

- i) Datos espaciales son duplicados o incompletos
- ii) Datos espaciales están en lugar equivocado
- iii) Datos espaciales tienen una escala equivocada
- iv) Datos espaciales son distorsionados
- v) Datos espaciales son encadenados en forma incorrecta a los datos no espaciales
- vi) Los datos no-espaciales son incompletos

Además de los errores conocidos, los datos pueden ser sobredefinidos, y puede ser necesario reducirlos en volumen. Esto comúnmente ocurre con líneas ingresadas a través de un digitalizador o de un scanner.

- i) Los datos espaciales pueden ser incompletos por la omisión en el ingreso de varios puntos, líneas o celdas. En los datos scaneados las omisiones son usualmente en forma de brecha entre líneas, donde el proceso de conversión de raster a vector ha sufrido una falla al unir todas las partes de una línea. Similarmente la conversión de raster a vector de datos scaneados puede conducir a la generación de una espiga no deseada. En el proceso de digitalización manual, las líneas pueden ser digitalizadas más de una vez.

- ii) Una mala localización de los datos espaciales pueden dar origen a errores pequeños y grandes. Estos errores generalmente son el producto del descuido en el proceso de digitalización; esto último puede dar como resultado un cambio de escala que de repente ocurrió en el proceso de digitalización, posiblemente como resultado de una falla en el hardware o software.
  
- iii) Si todos los datos espaciales mantienen una escala errónea, esto se debe usualmente a que la digitalización se realizó enteramente con una escala equivocada. En el sistema vector, la escala puede ser fácilmente cambiada a través de un simple factor de multiplicación.
  
- iv) Los datos espaciales pueden ser distorsionados porque el mapa considerado como base fue digitalizado con una escala incorrecta. La mayor parte de las fotografías aéreas no tienen una escala correcta sobre las imágenes completas debido a la inclinación del avión con respecto a la superficie fotografiada, a las diferencias del relieve, y a las diferencias en distancia desde los diferentes objetos en el campo hasta los lentes de la cámara. Todos los mapas de papel sufren estrechamiento, que normalmente es más en una dirección que en otra.
  
- v) Incorrectos encadenamientos entre los datos espaciales y no espaciales usualmente son el resultado de una incorrecta identificación de los códigos, que ingresan los datos espaciales durante la digitalización o durante la interactiva identificación de las pulsaciones de los polígonos después del escaneamiento, vectorización y formación de los polígonos.

- vi) Los datos espaciales pueden ser incompletos o erróneos debido a equivocaciones en el tipiado o por una codificación incorrecta de los campos.

#### **4.5 VERIFICACIÓN DE DATOS.**

La experiencia ha mostrado que la mejor manera de verificar que la información espacial ha sido correctamente digitalizada es haciendo que el computador redibuje los mapas nuevamente, para detectar errores más fácilmente se lo debe hacer en un fondo translucido al menos sobre un papel delgado a la misma escala que el original. Los dos mapas pueden ser superpuestos sobre una mesa de luz y de esta manera compararse visualmente, trabajando sistemáticamente de izquierda a derecha y de abajo hacia arriba a través del mapa.

Información perdida, localización de errores, y otro tipo de errores deben ser marcados claramente sobre la impresión con un marcador. Si recordamos un poco lo visto anteriormente nos daremos cuenta que al momento de realizar una impresión es mejor hacerla utilizando un formato vector, la impresión puede contener también los códigos de identificación anexados a cada entidad gráfica.

Si el mapa es un dibujo único, errores de locación serán los únicos a considerarse. Si el mapa es uno de una serie de mapas que cubren una extensa área, o si la información digitalizada debe enlazarse con un mapa que se encuentra ya almacenado en el computador, entonces la información espacial debe ser también examinada verificando la continuidad espacial a lo largo de los bordes del mapa. Se debe considerar también

En una red de polígonos, si una línea X-Y es movida o cambia, el área del polígono debe ser recalculada.

#### **4.6 ALMACENAMIENTO.**

Construir una base de datos es un proceso muy costoso en tiempo y en dinero. Es esencial entonces que la información espacial sea transferida desde la memoria local del computador a un estado más permanente de almacenamiento. Bases de datos digitales usadas para mapear información topográfica, catastral y ambiental, tienen aproximadamente un tiempo de vida de 25 años, por lo cual en éste tiempo como mínimo debe mantenerse en excelentes condiciones. Entre los sistemas de almacenamiento tenemos:

- i) Disco Magnético.
- ii) Cinta Magnética
- iii) Mass Storage Systems
- iv) CD-ROM

El *disco magnético* no se utiliza mucho debido al alto costo y al alto riesgo que acompaña a los discos duros, los cuales podrían perder toda una base de datos de gran volumen.

*La cinta magnética*, en cambio, se utiliza mucho más. En general se utiliza cintas de 0.5 in. de anchura y pistas que pueden almacenar de 1600 BPI (Bits Per Inch) hasta 6250 BPI.

El problema se ha transferido ahora a cómo almacenar las cintas magnéticas durante el tiempo requerido. Dos diferentes métodos se han propuesto:

- i) Reescribirlos frecuentemente
- ii) Únicamente reguindarlas y limpiarlas durante un período de siete años.

De todas formas es importante hacer el mantenimiento en un ambiente muy limpio, las cabezas de registración deben estar limpias, al final de cada mantenimiento es necesario cerrar las aperturas de la caja en que se encuentra la cinta.

También se exige ciertas restricciones sobre el medio ambiente en donde se almacenan las cintas. Las temperaturas deben ser bajas, como también el flujo magnético. Los medios magnéticos no son muy susceptibles a radiaciones nucleares, pues pueden soportar una dosis de 200.000 veces más que la que pueda soportar el ser humano. El flujo magnético sigue siendo el mayor enemigo del almacenamiento porque causa daños irreparables a nivel físico.

La seguridad y el bajo costo de las cintas magnéticas son ventajas muy importantes para su uso como medio de almacenamiento. Sin embargo, tiene una desventaja muy importante comparándolas con los discos duros, y eso es la baja velocidad de acceso.

Los *Mass Storage Systems*, podrían allanar este obstáculo. Son una forma de cinta magnética que tienen una anchura de 7 cm, y son de 15 a 25 cm (10 pulgadas) de longitud. Pueden almacenar hasta 50 MB de datos por pulgada (5 MBPI). Cada bloque de la cinta

corresponde con un cilindro de un disco. Así se puede transferir los datos del disco duro a la cinta y al revés muy fácilmente sin cambiar su formato. Porque MSS usa cinta magnética, se puede referir para las medidas de seguridad a las indicadas para cintas clásicas.

Finalmente tenemos el CD-ROM (Compact Disk Read Only Memory). Tiene un diámetro de 12 cm. y puede almacenar hasta 600 MB. Es muy accesible pero es read only, lo que significa que no se puede sobrescribir la información, únicamente se puede leer. Por eso CD-ROM es muy útil para distribuir una base de datos geográfica muy grande y que no cambie mucho en el tiempo.

## **CAPITULO V**

### **5. MODELO SIG-IMA.**

#### **5.1 ANTECEDENTES.**

El crecimiento de la población y la expansión de las zonas urbanas es un problema que debe ser manejado por la municipalidad a través de los departamentos correspondientes. Una adecuada planificación y un adecuado control permiten a la municipalidad controlar y disponer de mejor manera sus ingresos provenientes de los impuestos.

Al poseer un sistema que se ajuste a las necesidades específicas de la municipalidad, al disponer de toda la información necesaria, ya sea de ubicación, avalúo y demás factores que contribuyen a aumentar o disminuir el valor de un terreno o construcción, podemos aplicar las fórmulas adecuadas para evaluar un predio y cobrar de una manera más equitativa y justa los respectivos impuestos.

Para alcanzar este objetivo la municipalidad debe encontrar procedimientos y fórmulas, y aplicarlos de una manera coherente. Inclusive, debe buscar una modernización y valerse de los adelantos tecnológicos que la era moderna nos pone a disposición.

El Municipio de Ambato así lo ha entendido y por esta razón ha evolucionado con el pasar de los años, ya que desde la formación del Departamento de Avalúos y Catastros, los procedimientos y medidas de control de predios se realizaban a mano y la única ayuda que prestaban eran las antiguas máquinas de escribir de las oficinas. Al transcurrir el tiempo y con la aparición de la computación se trata de mejorar el control y el servicio, pero debido

a que los computadores en la década de los 80 eran dispositivos que se encontraban al alcance de muy pocos, el Municipio de Ambato opta por una opción muy interesante la cual le permitiría modernizarse, por esta razón contrata a la Compañía Almogas para que realice los servicios de consultoría externa. La Compañía se encargaba de recolectar los datos, procesarlos y luego entregar los resultados al Departamento de Avalúos. Este procedimiento se llevaría a cabo por algún tiempo hasta el año de 1990.

El Municipio realiza un paso más adelante, adquiere computadores para las diferentes dependencias, además contrata personal calificado para manejar los equipos y desarrollar su propio software para el control de los predios urbanos. En el año de 1991 el programador Nélon Gutierrez realiza el primer programa para el control predial, dicho sistema se lo realiza en Dbase II, que en aquel tiempo era el sistema de base de datos más avanzado que se disponía.

Al pasar el tiempo se ve la necesidad de ampliar el sistema y mejorarlo por lo que se acude a la Compañía Guaproga de Quito para que mejore y expanda el sistema, este paso se lo realiza en el año de 1995, pero es hasta 1997 donde empieza a funcionar y a rendir sus frutos, mejorando el servicio y agilitándolo hasta la actualidad.

Para construir un modelo relacional debemos seguir un procedimiento de tres pasos. Identificar las entidades, identificar los atributos y determinar las relaciones entre ellos. Esto es un proceso complejo y que toma algún tiempo, se debe revisar cada uno de estos aspectos con un equipo multidisciplinario e inclusive convertirlo en un proceso cíclico el cual debe realizarse hasta depurar todas las relaciones perfectamente. Una ventaja que se

debe tomar en cuenta es que un modelo relacional puede ser siempre modificado, lo cual ayuda enormemente al trabajo.

## **5.2 VENTAJAS DEL SIG PARA EL CATASTRO DEL I.M.A.**

Una parte importante al momento de realizar un proyecto es la planificación, para esto se debe analizar los pros y contras, los recursos que se utilizarán y sobre todo si el trabajo final justifica la inversión.

Se debe tomar en cuenta que para un proyecto de este tipo se necesita gran cantidad de recursos para hardware, software y sobre todo entrenamiento del personal, esto sin tomar en cuenta al equipo que debe coordinar el proyecto y que debe estar involucrado en cada aspecto del mismo, sobre todo debido al ámbito de este proyecto se debe tener firmes conocimientos informáticos para tomar este tipo de decisiones.

Diremos también que en este punto se necesita resaltar los beneficios que se obtienen al momento de incorporar un "Sistema de Información Geográfico" porque como lo mencionamos anteriormente el gasto que se realizará si se quiere incorporar un SIG es elevado y por lo tanto debe ser justificado.

A continuación mencionaremos algunos de estos puntos que a nuestro criterio hemos visto son los mejores para justificar un GIS en un Municipio:

- i) Visualización de información de forma gráfica.

Esta es la mayor ventaja que ofrece un GIS debido a que presenta la información en un croquis y esto puede ser comprendido de mejor manera que al revisar un simple reportes donde aparecen números y letras. Además, no nos olvidemos de que el GIS se encuentra enlazado a la base de datos y podemos visualizar la información alfanumérica al mismo tiempo que la gráfica.

ii) Ayuda para la toma de decisiones.

Al momento de tomar decisiones debemos tener a la mano la información necesaria para realizar la elección correcta. Resaltando la propiedad anterior, nos daremos cuenta que las decisiones se pueden tomar más fácilmente si visualizamos el problema: por ejemplo, imaginémonos que el ciudadano Juan Pérez es propietario de un lote situado en las calles X y Y, dicho ciudadano quiere realizar la partición de su terreno dentro de la zona urbana de Ambato. A simple vista, este es un problema de fácil solución, pero muchas veces estos lotes poseen ciertas restricciones debido a la localización, tamaño y número de divisiones. Al momento de revisar este problema de una manera tradicional, en primera instancia se podría acceder a la partición, pero al momento de revisar dicha información de manera visual podría ser que el mencionado lote no cumpla con los requerimientos para realizar una partición.

Mencionemos también, que se necesita revisar el impuesto predial de las construcciones de un sector determinado de la ciudad, debido a que tenemos toda la información necesaria en la base de datos, se puede realizar apreciaciones sobre el catastro de ese sector inclusive se puede detectar si

alguno de estos predios fue calculado erróneamente; esto es, si está pagando de más o si está pagando menos de lo que se debe pagar en ese sector.

iii) Consultas visuales e interactivas.

Como el lector se podrá dar cuenta, estamos dando gran énfasis en la parte visual referente a los SIG, esto no es una coincidencia sino mas bien es el atributo más importante dentro de este ámbito. Las consultas que se realizan son procesadas de forma gráfica y alfanumérica, pero a la vez nos permite realizar combinaciones entre vistas, layers y temas con lo que obtenemos a la vez un sistema interactivo y sobre todo una interfase agradable y fácil de utilizar para el usuario final.

iv) Fácil enlace al sistema de base de datos relacional.

Muchos de los SIG ofrecen varias maneras de enlazarse a distintos tipos de bases de datos, pero lo que le hace más poderoso a un SIG es el poder enlazarse con una base de datos de tipo relacional ya que optimiza el trabajo y recursos de un computador.

v) Fácil actualización de la base de datos gráfica y alfanumérica.

Las bases de datos actuales permiten un fácil acceso y actualización de sí mismas y de los datos contenidos en ellas. Esto es importante debido a que como nos habremos dado cuenta estamos trabajando con dos tipos de bases de datos diferente. Una de tipo gráfica, la cual almacena las líneas, puntos y polígonos. Otra de tipo alfanumérico, la cual almacena los atributos que se

relacionarán con determinada entidad cualquiera que esta sea en la base de datos gráfica.

- vi) Obtención de planos exactos y georeferenciados de cualquier predio o sector.

Aquí se resalta la importancia de realizar un buen trabajo al momento de la digitalización, ya que este trabajo debe ser en extremo exacto y con el menor índice de error, de esta manera podemos obtener cartas o mapas muy apegados a la realidad.

- vii) Intercambio de información a nivel interdepartamental.

En primera instancia, la información es procesada en una dependencia del Municipio, en este caso por el Departamento de Avalúos y Catastros. Pero, si se quiere obtener un SIG que no sea únicamente de uso exclusivo de esta dependencia se debe compartir mucha de la información con otros departamentos los cuales deben realizar la misma tarea pero de forma inversa. Con esto podremos obtener un SIG más rico y funcional debido a la información complementaria que se puede obtener de otras dependencias.

Con este intercambio se puede mejorar la calidad de la información y además optimizar la misma para otras funciones que no sean únicamente sobre el catastro.

- viii) Control catastral.- Reuniendo todas las características mencionadas anteriormente, nos podemos dar cuenta sobre la importancia que un SIG

desempeña en una municipalidad, y sobre el control catastral dentro de esta entidad. Podremos de esta manera aplicar de mejor manera los avalúos para el cobro de impuestos, distribución del espacio físico (predios) y sobre todo toma de decisiones referente al control catastral.

### **5.3 FICHA CATASTRAL.**

La ficha catastral es el sistema de información que ha desarrollado la Municipalidad para asegurar la información de cada uno de los predios o propiedades del cantón y para poder avaluarlos y cobrar los respectivos impuestos.

La ficha se divide en seis partes, cada una de las cuales brinda la información que se detalla a continuación:

01.- UBICACIÓN PREDIAL. En esta sección comprende cuatro literales en los que se detalla la siguiente información.

01. Clave Catastral actual, el código catastral único para poder identificar a cada predio.
02. Clave Catastral anterior, el código usado anteriormente. Este código se lo sigue usando debido a que se está cambiando la manera de codificación; por lo tanto, es necesario conservar el código usado anteriormente a esta administración.
03. Sector y Barrio
04. Calle(s), estos dos literales proporcionan la información sobre la localización del predio.

02. **DATOS DEL PROPIETARIO TITULO DE PROPIEDAD.** En esta sección se detalla información del propietario, forma de adquisición, y detalles legales adjuntos. Se divide en ocho literales.

05. Propietario. Corresponde a detallar Nombres y Apellidos completos del dueño.
06. Cédula o RUC. Los números de la cédula de identidad o del RUC
07. Domicilio del Propietario. Lugar donde reside el dueño del predio.
08. Forma de Adquisición. La manera como se adquirió el predio y el monto o costo total del mismo.
09. Notaría. La notaría pública en donde se realizó la inscripción del predio.
10. Alcabala, Línea de Fábrica, Oficio. Los números correspondientes a cada uno de estos datos.
11. Propietario Anterior. Datos personales del propietario anterior.
12. Crédito. Datos sobre la adquisición del predio utilizando un medio de financiamiento.
13. A continuación existe un anexo donde se detallan datos generales y probatorios de responsabilidad.

03. **USO DEL PREDIO.** Los literales del 14 al 26 detallan la forma como se utilizará el predio. Solar, Vivienda, Comercial, Artesanal, Institucional, Educativo, Recreativo, Oficinas, Industrial, Hotel.

04. **DESCRIPCION DEL TERRENO.** Datos especiales acerca del terreno e infraestructura que dispone. Esta información esta comprendida entre los literales 27 y 36.

Los datos son: Localización o posición, Topografía, Superficie, Capa de Rodadura, Bordillos, Acera, Agua Potable, Alcantarillado, Energía Eléctrica, Teléfono.

05. DESCRIPCIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES. Esta sección se subdivide en tres subsecciones las cuales contienen la siguiente información:

5.1. Cerramientos.

Frente a la calle, Perimetrales

5.2. Condición Física de la Construcción.

Estado, Valor Histórico o Artístico, Año de Construcción.

5.3. Características de la Construcción.

Estructuras

No. de Pisos, Cimientos, Columnas, Vigas, Entrepiso, Paredes, Cubierta.

Escaleras.

Acabados

Pisos, Puertas, Ventanas, Cubre Ventanas, Vidrios, Enlucidos, Pintura,

Baños, Cocina, Closets, Cerrajería, Tumbados, Elementos Decorativos.

Instalaciones

Eléctricas, Sanitarias, Especiales.

06. AVALUOS CONSTRUCCIONES. Esta sección comprende los detalles sobre los avalúos, mejoras, resumen de avalúos y el croquis del predio.

Para poder realizar los cálculos con los parámetros correspondientes, se revisa las tablas de avalúo. Dichas tablas aumentarán o disminuirán el avalúo de un predio, dependiendo de la ubicación, posición, extensión, etc. Estas tablas se muestran en la sección anexos.

## **5.4 BASE DE DATOS RELACIONAL PARA EL CATASTRO.**

Una base de datos es una recopilación de información que está relacionada con un propósito en particular. La clave para una recuperación y almacenamiento eficiente está en el proceso de planificación. Identificando inicialmente la tarea que deseamos que realice la base de datos, seremos capaces de crear un diseño que ofrezca como resultado una herramienta de gestión de datos más precisa y rápida.

Actualmente todos los sistemas de gestión de bases de datos modernos almacenan y tratan la información utilizando el modelo de gestión de bases de datos relacional. El nombre relacional procede del hecho de que cada registro de la base de datos contiene información relacionada con un tema y sólo con ese tema. Además, los datos de dos clases de información pueden ser manipulados como una única entidad basada en los valores de los datos relacionados.

## **5.5 EL DESENVOLVIMIENTO CATASTRAL DEL IMA EN UN SIG.**

En este punto debemos resaltar los atributos que un SIG ofrece para el catastro, ya que en el ambiente del mismo se llevarán a cabo muchas operaciones que serán de ayuda para las labores cotidianas que se realizan en el Departamento de Avalúos y Catastros

específicamente. En esta parte, mencionaremos como se trabajará con la información dentro del SIG y que se obtendrá de dicha tarea.

Como es notorio, se llega a un nivel notable de automatización, donde las labores manuales de cálculo, de trazado y otras, se reducen a realizarlas únicamente por una sola vez. El margen de error se limita únicamente a las fallas que se puedan dar durante el ingreso de información. De ahí en adelante, los procesos antes mencionados son completamente exactos y veraces.

Como es obvio, la cantidad de personal requerido se reduce, con lo cual el mismo puede ser utilizado para otras tareas; pero a su vez, se resalta la necesidad de contratar personal del área de sistemas, para el mantenimiento y manejo de recursos informáticos.

Enfocándonos en lo que se refiere a la información y los procesos a la que ésta es sometida, si dichos procesos son aplicados de una forma correcta, se podrá obtener un mayor control de lo que pasa en el área de avalúos. Adicionalmente, podremos realizar una proyección con los datos que se dispone y a la vez tomar decisiones en lo referente a cualquier problema que pueda surgir convirtiéndose esta parte en fundamental y medular de lo que un SIG puede ofrecer.

## **5.6 ANÁLISIS CARTOGRÁFICO.**

La cartografía es una parte sencilla de comprender y aplicarla, pero a la vez es una de las partes importantes para los SIG. Esto se debe a que como sabemos los SIG hacen uso de

los mapas cartográficos para mostrar la información. Para que un SIG responda a los requerimientos de una entidad, los mapas que se anexan al SIG deben ser de gran calidad, precisión y actualizados. Para comprender un poco más referente a este tema, a continuación hablaremos sobre la Cartografía.

Primeramente, la cartografía trata de representar la superficie de la tierra o una parte de la misma sobre una superficie plana, pero la tierra es un cuerpo celeste irregular, una esfera achatada por los polos lo que la convierte en una elipse. Inclusive, diremos que la Tierra es un geoide pero sin tomar en cuenta a los continentes.

Debido al gran tamaño de la Tierra, y para poder obtener la ubicación en cualquier punto de la misma se ha inventado un sistema de coordenadas las cuales dividen a la Tierra en varios sectores. Este sistema consiste en dividir a la Tierra con líneas imaginarias tanto horizontal como verticalmente, las líneas que dividen a la Tierra verticalmente forman las latitudes y son el conjunto de líneas paralelas y que todas ellas pasan por los polos, el espacio entre ellas se conoce como Meridianos, el meridiano principal es aquel que pasa por Greenwich. Las líneas que dividen a la Tierra horizontalmente forman las Longitudes. La línea que divide en dos partes iguales es conocida como ecuador. Las longitudes forman varias regiones las cuales son conocidas como Zona Tórrida o ecuatorial, zona de los trópicos, el de Capricornio y el de Cáncer y por último los círculos polares Artico y Antártico.

La distancia entre cada una de estas líneas imaginarias se mide en grados, minutos y segundos. La combinación de estas dos referencias geográficas dan la posición exacta de

cualquier punto sobre la tierra. Gracias a esta técnica se puede realizar la representación de la Tierra a través de mapas. Los mapas son de gran utilidad para representar en una superficie plana las características del terreno y georeferenciarlo para darnos la posición exacta sobre la superficie terrestre. Ahora con las herramientas que tenemos a nuestra disposición, no solo tenemos mapas sobre el papel, sino tenemos mapas que pueden ser representados en el computador los cuales son aprovechados grandemente por los SIG.

### 5.7 ANÁLISIS CON M.G.E.

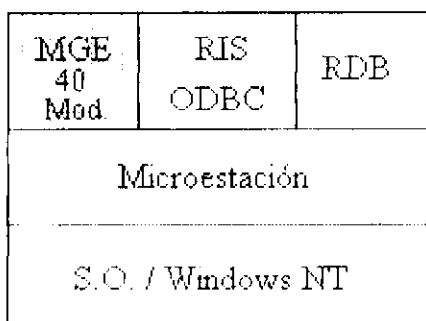


Fig. 37 Esquema de funcionamiento del MGE

Las siglas M.G.E. significan Modular GIS Environment (Ambiente Modular para GIS), este es un paquete que contiene 40 módulos especializados para diferentes tareas tales como: modelación, medio ambiente, planificación vial, catastros, obras públicas entre los más representativos. La arquitectura del MGE la podemos ver en la figura 37.

El Microestación fue desarrollado por las compañías Intergraph y Bentley, existiendo una versión con características específicas por cada compañía, es decir, cada una de ellas diseñó módulos específicos para usarlos con Microestación. Entre los principales tenemos.

i) Bentley

- Modeler
- Triforma
- Geographics
- Civil Pack

ii) Intergraph

- MGE
- Environment
- Geology
- Fotogrametric

El MGE a su vez dispone de tres módulos principales para realizar las gestiones gráficas y de enlace, estos son:

- i) MGE Basic Núcleos
- ii) MGE Administration
- iii) MGE Base Mapper

El MGE dispone de un lenguaje de programación denominado MDL, con el cual se puede realizar consultas y operaciones específicas dependiendo de las necesidades del sistema. Según los técnicos de Intergraph se recomienda el uso de Microestación 95 o SE bajo el entorno de Windows NT, pero también funciona sobre Windows 95 y 98; adicionalmente, existe la versión anterior la cual puede funcionar bajo DOS y Windows 3.1. También, Intergraph pone a la disposición su última versión llamada J ya que ha sido realizada en Java y funciona con Internet, lo que le convierte no solo en una herramienta con tecnología de punta sino también de avanzada.

### 5.7.1 Base de Datos en FoxPro.

Al momento de conformar un SIG, debemos disponer de una base de datos la cual se ajuste a nuestras necesidades y que nos permita proyectarnos en el futuro, o al menos debemos tener una base de datos que soporte con confiabilidad gran número de registros, sea fácil de acceder y nos permita manipular las tablas de igual manera.

El Departamento de Avalúos y Catastros dispone un sistema para el catastro realizado en Foxpro. Esta no es una base de datos relacional, pero su sistema de índices nos permite realizar los enlaces respectivos para conformar el Modelo SIG-IMA.

A continuación se detalla las tablas principales y los campos contenidos en ellas:

Estructura de la tabla: F:\SCUM\_AMB\DATOS.DBF\CATMAE.DBF

No. de registros: 41122

Última actualización: 1999.09.27

Pág. de códigos: 0

Campo	Nombre	Tipo	Ancho	Dec	Índice Ordenación
1	PARROQ	Carácter	2		
2	CLVACT	Carácter	12		
3	CLVANT	Carácter	12		
4	NUMREG	Número	10		
5	BARRIO	Carácter	29		
6	CALLES	Carácter	29		
7	PROPIE	Carácter	55		
8	CIORUC	Carácter	13		
9	DOMPROPI	Carácter	29		
10	FORADQUI	Carácter	12		
11	MONTO	Número	10		
12	NNOT	Número	2		
13	CANTON	Carácter	13		
14	FESCRIT	Fecha	8		
15	FREG	Fecha	8		
16	ALCABA	Carácter	8		Asc Machine
17	LINFAB	Carácter	5		
18	OFICIO	Carácter	5		
19	OBSERLEG	Carácter	150		

20	PROANT	Carácter	29		
21	BLOQUES	Númérico	2		
22	STATUS	Númérico	1		
23	INSTITU	Carácter	15		
24	ANCIANO	Carácter	2		
25	OBSOLETA	Carácter	2		
26	ACTUAL	Carácter	2		
27	PRESHIPOT	Númérico	10		
28	FECHAPREHI	Fecha	8		
29	CONTEO	Carácter	4		
30	MUESTREO	Carácter	5		
<b>TOTAL</b>			<b>493</b>		

Estructura de la tabla: F:\SCUM\_AMB\DATOS.DBF\CATCON.DBF

No. de registros: 37973

Última actualización: 1999.09.27

Pág. de códigos: 0

Campo	Nombre	Tipo	Ancho	Dec	Índice Ordenación
1	CLVCONS	Carácter	12		Asc MACHINE
2	NBLOQ	Númérico	2		
3	CDCONST	Númérico	1		
4	CCONSE	Númérico	1		
5	VHIST	Númérico	1		
6	ANIO_CONS	Númérico	4		
7	NPISOS	Númérico	2		
8	ELEMEN	Carácter	23		
9	AREABL	Númérico	8	2	
10	VALORBL	Númérico	8	2	
11	FACTORBL	Númérico	6	4	
12	VTOTBL	Númérico	11		
13	TIPOLOG	Carácter	5		
14	ARE_BL_EX	Númérico	8	2	
15	AVA_BL_EX	Númérico	11		
<b>TOTAL</b>			<b>104</b>		

Estructura de la tabla: F:\SCUM\_AMB\DATOS.DBF\CATUSO.DBF

No. de registros: 41121

Última actualización: 1999.09.27

Pág. de códigos: 0

Campo	Nombre	Tipo	Ancho	Dec	Índice Ordenación
1	CLVUSO	Carácter	12		
2	CSOLAR	Númérico	1		
3	CARREN	Númérico	1		
4	CVIVIE	Númérico	1		
5	CCOME1	Númérico	1		
6	CCOME2	Númérico	1		

7	CARTE1	Númérico	1		
8	CARTE2	Númérico	1		
9	CINST1	Númérico	1		
10	CEDUCA	Númérico	1		
11	COFIC1	Númérico	1		
12	CRECRE	Númérico	1		
13	CINDU1	Númérico	1		
14	CINDU2	Númérico	1		
15	CHOTEL	Númérico	1		
16	CLOCAL	Númérico	2		
17	CTOPOG	Númérico	1		
18	CTAMAN	Númérico	1		
19	CCAPRO	Númérico	1		
20	CBORDI	Númérico	1		
21	CACERA	Númérico	1		
22	CAGUAP	Númérico	1		
23	CALCAN	Númérico	1		
24	CENERG	Númérico	1		
25	CTELEF	Númérico	1		
26	CFRENT	Númérico	1		
27	CPERIM	Númérico	1		
<b>TOTAL</b>			<b>40</b>		

Estructura de la tabla: F:\SCUM\_AMB\DATOS.DBF\CATVAL.DBF

No. de registros: 41119

Última actualización: 1999.09.27

Pag. de códigos: 0

Campo	Nombre	Tipo	Ancho	Dec	Índice Ordenación
1	CLVALT	Carácter	12		
2	FRENTE1	Númérico	10	2	Desc MACHINE
3	FONDO	Númérico	10	2	
4	AREAM2T	Númérico	10	2	
5	VALORB	Númérico	7		
6	FAC_LOC	Númérico	7	5	
7	FAC_TOP	Númérico	7	5	
8	FAC_INF	Númérico	7	5	
9	FAC_TAM	Númérico	7	5	
10	FAC_TOT	Númérico	7	5	
11	AVTERR	Númérico	10		
12	AREA_CONS	Númérico	8		
13	AVCONS	Númérico	10		
14	OTRASMEJ	Númérico	10		
15	AV_COME	Númérico	12		
16	COMERCIA	Númérico	12		
17	COMER_96	Númérico	12		
18	MIRAFLOR	Númérico	10		
19	DOCUMENTO	Carácter	30		
20	IMPUESTO	Númérico	9		
21	COD_EXO	Carácter	1		
22	INGRESO	Carácter	2		
23	TIPO_LIQ	Carácter	1		

24	CALLE1	Carácter	25		
25	FRENTE2	Número	10	2	
26	CALLE2	Carácter	25		
27	FRENTE3	Número	10	2	
28	CALLE3	Carácter	25		
29	FRENTE4	Número	10	2	
30	CALLE4	Carácter	25		
31	ENAJENAR	Carácter	12		
<b>TOTAL</b>			354		

Estructura de la tabla: FASCUM\_AMB/DATOS.DBF/CATBAJ.DBF

No. de registros: 1005

Última actualización: 1999.09.27

Pág. de códigos: 0

<b>Campo</b>	<b>Nombre</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Dec</b>	<b>Índice Ordenación</b>
1	CLVACT	Carácter	12		
2	NUMREG	Número	10		
3	PROPIE	Carácter	40		
4	CALLES	Carácter	30		
5	AREAM2T	Número	8		
6	AREA_CONS	Número	8		
7	AVTERR	Número	10		
8	AVCONS	Número	10		
9	AV_COME	Número	12		
10	COMER_96	Número	10		
11	MOTIVO	Carácter	30		
12	OPERADOR	Carácter	2		
13	FECHAS	Fecha	8		
<b>TOTAL</b>			191		

### 5.7.2 Microestación.

Microestación es un programa diseñado por Intergraph, por sí solo Microestación es únicamente un CAD que al igual que muchos otros paquetes en el mercado permiten realizar gráficos avanzados para Ingeniería, Diseño Gráfico, etc.

Para tener un SIG confiable y que realmente represente el mundo real, se necesita de práctica y dominio de las herramientas que dispone el graficador. En la Fig.38 mostramos

como se encuentra dividido la pantalla principal, en ella se puede visualizar el menú principal, la barra de herramientas madre y el área de trabajo.

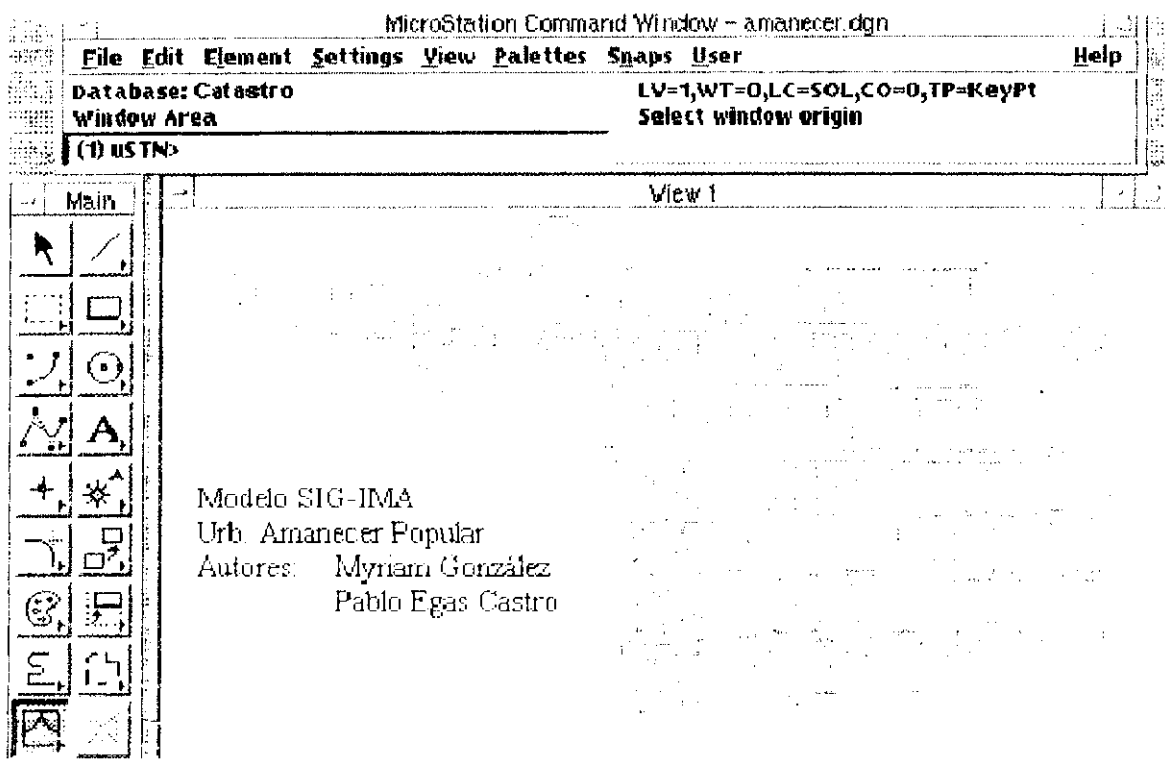


Fig. 38 Ventana de graficación de Microestación

Como se puede apreciar en la Fig. 38, en la parte superior se encuentra el menú en el cual podemos acceder a todas las opciones que ofrece Microestación, hacia el lado izquierdo de la gráfica se encuentra la barra de herramientas principal de la cual parten todas las opciones y subopciones de graficación, esto es líneas, círculos, rectángulos, arcos, etc. En la parte central se encuentra el área de trabajo donde se lleva a cabo la graficación

### **5.7.3 Anexación y Conformación del Modelo SIG-IMA.**

Una vez que tenemos todos los elementos necesarios, podemos empezar a conformar el modelo SIG. Para esto necesitamos seguir varios procedimientos operativos para organizar, manipular y procesar tanto la información como los dispositivos de apoyo que se requieren para conformar un SIG.

A continuación se detalla dichos procedimientos:

#### **5.7.3.1 Digitalización.**

La digitalización es uno de los pasos importantes y básicos en un GIS. Debido a que se debe trasladar la información de mapas o fotografías al computador, es decir, pasar los datos a un formato digital para poder trabajar con ellos en el computador, para lograr este objetivo debemos seguir varios procedimientos y contar con ciertas herramientas que nos ayuden a alcanzar esta meta.

Entre los dispositivos de ingreso para gráficos mencionaremos a dos de los cuales son fáciles de manejar y se encuentran más comunmente, y un tercero que no es muy utilizado pero que brinda algunas ventajas, estos son:

##### **a) Mouse (puck)**

El mouse es una de los dispositivos de ingreso más difundidos y que presta una gran facilidad para realizar las diferentes tareas necesarias al manejar un computador. Al

trabajar con Microestación el mouse se vuelve una herramienta indispensable para poder dibujar, corregir o manipular los objetos en la pantalla.

Existen dos tipos de mouse que serán utilizados en este trabajo. El primero es el mouse convencional de tres o dos botones y el segundo que es parte de la mesa digitalizadora y posee varios botones de ingreso y funciones (puck). Esto se puede observar en la siguiente sección en donde se aprecia la gráfica del mouse digitalizador. Una característica importante es la de que los dos mouse no pueden funcionar simultáneamente.

#### b) Mesa Digitalizadora

Este dispositivo al igual que el mouse sirve para realizar ingresos de información pero con la diferencia que esta información es muy exacta, debido a que el margen de error con que se debe realizar el ingreso debe ser apenas de 0.01. La mesa dispone de un mouse especial que a diferencia de los convencionales, este dispone de una gran cantidad de botones para poder asignarles funciones. En la figura 39 se visualiza una mesa digitalizadora

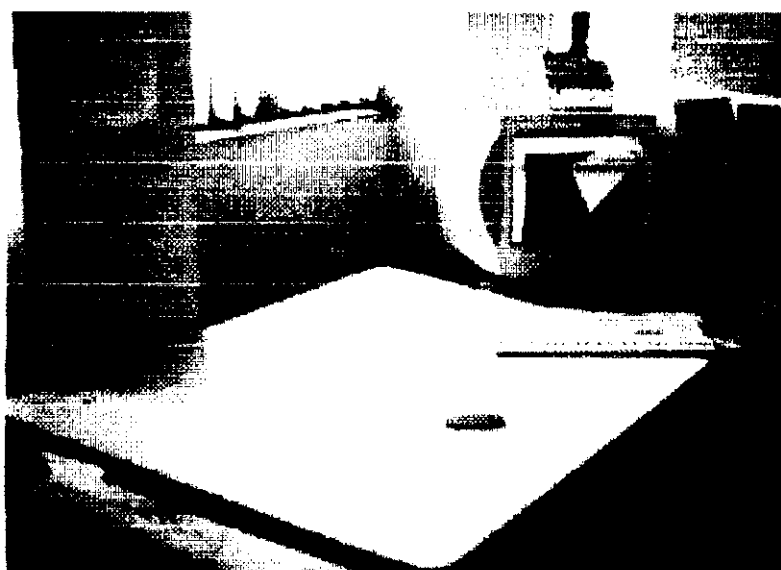


Fig. 39 Mesa digitalizadora de planos utilizada con Microestación

Por lo general el botón 0 equivale al botón izquierdo, el botón 1 equivale al botón derecho en los ratones convencionales, En la figura 40 podemos apreciar al puck. Una particularidad es que no se puede usar el ratón convencional y el de la mesa digitalizadora al mismo tiempo, hay que escoger un dispositivo de ingreso previamente para evitar conflictos.

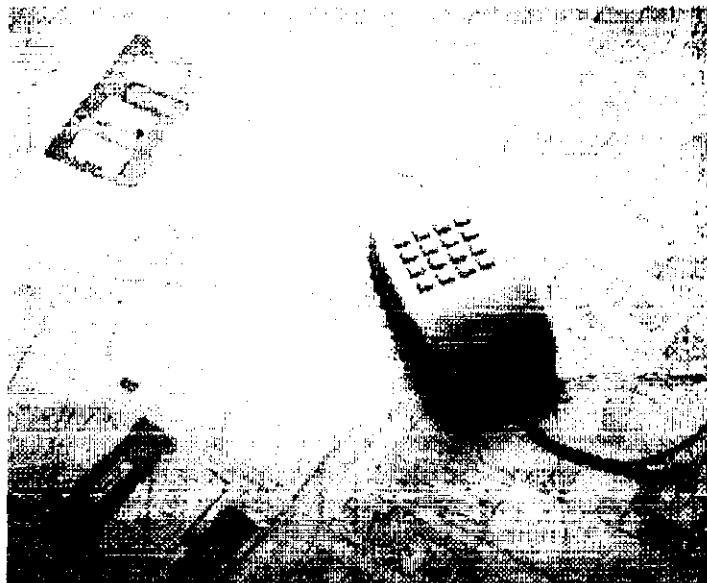


Fig 40 Mouse digitalizador (puck)

#### c) Scanner para Raster

Este último no se lo usa con frecuencia debido a que las imágenes obtenidas no reflejan una imagen digital precisa y siempre hay que realizar correcciones, a pesar de que esta tarea lo realiza en un tiempo corto. Pero adicionalmente, el tiempo que se requiere para corregir las imágenes digitalizadas es demorado y muchas veces trae problemas con la georeferenciación.

### 5 7.3.1.1 ¿Cómo se debe digitalizar?

El primer paso al realizar una digitalización con la mesa es dividir la misma en dos partes o sectores, la primera que será para asignarle a la pantalla y la segunda para el área de digitalización. De esta manera podemos simular el mouse convencional en la pantalla y disponer de la herramienta de digitalización.

Luego de realizar esta operación se nota la diferencia entre los dos sectores, cuando el usuario se encuentra en el primer sector este puede acceder a las barras y menús de microestación, en el segundo sector únicamente se desplaza en la zona de trabajo donde se está digitalizando.

El Microestación hace uso de todos los botones del mouse inclusive del tercer botón, si el mouse no tiene este botón se debe hacer un clic simultáneo en los dos botones para obtener el resultado del tercer botón. El primer botón sirve para señalar y confirmar, el segundo botón sirve para cancelar y el tercero o los dos botones simultáneos sirve para realizar una tentativa.

### 5 7.3.1.2 Identificación de Entidades.

Identificar las entidades es uno de los pasos más importantes. Una entidad puede ser una persona, un lugar o una cosa. Esta es la característica física representada en el archivo de diseño el cual necesita un atributo no-gráfico relacionado a él. Estos atributos no-gráficos son descritos en las tablas. En el caso del GIS, debemos tomar en cuenta que las entidades que se necesitan identificar son puntos, líneas y polígonos, los cuales representan las características del mundo real.

### 5.7.3.1.3 Identificando Atributos.

Luego que se ha procedido con la identificación de las entidades, ahora se debe considerar que atributos o información se necesita de ellos. Los atributos vienen a ser las columnas de una tabla: es decir, los campos de una tabla. Por lo general se debe incluir la mayor cantidad de campos que describan a un objeto, pero hay que tener mucho cuidado en no saturar a un elemento con información, la cual puede convertirse en redundante e innecesaria.

### 5.7.3.1.4 Determinación de las Relaciones.

Determinar una relación es un problema de seleccionar las diferentes vistas, las cuales serán usadas en el modelo. Para construir una relación se necesitan al menos dos tablas. Las llaves o Keys son características idénticas entre las tablas. Esta parte es claramente un problema informático, el cual tiene que ser pensado y definido por la parte de sistemas, la cual debe considerar todas las ventajas que ofrece una base de datos relacional y todas las bondades y beneficios que se pueden obtener de la misma.

En esta parte juega un papel importante el diseño e implementación de las bases de datos, la cual debe ajustarse en este caso al catastro y a los procesos que se tratan en el control catastral. Una vez diseñadas las bases de datos se necesita acoplarlas utilizando las facilidades que cada una de ellas ofrece, esto puede ser por medio de índices como en las bases de Foxpro y llaves primarias como es el caso del Access, SQL, entre otros.

### 5.7.3.1.5 Enlace a la Base de Datos.

El enlace a la base de datos es una relación entre un elemento del diseño y la tabla de la base de datos. En el GIS, esto quiere decir, que es la manera como se enlaza la parte gráfica con la alfanumérica.

Para entender de mejor manera pongamos como ejemplo una línea que representa una calle sobre un mapa, esta línea puede ser enlazada a una fila o registro en una tabla, donde los campos nos dirán el nombre, la longitud, fecha de construcción, etc. Estos campos son los llamados atributos en la base de datos. Un único elemento puede ser enlazado a varios registros o filas en las tablas, de igual manera varios elementos pueden referirse al mismo registro.

Al revisar las características de Microestación y el módulo MGI, encontramos que el mismo puede realizar las siguientes tareas al referirnos a las bases de datos:

- Establece conexiones directas con bases de datos
- Manipula los enlaces (añadir, remover)
- Genera reportes sobre los atributos de la base de datos
- Despliega los atributos de una base de datos sobre un diseño
- Realiza operaciones gráficas basadas en consultas a la base de datos

#### *5.7.3.1.5.1 Cómo Preparar la Base de Datos para usarla con Microestación.*

La tecnología utilizada por Intergraph le permite tener una gran flexibilidad para poder reconocer una extensa variedad de formatos para Bases de Datos. Entre los principales

mencionaremos a Oracle, Informix, DBs tipo Xbase y RIS, inclusive bases de datos en SQL, son los soportes para Microestación.

#### 5.7.3.1.5.2 *MSLink*.

El único requerimiento necesario para realizar un enlace entre un registro y un elemento es que uno de los campos sea llamado *mslink*. Este campo debe ser especificado como entero largo. Esta columna o campo es usado por Microestacion para identificar los registros relacionados y que fueron escritos por el mismo. El campo *mslink* sirve inclusive como una clave principal para la tabla. Esto quiere decir que el campo puede ser especificado como único y ser accedido a este como tal.

Para poder realizar los enlaces entre el microestación y la base de datos se debe definir las variables de enlace las cuales contienen las instrucciones para reconocer los índices de las tablas. Para el Dbase IV (.mdx), para el Dbase III (.ndx), para FoxBase (.cdx)

Una vez que se han realizado todos los procedimientos antes expuestos se los une como las piezas de un rompecabezas, la fusión de esto trae como consecuencia la formación del GIS. Pero, para poder realizar consultas se activa en la opción de Base de Datos en los menús *Sttings* y *Palete*. En la caja de herramientas que aparece se selecciona el control *Review DataBase Attributes* (ver figura 41) con el cual podemos acceder al centride el mismo que mostrará una pantalla en la cual aparecen los datos de la clave catastral seleccionada.

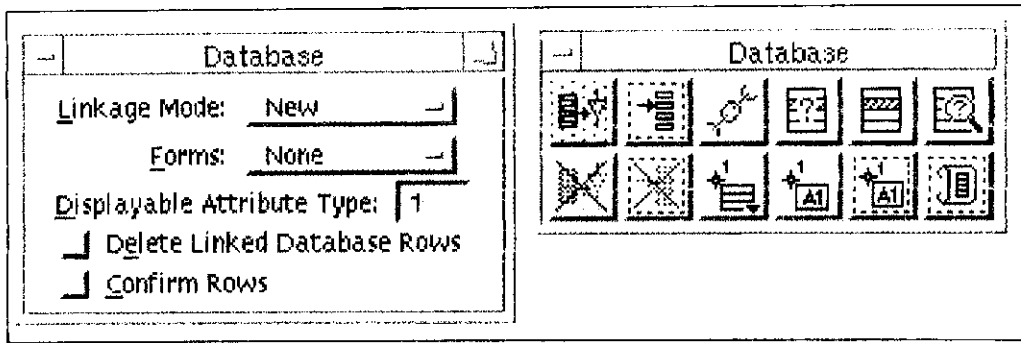


Fig. 41 Barras de herraminetas de las bases de datos

Como nos daremos cuenta en este nivel se está trabajando con Microestación y un programa anexo de la Intergraph (municip.mdl). Con este programa podemos trabajar haciendo consultas sencillas. Para poder realizar preguntas más complejas se necesita indispensablemente el paquete MGE completo.

## 5.8 MODELO PROPUESTO CON ARCVIEW.

Para el presente trabajo debido a las limitaciones que dispone la Municipalidad, hemos visto la necesidad de realizar una propuesta alternativa a Microestación y el módulo MGE, los cuales demandan de muchos recursos informáticos y económicos. Haciendo uso de los recursos existentes proponemos un modelo realizado con ArcView. Este paquete no es solo más conveniente sino que es igualmente fácil de usar y se ajusta a los requerimientos y metas trazadas para el SIG del Departamento de Avalúos y Catastros.

Adicionalmente, el lenguaje que se utiliza con ArcView se llama Avenue y se encuentra incluido en el paquete original. La gramática del lenguaje se encuentra en el manual con lo que es más fácil aprender y aplicar el mismo para realizar una interface agradable y fácil de

usar para el usuario final. Esta propiedad aquí mencionada no se la puede aprovechar con MGE ya que el paquete es cerrado y no dispone del lenguaje de programación con el paquete original. Para poder programar y realizar una aplicación se debe adquirir el lenguaje de programación por separado y luego aplicarlo.

Esto como nos podemos dar cuenta requiere una inversión adicional además del entrenamiento necesario para desarrollar aplicaciones para MGE.

Por estas razones se ha preparado un pequeño modelo adicional con ArcView, el cual lo revisaremos a continuación; además, mencionaremos las ventajas que este paquete ofrece y como podemos utilizarlo. Al igual que con Microestación y MGE, se necesita pasar por varios procedimientos para conformar el modelo propuesto.

### **5.8.1 Base de Datos (Ms Access).**

Hoy en día una de las bases de datos más utilizadas es el Microsoft Access, este es un sistema para bases de datos relacional el cual es compatible a la vez con otros formatos de bases de datos como Oracle, Foxpro y SQL, entre otros.

Como ya se ha dicho Access es un sistema de base de datos relacional, lo que permite enlazar a las tablas con índices únicos llamados Llaves Primarias y de esta manera combinar los registros de diferentes tablas y hacerlas una sola tabla (virtualmente).

Para realizar este modelo, se han creado varias tablas basadas en los datos de la ficha catastral del Municipio. Estas tablas son:

- a) Propietario
- b) Area
- c) Ub Predial

La primera contiene los datos personales del propietario, la segunda datos sobre el predio y la tercera la ubicación geográfica del mismo.

Por último tendremos la base de datos gráfica que se obtendrá de la digitalización del sector sometido a estudio. La manera como se recupera esta base de datos lo mencionaremos posteriormente en la sección de la conformación del Modelo SIG-IMA con ArcView.

A continuación se detallarán las tablas y los campos utilizando Access.

Tabla Propietario  
Llave Primaria en Cod

<b>Campo</b>	<b>Nombre</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Requerido</b>
1	Id_enlac	Texto	3	Si
2	Ape	Texto	30	Si
3	Nom	Texto	30	Si
4	Ced	Texto	10	Si
5	RUC	Texto	13	No
6	Dom	Texto	50	No
7	Ad1	Texto	50	No
8	Pag1	Número	Long int	No
9	Ad2	Texto	50	No
10	Pag2	Número	Long int	No
11	num	Texto	2	No
12	canto	Texto	12	No
13	fec_esc	Fecha		Si

14	fec_reg	Fecha		No
15	ape2	Texto	30	No
16	nom2	Texto	30	No

Tabla Ub Predial  
Llave Primaria en Clavec

Campo	Nombre	Tipo	Ancho	Requerido
1	Clavec	Texto	3	Si
2	Secbar	Texto	50	Si
3	Calle	Texto	50	Si

Para realizar un modelo flexible y probar la compatibilidad de bases de datos aceptadas por ArcView, la siguiente tabla se la hizo en Dbase IV. Obteniendo de esta manera una fusion con diferentes tablas sin obtener problema alguno.

Tabla Area  
Tabla de Dbase IV

Campo	Nombre	Tipo	Ancho
1	Cod	Texto	3
2	Area	Númeroico	Long int

La base de datos gráfica es la misma que realizamos con Microestación por lo que si se cambiaria a ArcView, el trabajo que se haya podido hacer para el MGE puede ser utilizado con este otro paquete.

### 5.8.2 ArcView.

El paquete ArcView GIS es un software hecho por la Compañía Environmental Systems Research Institute, utilizando una parte del programa Neuron Datas's Open Interface de la compañía Neuron Data. Este programa ha sido diseñado especialmente para los GIS por lo

que les da una gran potencia y agilidad a todas las tareas y consultas que se pueden llevar a cabo con un GIS. A este nivel, el modelo no es únicamente de inventario sino también de preguntas y respuestas o como se conoce de buffering.

El ArcView como cualquier otra aplicación diseñada para Windows dispone del menú principal, las barras de herramientas y la zona de trabajo. Todos estos componentes pueden ser alterados o seleccionados dependiendo de la necesidades de la nueva aplicación a crearse, esto ya lo veremos más adelante.

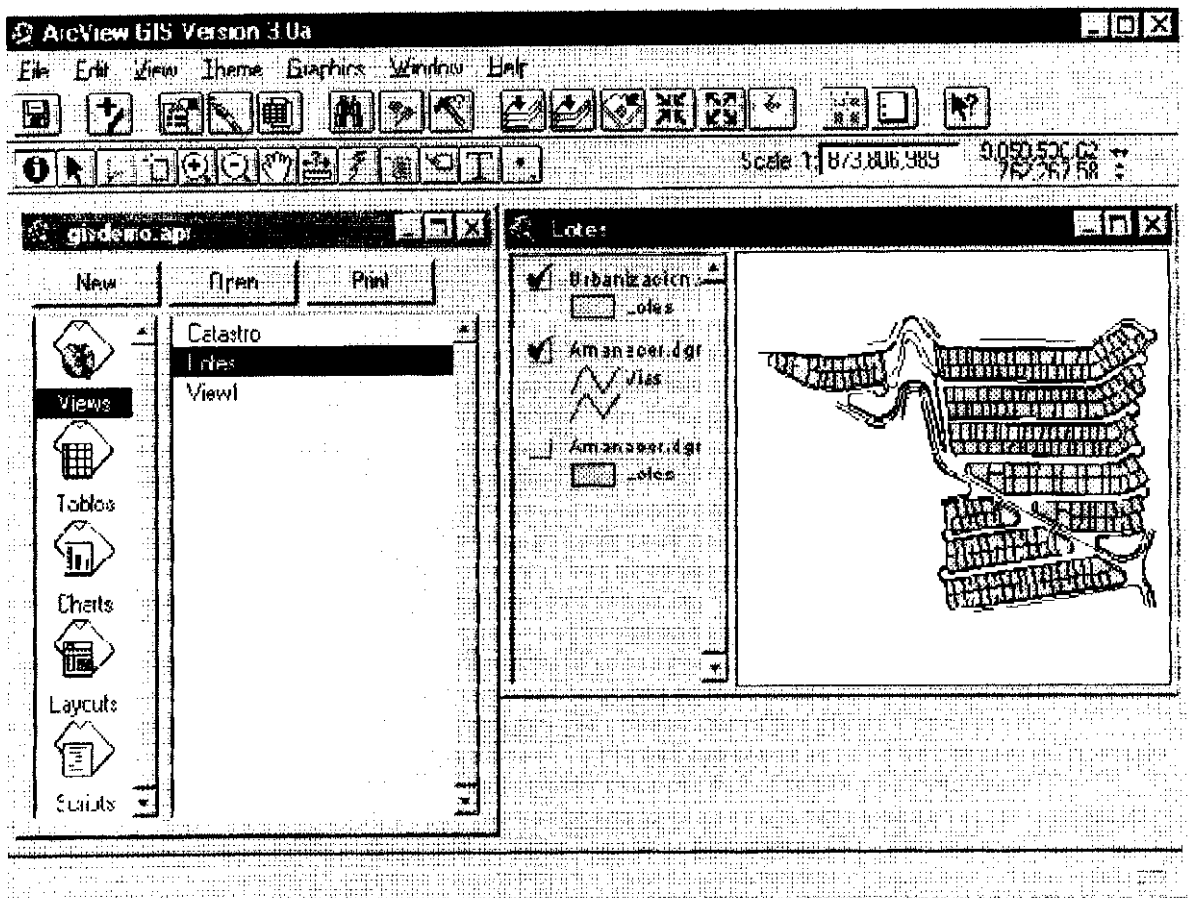


Fig. 42 Entorno de ArcView

La ventana de trabajo posee varias partes con las cuales se puede realizar y conformar un SIG.

### **5.8.3 Modelo SIG-IMA con ArcView.**

Para conformar el SIG primeramente, se debe tener un sistema computacional donde se puedan ingresar y procesar los datos de la ficha catastral. Por esta razón creamos un pequeño sistema en Access con las tablas mencionadas anteriormente.

La pantalla principal consta de un menú principal de donde se puede llamar a los formularios de "Datos del Propietario", "Ubicación" y "Area".

#### **5.8.3.1 Sistema para el Catastro.**

Nos basamos en la tabla Propietario, para que entorno a esta gire todo el proceso catastral, utilizando códigos únicos para cada predio (clave catastral), pero con una sola tabla de propietarios los cuales pueden tener cuantas propiedades les sea posibles. Recordemos que todas estas tablas provienen de los datos solicitados en la ficha catastral del Municipio.

En este formulario como se puede ver en el gráfico anterior, tenemos el área de trabajo donde ingresaremos los datos solicitados, y en la parte inferior un grupo de botones para realizar la diferentes tareas con registros, esto es desplazar un registro hacia delante y hacia atrás, crear nuevo registro, grabar el registro, borrar el registro actual. Además del botón de salida para regresar al menú principal. Cabe mencionar que el mismo sistema de botones se aplica a cada formulario.

**Datos del Propietario-Título de Propiedad**

*Cod*

*Apellidos*  *Nombres*

*Cédula*  *RUC*

*Dom*

*Adq1.*  *Monto*

*Adq2.*  *Monto*

*No.*  *Cantón*  *F.Escrit.*  *F.Regist.*

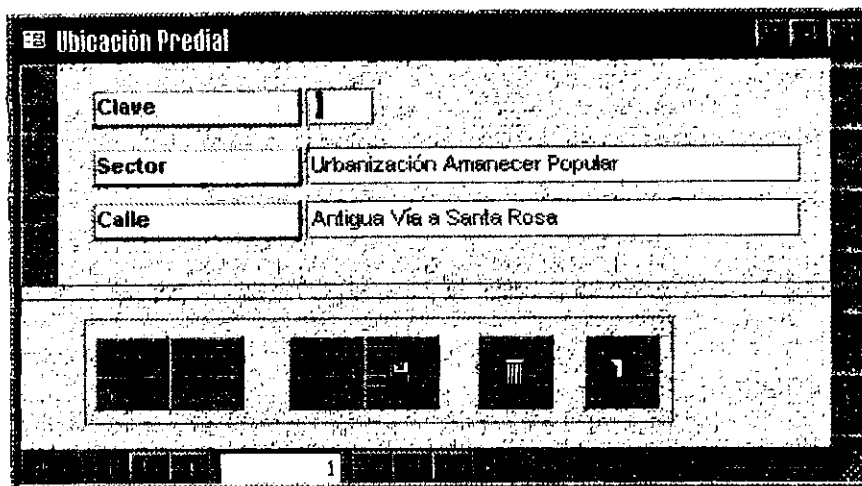
*Apellidos*  *Nombres*

Fig. 43 Formulario de ingreso de datos del propietario

El siguiente formulario es el de Ubicación del Predio, al igual que el formulario anterior en esta ventana ingresaremos los datos solicitados en la zona de trabajo.

La parte importante de este formulario es la de que se debe crear un nuevo registro basándose en la clave catastral la cual es única para cada predio.

Esta pequeña interface nos facilita el ingreso de datos a las tablas que posteriormente serán utilizadas por ArcView. Algo importante de esto es que como sucede en la práctica, un usuario de ventanilla puede ingresar datos al sistema de catastros y luego estos mismos datos aparecerán y serán manejados por el GIS de catastros en tiempo real.



The image shows a web browser window with a form titled "Ubicación Predial". The form has three input fields: "Clave" with the value "1", "Sector" with the value "Urbanización Amanecer Popular", and "Calle" with the value "Antigua Vía a Santa Rosa". Below the form is a navigation bar with several icons, including a home icon, a search icon, and a refresh icon. The page number "1" is visible at the bottom of the browser window.

Fig. 44 Formulario de ingreso de la Ubicación Predial.

#### 5.8.3.1.1 La Base de Datos Gráfica.

Una vez que nos encontramos en el ambiente del ArcView, seleccionamos un nuevo View. A continuación debemos añadir un nuevo tema, al realizar esta tarea tomamos el archivo gráfico que habíamos digitalizado con Microestación, se lo puede hacer también con otros archivos gráficos. Luego seleccionaremos el tipo de entidades para crear la base de datos gráfica y luego la añadiremos al tema.

Con este tema base, podemos realizar selecciones específicas y crear nuevos temas para incluirlos a la vista en la cual nos encontramos trabajando. Al realizar esta labor generaremos nuevas tablas gráficas las cuales podremos editar, añadiéndole campos o modificando su estructura según sea la conveniencia o el objetivo del tema que pretendemos crear.

### 5.8.3.1.2 Añadir Tablas.

En la ventana de trabajo seleccionaremos la opción Tablas y aquí podremos crear tablas propias o añadir tablas externas. En este trabajo para demostrar la alta capacidad de enlace seleccionamos una tabla de Dbase IV y la añadimos al entorno.

Ahora, necesitamos traer las tablas del Access con las cuales estábamos trabajando, para esto en el menú principal de ArcView seleccionamos "Project", "SQL Connect..." con lo cual nos aparecerá una pantalla la cual nos permite escoger el tipo de conexión y seleccionaremos Base de Datos MS Access, al aceptar se debe señalar donde se encuentra la base de datos y luego aparecerán las tablas con sus campos para ser añadidos a la tabla de salida en ArcView.

### 5.8.3.1.3 Vinculando las Tablas.

Una vez que tenemos todas las tablas disponibles, se debe vincular las diferentes tablas para obtener la fusión de las mismas y emular que se trata de una sola tabla. Para realizar esta tarea se debe tomar la tabla origen y se debe dar un clic sobre el nombre del campo ubicado en la parte superior de la tabla, luego seleccionaremos la tabla destino de igual manera, una vez echo este procedimiento presionamos en el botón juntar "Join" con lo cual vincularemos las dos tablas.

Este procedimiento se lo puede llevar a cabo mientras queramos seguir juntando tablas. Este mismo proceso se debe realizar con la o las tablas que contienen la información gráfica logrando de esta manera consolidar finalmente el GIS.

Una vez que se han completado todos estos pasos ya tendremos el GIS de preguntas y respuestas, ya que podremos manipular las tablas y los resultados se darán en forma gráfica.

A continuación tenemos que crear una interfaz para el usuario final, modificando las barras de herramientas, creando menús personalizados y programando al ArcView por medio del lenguaje Avenue, obteniendo de esta manera un verdadero Sistema de Información Geográfica Aplicado al Catastro.

Para ver como personalizar el ambiente de ArcView y revisar la programación en Avenue, revisar el Apéndice al final de este trabajo.

## CONCLUSIONES

Las principales conclusiones que podemos extraer del presente trabajo son las siguientes:

- Los SIG representan una nueva manera de manejar la información, haciéndola más comprensible y fácil de entender, debido a la facilidad de unificar las bases de datos y los datos gráficos y presentarlos de una manera visual.
- La mejor manera de guardar la información no-gráfica es utilizando las bases de datos relacionales, debido a la facilidad de combinar tablas utilizando los campos de relación y no los campos índices de las bases indexadas.
- Al momento de procesar la información y representarla en el computador resulta más comprensible utilizar un formato tipo vector antes que un formato tipo raster. Con esto podemos llegar a obtener modelos digitales que pueden mostrar una organización, distribución y control del área urbana para la cual está dedicada la oficina de Catastros.
- Las fuentes de la información pueden ser diversas y de varios tipos, las mismas nos permite estructurar de una manera rica y específica un SIG.
- Los Sistemas de Información Geográfica son una valiosa herramienta en el mundo actual, especialmente para los Municipios en cuanto al manejo de sus catastros.
- Mediante un SIG se optimizan diversos procesos de análisis, lo cual permite tomar decisiones más acertadas en lapsos menores de tiempo.

- La implementación de un SIG institucional genera nuevos ámbitos de desarrollo profesional, impulsando a los responsables a una mayor superación a fin de satisfacer las necesidades de la organización y de los usuarios en general.
- Los procedimientos catastrales se vuelven más eficientes y son alcanzados en un tiempo menor y razonable, ya que mediante los procesos y consultas realizados en un SIG se puede obtener inclusive planos y mapas los cuales son solicitados diariamente en una gestión catastral.
- Los SIG optimizan el trabajo catastral debido a que hacen uso de mejores sistemas de cálculo y procesamiento, con lo cual podemos obtener información exacta y veraz, ofreciendo posibilidades antes no disponibles para el servicio comunitario y optimizando las labores dentro de Departamentos como el de Avalúos y Catastros.
- En un SIG los datos alfanuméricos del catastro y los gráficos del plano, se combinan brindando una información más completa de la realidad catastral.
- La información contenida en la Ficha Catastral refleja la realidad de los predios y puede ser aplicada a una base de datos y por ende utilizada dentro de un SIG.
- Implementar un SIG demanda una planificación detallada, a fin de determinar qué equipos y programas se requieren, es importante por otro lado revisar costos para cuantificar el gasto que esto demandará, inclusive habrá que estimar la cantidad y

calidad de material digital que se utilizará y el costo que esto representa, sobre todo se ha de verificar la calidad del mismo.

## RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se presentan a continuación deben tomarse en cuenta al implementar un SIG institucional.

- Se recomienda el uso de los SIG en los Municipios debido a que éstos optimizan las tareas de procesamiento de la información, trámites para los usuarios y toma de decisiones a nivel de mandos directivos, particularmente la información catastral ya que la misma es procesada de manera gráfica, con lo que se optimiza éstas labores.
- En caso de que la Municipalidad de Ambato desee emprender un proyecto global de un SIG, recomendamos considerar en detalle las siguientes variables: costos, material a utilizar, disponibilidad del hardware y software existente y, personal que trabajará en el proyecto.
- Se debe migrar la información existente de las bases de datos en FoxPro a una base de datos relacional como Access, Oracle o SQL, puesto que estos sistemas de bases de datos ofrecen mayores ventajas y flexibilidad y sobre todo son sistemas relacionales que pueden trabajar en conjunto sin ningún problema.
- Recomendamos utilizar preferentemente un formato de tipo vectorial con los datos gráficos, ya que estos representan las entidades geográficas de mejor manera, siendo más claras y entendibles.

- Siempre se deberá revisar y corregir errores en el material digital para poder manipular información confiable y que se ajusta a la realidad, puesto que el material proviene de fotografías aerogramétricas las cuales son procesadas y convertidas a formato digital, pero estas siempre reflejan fallas, por lo que es necesario realizar una corrección posterior cotejándola con la información de los levantamientos topográficos.
- Si se cuenta con programas como Microestación con el módulo MGE o el ArcView, es recomendable hacer uso de este último ya que el primero no se ajusta a las necesidades y al alcance de un SIG, lo cual no ocurre con ArcView que es más flexible y permite realizar otros tipos de evaluaciones y consultas específicas y generales. Adicionalmente este paquete es mucho más económico que otros que han sido revisados.
- Se debe continuar con el desarrollo del SIG del Municipio de Ambato, tomando en cuenta las siguientes fases:
  1. Actualizar la base de datos a una relacional y migrar la información a la misma.
  2. Digitalizar los sectores faltantes del cantón.
  3. Corregir los mapas digitales proporcionados por el IGM.
  4. Implementar el paquete ArcView para el desarrollo del SIG.
  5. Capacitar a más personal para el manejo y administración del SIG.
- Utilizar el modelo desarrollado en el presente, como un prototipo referencial para la implementación general del SIG.

# APENDICE

## APENDICE

### Como Personalizar la Interface

Para cambiar la interface del ArcView, se debe utilizar la caja de diálogo de personalización, la cual se puede acceder haciendo doble clic sobre cualquier parte vacía de las barras de herramientas.

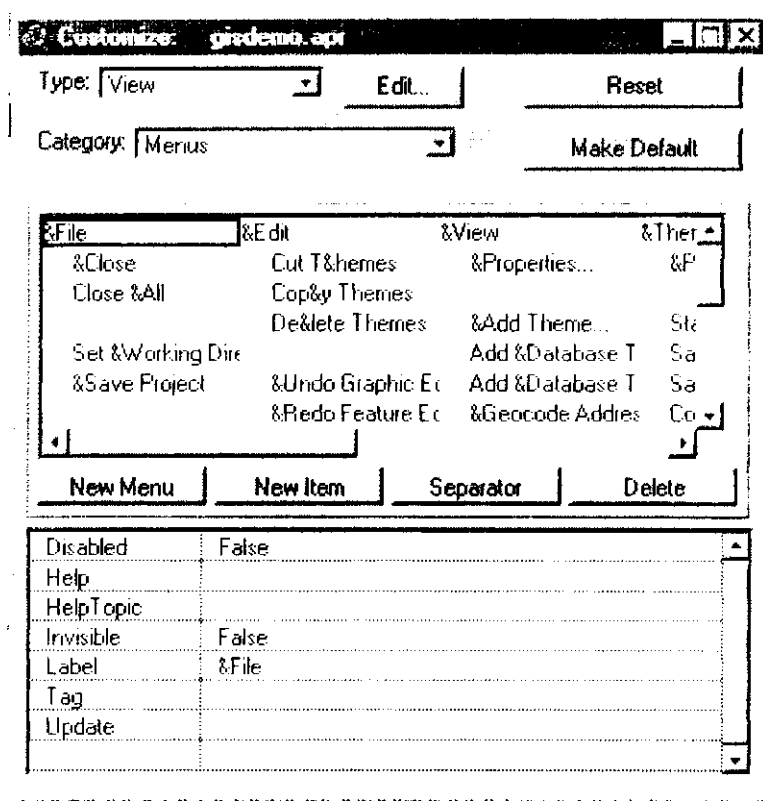


Figura ApI. Caja de diálogo para personalización

En la caja de diálogo de personalización, se debe escoger View, luego se debe borrar todos los menús activos para posteriormente crear los propios. Esto se puede apreciar en el gráfico anterior. Se debe realizar el mismo procedimiento para personalizar los botones. Ahora tanto el menú como las barras de herramientas se encuentran en blanco. También se

puede aprovechar varios de los controles de ArcView, en este caso en lugar de borrar todos los botones, se dejarán los que puedan ser utilizados por el usuario.

## **Escribiendo Scripts en Avenue**

Antes de poder añadir nuevos botones a la interface, se debe escribir los scripts para poder acceder a las opciones cuando se realice un clic o un enter. Se quiere que cuando se active una opción, esta presente una vista o un reporte según se requiera. Para realizar esto se debe acceder a la opción de los Scripts y a su editor.

Los scripts contienen líneas de programación que realizan una determinada acción. El formato de una líneas de acción es: Objeto.Petición, las líneas de comentario empiezan con un apóstrofe ( ' ).

A continuación tenemos una muestra de cómo llamar a los views.

```
'Catastro
```

```
'Esta línea de programación hace el llamado a la vista nombrada como Catastro.  
MyView = av.GetProject.FindDoc("Catastro")
```

```
'La próxima vez que se ejecute la línea de programación, esta mostrará el view  
solicitado.  
MyView.GetWin.Open
```

Una vez escritos todos los scripts necesarios, uno por cada view, se debe compilar cada script usando el botón de compilación. Luego se debe ejecutar cada script para verificar que se encuentra funcionando correctamente.

## **Creando una nueva Interface**

Una vez que se han escrito los scripts los que mostrarán cada View, se debe colocar botones y menús para crear una interface. Para esto se debe abrir la caja de diálogo de personalización, seleccionar la categoría de botones y luego presionar el botón de nuevo.

Cada botón creado posee varias propiedades que pueden ser modificadas como las de icono, estado, entre otras. En la propiedad de "clic" se debe hacer doble clic con el mouse y aparecerá los campos del administrador de scripts, se selecciona el script correspondiente y se repite el mismo procedimiento para crear nuevos botones, tantos como la nueva interface lo requiera.

El mismo procedimiento se puede realizar con las opciones del menú, pero en lugar de seleccionar la categoría botones lo haremos con la categoría menús.

Una vez que se ha terminado con este trabajo, se debe guardar los cambios y la nueva interface estará lista para trabajar. Si ha ocurrido algún error o falla al momento de remover los menús o los botones del ArcView, se puede retornar a las opciones originales tan solo con presionar el botón "Reset" de la caja de diálogos de personalización.

## **Codificación de Avenue**

El Avenue al igual que cualquier lenguaje de programación demanda ciertas normas para realizar la codificación.

La gramática demanda que para escribir un comando se cumpla con los siguientes requerimientos. La capitalización debe ser realizada cuando se hace algún pedido en avenue y para los nombres de clases, luego cualquier comando. No se debe capitalizar palabras reservadas (ejm. if, then, else, exit, av, end, while, for, each). A continuación se describe algunos ejemplos de la aplicación de la capitalización.

theView av GetActiveDoc	'nombramiento estándar
v av GetActiveDoc	'condensado
theThemes -- av.GetActiveDoc.GetActiveThemes	'estándar

## **Alineación y Sangrías**

De igual manera se debe respetar la alineación y las sangrías, la alineación muestra la estructura de un programa haciendo que el script sea fácil de leer y mantener.

- De una sangría de dos espacios para cada nivel lógico.
- Ajuste el principio y el final de cada bloque de comandos.
- La alineación debe ser considerada a lo largo de toda la programación.

## **Estructura de algunos comandos**

### **If...Then...Else**

```
if (expresión) then
  línea de comando
  línea de comando
elseif
  línea de comando
```

```
  linea de comando  
else  
  linea de comando  
end
```

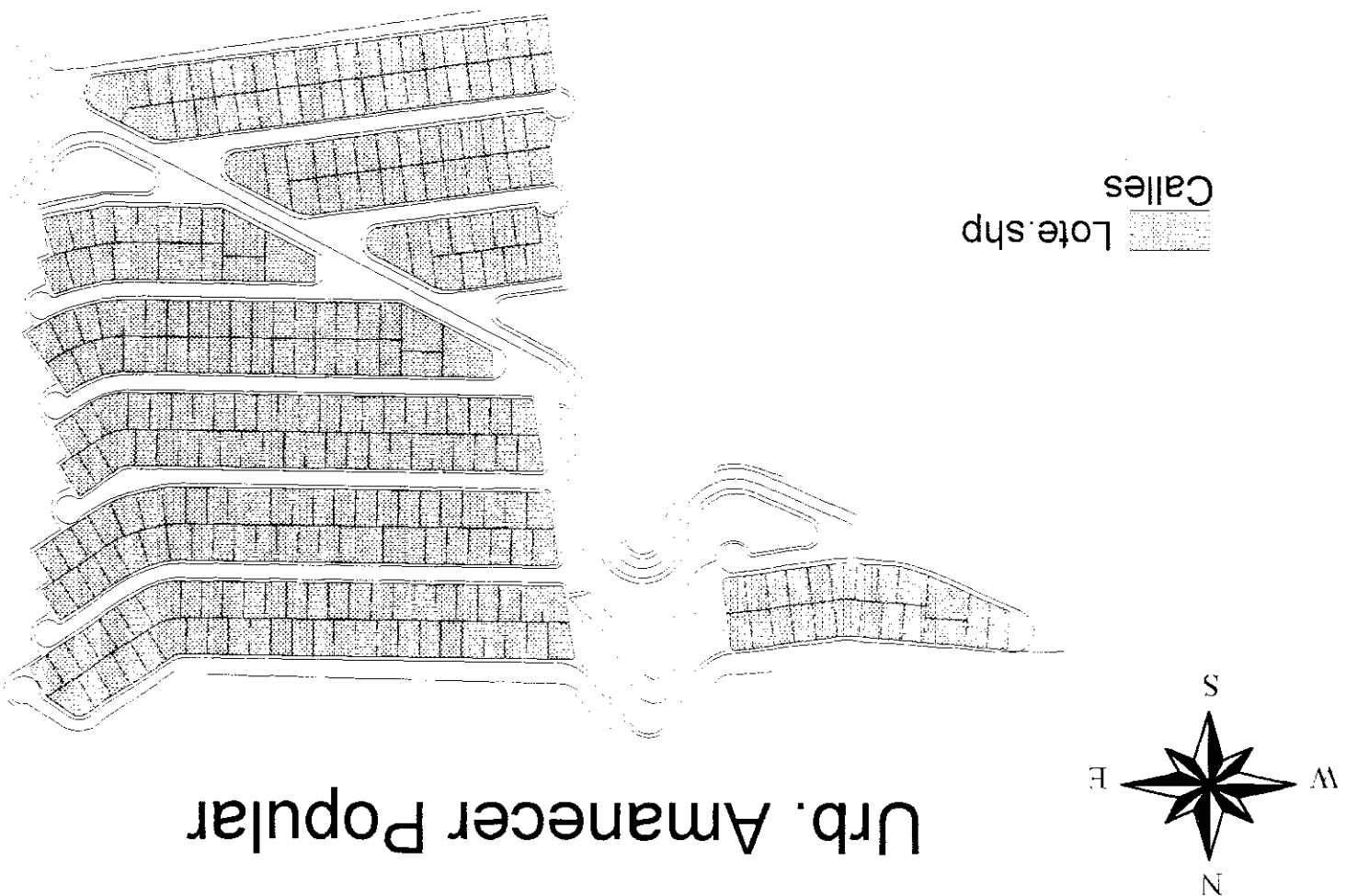
## **For Each loop**

```
for each element in 1..10  
  linea de comando  
end
```

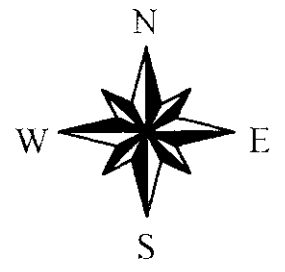
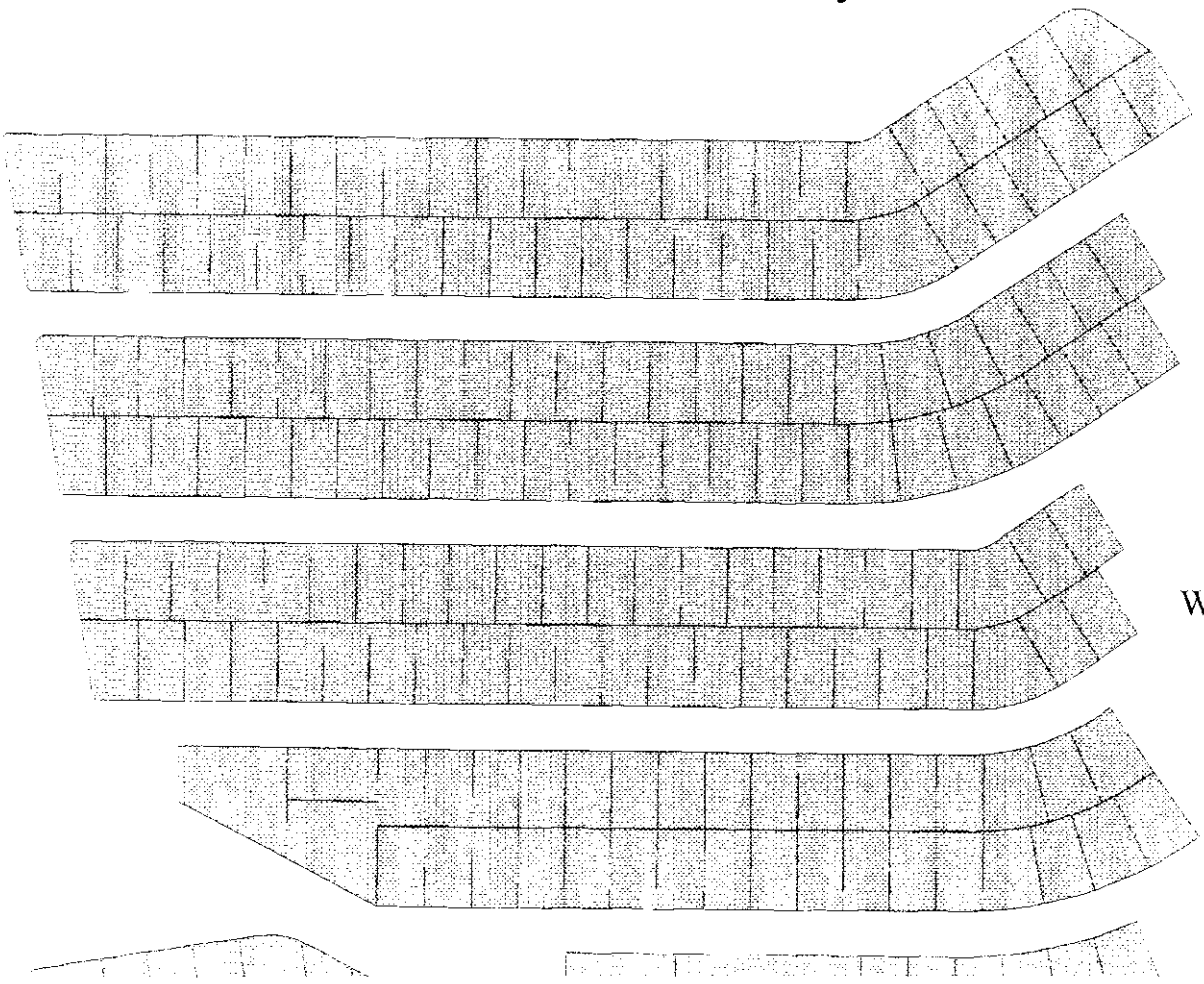
## **While loop**

```
while (expresión)  
  linea de comando  
  linea de comando  
end
```

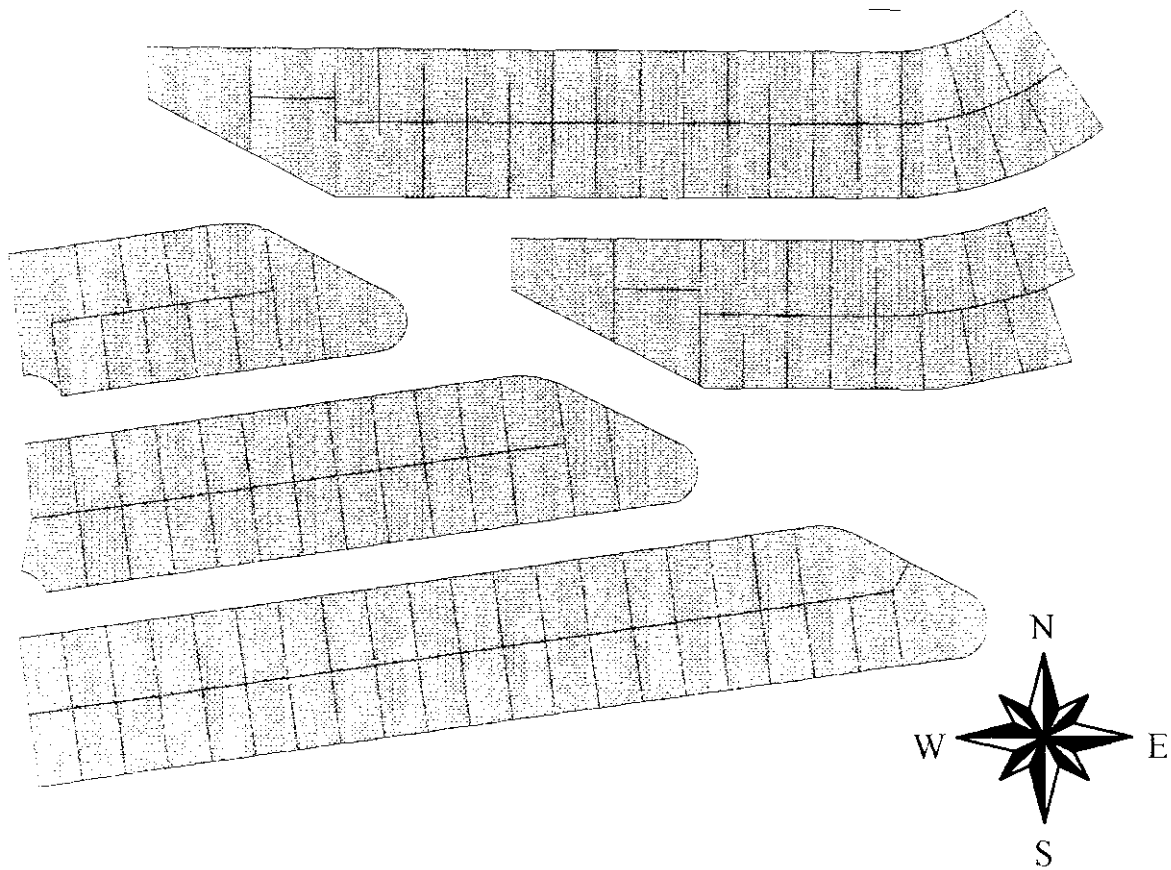
# **ANEXOS**

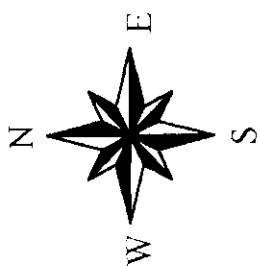


# Manzanas 2,3,4 y 5

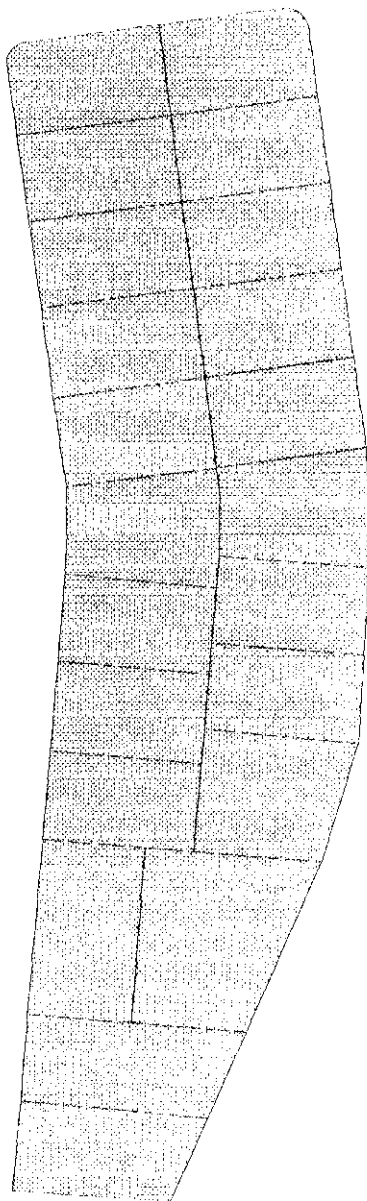


## Manzanas 5,6,7,8 y 9





**Manzana 1**



## Fórmula para el cálculo del Avalúo Catastral

### VALOR METRO CUADRADO DEL TERRENO EN LOS SECTORES (valorm2t)

1--> individual - MATRIZ	7--> 80-60-50-40 - MIRAFLO.	13-->25.000 - CUMANDA	19-->50.000 - SAN ANTONIO
2--> individual - SAN FCO.	8--> 80-60-30 - FICOA	14-->30.000 - JUAN L. MERA	20-->50.000 - VICENTINA
3--> individual - MERCED	9--> 80-60-30 - MEXICO	15-->50.000 - FERROVIA.	21-->60.000 - CDLA. ESPAÑA
4--> 50.000 - CASHAPAM.	10-->30.000 - ATOCHA	16-->40.000 - RECREO	22-->25.000 - TROPEZON
5--> 60.000 - INGAHURCO	10-->10.000 - CATIGLATA	17-->50.000 - BELLAVISTA	23-->25.000 - FLORESTA
6--> 50.000 - PARAISO	10-->10.000 - PENINSULA	18-->50.000 - JUAN B. VELA	24-->25.000 - PRADERA

25-->40.000 - S. BOLIVAR
26-->30.000 - LETAMENDI
27-->25.000 - ORIENTE
28-->10.000 - AMERICA
29-->25.000 - H. CHICO
30-->10.000 - HUACHI
31-->10.000 - H. LA MAGDALENA

### AVALUO DE LA CONSTRUCCION

#### VALORES DE TIPOLOGIAS VIGENTES PARA 1998

No.	DESCRIPCION	VALORT
1	MADERA	40,000
2	MADERA	40,000
3	MADERA	50,000
4	TAPIAL	40,000
5	LADRILLO	60,000
6	PREFABRICADO	80,000
7	PREFABRICADO	60,000

No.	DESCRIPCION	VALORT
8	HORMIGON	100,000
9	HORMIGON	110,000
10	HORMIGON	115,000
11	HORMIGON	120,000
12	PIEDRA	60,000
13	HORMIGON	130,000
14	HORMIGON	150,000

#### EDAD CONSTRUCCION

1 - 4	0.99
5 - 9	0.95
10 - 14	0.92
15 - 19	0.65
> 20	0.50

EC

#### CONSERVACION

MUY BUENA	1.00
BUENA	0.90
REGULAR	0.80
MAL	0.60
OBSOLETO	0.40

MC

EC = Edad Construcción

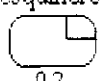
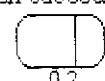

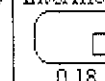
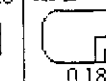
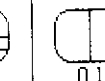
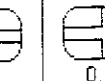

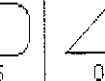
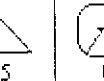
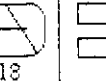
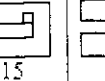
AREAB = Area bloque

Avalúo Construcción =  $((Ec + Mc)/2) * areab * valorb$

MC = Conservación

Valort = Valor tipología

## AVALUO DEL TERRENO

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
localización	esquinero  0.2	en cabecera  0.2	intermedio  0.18	intermedio  0.18	en L  0.18	en T  0.18	en cruz  0.18	manzanero  0.15	manzanero  0.15	triangular  0.18	en callejón  0.15	interior  0.15	<b>a</b>
Topografía	a nivel 0.30	bajo nivel 0.20	sobre nivel 0.25	acciden- tado 0.20	escarpado hacia arriba 0.20	escarpado hacia abajo 0.20	<b>b</b>						
superficie	0 a 100 0.50	101 a 200 0.45	201 a 300 0.40	301 a 400 0.35	401 a 500 0.30	501 a 1000 0.25	1001 a 2000 0.20	2001 a 5000 0.15	> 5000 0.10				<b>c</b>
capa de rodadura	lastre o tierra 0.5041	empedrado 0.5099	adoqui- nado 0.5817	pavimento rígido 0.5817	pavimento asfáltico 0.5817	<b>d</b>							
bordillos	no tiene	si tiene 0.0295	<b>e</b>										
acera	no tiene	si tiene 0.0698	<b>f</b>										
agua potable	no tiene	si tiene 0.1084	<b>g</b>										
alcanta- rillado	no tiene	si tiene 0.0969	<b>h</b>										
energía eléctrica	no tiene	si tiene 0.1137	<b>i</b>										
teléfono	no tiene	si tiene	<b>j</b>										

$ltt = a + b + c$  = Localización, Topografía, Tamaño  
 $i = d + e + f + g + h + i$  = Infraestructura  
 $area = \text{superf. lote}$  = Superficie de lote  
 $valorm = \text{valorm}2t$  = Valor metro de terreno  
 $avaluo\ lote = ltt * i * area * valorm$



BO	CONISO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
MAP		NO EDIFICADO	EDIFICADO	NO EDIFICADO	EN ARRENDAMIENTOS	SIN ARRENDAMIENTOS						14
INDU		UNIFAMILIAR	BIFAMILIAR	MULTIFAMILIAR								15
INDU		INDUSTRIAL	AGROPECUARIO	AGROPECUARIO	CARNICERIA PESCADERIA	RESTAURANT BARES Y CALONES	MERCADO PUBLICO	MERCADO PRIVADO	ALMACENES y BAZARES	ARTESANIAS	FERRERIA MATERIALES CONSTRUC.	16
INDU		MUEBLES Y AFINES	ELECTRODOM	FARMACIAS y BOTICAS	LIBRERIAS y PAPELERIAS	MUSICALES y ARTISTICAS	VEHICULOS y ACCESORIOS	MAQUINARIA y EQUIPOS	GASOLINERAS y EST SERVO	CREDITO y BANCA		17
INDU		ROPA	CALZADO	JOYERIAS	MUEBLES	ARTICULOS de MADERA	ALFAHERIA y CERAMICA	FUNDICION	ELECTRICA y ELECTRONICA	IMPRESION y LITOGRAFIA		18
INDU		SOMBRERERIA	LIBRERIA	TALABARTERIA	LIBRERIA	DULCES						19
INDU		CONVENTOS	CHARTERLES	INST. GOBIER. CENTRAL	INST. GOBIER. PROVINCIAL	INST. GOBIER. CANTONAL	INST. GOBIER. PARROQUIAL	INSTITUCION REGIONAL	INSTITUCION SEMI PUBLICA	CLINICAS y HOSPITALES		20
INDU		GUARDERIA INFANTIL	PRE-PRIMARIA	PRIMARIA	COLEGIOS	CENTRO de CAPACITACION	UNIVERSIDAD y POLITEC	ESCUELA de POST-GRADO	ESPECIAL			21
INDU		BALNEARIOS	CLUB SOCIAL	ESTADIOS	PARKES	LAGUNAS	COMPLEJOS DEPORTIVOS	FINCAS VACACIONALES	CPNES	DISCOTECAS		22
INDU		PROFESIONAL	CONJUNTORA	NOTARIAS	MANDATO	DE VIAJES						23
INDU		ALIMENTOS CONSERVAS	FRIGORIFEROS	ENVASES y EMPAQUES	HIJADOS y TERCIOS	ROPA	CALZADO	ARTICULOS CONSTRUC.	MUEBLES	ELECTRODOM.		24
INDU		ARTICULOS DE MADERA	CERAMICA	METAL MEC. ARI. METALC.	ENSABILLAJE y ACCESORIOS	QUIMICA	PLASTICOS	FARMACEUTIC.	IMPRESION y LITOGRAFIA	CURTIEMBRE		25
INDU		PERSONAL	ESTACIONES DE SERVIDOR	RESTAURANTES	RESIDENCIAL	HOSPITAL	HOTEL					26

DESCRIPCION DEL TERRENO

LOCALIZACION - TOPOGRAFIA - TAMAÑO E INFRAESTRUCTURA													
CODI	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
INDU													27
INDU	APAREJO	BAJO NIVEL	NIVEL MEDIO	ACCIDENTADO	LEVANTADO POR LA SUPERFICIE	ESCAPO NIVEL BAJO							28
INDU	0 a 100	101 a 200	201 a 300	301 a 400	401 a 500	501 a 1000	1001 a 2000	2001 a 5000	> 5000				29
INDU	ENCUENTRO	EMBEDRADO	CONCRETO	CONCRETO REFORZADO	CONCRETO REFORZADO								30

VALORACION DEL TERRENO												
FACTORES DE MODIFICACION												
LOCALIZACION (L)			TOPOGRAFIA (T)			SUPERFICIE (S)			INFRAESTRUCTURA (I)			
VALOR INVESTIGADO (VI) =						AREA TERRENO (AT) =						
$V.T.U. = VI \times (L + T + S) \times I =$												
$\text{AVALUO TERRENO} = AT \times V.T.U. ( ) ( )$												
$\text{AVALUO TERRENO TOTAL (A)} =$												

DESCRIPCION DE LAS CONSTRUCCIONES

BO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
INDU	0 a 100	ENERGIA EN LINEA DE CABLES	ALUMBRADO	PAISAJISMO	TELECOMUNICACIONES	MALLA DE ALAMBRE	TAPIA O ADOBE	BLOQUE O LADRILLO	PIEDRA PISADA	DE HIERRO	37
INDU	101 a 200	ALUMBRADO	ALUMBRADO	PAISAJISMO	TELECOMUNICACIONES	MALLA DE ALAMBRE	TAPIA O ADOBE	BLOQUE O LADRILLO	PIEDRA PISADA	HIERRO	38

5.2 - CONDICION FISICA DE LA CONSTRUCCION

BLOQUE(S)	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ESTADO DE LA EDIFICACION	EDIFICACION						NO TIENE	PLATAFORMA	EN CONSTRUCCION	ACONDICIONADO	SIN MODIFICACION	RECONSTRUIDA	AMPLIADA			
	CONSERVACION						NO TIENE	OBSOLETO	MALO	REGULAR	BUENO	MUY BUENO				
VALOR HISTORICO O ARTISTICO							NO TIENE	HISTORICO	ARTISTICO	MIXTO	ARQUITECTOR					
AÑO DE CONSTRUCCION																

5.3 - CARACTERISTICAS DE LAS CONSTRUCCIONES

BLOQUE(S)	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ESTRUCTURAS	1. Nº DE PISOS															
	2. CIMIENTOS						NO TIENE	PIEDRA	H. CICLOPEO	H. ARMADO						
	3. COLUMNAS						NO TIENE	MADERA	HIERRO	H. ARMADO						
	4. VIGAS						NO TIENE	MADERA	HIERRO	H. ARMADO						
	5. ENTREPIESO						NO TIENE	MADERA	MADERA LADRILLO	HIERRO	H. ARMADO					
	6. PAREDES						NO TIENE	ADOBE/TAPIA	BAHAREQUE	BLOQUE	LADRILLO	MADERA	PIEDRA PISHILATA			
	7. CUBIERTA						NO TIENE	PAJA	ZINC	TEJAORDIN.	ASBESTO CEMENTO	MADERA LADRILLO	LOSA H.A.	TEJA ESPECIAL		
8. ESCALERAS						NO TIENE	LADRILLO	MADERA	HIERRO	H. ARMADO						

BLOQUE(S)	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ACABADOS	1. PISOS						NO TIENE	LADRILLO	CEMENTO	BALDOSA	1/2 GUELLA	PARQUET VINIL	MARMEION	MARMOL	DUELA TABLON	ALFOMBRA
	2. PUERTAS						NO TIENE	MADERA COMUN	PAHELADAS	HIERRO	ALUMINIO	ENROLLABLES METALICAS				
	3. VENTANAS						NO TIENE	MADERA	MADERA FINA	HIERRO	ALUMINIO					
	4. CUBRE VENTANAS						NO TIENE	SI TIENE								
	5. VERRIOS						NO TIENE	CLAROS	OSCUROS							
	6. FRIEDIDOS						NO TIENE	TIERRA	ARENA CAL	ARENA CEMENTO						
	7. PINTURA						NO TIENE	CAL	CALCIMINA	CAUCHO	OLLO					
	8. BANOS						NO TIENE	COMUN	1/2 BANO	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	MAYOR A4
	9. COCINA						NO TIENE	BAJO	MEDIO	ALTO	EXTRA					
	10. CLOSETS						NO TIENE	MADERA COMUN	MADERA FINA							
	11. CERRAJERIA						NO TIENE	ECONOMICA	MEDIA	DECORATIVA						
	12. TUMBADOS						NO TIENE	CARRIZO	ESTUCO	MALLA MET. ENLUCIDA	C. R. FALSO ESPECIAL	ARENA CEMENTO	MADERA COMUN	MADERA FINA		
	13. ELEMENTOS DECORATIVOS						NO TIENE	PAPEL TAPIZ	FACHADA GRAFADA	FACHADA DE VIDRIO	FACHADA DE MARMOL	PARED PANELADA INTERIOR				

BLOQUE(S)	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
INSTALACIONES	1. ELECTRICAS						NO TIENE	110 V.	220 V.							
	2. SANITARIAS						NO TIENE	VISIBLES	EMPOTRADAS							
	3. ESPECIALES						NO TIENE	ASCENSOR	AIRE ACONDICIONADO							

OBSERVACIONES

PH=



## BIBLIOGRAFIA.

- El GIS Como Soporte a la toma de decisiones en la planificación regional y nacional de los recursos naturales y el medio ambiente.  
Armando Renteira R.  
EPN
- Modelo del Sistema de Información Geográfica de Cuenca  
Universidad del Azuay -IERSE  
Cuenca - Ecuador 1997
- Gráficas por Computadora  
Donald Hearn / M. Pauline Baker  
Prentice-Hall México
- Sistemas de Información Geográfico  
Sven Claeys  
EPN-FIS, 1994
- Idrisi Thecnical Reference  
EPN-FIS, 1994
- Time in Geografic Information Systems  
Gail Langram  
Taylor & Francis, London 1992
- Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment.  
P. A. Burrough  
Clarendon Press - Oxford. 1986
- Memorias del CLEI  
Tomo II  
PUCE 1998
- Como se hace una tesis  
Umberto Eco.  
Gedisa, Barcelona.
- Escuela Politécnica Nacional (EPN-FIS).  
<http://selec/~consulta/>  
<http://192.188.57.40/~consulta/>
- Análisis de Software de aplicación para Trabajos de Topografía Automatizada  
Hector Camilo Quiroga 1994

- Image Processing  
Eric J. LORUP  
1998
- IDRISI Technical Reference  
Idrisi for Windows  
1998
- ARCVIEW  
Environmental Systems Research Institute, Inc.  
1998
- Internet WebSite  
<http://www.sbg.ac.at/g/idrisi/www.tutor/display.html>  
webmaster@esri.com  
<http://www.mindspring.com/~thxnc/geo.html>  
<http://www.iko.unit.no/gis/gisen.html>  
<http://boris.qub.ac.uk/shane/arc/ARChome.htm>  
<http://www.cecer.army.mil/grass/GRASS.main.html>  
<http://www.utexas.edu/depts/grg/craft/notes/notes.html>  
<http://www.geo.ed.ac.ac.uk/geoinfo/dem.send>
- Compton's Encyclopedia  
Softkey Multimedia Inc.  
1996
- Encyclopedia Britanica  
1988
- GIS Analysis with Arc-Info  
Shane Murion  
1998
- Geographic Resources Analysis Support Systems  
Baylor University of Texas  
1998
- FoxPro for Windows  
1992
- MicroStation Tomos I, II y III  
Intergraph  
1993
- Avenue  
Environmental Systems Research Institute Inc.  
U.S.A. 1996

