



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS**

**“SERVIDORES WEBMAPPING PARA BASE DE DATOS  
ESPACIALES. APLICATIVO: SISTEMA DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICA (SIG) PROTOTIPO DEL CUERPO DE BOMBEROS  
DE RIOBAMBA”**

**TESIS DE GRADO**

**Previa la obtención del Título de:**

**INGENIERO EN SISTEMAS INFORMÁTICOS**

**Presentado por:**

**César Antonio Benavidez Villacrés**

**Riobamba – Ecuador**

**2008**

Mi agradecimiento a Dios, por que con su amor ha sabido sembrar en mi la esperanza, la fe, el amor y la capacidad de salir adelante a pesar de las adversidades.

A mis Padres, amigos y familiares que con su comprensión, ayuda, han constituido una fuente inagotable de apoyo.

A las Autoridades de la "Escuela Superior Politécnica de Chimborazo", Facultad de Informática y Electrónica y al Ing. Ms.C. Fernando Proaño Director de Tesis y al asesor Ing. Jorge Huilca por su valioso aporte para el desarrollo de esta Tesis.

Hoy que veo culminado una etapa más de mi vida, quiero dedicarle este esfuerzo a mis queridos Padres, José Antonio Benavidez Vinuesa y Piedad Leonor Villacrés Delgado, quienes, con su amor y esfuerzo han dedicado todo de sí para que culmine con éxito este trabajo. A mi amada hija Nathaly Samanta y a mis futuros hijos que son y serán motivos de luchar día con día junto a mi esposa Ma. Fernanda.

**César Antonio.**

**NOMBRE**

**FIRMA**

**FECHA**

Dr. Romeo Rodríguez  
DECANO FACULTAD DE  
INFORMÁTICA Y  
ELECTRÓNICA

.....

Ing. Iván Menes  
DIRECTOR DE LA ESCUELA  
INGENIERÍA EN SISTEMAS

.....

Msc. Ing. Fernando Proaño  
DIRECTOR DE TESIS

.....

Ing. Jorge Huilca  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....

Tlgo. Carlos Rodríguez  
DIRECTOR DEL CENTRO DE  
DOCUMENTACIÓN

.....

NOTA DE LA TESIS

.....

"Yo, CÉSAR ANTONIO BENAVIDEZ VILLACRÉS, responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y, el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO".

CÉSAR ANTONIO BENAVIDEZ VILLACRÉS

# ÍNDICE DE ABREVIATURAS

**ANSI:** American National Standards Institute - Instituto Nacional Americano de Estándares

**API:** Application Programming Interface

**ARP:** Address Resolution Protocol - Protocolo de Resolución de Direcciones

**ARPA:** Agencia de Investigaciones de Proyectos Avanzados

**ATM:** Asynchronous Transmission Mode

**DHCP:** Dynamic Host Configuration Protocol

**DMA:** Direct Memory Access - Acceso Directo a Memoria

**DNS:** Domain Name Service - Servicio de Nombres de Dominio

**DR:** Direct Routing – Enrutamiento Directo

**FS:** File System - Sistema de Ficheros

**FTP:** File Transfer Protocol - Protocolo de Transferencia de archivos

**GOSIP:** Perfil Gubernamental de Interconexión de Sistemas Abiertos

**GUI:** Graphical User Interface

**IP:** Internet Protocol - Protocolo de Internet

**IPC:** Inter Process Communication

**LVS:** Linux Virtual Server

**MPI:** Message Passing Interface

**MTU:** Unidad de Transmisión Máxima

**NAT:** Network Address Translation

**NFS:** Network File System - Sistema de Archivos de Red

**NIC:** Network Information Center - Centro de Información de Red

**OSI:** Interconexión de Sistema Abierto

**PVM:** Parallel Virtual Machine

**RARP:** Reverse Address Resolution Protocol

**RCP:** Llamada a Procedimiento Remoto

**RFC:** Petición de Comentarios

**RIP:** Protocolo de Enrutamiento de Información

**RMON:** Monitor Remoto

**SIG:** Sistemas de Información Geográfica.

**SMP:** Symmetric Multi Process - máquinas con varios procesadores en la misma placa madre

**SMTP:** Protocolo simple de transferencia de correo

**SNMP:** Protocolo simple de gestión de red

**SSI:** Single System Image, permite ver un cluster como un único equipo

**TCP:** Transfer Control Protocol - Protocolo de Control de Transmisiones

**TUN:** Tunneling

**UDP:** User Datagram Protocol - Protocolo de datagrama de usuario

**VFS:** Virtual File System

**VIP:** Virtual IP – Dirección IP virtual

**VT:** Terminal virtual.

**WEBMAPPING:** Servidores de mapas.

# ÍNDICE GENERAL

## INTRODUCCIÓN

### CAPITULO I

## SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICOS (SIG)

1.1	Introducción. ....	19
1.2	Los Sistemas de Información Geográfica (SIG). ....	20
1.2.1	Evolución de los SIG. ....	20
1.3	¿Qué es un SIG?. ....	21
1.4	Componentes de un SIG. ....	24
1.4.1	Hardware. ....	24
1.4.2	Software Especializado. ....	25
1.4.3	Información. ....	26
1.4.4	Recurso Humano. ....	26
1.4.5	Modelo de Negocio – Procedimientos. ....	27
1.5	Arquitecturas SIG. ....	27
1.5.1	Desktop o Escritorio. ....	28
1.5.2	Cliente / Servidor. ....	28
1.5.3	Distribuida. ....	30
1.6	Topologías, modelos de datos y tipos de SIG. ....	30
1.6.1	Modelo Vector. ....	31
1.6.2	Modelo Raster. ....	37
1.6.3	El modelo TIN. ....	41
1.7	Usos de la Información de un SIG. ....	44
1.7.1	Representación de la Información. ....	44
1.7.2	Estructura de Representación. ....	45
1.8	Manejo de la Información. ....	45
1.8.1	Diseño de un SIG. ....	45
1.8.1.1	Modelo Conceptual. ....	46
1.8.1.2	Modelo Lógico. ....	47
1.8.1.3	Modelo Físico. ....	49
1.8.2	Almacenamiento de la Información. ....	49
1.8.3	Extracción de Información. ....	50
1.8.3.1	Extracción Mediante Especificación Geométrica. ....	50

1.8.3.2	Extracción Mediante Especificación Descriptiva.....	51
1.8.3.3	Extracción Mediante Condición Geométrica.....	51
1.8.3.4	Extracción Mediante Condición Descriptiva o Lógica.....	51
1.8.4	Edición de la Información.....	51
1.8.5	Análisis y Modelos de Información.....	52
1.8.5.1	Generalización Cartográfica.....	52
1.8.5.2	Análisis Espaciales.....	52
1.8.6	Representación y Salida de Información.....	52
1.9	Beneficios SIG.....	53
1.10	Aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica.....	54
1.11	SIG en Internet.....	59
1.11.1	Integración con otros sistemas.....	61
1.11.2	Diferencias entre un SIG genérico y un SAG.....	62
1.11.3	Software comercial.....	62
1.11.4	Ejemplos de SIG virtuales.....	63
1.12	SIG Móviles.....	63
1.12.1	Productos SIG Móviles.....	64

## **CAPITULO II**

### **BASES DE DATOS ESPACIALES**

2.1	Introducción.....	68
2.2	Bases de Datos Geográficas o Geodatabase (GDB).....	69
2.2.1	Elementos Inteligentes (Smart Features).....	69
2.3	Conceptualización, Análisis y Diseño.....	71
2.3.1	Escalas, proyecciones y sistemas de coordenadas.....	71
2.3.1.1	Proyecciones para la captura de información.....	72
2.3.1.2	Coordenadas para la implementación de la base de datos.....	73
2.3.2	Selección de datos e información requerida.....	73
2.3.3	Nomenclatura y codificación de la información.....	75
2.4	Captura, Conversión Y Transformación De Datos.....	75
2.4.1	Digitalización con tableta.....	75
2.4.2	Digitalización en pantalla.....	76
2.4.3	Barrido Óptico Electrónico (escaneo).....	78
2.4.4	Vectorización.....	78
2.4.5	Mosaicos.....	79

2.4.6	Unión de archivos en formato vectorial. ....	79
2.5	Automatización. ....	81
2.5.1	Importación. ....	81
2.5.1.1	Formatos gráficos raster. ....	82
2.5.1.2	Formatos gráficos vector. ....	82
2.5.2	Digitalización. ....	82
2.5.2.1	Preparación de los mapas fuente. ....	83
2.5.2.2	Calibración. ....	84
2.5.2.3	Consideraciones durante la digitalización. ....	87
2.5.2.4	Codificación de Atributos y Diccionario de Datos. ....	88
2.5.3	Barrido Óptico Electrónico (BOE). ....	88
2.5.3.1	Mapas. ....	90
2.5.3.2	Fotografías aéreas. ....	90
2.5.4	Vectorización. ....	91
2.6	Administración y Manejo. ....	91
2.6.1	Corrección geométrica de imágenes. ....	91
2.6.1.1	Distorsiones presentes en datos de sensores remotos. ....	91
2.6.1.2	Operaciones de corrección geométrica de imágenes. ....	92
2.6.1.3	Cuando aplicar la corrección geométrica de imágenes. ....	94
2.6.1.4	Georreferencia de imágenes. ....	95
2.6.1.5	Rotación de la Imagen. ....	96
2.6.2	Modelos estadísticos para la rectificación geométrica de imágenes. ....	97
2.6.2.1	Imagen a Imagen. ....	97
2.6.2.2	Imagen a Mapa. ....	97
2.6.2.3	Conversión entre diferentes proyecciones y coordenadas (Mapa a Mapa). 98	
2.6.3	Selección de Puntos de Control en el Terreno (GCP). ....	98
2.6.3.1	Especificaciones para el método de Imagen a Mapa. ....	99
2.6.3.2	Número adecuado de GCP. ....	99
2.6.3.3	Predicción de la posición del GCP. ....	100
2.6.3.4	Distribución de GCP. ....	100
2.6.3.5	Aplicación y almacenamiento de los GCP. ....	101
2.6.4	Opciones de transformación. ....	101
2.6.5	Opciones de Remuestreo. ....	103
2.7	Diseño de Mapas y Productos Cartográficos. ....	105
2.7.1	Identificadores. ....	105
2.7.2	Evaluación de la exactitud cartográfica. ....	106

2.7.2.1	Impresiones de prueba. ....	106
2.7.2.2	Exactitud y errores. ....	106
2.7.2.3	Resolución espacial. ....	107
2.7.2.4	Efecto de la escala cartográfica. ....	108

## **CAPITULO III**

### **WEBMAPPING O SERVIDORES DE MAPAS**

3.1	Introducción. ....	109
3.2	¿Qué es un Servidor de Mapas?.....	110
3.2.1.	Tecnología Web Map Service (WMS). ....	111
3.2.1.1	Componentes de la arquitectura WMS.....	112
3.2.2.	Tipos de Servidores de Mapas. ....	113
3.2.2.1	Servidores de Imágenes en Formato Mapa de BIT. ....	113
3.2.2.2	Servidores de Mapas Interactivos. ....	113
3.2.3.	Funcionalidad de los Servidores de Mapas. ....	114
3.2.4.	Arquitectura de los Servidores de Mapas. ....	115
3.2.5.	Acceso a Formatos de Cartografía. ....	117
3.2.6.	Tipo de Cliente y Funcionalidad. ....	118
3.3	Optimización del Servidor de Mapas.....	119
3.3.1	Seguridad. ....	119
3.3.2	Depuración. ....	120
3.3.3	Registro. ....	120
3.3.4	Hardware. ....	121
3.3.4.1	Tarjeta Gráfica.....	121
3.3.4.2	RAM. ....	121
3.3.4.3	Procesador. ....	122
3.3.5	Salvapantallas. ....	123
3.3.6	Ancho de Banda. ....	123
3.3.7	Datos.....	124
3.3.7.1	Formato de Datos.....	124
3.3.7.2	Índices Espaciales. ....	125
3.3.8	Software SIG .....	126
3.3.9	Escenario Real (conurrencia).....	126
3.4	Alternativas en Servidores de Mapas.....	127
3.4.1	Elección del Servidor de Mapas .....	128

3.4.2	ArcView IMS (ESRI) .....	129
3.4.2.1	Características .....	130
3.4.2.2	Funcionamiento de ArcView IMS.....	131
3.4.3	MapObjects Internet Map Server (ESRI).....	132
3.4.3.1	Características .....	133
3.4.4	MonoGIS.....	137
3.4.4.1	Componentes de Monogis.....	138
3.4.4.2	Características Funcionales.....	140
3.4.5	MapServer 4.6.1. ....	142
3.4.5.1	Relación con otros Proyectos Libres. ....	142
3.4.5.2	Componentes de una Aplicación con MapServer. ....	143
3.4.6	Algunos casos de éxito de servidores de mapas .....	145
3.5	Estudio Comparativo .....	147
3.6	Ventajas y desventajas de herramientas de uso .....	148
3.7	Costos de Servidor de mapas (licencia, formación, personalización, mantenimiento) durante 2 años.....	149

## **CAPÍTULO IV**

### **SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO DEL CUERPO DE BOMBEROS**

4.1	Utilización de la metodología Booch. ....	151
4.2	Resumen metodología Booch .....	152
4.3	Análisis de requerimientos Sistema de Información Geográfico.....	154
4.3.1	Introducción. ....	155
4.3.1.1	Definición del Problema.....	155
4.3.2	Requerimentación .....	156
4.3.2.1	Escenarios.....	156
4.3.2.2	Análisis de actividad del SIG. ....	158
4.3.2.3	Especificación de Requerimientos del Software (SRS). ....	165
4.3.2.4	Descripción General.....	166
4.3.2.5	Requerimientos Específicos.....	168
4.3.3	Riesgos de Requerimentación. ....	171
4.3.4	Diseño de la Base de Datos .....	172
4.3.5	Diccionario de datos. ....	172
4.4	Análisis del Dominio del Sistema de Información Geográfico. ....	175

4.4.1	Modelación de Clases.....	175
4.4.1.1	Modelo de extracción de nombres. ....	175
4.4.2	Especificación de clases.....	178
4.4.3	Diagrama de clases detallado.....	179
4.5	Diseño SIG CUERPO DE BOMBEROS.....	180
4.5.1	Diseño Arquitectónico. ....	181
4.5.1.1	Diseño detallado comando consultar. ....	181
4.5.1.2	Diseño detallado del comando actualizar .....	183
4.5.2	Diseño Orientado a Objetos .....	184
4.5.2.1	Diagrama de Interacción .....	185

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla I.</b> Tipo de elementos vectoriales .....	33
<b>Tabla II.</b> Tipos de Geometrías .....	34
<b>Tabla III.</b> Características modelo vectorial .....	35
<b>Tabla IV.</b> Componentes de modelos vectoriales.....	36
<b>Tabla V.</b> Comparación entre Raster y TIN. ....	42
<b>Tabla VI.</b> Etapas del desarrollo de una base de datos espacial.....	69
<b>Tabla VII.</b> Opciones de calibración (Autodesk, 1999). ....	86
<b>Tabla VIII.</b> Principales características de los dispositivos de Barrido Óptico Electrónico.....	89
<b>Tabla IX.</b> Principales distorsiones presentes en las imágenes de Sensores Remotos.....	92
<b>Tabla X.</b> Aplicaciones que requieren la corrección geométrica de imágenes. ....	94
<b>Tabla XI.</b> Métodos de corrección geométrica de acuerdo al tipo de imagen. ....	95
<b>Tabla XII.</b> Número recomendado de GCP según el orden del polinomio. ....	100
<b>Tabla XIII.</b> Características principales de las opciones de Remuestreo. ....	103
<b>Tabla XIV.</b> Comparación de funcionalidades de servidores de mapas .....	147
<b>Tabla XV.</b> Ventajas y desventajas de los servidores de mapas.....	149
<b>Tabla XVI.</b> Costo promedio de un servidor de mapas durante 2 años. ....	150
<b>Tabla XVII.</b> Zona de Peligro. ....	172
<b>Tabla XVIII.</b> Hidrantes. ....	173
<b>Tabla XIX.</b> Vías de Acceso .....	174
<b>Tabla XX.</b> Distribuidores de gas.....	174

# ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1.</b> Esquema de un SIG Corporativo. ....	22
<b>Figura 1.2.</b> Componentes básicos de un SIG. ....	24
<b>Figura 1.3.</b> Esquema de componentes básicos de un Sistema de Información Geográfica. ....	27
<b>Figura 1.4.</b> Arquitectura Desktop SIG. ....	28
<b>Figura 1.5.</b> Arquitectura Cliente/Servidor SIG ....	29
<b>Figura 1.7.</b> Modelo de datos ....	30
<b>Figura 1.6.</b> Arquitectura Distribuida SIG ....	31
<b>Figura 1.8.</b> Modelo Vectorial ....	32
<b>Figura 1.9.</b> Representación Raster Pleno. ....	39
<b>Figura 1.10.</b> Codificación de imágenes multibanda: banda intercalada por líneas (BIL).....	40
<b>Figura 1.11.</b> Codificación de imágenes multibanda: banda intercalada por píxel (BIP).....	41
<b>Figura 1.12.</b> Modelos de un SIG.....	47
<b>Figura 1.13:</b> "Esquema de un proyecto SIG".....	56
<b>Figura 1.14.</b> Componentes del SAG ....	61
<b>Figura 1.15.</b> SIG Móvil. ....	64
<b>Figura 2.1.</b> Ejemplo de Referencia Espacial.....	71
<b>Figura 2.2.</b> Ejemplo de Atributos de Elementos Geográficos.....	71
<b>Figura 2.3.</b> Ejemplo de un mapa digitalizado con tableta ....	76
<b>Figura 2.4.</b> Ejemplo de un mapa digitalizado en pantalla. ....	77
<b>Figura 2.5.</b> Ejemplo de vectorización semiautomática. ....	78
<b>Figura 2.6.</b> Ejemplo de un mapa de isolíneas mal elaborado que no califica para la vectorización.....	79
<b>Figura 2.7.</b> Unión de mapas geológicos. ....	81
<b>Figura 3.1.</b> La popular página web "MapMachine", del National Geographic Contiene la funcionalidad básica típica de un servidor de mapas.....	111
<b>Figura 3.2.</b> El servidor de mapas de Geoplaneta (www.geoplaneta.com).....	115
<b>Figura 3.3.</b> Esquema de la arquitectura de un servidor de mapas ....	117
<b>Figura 3.4.</b> Como trabaja ArcView IMS.....	132
<b>Figura 3.5.</b> MonoGIS ToolBox ....	139
<b>Figura 3.6:</b> Ejemplo de una publicación con MonoGIS ....	141
<b>Figura 3.7.</b> UI de configuración de MonoGIS. ....	141
<b>Figura 4.1.</b> Análisis de Actividades – Fase 0.....	159

<b>Figura 4.2.</b>	Análisis de Actividades – Fase 1.....	160
<b>Figura 4.3.</b>	Análisis de Actividades – Fase 2.....	160
<b>Figura 4.4.</b>	Análisis de Actividades – Fase 3.....	161
<b>Figura 4.5.</b>	Análisis de Actividades – Fase 4.....	161
<b>Figura 4.6.</b>	Análisis de Actividades – Fase 5.....	162
<b>Figura 4.7.</b>	Análisis de Actividades – Fase 6.....	162
<b>Figura 4.8.</b>	Análisis de Actividades – Fase 7.....	163
<b>Figura 4.9.</b>	Análisis de Actividades – Fase 8.....	163
<b>Figura 4.10.</b>	Análisis de Actividades – Fase 9.....	164
<b>Figura 4.11.</b>	Riesgo de Requerimentación Nº 1 .....	171
<b>Figura 4.12.</b>	Riesgo de Requerimentación Nº 2 .....	171
<b>Figura 4.13.</b>	Diagrama entidad relación .....	172
<b>Figura 4.14.</b>	Tablas que consta en la Base de Datos .....	172
<b>Figura 4.15.</b>	Especificación de clases .....	178
<b>Figura 4.16.</b>	Diagrama de clases detallado .....	179
<b>Figura 4.17.</b>	Diseño detallado del comando consultar .....	181
<b>Figura 4.18.</b>	Diagrama detallado del comando actualizar.....	183
<b>Figura 4.19.</b>	Obtención de información de vistas .....	185
<b>Figura 4.20.</b>	Abrir información de tablas a través de vistas.....	186
<b>Figura 4.21.</b>	Visualización de datos de una tabla. ....	187
<b>Figura 4.22.</b>	Actualización de datos en una tabla.....	188

## **Anexos**

<b>Anexo 1.</b> Proceso de Integración del mapa fuente (Arc GIS 3.2) a la publicación web .....	195
<b>Anexo 2.</b> Manual de Usuario del SIG prototipo "Cuerpo de Bomberos de Riobamba" .....	208

# INTRODUCCIÓN

Durante siglos la cartografía ha sido considerada una disciplina en la que se combinaban aspectos técnicos y artes gráficas, siendo el resultado un mapa sobre papel que reflejaba el estado real actual de un territorio; pero hoy día, con la incorporación del empleo de los ordenadores en los procesos de generación de los productos cartográficos, los mapas se han convertido en algo más que una representación del territorio, son elementos fundamentales para la gestión y planeamiento del mismo, permitiendo además la modelización de determinados fenómenos localizados sobre el. Un ejemplo típico de un navegador de mapas en Internet. El ayuntamiento de la ciudad de Barcelona que dispone de una página de web muy conocida y visitada que muestra un mapa de la calles de la ciudad junto con algunas capas adicionales de puntos de interés (paradas de autobús, restaurantes, etc) y una herramienta de consulta por dirección (BCN 2003). Un típico ejemplo de servidor de datos SIG auténticos se encuentra en el servidor de web del Departament de Mediambiente de la Generalitat de Catalunya donde se pueden descargar en el ordenador una larga lista de capas de verdadera cartografía asociada a bases de datos y posteriormente explorar con un visor (DMA 2003).

El presente trabajo trata de abordar un estudio de los Servidores Webmapping existentes en el mercado tanto comerciales como no comerciales, identificando el mejor que se adapte a las condiciones actuales del Cuerpo de Bomberos de la Ciudad de Riobamba y así realizar un modelo bidimensional y preciso de la Zona 3 de la Ciudad de Riobamba, que permita la navegación interactiva e identificando sitios de gran peligro.

# **CAPITULO I**

## **SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICOS**

### **(SIG)**

#### **1.1 Introducción.**

Desde finales del siglo pasado, la demanda de información sobre temas específicos relacionados con los recursos naturales así como los desarrollados por el hombre, se ha incrementado notablemente. La solución a esta demanda, habían sido hasta entonces, los mapas temáticos, que desde épocas primitivas han evolucionado en su técnica y precisión.

El avance de la tecnología informática, se ha encaminado en los últimos años al desarrollo de herramientas que fusionen los niveles de descripción gráfica y de detalle obtenidos en un mapa temático impreso en papel con la capacidad de manejo de datos, que prestan los sistemas de información. Como resultado de éstas investigaciones se tienen los Sistemas de

Información Geográfica (SIG, ó GIS de las siglas en inglés Geographic Information System).

Este capítulo se basa en el estudio de los Sistemas de Información Geográfica, donde se profundizará en temas relacionados con la evolución de los SIG, su conceptualización, los componentes, la arquitectura, el uso y manejo de la información, y las aplicaciones que se les da a los Sistemas de Información Geográfico.

## **1.2 Los Sistemas de Información Geográfica (SIG).**

### **1.2.1 Evolución de los SIG.**

La historia de los SIG se remonta a los inicios de la Humanidad, pero con la llegada de los años 60's y 70's se empezó a aplicar la tecnología del computador digital al desarrollo de tecnología automatizada.

Excluyendo cambios estructurales en el manejo de la información, la mayoría del desarrollo de tecnología estuvo dirigido hacia la automatización del trabajo cartográfico. Solo algunos pocos exploraron nuevos métodos para el manejo de información espacial, y se siguieron básicamente dos tendencias:

- ✓ Producción automática de dibujos con alta calidad pictórica
- ✓ Producción de información basada en el análisis espacial pero con el costo de una baja calidad gráfica.

La producción automática de dibujos se basó en la tecnología de diseño asistido por computador (Computer Aided Design). El CAD se utilizó en

cartografía para aumentar la productividad en la generación y actualización de mapas. El modelo de datos CAD maneja la información espacial como dibujos electrónicos compuestos por entidades gráficas organizadas en planos de visualización o capas. Cada capa contiene información de cada punto en la pantalla (píxel) que debe encender para la representación por pantalla, estos conjuntos de puntos organizados por planos de visualización se guardan en un formato vectorial.

### **1.3 ¿Qué es un SIG?.**

Un Software SIG se asemeja a un programa de base de datos, ya que analiza y relaciona información almacenada bajo la forma de registros, pero con una diferencia crucial: cada registro en una base de datos SIG contiene información usada para dibujar geometrías (normalmente puntos, líneas, o polígonos). Cada una de esas formas representa un lugar único sobre la Tierra al cual le corresponden los datos. Podemos pensar en un SIG como una base de datos espacial, es decir, una base de datos que almacena la ubicación y la forma de la información contenida en ella (ver figura 1.1).

Un SIG se lo define también como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos. Los SIG son una tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato.

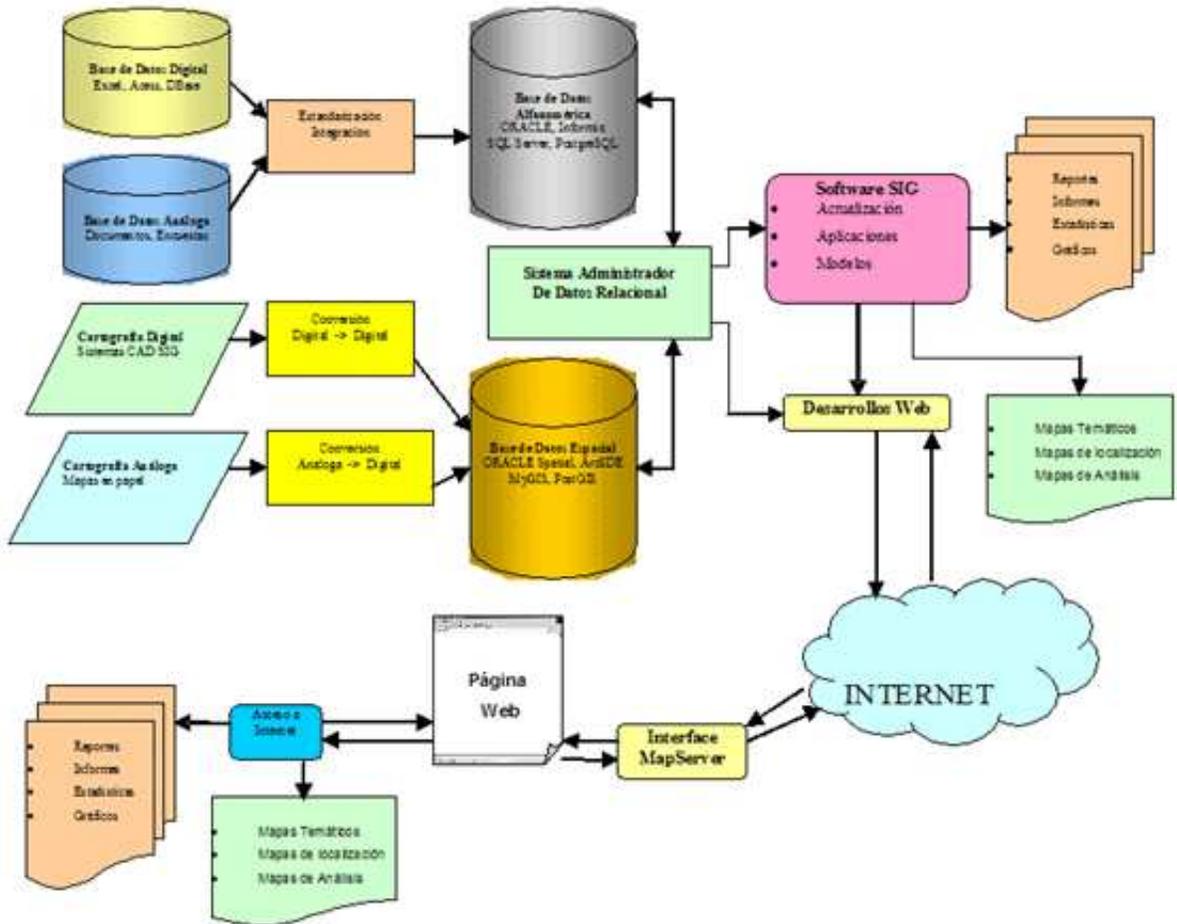


Figura 1.1. Esquema de un SIG Corporativo.

Existen muchas otras definiciones de SIG, algunas de ellas acentúan su componente de base de datos, otras sus funcionalidades y otras enfatizan el hecho de ser una herramienta de apoyo a la toma de decisiones, pero todas coinciden en referirse a un SIG como un sistema integrado para trabajar con la infraestructura de un municipio, región o incluso a nivel de país.

A continuación se presentan un par de definiciones más académicas sobre lo que es un SIG: "Un Sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelación y salida de datos espaciales referenciados, para resolver

problemas complejos de planificación y gestión”, [National Center for Geographic Information and Analysis, N.C.G.I.A.].

“Un Sistema de cómputo para obtener, almacenar, integrar, manipular, analizar y representar datos relativos a la superficie terrestre”, [Association for Geographic Information, A.G.I.].

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

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

- ✓ Localización: ¿Qué hay en...?
- ✓ Condición: ¿Dónde sucede que...?
- ✓ Tendencias ¿Qué ha cambiado...?
- ✓ Rutas: ¿Cuál es camino óptimo...?
- ✓ Modelos: ¿Qué ocurriría si...?

Las preguntas anteriores son de interés primordial en actividades relacionadas con la planificación. Para instituciones de investigación, los SIG contribuyen en el estudio de la distribución y monitoreo de recursos, tanto naturales como humanos, tecnológicos, de infraestructura y sociales así

como en la evaluación del impacto de las actividades humanas sobre el medio ambiente respectivo.

Toda la generación de nueva información que puede proveer un SIG depende significativamente de la información que posee la base de datos disponible. La calidad de esta base de datos y sus contenidos determina la cantidad y calidad de los resultados obtenidos del SIG.

## 1.4 Componentes de un SIG.

Los principales componentes de un SIG son: hardware, software, datos, recurso humano y modelo de negocio, como muestra la figura 1.2.



**Figura 1.2.** Componentes básicos de un SIG.

### 1.4.1 Hardware.

El hardware son las máquinas donde físicamente se ejecuta el SIG. El desarrollo inicial de las TIC y SIG requerían máquinas con alto poder de procesamiento. En la actualidad una máquina de escritorio moderna y normal posee la potencialidad suficiente para ejecutar un SIG.

### **1.4.2 Software Especializado.**

Los programas SIG proveen las herramientas y funcionalidades necesarias para almacenar, analizar y mostrar información geográfica.

Los componentes principales del software SIG son:

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

Actualmente la mayoría de los proveedores de software SIG distribuyen productos fáciles de usar y pueden reconocer información geográfica estructurada en muchos formatos distintos. Además existen organizaciones públicas y privadas que distribuyen software SIG libre.

La captura de gran cantidad de información cartográfica utiliza sistemas automatizados de digitalización como los dispositivos de exploración. Estos minimizan el trabajo manual y aseguran resultados coherentes y repetibles cada vez que se examina un mapa. Aunque la exploración es más rápida que la digitalización, solo pueden someterse a ese proceso los mapas de buena calidad e incluso así, el resultado del producto no es por lo general tan satisfactorio. Además, una vez digitalizado un mapa puede reproducirse y transformarse a voluntad o de acuerdo a las necesidades establecidas por el usuario.

### **1.4.3 Información.**

El componente más importante para un SIG es la información. Se requieren de buenos datos de soporte para que el SIG pueda resolver los problemas y contestar a preguntas de la forma mas acertada posible.

La consecución de buenos datos generalmente absorbe entre un 60 y 80 % del presupuesto de implementación del SIG, y la recolección de los datos es un proceso largo que frecuentemente demora el desarrollo de productos que son de utilidad. La información producida solo tiene el valor de los datos introducidos previamente. Una información incorrecta o insuficiente introducida en el SIG produciría respuestas incorrectas o insuficientes, por muy perfeccionada o adaptada al usuario que pueda ser la tecnología. Los datos geográficos y alfanuméricos pueden obtenerse por recursos propios u obtenerse a través de proveedores de datos. Mantener organizar y manejar los datos debe ser política de la organización o institución.

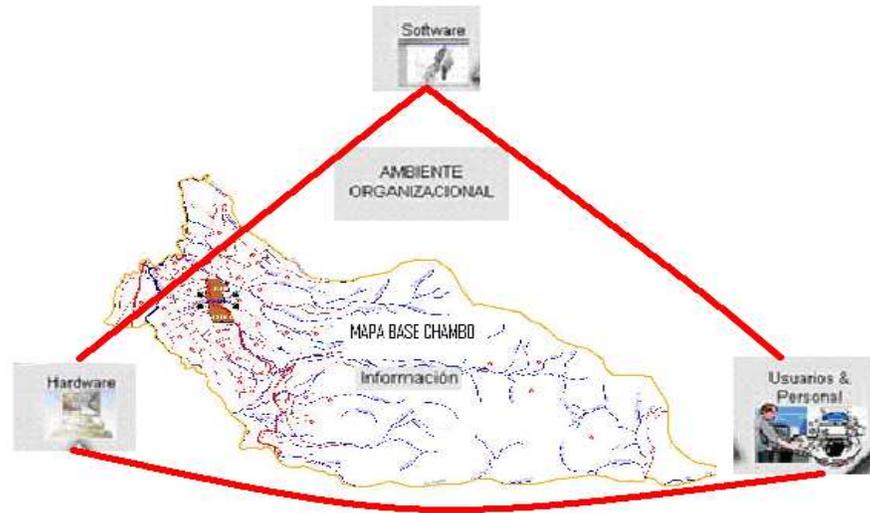
### **1.4.4 Recurso Humano.**

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

Cuando se define un SIG se tiende a limitar a equipos y programas como el sistema completo, relegando tal vez el elemento más primordial: El talento humano que hace funcionar eficazmente todo el sistema.

### 1.4.5 Modelo de Negocio – Procedimientos.

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



**Figura 1.3.** Esquema de componentes básicos de un Sistema de Información Geográfica.

La recolección de información y la introducción de la misma en el sistema, requiere de una gran calidad de diseño y trabajo, una capacitación intensiva y un control frecuente para vigilar la calidad. En otras palabras, además de contar con equipos y programas adecuados para realizar el trabajo, la utilización eficaz del SIG requiere contar con personal suficientemente capacitado, así como con servicios de planificación, organización y supervisión, que permitan mantener la calidad de los datos y la integridad de los productos finales.

## 1.5 Arquitecturas SIG.

Existen múltiples arquitecturas de un Sistema de Información Geográfico, se debe elegir alguna de acuerdo al uso que se le dará al sistema sin olvidar los factores humanos en la implantación de este tipo de sistemas.

Para poder diseñar los productos de información, se deben conocer las funcionalidades del sistema.

### 1.5.1 Desktop o Escritorio.

Es una arquitectura de escritorio que radica en una sola máquina, esta arquitectura se la define en la figura 1.4

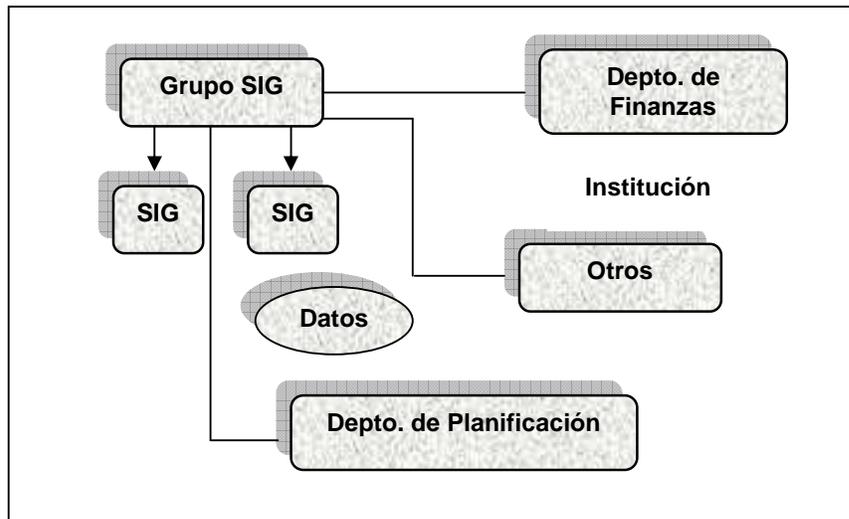


Figura 1.4. Arquitectura Desktop SIG.

### 1.5.2 Cliente / Servidor.

En la arquitectura cliente servidor, las aplicaciones constan de tres elementos esenciales.

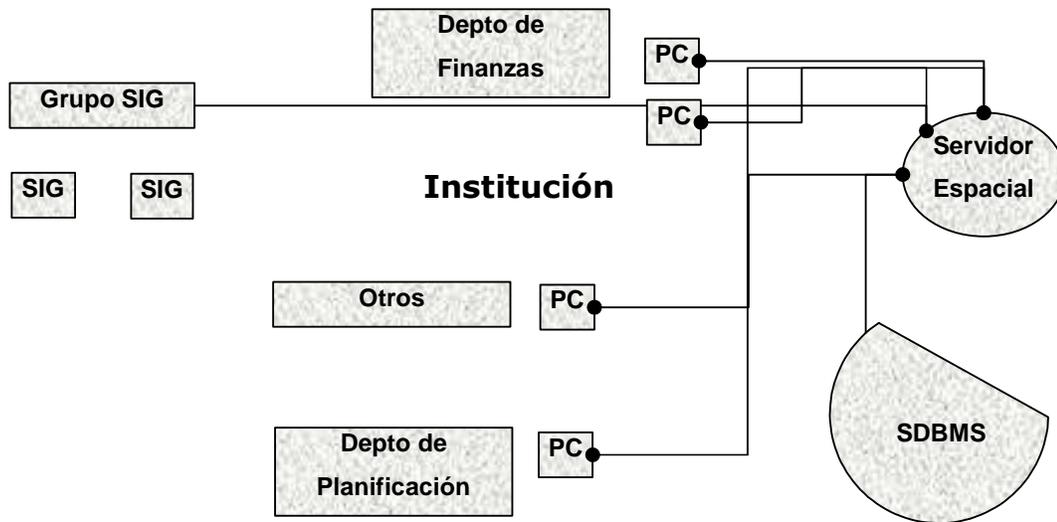
- ✓ Presentación
- ✓ Lógica
- ✓ Datos

Estos elementos se relacionan mediante solicitudes y respuestas. Los clientes (típicamente encargados de la presentación y un grado variable

de lógica) envían solicitudes al servidor. Los servidores (lógica y datos) se encargan de recibir las solicitudes y generar respuestas.

Cada uno de estos elementos puede estar en una o más máquinas. De ahí surge la diferencia entre el modelo lógico cliente/servidor y el físico. Ver Figura 1.5.

Ejemplo: Arquitectura formada por un repositorio de datos (SDBMS); un servidor de mapas y un cliente para el despliegue y consulta de información.



**Figura 1.5.** Arquitectura Cliente/Servidor SIG

### 1.5.3 Distribuida.

La arquitectura Distribuida se basa en la arquitectura Cliente/Servidor como se puede observar en la figura 1.6.

Este tipo de arquitectura permite que la información distribuida a través de la red se centre en un solo computador servidor, en donde será administrada por el personal técnico designado.

El usuario podrá tener acceso a toda la información distribuida a través del servidor.

## 1.6 Topologías, modelos de datos y tipos de SIG.

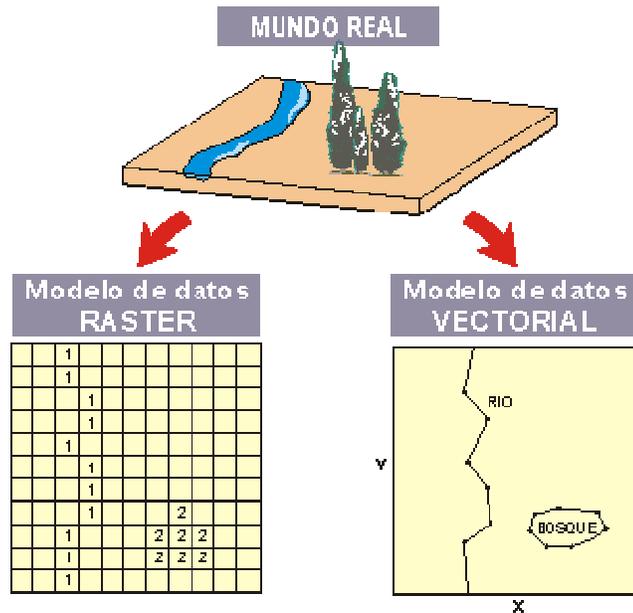


Figura 1.7. Modelo de datos

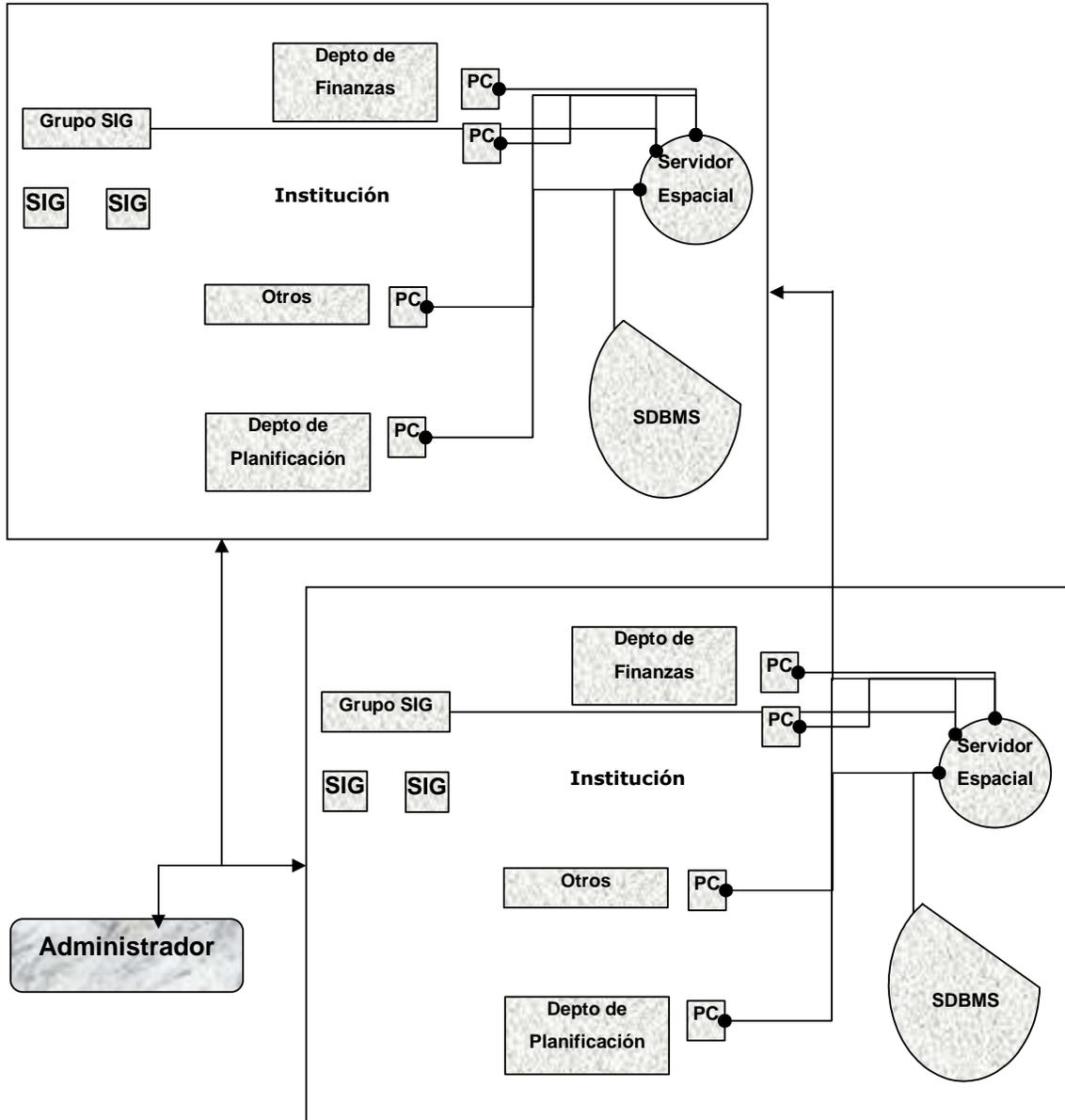


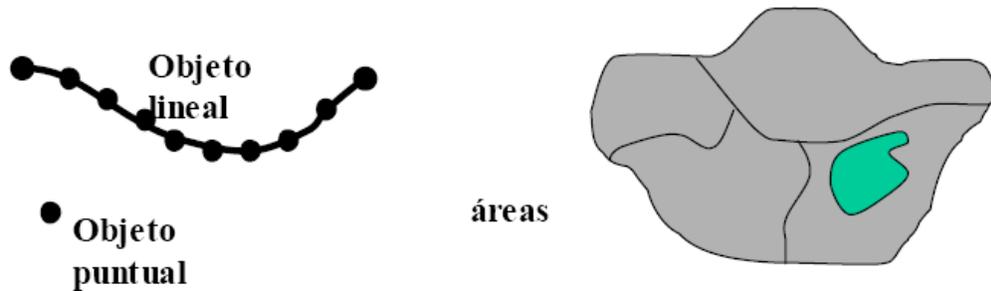
Figura 1.6. Arquitectura Distribuida SIG

### 1.6.1 Modelo Vector.

Son aquellos Sistemas de Información Geográfica que para la descripción de los objetos geográficos utilizan vectores (líneas) definidos por pares de coordenadas relativas a algún sistema cartográfico.

En un SIG basado en formatos vectoriales los datos son representados como:

- ✓ Puntos X,Y coordenadas + etiqueta
- ✓ Líneas Conjunto de puntos
- ✓ Áreas Conjunto de polígonos



**Figura 1.8.** Modelo Vectorial

Los puntos (sin dimensión; 0D) se registran mediante pares de coordenadas, un conjunto de puntos ordenados (vector) define una línea (una dimensión; 1D), y si ésta es cerrada forma un polígono (dos dimensiones; 2D). De estos tipos de elementos (feature clases) se registra su posición y forma, atributos, comportamiento y metadatos.

### **Geometría de los elementos.**

El modelo vectorial es especialmente apropiado para representar la forma de los objetos reales, que se describe a través de la geometría de los elementos. Las dimensiones de esta geometría condicionan algunas propiedades y tipos de análisis que pueden desarrollarse. En algunos modelos de datos la geometría se almacena en un campo de la tabla de la clase de elementos denominado shape.

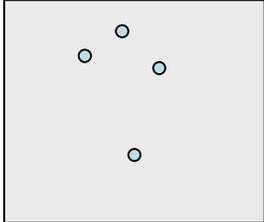
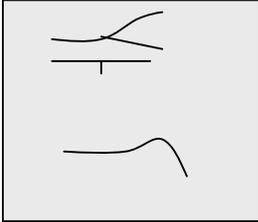
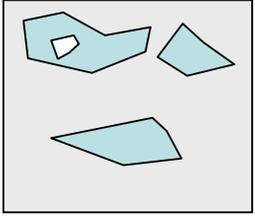
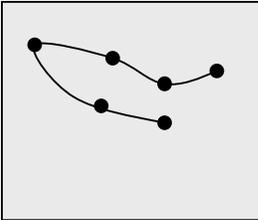
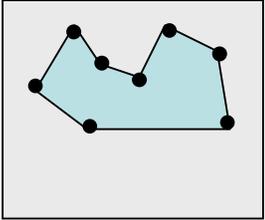
Algunos objetos geográficos y tipos de elementos del modelo vectorial y sus dimensiones.

**Tabla I.** Tipo de elementos vectoriales

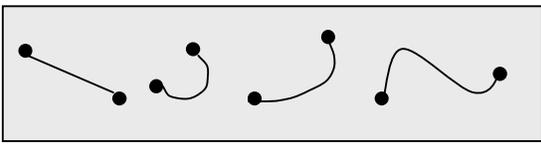
Tipo de objetos geográficos	Tipo de elementos del modelo vectorial			
	Puntos 0-D	Líneas 1-D	Polígonos 2-D	TIN 2,5-D
<b>Naturales</b> (existencia individual o delimitados por definición o muestreo)	-Árboles aislados -Epicentro de terremotos -Intersección de líneas de falla	-Ríos -Contactos geológicos -Isolíneas (riesgo de heladas, temperatura media...)	-Bosque -Zona inundada -Clase de suelo	-Altitud -Temperatura Precipitaciones -Acidez del suelo, altitud -Termoclina
<b>Artificiales</b> (regulares o irregulares)	- Establecimientos (comercio, servicios...) -Asentamientos -Hidrantes	-Vías de comunicación (carreteras, aéreas..) -mediana de las calles	-Ciudad -Divisiones administrativas (provincia, municipio...) -Pixel de una malla	-Precios del suelo -Densidad de población

Los tipos más extendidos de geometría de las clases de elementos del modelo vectorial son los siguientes (modelo georelacional y geobase de datos; archivos cobertura, y shape):

**Tabla II.** Tipos de Geometrías

Tipo de objetos geográficos	Tipo de geometría		
	Puntos	Líneas	Polígonos
<p><b>Elementos o unidades de información.</b></p> <p>Los multipuntos están formados por puntos agrupados.</p> <p>Las polilíneas se componen de una o más <i>cadena (path)</i></p> <p>Los polígonos están formados por uno o más anillos</p>	<p>Punto</p> <p>Multipuntos</p> 	<p>Polilínea multiparte</p> <p>Polilínea simple</p> 	<p>Polígono multiparte</p> <p>Polígono simple</p> 
<p><b>Elementos de construcción.</b></p> <p>Una <i>cadena</i> puede ser simple o compuesta por cualquier tipo de segmentos</p>	<p>Una <i>cadena (path)</i> es una secuencia conectada de segmentos que no intersectan entre sí. A menudo los segmentos son tangentes entre sí (se unen con el mismo ángulo) (ej,: una carretera). Un anillo es una cadena cerrada</p>	<p style="text-align: center;">↑</p> <p>Cadena</p> 	<p style="text-align: center;">↑</p> <p>Anillo</p> 

Tipos de Geometrías (Continuación)

<p><b>Elementos primitivos de construcción.</b></p> <p>Algunos tipos de segmentos que componen los elementos. Línea, arco, arco elíptico, curva de Bézier. Pueden incluirse otros tipos como espirales</p>	<p>Un segmento se compone de un punto inicial y otro final y una función que define el trazado entre ambos</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <p>Segmentos</p> <p>Línea                      Arco                      Arco elíptico</p> <p>Curva de Bézier</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;">  </div>
--	--	---

**Fuente:** Zeiler, M. (1991): *Modeling...*

**Características de los elementos o unidades de información del modelo vectorial.**

**Tabla III.** Características modelo vectorial

Elemento	Dimensión	Registro	Objetos representados
Punto	0-D	Coordenadas $x$ , $y$ . También pueden tener una coordenada $z$ y medida $m$ , e identificador ID	Cualquier objeto real del que quiera retener su localización a una escala determinada (árbol, ciudad...)
Multipuntos	0-D	Colección desordenada de puntos con un conjunto común de atributos	Conjunto de pozos, dolinas, etc. Que forman una unidad
Polilínea	1-D	Vector compuesto por cadenas (path) conectadas o disjuntas.	Cualquier objeto real del que se quiera retener su rasgo lineal (longitud y forma): carreteras, ríos...

Características modelo vectorial (Continuación)

Polígono	2-D	Conjunto de anillos parcialmente ordenados según sus relaciones de continencia.	Objetos reales de los que se desee representar su superficie (superficie y forma): unidad administrativa, bosques...
----------	-----	---	--

Algunos sistemas utilizan otros *elementos geométricos* derivados, de gran utilidad para la gestión de datos. En ArcInfo cada elemento tiene asociado un rectángulo mínimo envolvente, que almacena los valores mínimo y máximo de las coordenadas x e y así como el rango de valores z y m. Los lados del rectángulo mínimo envolvente son paralelos al sistema de coordenadas.

### Referencia espacial

La forma (geometría) de los elementos que componen el modelo vectorial se registra en archivos estructurados de coordenadas x e y con valores opcionales z y m. La localización correcta de estas entidades sobre la superficie terrestre se lleva a cabo mediante los parámetros que definen su localización sobre la superficie terrestre. Ésta consta de los siguientes componentes:

**Tabla IV.** Componentes de modelos vectoriales.

Componente	Contenido
Sistema de coordenadas	Proyección y sus parámetros
Dominio espacial	Rango de los valores de las coordenadas x e y, opcionalmente de los valores z y m
Escala	Relación entre las unidades internas de medida y una unidad de un mapa; define la precisión de las coordenadas

## 1.6.2 Modelo Raster.

El método raster se funda en las propiedades del espacio geográfico, de las que se toman muestras en determinados puntos, con las que se anuda una malla de unidades geométricas cuyos vértices son las localizaciones muestrales. El espacio se transforma, pues, en un mosaico de teselas regulares. Entre éstas, el cuadrado es la figura más corriente (por ejemplo en datos procedentes de sensores remotos), seguida de los triángulos y hexágonos. Cada una de estas unidades o teselas es una celda (de una matriz) o un píxel (contracción de picture element, elemento gráfico).

Cada uno de los píxel contiene los siguientes tipos de información:

- ✓ **Resolución.** Es la longitud de un lado de la porción de territorio real representado por un píxel.
- ✓ **Localización.** La localización de cada celda se expresa por un par de números que indican su posición en una fila y una columna.
- ✓ **Orientación.** Es el ángulo formado por la dirección de las columnas de una retícula raster y el norte. Lo habitual es orientar los mapas al norte, por lo que el ángulo es igual a 0°.
- ✓ **Valor.** El valor asociado a un píxel corresponde a una medida de un atributo del espacio geográfico representado por dicho píxel. Los valores pueden ser enteros o reales, y se visualizan mediante un color (o escala de grises).
- ✓ **Zona y clase.** Una zona o región es un área formada por celdas contiguas que tienen el mismo valor. Una clase la componen todas

las regiones del mismo valor. Las clases (o categorías) se recogen en la leyenda.

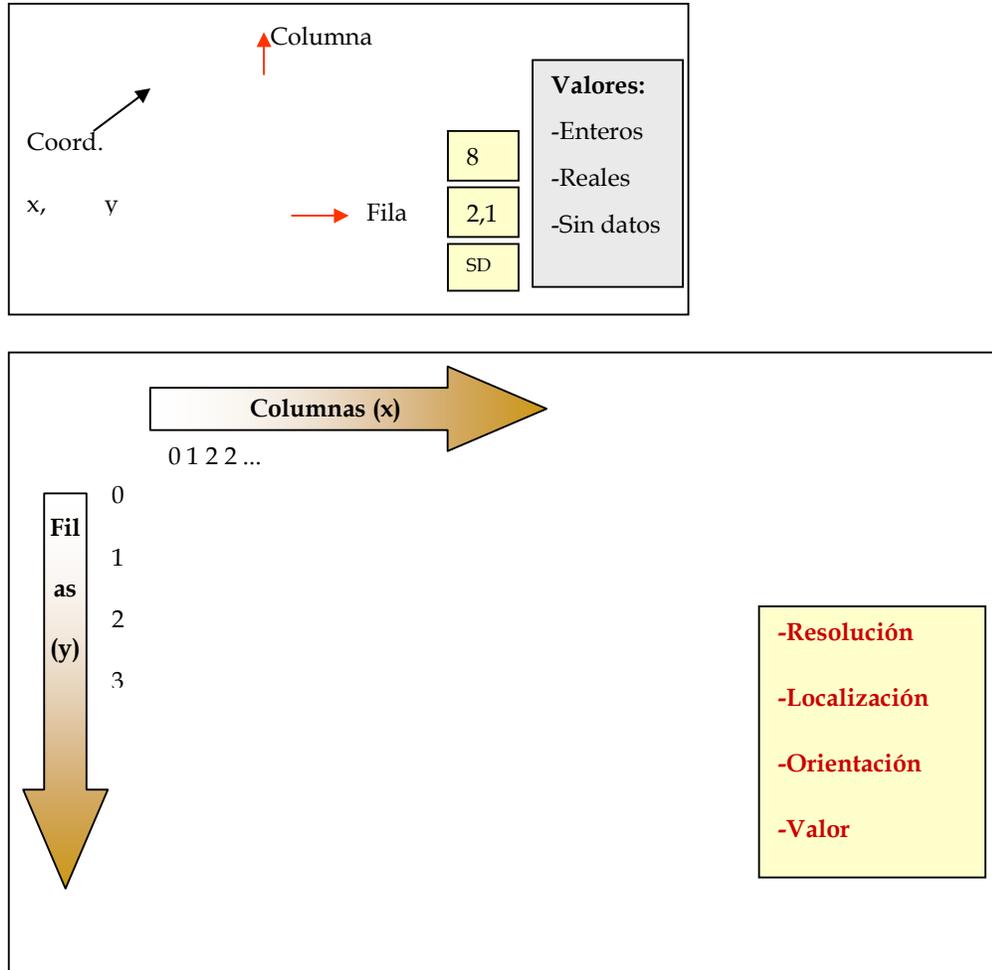
La disposición de datos espaciales en forma de retícula regular formada por píxeles se denomina raster, y una de las formas más simples para disponer información. En la estructura raster "normal" se omite las coordenadas de los píxeles, ya que está implícita en la propia ordenación de filas y columnas. Lo habitual es adoptar un "array" rectangular de píxeles cuadrados, en el que basta conocer el origen de las filas y columnas para determinar la localización de un píxel.

Para definir objetos tridimensionales se precisa un eje adicional, el z, para fijar la localización vertical.

Conocido el tamaño de una matriz, y el origen de la numeración de sus filas y columnas, ésta puede escribirse como una lista unidimensional; cada línea contiene el orden de la fila, el de la columna y el valor, diferenciados por un separador (ejemplo: fila, columna, valor →). Si la estructura raster es intuitiva y fácil de manejar, en cambio, no es eficiente para optimizar el almacenamiento y recuperación de datos (los archivos aumentan su tamaño exponencialmente cuando se incrementa la resolución del área de estudio) ni para visualizar las entidades, especialmente los puntos y las líneas. De aquí que se hayan habilitado varios métodos para comprimir los datos o para mejorar su representación gráfica.

### Raster pleno (full raster)

La mayoría de los programas SIG para datos raster utilizan la estructura "raster plena". Puede encontrarse variaciones en la forma de organizar y representar los atributos, pero lo esencial, la disposición en filas y columnas permanece.

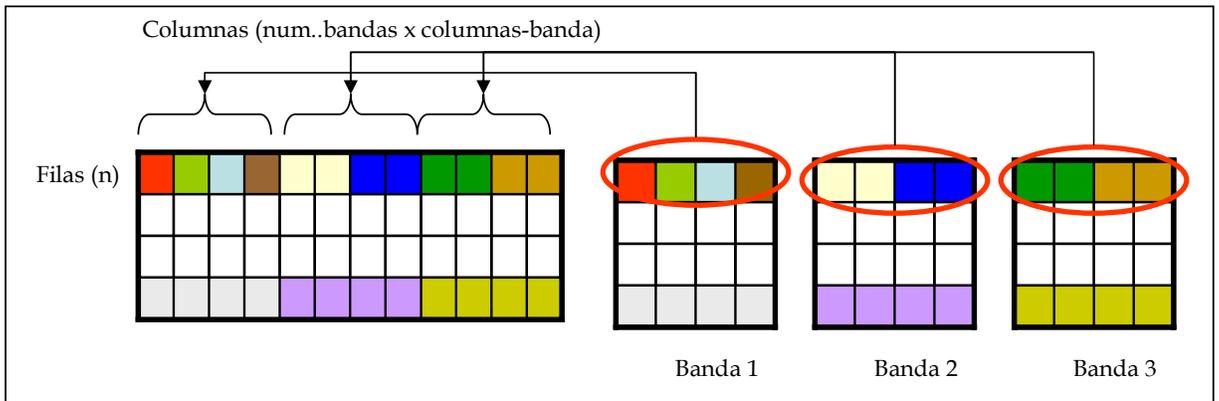


**Figura 1.9.** Representación Raster Pleno.

En general cada tema se representa en una capa independiente; cada píxel tiene un valor y un número (que puede ser una etiqueta de datos nominales o un valor numérico). Los píxeles contiguos con el mismo valor componen una región, y todas las regiones con el mismo valor una

zona que se registra con una categoría en la leyenda. Según la capacidad y objetivos de los programas, pueden asignar a los píxeles valores entre 0y 255, entre -32.767 y +32.767, entre -2.147.483.647 y +2.147.483.647, según los bytes de resolución por píxel que utilicen. La convención más seguida inicia el orden de las filas y columnas por el NW y prosigue, como es natural, hacia la derecha (al este) y hacia abajo (al sur); es posible adoptar otro origen, pero es necesario tener en cuenta que es un parámetro importante para la compresión de datos.

La estructura "raster plena" puede emplearse para almacenar imágenes multibanda, siguiendo una disposición de "banda intercalada por líneas" (BIL, Band Interleaved by Lines) o "banda intercalada por píxel" (BIP, Band Interleaved by Pixel).



**Figura 1.10.** Codificación de imágenes multibanda: banda intercalada por líneas (BIL).

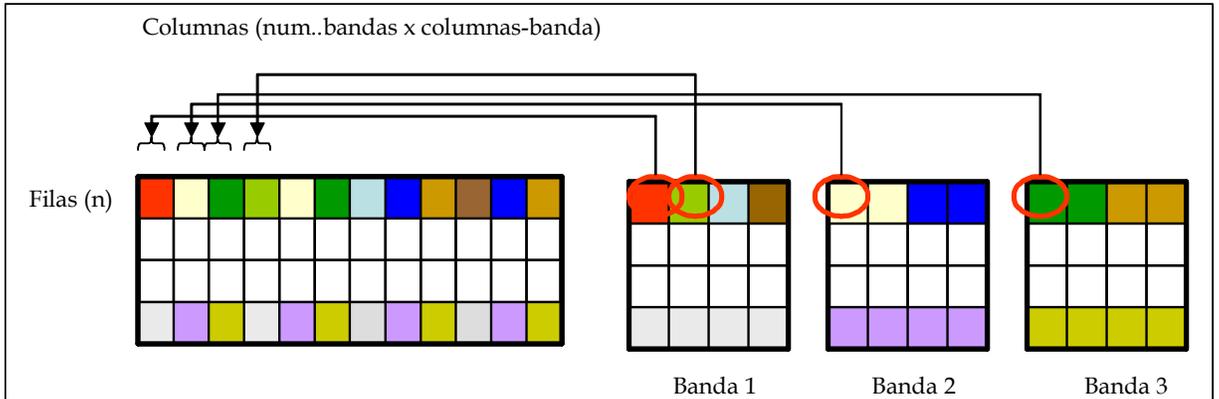


Figura 1.11. Codificación de imágenes multibanda: banda intercalada por píxel (BIP)

### 1.6.3 El modelo TIN.

Muchos objetos y fenómenos geográficos presentan una distribución continua (altitudes, temperatura, densidades...) (fields). Una superficie representa un fenómeno de naturaleza continua del que se pueden obtener infinitos valores z en infinitas localizaciones determinadas por coordenadas x, e y. Para su tratamiento informático es preciso representarlas mediante modelos contruidos con un número discreto de muestras, en los SIG se dispone del modelo de datos de triángulos irregulares (TIN), que ofrece una aproximación eficiente de una superficie (2,5-D) y del modelo raster. Los principios, elementos y condiciones de uso de cada uno de ellos son diferentes.

### Comparación entre la representación de datos raster y TIN

**Tabla V.** Comparación entre Raster y TIN.

	<b>Representación raster</b>	<b>Representación TIN</b>
Exactitud y de la superficie	Determinada por la resolución de la celda. Para incrementar la exactitud es necesario remuestrear toda la hoja de datos con una resolución mayor	Una superficie TIN tiene una densidad de puntos variable, según la complejidad del fenómeno real. Para incrementar la precisión es necesario incluir mas puntos con valores z, líneas de ruptura de la pendiente (breaklines) y polígonos
Fidelidad de los elementos de la superficie	El modelo raster muestrea los valores z en un retículo regular. Los elementos singulares (puntos, pasos, etc.) de una superficie no se pueden localizar con más precisión que la mitad de la resolución del modelo	El modelo TIN puede modelar líneas (ríos) y otros elementos puntuales. Estos elementos se almacenan coordenadas precisas, así como las discontinuidades en la pendiente de la superficie.
Análisis de la superficie	<p>Coincidencia espacial</p> <p>Análisis de proximidad</p> <p>Análisis de dispersión</p> <p>Rutas óptimas</p> <p>Superficie de coste mínimo</p>	<p>Calculo de altitudes, pendientes orientación e intervisibilidad</p> <p>Derivación de isolíneas</p> <p>Cálculo de volúmenes</p> <p>Obtención de perfiles</p>
Aplicaciones	<p>Modelado de superficies a pequeña escala</p> <p>Análisis y modelado del medioambiente (dispersión de contaminantes...)</p> <p>Análisis hidrológico</p>	<p>Cálculos volumétricos (para construcción; embalses)</p> <p>Estudios de redes hidrográficas</p> <p>Trazado de mapas de isolíneas</p> <p>Visualización en perspectiva</p>

**Fuente.** Zeiler, M. (1999): Modeling... p. 163

Las superficies TIN se crean a partir de puntos distribuidos de forma irregular, líneas y polígonos, cuyos datos se utilizan para construir una

red de triángulos irregulares (TIN). El método utilizado para calcular los triángulos es el de triangulación de Delauney (un círculo que pasa por tres nodos no debe contener otro nodo). La estructura de la información es topológica, o sea plana, con datos sobre los nodos de cada triángulo y los triángulos vecinos.

La localización de cada dato se define por un par de coordenadas x e y, mientras que el valor de la variable se representa por una tercera coordenada vertical, z. Si el muestreo es regular, los puntos forman una malla regular, si las localizaciones de los valores muestrales se distribuyen de forma irregular, entonces la variable se puede modelar por una red de triángulos irregulares (TIN).

Los nodos de una red TIN son los valores muestrales originales, que al ser conectados forman triángulos, cada uno de los lados de estos triángulos es un arco o cadena formado sólo por dos nodos, el inicial y el final. La red completa aproxima la topografía como si se tratase de una red, de caras planas, sobrepuesta a la superficie; la imagen producida es similar a la superficie de cristalización de facetas triangulares. Las estructuras TIN se generan con triángulos de Delauney (triángulos con ángulos próximos a  $60^\circ$ )

Existen varias formas para codificar las estructuras TIN: la más común considera a los triángulos como objetos espaciales; otra opción lo hace con los nodos y los arcos.

Una de las ventajas principales de este método es que se puede variar la densidad de puntos muestrales de acuerdo con la complejidad de la

superficie que se está modelando: las áreas planas necesitan menos datos para su modelado que las más quebradas. Por otro lado, esta estructura es eficiente para la visualización en bloques diagramas y para ciertos cálculos como la obtención de las pendientes, la orientación, etc.

## **1.7 Usos de la Información de un SIG.**

### **1.7.1 Representación de la Información.**

La representación primaria de los datos en un SIG está basada en algunos tipos de objetos basados en puntos, líneas y áreas.

Elementos puntuales son todos aquellos objetos relativamente pequeños respecto a su entorno más inmediatamente próximo. Por ejemplo, elementos puntuales pueden ser un poste de la red eléctrica o una escuela en un mapa de la ciudad. La determinación de los elementos puntuales es discrecional, así por ejemplo un hospital bien puede ser un punto en una cobertura mapa de infraestructura pública, o puede ser un área (polígono) para un mapa de vialidad urbana.

Los objetos lineales se representan por una sucesión de puntos donde el ancho del elemento lineal es despreciable respecto a la magnitud de su longitud y entorno de interés, con este tipo de objetos se modelan y definen carreteras, líneas de transmisión de energía, ríos, tuberías del acueducto entre otros.

Los objetos de tipo área se representan en un SIG por acuerdo con un conjunto de líneas y puntos cerrados para formar una zona perfectamente definida que es posible aplicar el concepto de perímetro y

longitud. Con este tipo se modela superficies tales como: mapas de bosques, sectores socioeconómicos de una población, zonas de riesgo, límites políticos, etc.

### **1.7.2 Estructura de Representación.**

La manera como se agrupan los diversos elementos constitutivos de un SIG quedan determinados por una serie de características comunes a varios tipos de objetos en el modelo, estas agrupaciones son dinámicas y pueden tener una relación mucho a muchos. Generalmente obedecen a las condiciones y necesidades bien específicas del escenario de estudio.

## **1.8 Manejo de la Información.**

### **1.8.1 Diseño de un SIG.**

Las tecnologías SIG se aplican en la mayoría de los casos sin una teoría profunda que sea la base en el diseño e implementación; para sacar un mejor provecho de esta tecnología es necesario no perder de vista y entender aspectos teóricos prácticos, no confundir un SIG con digitalizar e incluir datos en el computador.

Al iniciar el estudio y diseño de un SIG se debe considerar que se manejan objetos reales. Estos objetos tienen características propias que los diferencien, y guardan relaciones espaciales importantes a conservar; por lo tanto, no se puede olvidar en ningún caso que se desarrollará en el computador un modelo de objetos y relaciones que se encuentran en el mundo real.

Para garantizar el esquema anterior se construye una serie de modelos que permitan manipular objetos tal cual aparecen en la realidad, se convertirán desde fenómenos y objetos reales a imágenes representativas manejadas por el SIG, estas imágenes y datos hacen posible analizar a los objetos que representan.

Normalmente se lleva a cabo tres etapas desde la realidad del ambiente hasta llegar al nivel de abstracción adecuado que represente y maneje el SIG y su estructura de información. La figura 1.12 representa las etapas y modelos del proceso productivo de un SIG que a continuación se explicaran.

#### **1.8.1.1 Modelo Conceptual.**

Es la conceptualización de la realidad por medio de la definición de objetos de la superficie de la tierra (entidades) con sus relaciones espaciales (donde están) y características (que son) que representan un escenario describiendo fenómenos del mundo real.

Para obtener el modelo conceptual, el primer paso es el análisis de la información y los datos que se usan y producen en la institución que desarrolla el SIG. El siguiente paso es la determinación de las entidades y los atributos con las relaciones que aquellas guardan, de acuerdo con el flujo de información de los diferentes procesos que se llevan a cabo en la institución.

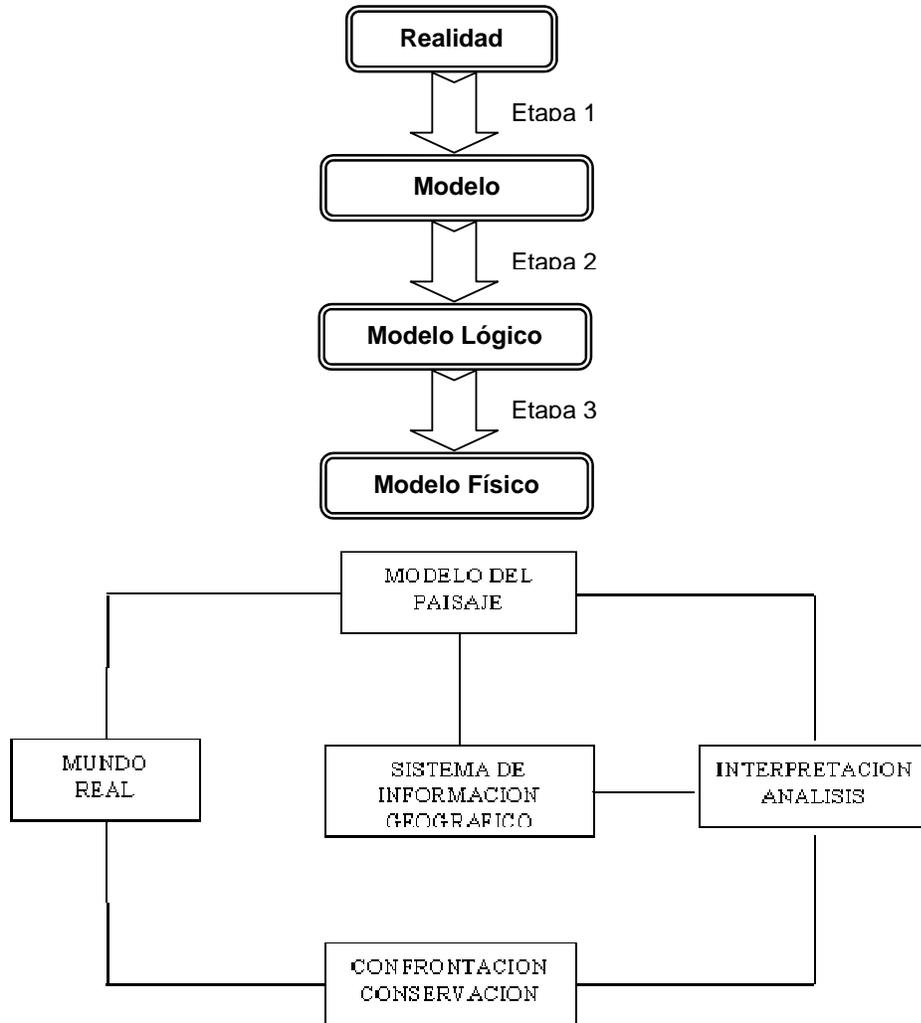


Figura 1.12. Modelos de un SIG

### 1.8.1.2 Modelo Lógico.

Se define como el diseño detallado de bases de datos que contienen información alfa - numérica y capas de información gráfica con objetos que serán capturados con atributos que describen a cada entidad, identificadores, conectores, tipo de dato (numérico o carácter) y longitud; además, se define la geometría (punto, línea o área) de cada una de ellos.

Un SIG manipula elementos del ambiente, por medio de una codificación se almacenan en el computador y luego son manipulados digitalmente,

además se define la simbología para su representación gráfica en pantalla o en papel.

En esta etapa se diseñan estructuras que almacenarán todos los datos. Se trata de hacer una descripción detallada de entidades, procesos y análisis que se llevarán a cabo, los productos esperados y la preparación de menús de consulta para los usuarios.

Este modelo define los diferentes tipos de análisis que se implementarán más adelante y consultas a resolver. De la estructura de la base de datos (gráficas y alfa – numéricas) dependen los resultados; por lo anterior, en esta etapa se hace un diseño detallado del contenido del SIG y la presentación de información, definiendo los tipos de mapas con sus leyendas, contenido temático y reportes o tablas que se espera satisfagan los principales requerimientos de los usuarios; con estos se busca agilizar las consultas que envuelvan directamente entidades en estudio.

Las posibles interrogantes son muy variadas y no todas estarán resueltas, muchos usuarios tienen requerimientos específicos y dinámicas que no permiten una implementación previa, sobretodo en casos como el de catastro que debido a la gran variedad de información, usuarios y clientes hacen de los requerimientos muy variados.

No se trata de desarrollar un SIG cerrado que amarre a la gente a determinado apoyo en la toma de decisiones, se quiere satisfacer mejor y más rápido la mayoría de las necesidades de Información de los usuarios finales para alcanzar un mayor grado de eficiencia.

Definido el modelo conceptual y lógico se define que mapa se ha de digitalizar y que información alfa-numérica debe involucrarse en la georeferenciación.

Tanto el modelo conceptual como el lógico, son independientes de los programas y equipos que se vayan a usar y de su correcta concepción depende el éxito del SIG.

### **1.8.1.3 Modelo Físico.**

Es la implementación de los anteriores modelos en el programa o software seleccionado y los equipos específicos en que se vaya a trabajar y por esto se realiza de acuerdo con sus propias especificaciones. El modelo físico determina en que forma se debe almacenar los datos, cumpliendo con las restricciones y aprovechando las ventajas del sistema específico a utilizar.

## **1.8.2 Almacenamiento de la Información.**

Es importante considerar la administración de la información geográfica y descriptiva contenida en la base de datos y los elementos en que físicamente son almacenados.

La información en un SIG es almacenada en cuatro grandes conjuntos de datos:

- ✓ **Datos de imágenes.** Estas imágenes representan fotográficamente el terreno.

- ✓ **Datos complementarios de imágenes.** Esta base de datos contiene símbolos gráficos y caracteres alfanuméricos georeferenciados al mismo sistema de coordenadas de la imagen real a la que complementan.
- ✓ **Datos cartográficos.** Almacena información de mapas que representan diferentes clases de información de un área específica, corresponden a las coberturas.
- ✓ **Datos de información descriptiva.** Esta base facilita el almacenamiento de datos descriptivos en las formas más comunes de tal forma que puedan ser utilizados por otros sistemas.

La manipulación de información incluye operaciones de extracción, creación y edición.

### **1.8.3 Extracción de Información.**

Las formas de extraer o recuperar información desde los SIG son muy variadas y pueden llegar a ser muy complejas. Las formas básicas para extraer la información son:

#### **1.8.3.1 Extracción Mediante Especificación Geométrica.**

Consiste en extraer información del SIG mediante la especificación de un dominio espacial definido por un punto, línea o área deseada. Esto generalmente se realiza al mantener el clic del mouse sobre la imagen desplegada o identificar específicamente un río en un mapa (proceso de selección).

### **1.8.3.2 Extracción Mediante Especificación Descriptiva.**

Extracción de las entidades espaciales que satisfagan una condición descriptiva determinada. Por ejemplo todos los predios que tengan el mismo dueño o uso.

### **1.8.3.3 Extracción Mediante Condición Geométrica.**

Extraer por medio de un dominio espacial y una condición geográfica entidades gráficas. Por ejemplo: los postes de tendido eléctrico que se encuentren en un radio de 2 Km. alrededor de una subestación. Generalmente estos módulos son muy parecidos a consultas SQL, es una mezcla de los dos anteriores.

### **1.8.3.4 Extracción Mediante Condición Descriptiva o Lógica.**

Es una extracción de entidades que cumplan la condición descriptiva y una expresión lógica cualquiera relacionada con algunos de sus atributos. Por ejemplo, todos los predios que pertenezcan al mismo dueño, con áreas superiores a 500 hectáreas y perímetro superior a 10.000 metros.

## **1.8.4 Edición de la Información.**

Permite la modificación y actualización de la información. Las funciones de edición son particulares de cada software SIG. Las funciones deben incluir:

- ✓ **Mecanismos para la edición de entidades gráficas.** Cambio de color, posición, escala, dibujo de nuevas entidades gráficas, entre otros.

- ✓ **Mecanismos para la edición de datos descriptivos.** Modificación de atributos, cambios en la estructura de archivos, actualización de datos, generación de nuevos datos, entre otros.

### **1.8.5 Análisis y Modelos de Información.**

La herramienta SIG permite realizar operaciones analíticas necesarias para producir nueva información con base en la existente, con el fin de dar solución a un problema específico y apoyo a la toma de decisiones. Las operaciones de análisis y modelamiento se pueden clasificar en:

#### **1.8.5.1 Generalización Cartográfica.**

Capacidad de generalizar características de los objetos en un mapa o presentación cartográfica, con el fin de hacer el modelo final menos complejo.

#### **1.8.5.2 Análisis Espaciales.**

Incluye funciones que realicen cálculos sobre entidades gráficas. Va desde operaciones sencillas como longitud de una línea, perímetros, áreas y volúmenes, hasta análisis de redes de conducción, intersección de polígonos y análisis de modelos digitales del terreno.

### **1.8.6 Representación y Salida de Información.**

La salida de información de un SIG puede ser de tipo textual o de tipo gráfico, el medio de salida presenta como respuesta a un interrogante del mismo. La información textual consiste normalmente en un conjunto de tablas que representan la información almacenada en la base de datos o representan el resultado de algún tipo de análisis efectuado

sobre ésta. La información gráfica consiste en mapas, gráficos o diagramas.

En general el potencial uso de los SIG se basa en la fusión de ambas representaciones. Cuando un mapa contiene la representación de tablas bajo un esquema diseñado por medio de una simbología adecuada, con la posibilidad de adicionar elementos geométricos permiten una clara visualización y comprensión del escenario al usuario final.

## **1.9 Beneficios SIG.**

El SIG es necesario por naturaleza. Los beneficios que reportan las herramientas SIG se resumen en los siguientes puntos:

- ✓ Captura de la información
- ✓ Tratamiento de la información
- ✓ Gestión y Mantenimiento de la información
- ✓ Consulta y análisis de la información
- ✓ Difusión de la información
- ✓ Compartir los recursos técnicos
- ✓ Rentabilizar la inversión Hardware y Software
- ✓ Rentabilizar el coste de las comunicaciones
- ✓ Unificar el acceso de los usuarios
- ✓ Reutilización de la cartografía
- ✓ Integración de consultas
- ✓ Obtención de una cartografía de base, clara, fiable y permanentemente actualizada que pueda ser utilizada en trabajos de campo.

- ✓ Posibilidad de mantener datos históricos del seccionado en un soporte fácilmente accesible.
- ✓ Posibilidad de difundir datos estadísticos sobre un soporte geográfico. La información digitalizada de municipios, distritos, ciudades, instituciones públicas y privadas, etc., permite georreferenciar los datos alfanuméricos que produce las diferentes instituciones.

## **1.10 Aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica.**

Los SIG's de manera general pueden aplicarse a área tales como:

- ✓ Gestión y monitoreo ambiental,
- ✓ Descripción y evaluación del hábitat,
- ✓ Estudios de impacto ambiental,
- ✓ Mapeo de uso y ocupación del suelo,
- ✓ Distribución de especies (flora y fauna),
- ✓ Manejo de áreas protegidas,
- ✓ Manejo de cuencas hidrográficas,
- ✓ Planificación urbana y regional,
- ✓ Catastro y tenencia de la tierra, entre otras.

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

**Cartografía automatizada.** Las entidades públicas han implementado este componente de los SIG en la construcción y mantenimiento de planos digitales de cartografía. Dichos planos son puestos a disposición de las empresas a las que puedan resultar de utilidad estos productos con la condición de que estas entidades se encargan posteriormente de proveer versiones actualizadas de manera periódica.

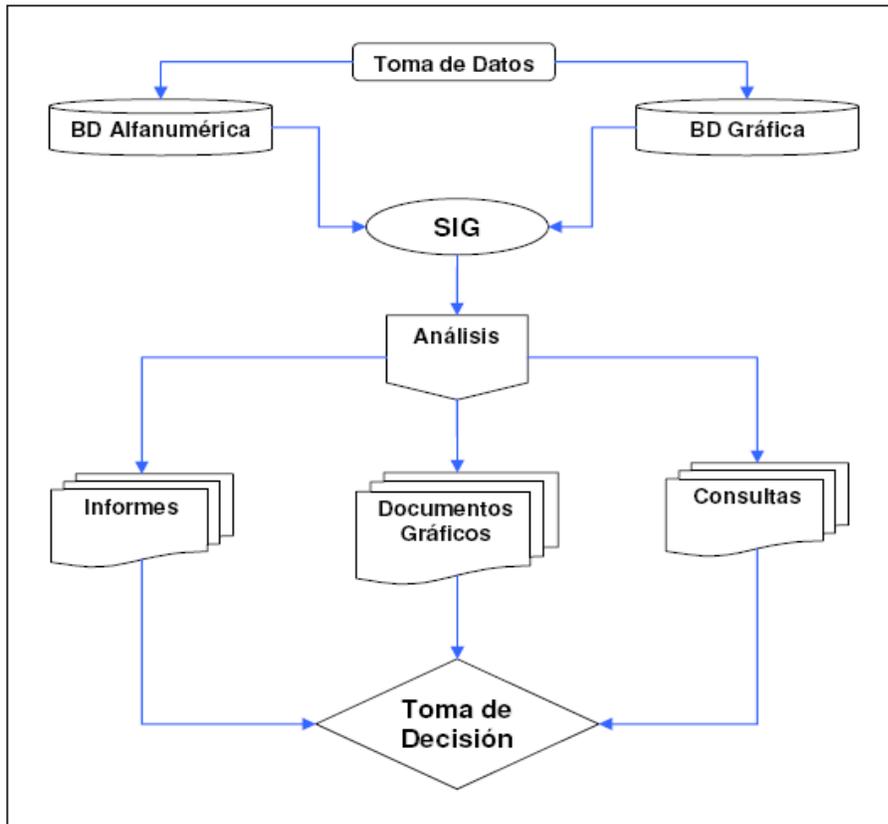
**Infraestructura.** Algunos de los primeros sistemas SIG fueron utilizados por las empresas encargadas del desarrollo, mantenimiento y administración de redes de electricidad, gas, agua, teléfono, alcantarillado, etc., en este caso, los sistemas SIG almacenan información alfanumérica de servicios relacionados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

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

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

intervienen en el proceso de diseño referenciado, en su caso, la viabilidad técnica de su construcción.

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



**Figura 1.13:** "Esquema de un proyecto SIG"

**Medio ambiente.** Son aplicaciones implementadas por instituciones de medio ambiente, que facilitan la evaluación del impacto ambiental en la

ejecución de proyectos. Integrados con sistemas de adquisición de datos permiten el análisis en tiempo real de la concentración de contaminantes, a fin de tomar las precauciones y medidas del caso. Facilitan una ayuda fundamental en trabajos tales como reforestación, explotaciones agrícolas, estudios de representatividad, caracterización de ecosistemas, estudios de fragmentación, estudios de especies, etc.

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

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

**Ingeniería de Tránsito.** Sistemas de Información Geográfica utilizados para modelar la conducta del tráfico determinando patrones de circulación

por una vía en función de las condiciones de tráfico y longitud. Asignando un costo a los o puntos en los que puede existir un semáforo, se puede obtener información muy útil relacionada con análisis de redes.

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

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

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

**Planimetría.** La planimetría tiene como objetivo la representación bidimensional del terreno proporcionándole al usuario la posibilidad de proyectar su trabajo sobre un papel o en pantalla sin haber estado antes en el sitio físico del proyecto. El fin de la planimetría es que el usuario tenga un fácil acceso a la información del predio; por ejemplo, saber qué cantidad de terrenos desocupados se encuentran en el lugar, o qué cantidad de postes telefónicos necesita para ampliar su red, o qué cantidad de cable necesita para llegar hasta un cliente, o emplearlo en soluciones móviles, o utilizarlo como plataforma de archivos GIS. En otras palabras, permite el usuario visualizar de forma clara y con gran exactitud la información que se encuentra dentro de su proyecto. Existen distintos tipos de planimetría, que van de la mas básica a la más completa. La elección del tipo de planimetría depende del tipo de información que el usuario vaya a necesitar para su proyecto.

### **1.11 SIG en Internet.**

Existe confusión en la comunidad geomática sobre la funcionalidad y ventajas que puede tener un SIG en Internet. Los sistemas de información geográfica han evolucionado en diferentes direcciones. Una de estas, son los sistemas para apoyar la toma de decisiones grupales SAG (Group Decision Making) que proporcionan una base de información a varios grupos con intereses disímiles, en la cual todos aportan su conocimiento. Estamos hablando, de un todo donde el resultado es mayor que la suma de sus partes. El Internet es la plataforma ideal para implementar los SAGs.

Internet está cambiando el concepto de servicio al cliente que deben brindar aquellas empresas que buscan mejorar su competitividad en el mercado.

Los sistemas de información geográfica representan uno de los campos, donde el Internet promete un aumento exponencial en la eficiencia de como obtenemos, usamos y compartimos información geográfica en todas sus formas (incluyendo mapas, gráficas y documentos).

A medida que Internet se convierte día a día en un canal de comunicación más importante y ofrece mayores posibilidades para transmitir y recibir todo tipo de información, los sistemas de información geográfica se están complementando con este desarrollo, y en consecuencia, otorgando sus bondades por medios de comunicación interactivos a través de la red.

El factor clave que nos ha permitido lograrlo ha sido el uso de la tecnología Web Map Service (WMS). A partir de esta tecnología, se han desarrollado varios sistemas dedicados a poner mapas sobre la Web.

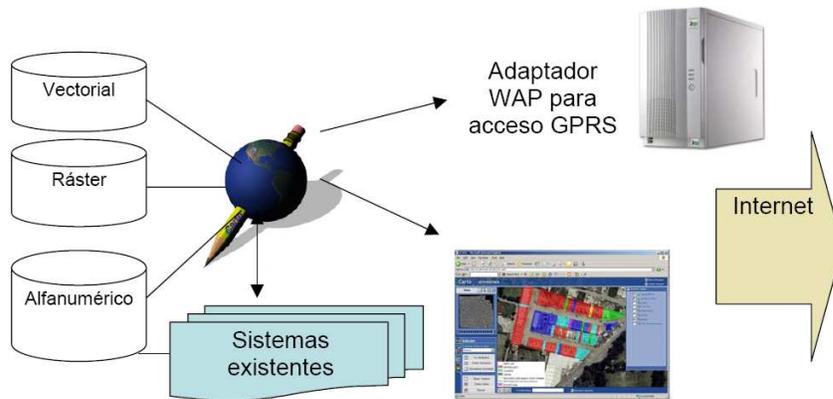
Varios sistemas extraordinarios se han desarrollado y en el futuro inmediato muchos SIG más "entrarán en línea".

El uso de la tecnología del Internet para que la gente acceda a la información geográfica en varias formas, incluyendo mapas, imágenes, análisis y reportes se identifica con el término IGD (información Geográfica Distribuida) y más recientemente, SAG (Sistemas de Apoyo a la toma de Decisiones Grupales).

El SAG maneja tres tipos de datos: mapas vectoriales, imágenes ráster y datos alfanuméricos. Los motores que manejan estos datos están diseñados para operar en una arquitectura cliente-servidor que requiere el Internet. Se trata pues, de una arquitectura centralizada donde tanto programas como

información están en un servidor. Los clientes se conectan mediante un sencillo programa explorador que envía solicitudes de información.

Este concepto permite compartir información a un gran número de usuarios de manera económica utilizando el protocolo html de Internet.



**Figura 1.14.** Componentes del SAG

### **1.11.1 Integración con otros sistemas.**

Los diseñadores de SAGs han establecido estándares de intercambio de información que permiten la integración de diferentes sistemas que conviven en el Internet. Uno de estos estándares es el servicio OGC WMS (Open GIS Consortium Web Map Server). Los sistemas que cumplen con el estándar OGC pueden intercambiar mapas de todo tipo de manera casi transparente para el usuario.

En conclusión, al escoger un SAG es importante preguntarse si soporta este estándar.

Otro concepto importante para compartir información con otros sistemas es el de metadatos.

Estos son un estándar que describe a detalle características de archivos de datos que pueden ser geográficos, alfanuméricos, imágenes, documentos.

### **1.11.2 Diferencias entre un SIG genérico y un SAG.**

Es importante distinguir que los SAGs son SIGs especializados para efectuar funciones muy específicas al alcance de un grupo numeroso de usuarios no especialistas en SIG, ni en informática. Estas funciones pueden distinguirse en dos niveles:

- ✓ Búsquedas geográficas y análisis mediante la generación de cartografía temática que apoye la toma de decisiones. Por ejemplo generar un mapa de los predios atrasados en su pago del impuesto predial.
- ✓ Otro nivel funcional de los SAGs es el de captura y edición de datos, incluyendo la cartográfica. Un SAGs no es únicamente para la consulta, sino que proporciona las herramientas para ingresar nuevos datos o corregir datos existentes.

### **1.11.3 Software comercial.**

Puede haber confusión entre lo que es un SAG y un servidor de mapas vectoriales o ráster. El servidor de mapas es tan solo una parte del SAG, pues no incluye el interfaz y herramientas para el manejo de la información. Algunos servidores de mapas actualmente comercializados son:

- ✓ MapGuide por Autodesk

- ✓ MapServer por Universidad de Minnesota (Open Source)
- ✓ GeoMedia WebMap de Intergraph
- ✓ MapObjects Internet Map Server por ESRI
- ✓ Image Web Server por ErMapper (servidor de imágenes ráster)

Algunos SAGs comerciales son:

- ✓ Arc-IMS por ESRI
- ✓ eCarto-por CartoData (único hecho en México)

#### **1.11.4 Ejemplos de SIG virtuales.**

- ✓ **National Geographic**

Contiene mapas de todo el mundo en National Geographic.

- ✓ **HUD (Housing And Urban Developmet)**

Acceso a una gran base de datos con información de Estados Unidos.

Posibilidad de geocodificar direcciones, creación de informes, mapas temáticos y descarga de cartografía en formato shape.

- ✓ **Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (México)**

Información interesante sobre México.

#### **1.12SIG Móviles.**

SIG Móvil es la unificación de tres tecnologías diferenciadas encaminadas a la gestión eficiente de los objetos puntuales y espaciales allí donde se requiere.

Cualquier objeto que necesita ser conservado supone un gasto y por lo tanto es necesario acercarse al mismo para inventariarlo o hacer un seguimiento.



**Figura 1.15.** SIG Móvil.

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) Móvil consiste en utilizar datos geográficos en un dispositivo móvil. Es una evolución del uso de bases de datos en cualquier trabajo de campo.

Un SIG Móvil está integrado principalmente por un receptor GPS, un colector de datos de campo y el software del SIG. Todo ello permite al equipo que está trabajando en campo, ya sean equipos de emergencia o equipos de mantenimiento o inspectores, acceder a la base de datos y modificarla cuando quiera y donde quiera.

### 1.12.1 Productos SIG Móviles



#### **Receptor GPS Geo XH.**

Ordenador de mano con GPS integrado con precisión inferior a 1 m en tiempo real y 30 cm en postproceso. Diseñado para los trabajos fuera de la oficina.



**Receptor GPS Geo XT.**

Colector de mano con GPS integrado con precisión inferior a 1 metro diseñado para los trabajos fuera de la oficina.



**Receptor GPS Geo XM.**

Ordenador de mano con GPS integrado con precisión de 1 a 3 metros. Diseñado para los trabajos fuera de la oficina.



**Receptor GPS Pathfinder Pro XT.**

Receptor GPS submétrico con tecnología inalámbrica bluetooth.



**Receptor GPS Pathfinder Pro XH.**

Receptor GPS con precisión submétrica y tecnología bluetooth.



**Ordenador Recon GPS Card Edition.**

Ordenador de campo con GPS integrado con una precisión de 5-10m.



**Ordenador de mano Recon.**

Ordenador de mano ultrarobusto para todo un día de funcionamiento en el campo.



**Juno ST Handheld.**

Esta PDA con GPS integrado es el producto más compacto de toda la gama de Trimble para la toma de datos de campo. Ofrece precisiones entre 2 y 5 metros.



**Nomad.**

Ordenador de campo robusto con GPS integrado y sumergible hasta un metro durante 30 minutos.



**Programa TerraSync.**

El programa TerraSync es una herramienta simple, efectiva y flexible para la toma y mantenimiento de datos GPS.



**Programa GPS Pathfinder Office.**

Programa para el postproceso de datos, potente y fácil de usar y que además facilita la transferencia de información del GPS al SIG.



**Programa GPScorrect.**

GPScorrect de Trimble es una extensión para ESRI ArcPad que permite tomar posiciones GPS corregidas diferencialmente en un Sistema de Información Geográfica.



**Programa GPS Analyst.**

GPS Analyst es una extensión para ArcGIS que permite trabajar con posiciones GPS directamente sobre los sistemas de información geográfica.



**Programa GPS Pathfinder Tools SDK.**

Herramientas de desarrollo para facilitar la integración del GPS en sus aplicaciones

## **CAPITULO II**

### **BASES DE DATOS ESPACIALES**

#### **2.1 Introducción.**

El diseño de bases de datos espaciales es la parte que consume más tiempo en un proyecto de cartografía digital analítica, entendiéndose por este último adjetivo la capacidad de realizar análisis espacial. Las características de la base de datos determinarán la calidad del análisis y del producto final.

Este capítulo trata de las etapas de desarrollo de una base de datos espacial, las cuales están dirigidas al diseño de cartografía, se presentan las características más importantes de dichas etapas, indicando las actividades, procesos y consideraciones especiales de cada una, las cuales se deberán aplicar de acuerdo a las opciones disponibles en los diferentes programas de SIG que se utilicen.

La siguiente tabla muestra un resumen de las etapas en el desarrollo de una base de datos espacial.

**Tabla VI.** Etapas del desarrollo de una base de datos espacial

<b>Etapa</b>	<b>Características</b>
Conceptualización, Análisis y Diseño	Determinación de límites del área de estudio, sistema de coordenadas a usar, capas o coberturas que se necesitan, elementos geográficos en cada una de ellas, codificación y organización de atributos, etc.
Automatización	Captura de datos espaciales en la base de datos (digitalizar, importar o convertir datos), depurar la información (verificar errores de edición), creación de topologías (nodos, redes y polígonos), introducir la información de los atributos en la base de datos y crear sus ligas con los rasgos espaciales.
Administración y Manejo	Transformar la información espacial a sistemas de coordenadas reales, enlazar coberturas adyacentes, mantenimiento y actualización de la base de datos.

## **2.2 Bases de Datos Geográficas o Geodatabase (GDB).**

Geodatabase es la representación de elementos geográficos en bases de datos, en donde también es necesario modelizar entidades que tienen relaciones espaciales con otras de su alrededor.

### **2.2.1 Elementos Inteligentes (Smart Features).**

En nuestro planeta, las cosas cumplen con reglas naturales y relaciones por las cuales se basa su comportamiento.

Los ríos fluyen hacia abajo, las rutas permiten cierto nivel de tráfico, y las parcelas de un territorio respetan determinados convenios, organización y orden.

Estas características que determinan cierta "inteligencia" sobre los elementos geográficos, pueden representarse en una GEODATABASE (GDB).

### **La Forma de los Elementos.**

Los elementos en la Geodatabase tienen un campo especial que almacena la geometría, la cual puede ser de tres tipos:

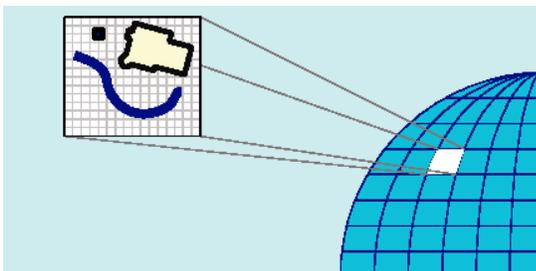
- ✓ Puntos y multipuntos
- ✓ Polilíneas
- ✓ Polígonos (ring conjunto de segmentos de línea conectados, cerrados y que no se cortan)

### **Referencia Espacial.**

La geometría de los elementos es almacenada basada en valores X,Y en el Sistema Cartesiano de coordenadas.

La superficie de la tierra es algo parecido a una esfera.

La referencia espacial especifica como las coordenadas x,y de un conjunto de elementos es proyectada sobre la superficie del planeta



**Figura 2.1.** Ejemplo de Referencia Espacial.

### **Atributos**

Los elementos geográficos mantienen atributos como campos en tablas basados en un modelo relacional.



Address	Built	Square footage	Number of bedrooms
816 High Street	1888	2200	4 bedrooms

**Figura 2.2.** Ejemplo de Atributos de Elementos Geográficos.

## **2.3 Conceptualización, Análisis y Diseño.**

### **2.3.1 Escalas, proyecciones y sistemas de coordenadas.**

Se debe evaluar con cuidado la selección de la escala cartográfica más apropiada para desarrollar un proyecto. En general para la selección de la escala cartográfica se deben considerar los siguientes factores:

- ✓ Requerimientos de exactitud y resolución.
- ✓ Disponibilidad de datos y mapas.
- ✓ Disponibilidad de tiempo para la realización completa del proyecto.
- ✓ Costo del proceso de digitalización, barrido óptico electrónico y almacenamiento de datos.

La extensión del área de estudio y el objetivo del proyecto de aplicación representan el parámetro principal para definir proyecciones y escalas de representación cartográfica. Para regiones muy grandes se utilizarán escalas cartográficas pequeñas, tales como 1:1'000.000, cuya aplicación es en el análisis regional. Por otra parte, las áreas de mucha menor extensión se representarán en escalas medias y grandes, tales como 1:50.000, donde los atributos de la localidad y sus zonas adyacentes son determinantes.

Dentro de lo posible, en la integración de datos se deberá de evitar la fusión de materiales multi-escala debido a la diferencia en la exactitud de cada material. Sin embargo, cuando esta operación sea indispensable se deberá de evaluar adecuadamente la exactitud final de la información generada.

#### **2.3.1.1 Proyecciones para la captura de información.**

Para la captura de información cartográfica siempre se deberá de respetar la proyección original del mapa. Por ejemplo, si un documento cartográfico proyectado se digitaliza por alguna razón en coordenadas geográficas sin proyección, perdería sus atributos geométricos. El problema anterior se manifiesta especialmente en programas que no soportan la digitalización proyectiva. Es decir, el proceso de digitalizar desde una proyección directamente en otra.

En programas como ArcView GIS 3.x, una vez que se configura la proyección del mapa por capturar, los datos digitalizados se almacenan automáticamente en el sistema de coordenadas geográficas. Este

método de digitalización proyectiva resulta muy conveniente para implementar bases de datos espaciales, ya que la mayoría de los programas de SIG proveen diferentes métodos para convertir cualquier punto desde una coordenada esférica (latitud y longitud) a una coordenada cartesiana (x,y).

Sin embargo, cuando los documentos cartográficos no indiquen otra información sobre la proyección, excepto sus coordenadas geográficas (latitud y longitud), entonces se podrán digitalizar dichos materiales en este sistema coordenado.

### **2.3.1.2 Coordenadas para la implementación de la base de datos.**

Se recomienda que la integración de bases de datos espaciales se realice en un sistema de coordenadas geográficas sin proyección con esferoide WGS84. En programas de SIG como ArcView 3.x este sistema de coordenadas permite transformar a valores (x, y) para cualquier proyección cartográfica, realizando la conversión en tiempo real, es decir, durante su despliegue en pantalla. Además el uso de las coordenadas geográficas no está limitado a zonas específicas.

### **2.3.2 Selección de datos e información requerida.**

La incorporación de datos dentro de cualquier proyecto de cartografía digital lleva implícito el procedimiento de captura o conversión a formatos que se puedan utilizar de manera directa por el programa seleccionado. En general, los tipos de datos a capturar o transformar para el manejo interno son muy amplios, entre los cuales se pueden

mencionar: cartografía previa (impresa o digital), estadísticas, observaciones en campo, mediciones de laboratorio, imágenes de sensores remotos y registros de coordenadas a partir de sistemas GPS.

Para la instrumentación de la base de datos espacial resulta indispensable considerar previamente los tipos de datos y los formatos de captura que van a integrarla.

Los datos por incorporar se deben seleccionar de acuerdo a los objetivos de cada proyecto. A continuación se muestran los tipos de elementos geométricos y algunos ejemplos de los rasgos geográficos que representan:

- ✓ Puntos: tomas de agua, gasolineras, puntos de control en el terreno, etc.
- ✓ Líneas: Ríos (perennes o intermitentes), carreteras, etc.
- ✓ Polígonos: manzanas, predios, etc.
- ✓ Celdas y píxeles: modelos digitales de elevación e imágenes de satélite.

Para facilitar el manejo, la representación y el análisis de los diferentes datos, la organización de los rasgos geográficos se debe realizar en capas, como por ejemplo: carreteras, gasolineras, tomas de agua, zonas de peligro, etc. Cada grupo de objetos que representen un tipo de rasgo geográfico diferente se deberá almacenar en una cobertura o vista temática separada. En esta fase se recomienda definir el orden a seguir en la digitalización de puntos, líneas y polígonos, ya que afecta en la

construcción de las relaciones espaciales entre rasgos geográficos vecinos.

### **2.3.3 Nomenclatura y codificación de la información.**

En esta fase se debe definir el sistema de nomenclatura adoptado en la integración de los datos, ya sean en formato raster o vectorial. Todos los nombres de coberturas y archivos generados deben seguir una nomenclatura sencilla y almacenarse en disco de acuerdo a estructuras de árbol lógicas. Por lo tanto, se debe de crear un documento de referencia separado, el cual tiene que describir la nomenclatura empleada. En el caso de datos vectoriales se debe incluir también la determinación del formato de registro de los atributos y la elaboración del diccionario de datos, es decir, el significado de los campos usados en la base de datos.

## **2.4 Captura, Conversión Y Transformación De Datos.**

Para cualquier proyecto de SIG la selección de las técnicas de captura, conversión y transformación depende de varios factores. Algunos ejemplos son los recursos informáticos disponibles (programas y equipo de cómputo), el tiempo, el presupuesto, el grado de conservación del documento cartográfico, las variables representadas, la experiencia del analista en este tipo de tareas y la complejidad de cada técnica. A continuación se analizan algunas de las técnicas utilizadas en la implementación de un SIG.

### **2.4.1 Digitalización con tableta.**

La digitalización con tableta es una de las técnicas más empleadas en la generación de cartografía digital. Es conveniente cuando los materiales a

digitalizar se encuentran en buen estado, cuando se cuenta con una tableta lo suficientemente grande para cubrir todo el mapa y cuando se reduce la complejidad del mismo capturando solo un tipo de rasgo geográfico por sesión. La Figura 2.3 representa un buen ejemplo de un producto cartográfico generado con esta técnica.

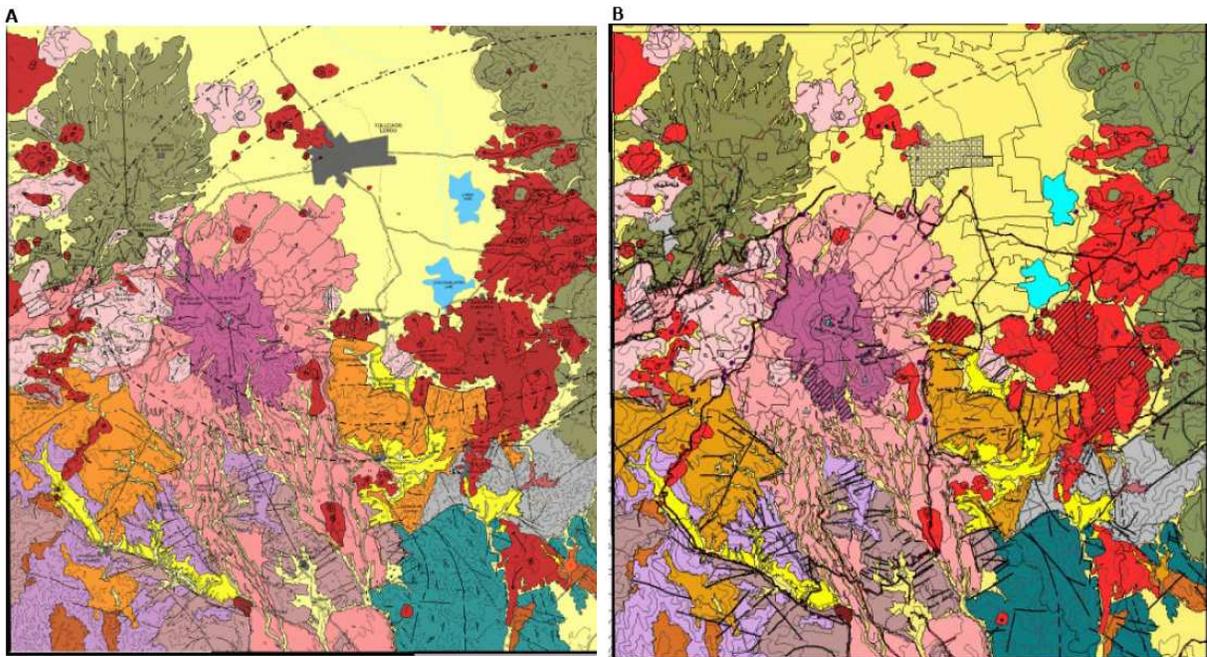


**Figura 2.3.** Ejemplo de un mapa digitalizado con tableta

## **2.4.2 Digitalización en pantalla**

Debido al incremento de productos digitales en formato raster, tales como ortofotos e imágenes georreferidas, ha ido creciendo notablemente el uso de la digitalización en pantalla a partir de estos datos, y de alguna forma está sustituyendo a la digitalización con tableta. La ventaja de la digitalización en pantalla es que requiere menos esfuerzo visual por parte de la persona que está capturando el mapa, ya que los programas que realizan este tipo de operación cuentan con diversas herramientas de acercamiento, desplazamiento, alejamiento y visión sinóptica. Esta

técnica es conveniente cuando se conoce la exactitud real de la imagen utilizada para digitalizar, y cuando ésta es adecuada para el proyecto. En tales circunstancias los resultados finales suelen tener menor error que los de la digitalización con tableta. Además, la digitalización en pantalla permite reducir el tiempo de captura. En términos económicos el uso de esta técnica en comparación a la digitalización con tableta puede ser menor ya que es más rápida y no requiere tableta, pero el costo final dependerá de la infraestructura y recursos disponibles (necesita de un scanner por lo menos de formato medio).



**Figura 2.4.** Ejemplo de un mapa digitalizado en pantalla.

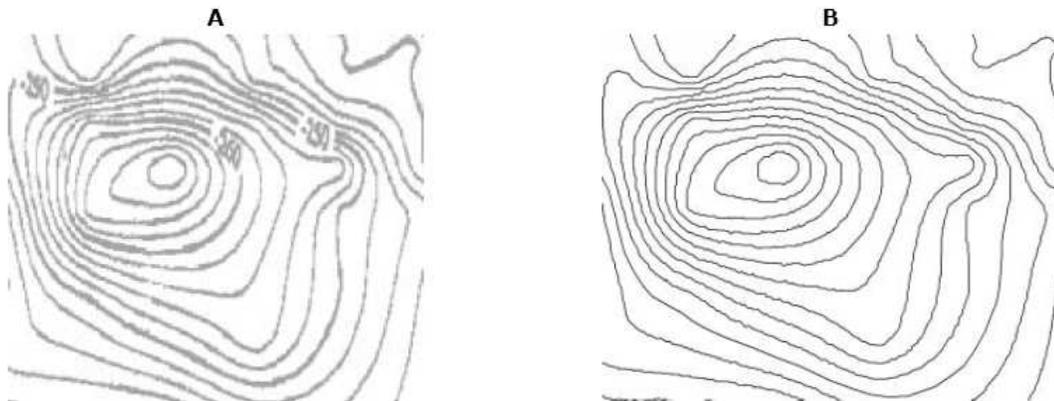
La Figura 2.4 muestra la imagen de un mapa geológico publicado a escala 1:100,000 y permite la comparación con su versión digital (en formato vectorial), la cual fue capturada con la técnica de digitalización en pantalla.

### 2.4.3 Barrido Óptico Electrónico (escaneo).

Esta técnica permite integrar a los proyectos de SIG datos como fotografías aéreas y mapas temáticos. Se recomienda utilizarla cuando se cuente con un scanner del tamaño y resolución adecuados para el tipo de material cartográfico por transformar, la extensión del área de estudio, la escala de trabajo, así como para la exactitud requerida.

### 2.4.4 Vectorización.

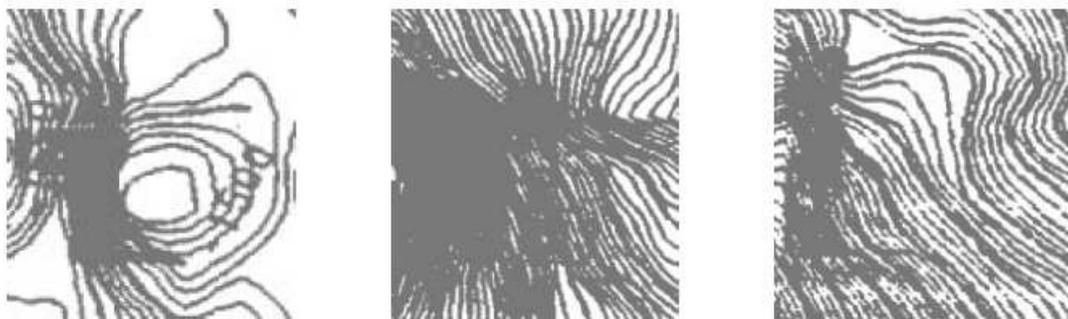
En general cualquier variante de la técnica de vectorización se debe aplicar cuando las imágenes que se desean convertir a formato vectorial contienen un solo tipo de rasgo, por ejemplo fallas o isóneas. En la Figura 2.5 se muestra un ejemplo generado a partir de esta técnica. La Figura 2.5A muestra la imagen base y la Figura 2.5B presenta los vectores generados automáticamente. Nótese que los vectores ya presentan edición en las zonas donde las isóneas se cortan con las cotas.



**Figura 2.5.** Ejemplo de vectorización semiautomática.

Sin embargo, no todas las cartas con un solo tipo de rasgo son buenos candidatos a la vectorización. En la Figura 2.6 se pueden observar varios segmentos de una carta que complicarían la vectorización. En este

ejemplo, los datos que dieron origen a las isolíneas fueron interpolados y en la impresión del mapa se asignó un grosor y número exagerado de isolíneas. En este caso lo más factible es partir del archivo digital y generar nuevas isolíneas evaluando la equidistancia más adecuada. Si esto no es posible, entonces se puede aplicar el barrido de la carta y eliminar la mayor cantidad de sus errores para finalmente realizar la vectorización.



**Figura 2.6.** Ejemplo de un mapa de isolíneas mal elaborado que no califica para la vectorización.

#### **2.4.5 Mosaicos.**

La técnica de creación de mosaicos permite la unión de diferentes datos raster e imágenes de productos cartográficos para integrarlos como una sola imagen a la base de datos del SIG.

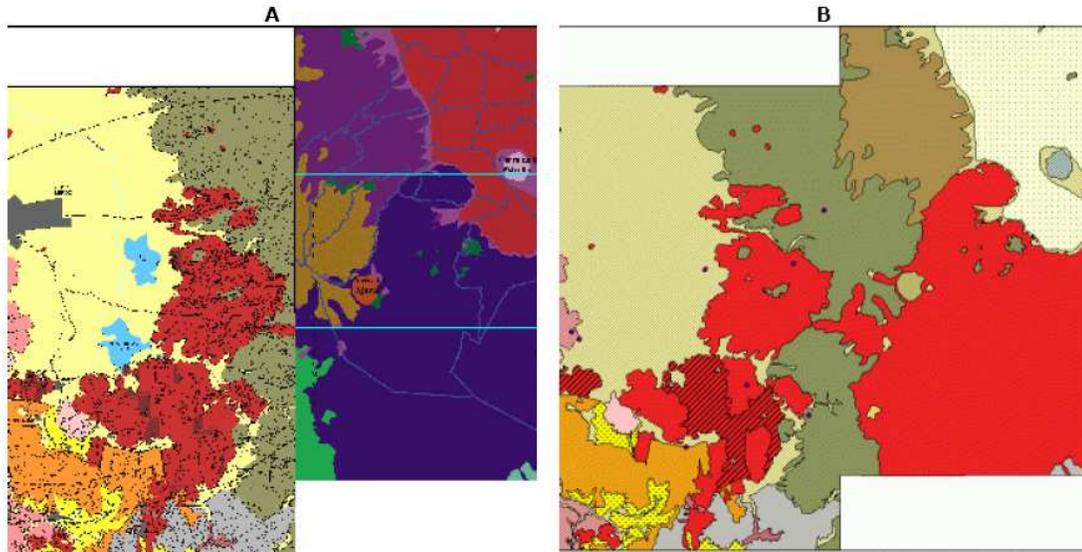
#### **2.4.6 Unión de archivos en formato vectorial.**

Esta técnica se realiza en la mayoría de los programas de SIG con el propósito de crear un solo archivo en formato vector a partir de dos o más contiguos. El funcionamiento óptimo se presenta cuando los archivos que se unirán son consistentes, es decir, cuando en su elaboración fueron utilizados los mismos criterios (escala, número de clases, unidades cartográficas y / o códigos de atributos). Sin embargo, en la práctica esta condición difícilmente se cumple y resulta necesario

aplicar criterios de homologación para dichas características. El principal criterio utilizado es la reclasificación, tanto de los rasgos en conflicto, como de todos los rasgos de cada archivo. Esta última técnica es la más adecuada en el caso de unión de polígonos, pero requiere de un sólido conocimiento en la disciplina del mapa. En general es muy importante la escala cartográfica de la que se derivan cada uno de los datos por unir, ya que ésta influye en la configuración geométrica de los rasgos y determina de alguna forma el número de clases o unidades que se pueden discriminar adecuadamente.

En la Figura 2.7 se presenta un ejemplo de unión de dos mapas geológicos con diferentes características. En este caso se utilizó como criterio de unión la reclasificación de las unidades dentro del borde compartido por ambos archivos. Donde fue necesario se definió un nuevo límite a partir de la fotointerpretación de compuestos a color de una imagen Landsat TM sobrepuestos al Modelo Digital de Elevación de la zona.

En la figura 2.7A se observa la zona de unión entre dos mapas geológicos adyacentes, pero elaborados por diferentes autores (García-Palomo et al., 2002; Vázquez-Sánchez y Jaimes-Palomera, 1989; Díaz-Molina, 2000). En la imagen B se presenta el archivo vector resultado de la unión y reclasificación de las unidades en conflicto.



**Figura 2.7.** Unión de mapas geológicos.

## **2.5 Automatización.**

La automatización de datos espaciales representa el medio que asegura la consistencia en la calidad de la información. Se debe tener precaución en el seguimiento de algunas medidas relacionadas con los procesos de captura para asegurar la exactitud adecuada de dicha información. En esta sección se presentan los principales procesos para la creación de datos digitales.

### **2.5.1 Importación.**

En la actualidad la mayoría de los programas de SIG cuentan con herramientas que permiten leer directamente formatos pertenecientes a otros programas, así como a estructuras estandarizadas de información espacial. Algunos programas pueden incluso editar dichos archivos sin cambiar su formato, otros requieren para esta función realizar las operaciones de importación a una estructura interna. Esta última opción es la que se recomienda utilizar cuando se decide integrar cualquier dato a un proyecto con propósito de editarlo, ya que en general tendrá un

mejor uso de las funciones analíticas del programa utilizado y reducirá los tiempos de procesamiento.

#### **2.5.1.1 Formatos gráficos raster.**

Los gráficos raster más utilizados corresponden a imágenes de sensores remotos, Modelos Digitales de Elevación (DEM), datos de variables geofísicas interpolados, así como fotografías y mapas. Dichas imágenes tienen diferentes aplicaciones, por ejemplo en la edición y actualización de información cartográfica vectorial.

#### **2.5.1.2 Formatos gráficos vector.**

El formato gráfico vector es el más utilizado para la producción cartográfica digital porque la mayoría de los programas de CAD como GIS permiten ligar los objetos geográficos con tablas de atributos no espaciales, las cuales pueden estar almacenadas en bases de datos internas o externas.

### **2.5.2 Digitalización.**

Es el proceso más común de conversión de información gráfica existente en papel a formato digital vectorial. Si ya existe una capa base en formato digital que contiene algunos puntos o líneas, los cuales representan los mismos rasgos a digitalizar en una nueva cobertura, se deben de copiar de la misma y evitar ser digitalizados nuevamente. Para este proceso se requiere que la capa base sea de la misma escala y con exactitud similar a la del material digitalizado.

### **2.5.2.1 Preparación de los mapas fuente.**

#### **Materiales con geocodificación.**

Antes de que se digitalice cualquier mapa, se debe tratar de conocer las características de su proyección. Los mapas por digitalizar deben estar en condiciones adecuadas para el proyecto, ya que los errores en la fuente original se reflejarán en el mapa digital. En particular se requiere determinar si la exactitud absoluta o relativa de cada mapa es funcional para el proyecto, si la fecha del mapa es válida para los objetivos y si los diferentes mapas están en la misma escala.

Los mapas, planos y dibujos en papel son susceptibles de modificar sus dimensiones con los cambios de humedad. Por lo tanto, la digitalización desde tales productos se debería de evitar. Dentro de lo posible, se recomienda copiar los rasgos de interés a un medio más estable, el papel estabilene (mylar o vellum) sobrepuesto servirá para tal propósito. De esta forma, la digitalización de coberturas homogéneas mantendrá un material libre de otros rasgos que dificultarían el proceso de digitalización. En el proceso de copiado, cada cobertura se debe registrar con respecto al material original usando un mínimo de 4 puntos de control evidentes (tics), por ejemplo las esquinas del área representada.

Sobre las coberturas copiadas en el material dimensionalmente estable, además de los tics, se deben realizar algunas anotaciones, las cuales permitirán su identificación. Por ejemplo: tema del material cartográfico, número de serie o clave, escala, proyección, datum, fecha, responsable de la digitalización, institución y nombre del proyecto.

### **Materiales sin geocodificación.**

Algunos materiales derivados de fotointerpretación directa sobre fotografías aéreas no contienen geocodificación, sin embargo se pueden registrar a partir de puntos de control correspondientes a las marcas fiduciales. Por lo tanto, se deberá marcar un mínimo de 4 tics de registro en cada cobertura derivada.

Antes del uso de fotografías aéreas, se debería de conocer información adicional como la escala de la misma, la fecha y hora del vuelo. Para minimizar la distorsión, se debería de utilizar solo el área efectiva de las fotos, es decir, donde la distorsión está minimizada. Por ejemplo, en zonas de bajo relieve el área efectiva de una fotografía de 9"x9" se reduce a solo 6"x6".

### **2.5.2.2 Calibración.**

La calibración es el proceso de creación de una correspondencia entre el sistema de coordenadas del mapa con un sistema de coordenadas cartesiano. Una vez configurada la tableta digitalizadora, las operaciones son las siguientes:

#### **Fijar el mapa a la tableta.**

Los materiales por digitalizar se deben tratar con cuidado y precaución para mantener sus propiedades dimensionales y la exactitud, en especial no se deberían de doblar, rasgar, manchar o modificar. Para su captura se deben fijar a la tableta utilizando una cinta adhesiva en sus extremos.

### **Calibración del digitalizador**

Este proceso se realiza para registrar el digitalizador con el sistema de coordenadas que se está usando en el mapa. Cuando se inicia el comando correspondiente, con el digitalizador se indican los puntos sobre el mapa, y se capturan las coordenadas respectivas por cada punto en el mapa impreso.

Lógicamente, entre más puntos se seleccionen para calibrar el mapa, será mayor la exactitud de la transformación; sin embargo, esta relación no siempre es funcional. El número de puntos requeridos depende del tamaño total del mapa, el nivel de precisión que se necesita y la distorsión del original. La selección de un máximo de 9 puntos es una buena regla; especificar un número mayor incrementa el tiempo de cómputo con mejoras mínimas en la exactitud. Si el original es un material nuevo o bien conservado y sin dobleces, 4 puntos en las esquinas y 2 puntos internos deberían ser suficientes. Lo más importante es distribuir los puntos alrededor de todo el mapa y evitar que se concentren.

Para completar la calibración, se requiere elegir una opción de transformación y calcular los errores asociados con las opciones de transformación disponibles (orthogonal, affine y proyective). Cuando los cálculos estén completos, se podrán evaluar los resultados para cada tipo de transformación.

**Tabla VII.** Opciones de calibración (Autodesk, 1999).

<b>Opción</b>	<b>Características</b>
<i>Ortogonal</i>	Necesita solo 2 puntos de calibración especificados y digitalizados para crear una transformación consistente de traslación arbitraria, escalado uniforme y rotación. Este método no se recomienda a menos que solo se puedan encontrar 2 puntos.
<i>Afinidad</i>	Requiere un mínimo de 3 puntos. Permite una transformación de la tableta incluyendo traslación, escalado independiente en (x,y), rotación y sesgo. Provee una transformación lineal arbitraria en un espacio bidimensional. Es el método idóneo para registrar mapas en un sistema de coordenadas cartesiano como el UTM.
<i>Proyección</i>	Necesita por lo menos 4 puntos. Realiza una transformación equivalente a una proyección perspectiva de cualquier plano en otro plano. Llevada a cabo por estiramiento del original en diferentes proporciones. Es la mejor opción para materiales derivados de imágenes de satélite.

### **Determinación de errores permisibles**

El error cuadrático medio o RMS (Root Mean Square), indica qué tan uniforme o extrema resultó la transformación de calibración, los valores bajos cercanos a 0 indican mejor calibración. Algunos programas como AutoCAD Map 2000 reportan la desviación estándar en todos los puntos de calibración, el error residual indica qué tan lejos un punto de calibración está con respecto a su localización supuesta y es la diferencia entre el punto de calibración actual y el punto calculado por la transformación. Una gran diferencia indica un error en el procedimiento, invirtiendo alguna de las coordenadas capturadas (error muy común) o incorporando algún punto extraño.

Para seleccionar el tipo de transformación se debe de elegir la opción con los valores RMS y desviación estándar menores. La tolerancia para algunos programas como ARC/INFO considera que el RMS máximo en el registro sea de 0.127 mm. (0.005") medidos sobre el papel, los cuales multiplicados por la escala indicarán el valor en el terreno. De acuerdo con esta tolerancia, en el caso de mapas a escala 1:50,000, el error RMS debe ser menor a 6.35 metros en el terreno.

### **2.5.2.3 Consideraciones durante la digitalización.**

La capacidad de realizar sobreposición entre polígonos, líneas o puntos es una característica esencial de los programas de SIG vectoriales. Constituye la parte central de las tareas de análisis espacial. Por lo tanto, se requiere de una estructura adecuada de los datos para realizar estas funciones. Todas las medidas y precauciones que se tomen durante la digitalización mejorarán la calidad en la integración final de los datos espaciales.

En general se recomienda digitalizar suficientes puntos para representar con exactitud rasgos lineales y de superficie (polígonos). Las impresiones de materiales previamente digitalizados, cuyos archivos originales no sean accesibles y requieran digitalización, deberán de mantenerse dentro de un rango de 0.25 mm. (0.01") de variación con respecto a los rasgos del material fuente. De esta manera se evitará la generación de nueva información con errores mayores a los permisibles por la escala. Se deben de capturar solo los puntos que cumplan dicho valor, ya que puntos innecesarios requieren procesamiento extraordinario y espacio de almacenamiento.

Como recomendación se debe digitalizar a lo largo del centro de las líneas y en el centro de los puntos. La tolerancia recomendada para la distancia entre dos puntos (tolerancia weed en ARC/INFO) es de 0.05 mm. (0.002") sobre la tableta de digitalización, los cuales multiplicados por la escala del material darán el valor en el terreno. Por ejemplo, en mapas a escala 1:50 000 esta tolerancia debería ser de 2.5 m.

#### **2.5.2.4 Codificación de Atributos y Diccionario de Datos.**

Cada punto, línea y polígono debe tener un solo número de identificación (ID) de rasgo. Cada proyecto debe de desarrollar un Diccionario de Datos, el cual contendrá una lista con la explicación de todos los esquemas de codificación existentes.

#### **2.5.3 Barrido Óptico Electrónico (BOE).**

El BOE constituye una de las vías alternas para la automatización cartográfica. La mayor parte de los mapas topográficos se realizan por métodos fotogramétricos que implican el uso de dicha técnica, también es más frecuente la aplicación de métodos de vectorización automática a partir de imágenes de documentos cartográficos. La Tabla VIII muestra las principales características de los dispositivos para realizar el BOE.

**Tabla VIII.** Principales características de los dispositivos de Barrido Óptico Electrónico.

<b>Categoría</b>	<b>Documentos</b>	<b>Máxima Resolución Óptica (dpi)</b>	<b>Tamaño máximo de barrido</b>	<b>Factor limitante para aplicación en cartografía</b>
<i>Scanners</i> genéricos de cama plana	Texto, gráficos. Mapas pequeños o en partes	600 - 1200	A4 (8.27"x 11.69") Tabloide (11"x17")	El tamaño máximo de barrido (carta/A4) no es adecuado para fotos aéreas.
<i>Scanners</i> de cilindro	Planos, Mapas, Carteles	1000	1m x 1m	Es muy lento para realizar el barrido
<i>Scanner</i> con Sistema de Vídeo Electrónico	Planos, Mapas, Carteles	400	1m x 1m Baja resolución en el barrido	
<i>Scanner</i> de formato grande con sensor CCD	Planos, Mapas, Carteles	50-800 configurables con incrementos de 1 dpi	E/A0 (36" x 40")	Son sistemas relativamente caros
<i>Scanners</i> Fotogramétricos	Rollo de película, Diapositivas	2500-6350	32cm x 32 cm	Son sistemas muy caros

En general, para la aplicación de BOE en cartografía se debe evitar el barrido de documentos que se han impreso con la técnica de medios tonos, ya que en lugar de detectar líneas sólidas o colores de tinta, el BOE detectará cada uno de los puntos existentes. El resultado de este

proceso genera una imagen perfectamente aceptable, pero imposible de procesar en software de vectorización.

### **2.5.3.1 Mapas.**

Se recomienda realizar el barrido de mapas y documentos cartográficos tales como ortofotos, ortofotomapas y espaciomapas en resoluciones mínimas de 300 dpi. Por ejemplo, un mapa a escala 1:50,000 barrido a 300 dpi genera imágenes con tamaños de píxel de 4.2 m. Para una imagen de este tipo el tamaño de archivo en formato TIF con 8 bits (256 colores indexados) sería ~70 MB sin compresión.

### **2.5.3.2 Fotografías aéreas.**

Para obtener la información disponible en fotografías aéreas con la mejor exactitud se requiere el empleo de scanners fotogramétricos, los cuales permiten entre otras especificaciones, un muestreo óptico menor a 10 m (2540 dpi). Para mejores resultados se recomienda el BOE directamente de la película original o de la diapositiva en tono continuo de cada foto, usando resoluciones mínimas de 500 dpi y guardando las imágenes obtenidas en formato TIFF sin compresión.

Dos factores afectan la resolución de la imagen y el tamaño de los rasgos más pequeños en la imagen digital de la fotografía aérea, estos factores son:

- ✓ La escala de la fotografía original. Determinada por la altura del vuelo sobre el terreno y la distancia focal de la cámara.

- ✓ La resolución del barrido. Determinada por los puntos por pulgada (dpi) usados para realizar el BOE de la fotografía área.

## **2.5.4 Vectorización.**

La vectorización es la conversión de cualquier modelo de datos espacial a una estructura de datos vectorial. Normalmente se refiere a la conversión desde el sistema raster, dicho proceso implica una pérdida de precisión en la representación de los datos derivada de las diferentes resoluciones entre los modelos. Esta conversión puede ser de puntos, líneas y polígonos. Sin embargo, considerando que la conversión de líneas es la más complicada y una de las más importantes en cartografía, es la única técnica empleada en este tipo. Algunos programas de vectorización con tal enfoque son ArcScan para Arc/info de ESRI, CAD Overlay de Autodesk, I/GeoVec y GeoVec Office de Intergraph. En general, todos ellos tienen funciones para realizar las etapas de la vectorización.

## **2.6 Administración y Manejo.**

### **2.6.1 Corrección geométrica de imágenes.**

En esta sección se analizan las técnicas de corrección aplicadas a imágenes de sensores remotos, fotografía aérea y cartografía impresa.

#### **2.6.1.1 Distorsiones presentes en datos de sensores remotos.**

Para que las imágenes de sensores remotos se puedan utilizar en el ambiente de un SIG se requiere realizar primero la corrección de las

distorsiones geométricas. La tabla IX muestra las principales distorsiones presentes en las imágenes de sensores remotos.

**Tabla IX.** Principales distorsiones presentes en las imágenes de Sensores Remotos.

<b>Tipo de Plataforma</b>	<b>Rotación y curvatura de la Tierra</b>	<b>Relieve terrestre</b>	<b>Estabilidad</b>
Satélite	X X X	X	Las orbitas casi sin perturbación tienen la ventaja de gran estabilidad en altitud y velocidad.
Avión	X	X X X	Propensos a las distorsiones presentes en la trayectoria del vuelo (variaciones de altitud y velocidad, <i>pitch</i> , <i>roll</i> y <i>yaw</i> ), así como a efectos panorámicos relacionados con la geometría de las imágenes.

Existen además distorsiones geométricas que son propias del proceso de captura del sensor, tales como: tasa de barrido, alineación errónea en sensores de barrido, amplio campo de vista, efectos propios de la geometría de visión lateral en sensores activos, entre otros.

### **2.6.1.2 Operaciones de corrección geométrica de imágenes.**

De acuerdo con Ehlers, (1997) las operaciones de corrección geométrica son:

**Referencia de imágenes.** Técnica que consiste en referenciar los píxeles de la imagen a un sistema de coordenadas maestras. Este sistema puede ser de coordenadas de píxeles de una imagen patrón (referencia relativa) o un sistema de coordenadas geodésico o geográfico

(referencia absoluta o georreferencia). Este proceso no incluye la modificación geométrica de la imagen por referenciar (imagen esclava), constituye solamente el cálculo de una función de transformación de coordenadas.

**Registro.** Proceso que se realiza después del cálculo de la función de transformación de coordenadas. Incluye la modificación geométrica de los píxeles de la imagen esclava en la geometría de la imagen maestra o la definida en la cartografía base. El registro también puede incluir el reformateo del tamaño de los píxeles y en consecuencia la asignación de nuevos valores en los niveles digitales de la imagen.

**Rectificación.** Proceso de registro de una imagen a un sistema de coordenadas del mundo real (geodésico o geográfico). Por lo tanto, la rectificación se conoce también como geocodificación, proceso de corrección que elimina los errores geométricos (locales y globales) y transforma la imagen de acuerdo a un sistema de coordenadas del mundo real.

Las técnicas de registro y rectificación se pueden combinar cuando la imagen esclava se registra a una imagen maestra ya geocodificada.

**Remuestreo.** Es una parte del proceso de registro/rectificación. Puede incluir la asignación de nuevos valores en los niveles digitales de la imagen, ya que con frecuencia la localización de los píxeles registrados o geocodificados no se proyectan en la localización exacta de un píxel, por lo cual se deben interpolar por algún método.

### 2.6.1.3 Cuando aplicar la corrección geométrica de imágenes.

La corrección geométrica es un requerimiento fundamental para el procesamiento integrado de datos de sensores remotos con datos SIG. De hecho, para realizar la sobreposición de imágenes y generar catálogos o mosaicos de las mismas, se debe utilizar la misma proyección cartográfica. En la Tabla X se presentan diferentes ejemplos de aplicaciones donde se requiere realizar necesariamente la corrección geométrica de imágenes.

**Tabla X.** Aplicaciones que requieren la corrección geométrica de imágenes.

- ✓ Comparación entre imágenes. Detección de cambios, identificación de áreas que han cambiado durante determinado tiempo. Ambas imágenes requieren estar geocodificadas a una proyección específica, o al menos registrada una con respecto a la otra.
- ✓ Mosaico de imágenes. Integración de imágenes independientes en una sola para cubrir completamente un área geográfica de interés.
- ✓ Fusión de datos. La geocodificación resulta indispensable cuando se requiere sobreponer o integrar diferentes imágenes y datos de la misma zona, mezclando sus bandas con el propósito de realizar diferentes operaciones matemáticas o de realce.
- ✓ Medición. Cuantificación indirecta de parámetros geométricos, actualización de bases de datos de un SIG, aplicaciones que requieren el conocimiento del tamaño de los rasgos en el terreno (área, dirección y distancia).
- ✓ Elaboración de Mapas. Para incorporar datos vectoriales, sobreponer la malla de coordenadas y otros elementos con georreferencia.
- ✓ Actualización de imágenes. Para actualizar parte de una escena más vieja, incluso toda una imagen.

La tabla XI indica los métodos de corrección geométrica que son más apropiados.

**Tabla XI.** Métodos de corrección geométrica de acuerdo al tipo de imagen.

<b>Tipo de imagen</b>	<b>RST</b>	<b>Polinomial</b>	<b>Triangulación</b>	<b>Ortorrectificación</b>	<b>IGM*</b>
Satélite óptico (Landsat)	X	X			
Satélite óptico (SPOT)	X	X		X	
Satélite de radar		X			
Aerofotos			X	X	
<i>Scanner</i> óptico aerotransportado		X	X		
Radiómetro Hiperespectral aerotransportado					X

#### **2.6.1.4 Georreferencia de imágenes.**

Las imágenes se almacenan como datos raster, donde cada celda en la imagen tiene un número de renglón y columna. Para desplegar datos vectoriales sobre imágenes se requiere establecer un método de transformación de coordenadas de imagen a coordenadas en el mundo real (georreferencia). Esta información se almacena comúnmente con la imagen, en el mismo archivo donde reside la matriz de datos, como por ejemplo: GeoTIFF, ERDAS LAN, GIS e IMAGINE (IMG). Algunos formatos como BSQ, BIL, BIP, GeoSPOT y Er-Mapper almacenan las características de la georreferencia en el archivo encabezado de la imagen. Sin embargo, otros formatos almacenan dicha información en un archivo ASCII. Estos archivos generalmente se denominan world, ya que contienen los datos para realizar la transformación a coordenadas del mundo real. Por lo tanto, los archivos world se pueden crear y/o editar con cualquier editor de texto. También se pueden crear casi en forma automática desde diferentes sistemas y usando el comando REGISTER de ARC/INFO.

### **2.6.1.5 Rotación de la Imagen.**

Con frecuencia es más fácil rotar o realizar la transposición horizontal o vertical de las imágenes antes del registro para dejarlas aproximadamente en la orientación correcta. Esta operación facilitará la rectificación en el método imagen a imagen, así como el método imagen a mapa que se verán más adelante. La mayoría de los programas permiten seleccionar una parte de la imagen y realizar el proceso en forma estándar (con múltiplos de 90 grados) o indicando el ángulo exacto de rotación con un algoritmo de remuestreo, en este método se debe elegir también el valor de fondo deseado en ND para los píxeles sin dato. Algunos programas permiten realizar la matriz transpuesta de la imagen, en forma vertical rotando 270 grados con transposición, y en forma horizontal rotando 90 grados con transposición (si el sistema cuenta los grados en el sentido de las manecillas del reloj).

Si se requiere solo remuestrear la imagen, es decir cambiar el tamaño del píxel, se debe seleccionar la técnica de remuestreo con rotación nula.

#### **Rectificación de Imágenes de Mapas.**

En proyectos de restauración y reproducción de cartografía se requiere mantener solo la calidad del producto gráfico, con lo cual es suficiente el archivo que se obtiene de un material cartográfico por BOE. Sin embargo, algunos proyectos de SIG requieren que la imagen del documento cartográfico sea georeferida. Para lo cual se debe determinar el ángulo de desplazamiento promedio utilizando por lo menos 4 puntos de referencia, después el archivo se debe rotar. Tales operaciones se pueden realizar en programas tipo Paint como Photoshop.

Finalmente, se debe construir un archivo Word que incluya la información de la georeferencia.

Otro método para rectificar la imagen de un mapa es a través de puntos de control en el terreno (GCP), los cuales deben ser por lo menos 9.

## **2.6.2 Modelos estadísticos para la rectificación geométrica de imágenes.**

Estos modelos consideran una relación matemática existente entre la localización de los píxeles de la imagen esclava y la imagen maestra, o bien, las coordenadas de puntos de control en el terreno (GCP).

### **2.6.2.1 Imagen a Imagen.**

Realiza la transformación en forma lineal (Triangulación de Delaunay) o por un polinomio de grado 1 a  $n$ , usando GCP. Requiere que las dos imágenes sean desplegadas: la imagen esclava (no corregida) y la imagen maestra (con o sin proyección), así como ventanas de acercamiento para cada una. Incluye la selección de GCP con coordenadas subpíxel (fraccionales), la rectificación y la evaluación del resultado.

### **2.6.2.2 Imagen a Mapa.**

Método muy parecido al de Imagen a Imagen. Rectifica la imagen a una proyección cartográfica. Requiere por lo menos que la imagen sin corrección sea desplegada. Este método se recomienda para la rectificación de imágenes de mapas utilizando como GCP un submuestreo sistemático de las intersecciones en la retícula de

coordenadas del mapa. La imagen del mapa rectificado se puede utilizar para realizar el registro de otros tipos de imágenes usando el método imagen a imagen.

### **2.6.2.3 Conversión entre diferentes proyecciones y coordenadas (Mapa a Mapa).**

Cuando se requiere cambiar entre dos espacios de coordenadas conocidos se puede aplicar la transformación usando una fórmula matemática. Estas operaciones realizan la conversión desde un archivo raster o vector con una proyección definida a otra diferente. Requiere configurar los parámetros cartográficos de la imagen o archivo vector resultante, entre ellos las unidades. Se pueden usar algunos de los siguientes métodos de transformación: RST, polinomial o triangulación. En el caso de imágenes, las técnicas de remuestreo disponibles son: vecino más cercano, bilineal y convolución cúbica.

### **2.6.3 Selección de Puntos de Control en el Terreno (GCP).**

Consiste en la definición de puntos (píxeles) de correspondencia entre rasgos comunes tanto en la imagen esclava como en la imagen maestra, o bien, con un mapa o datos GPS. Los GCP se seleccionan utilizando el cursor en una ventana de acercamiento. En algunos sistemas la fracción del píxel disponible en la ventana de acercamiento es proporcional al factor del acercamiento, por lo tanto es conveniente definir los GCP con un acercamiento adecuado según el tamaño del píxel. La mayoría de los sistemas cuentan con la función que permite ubicar el indicador en una

coordenada específica, la cual corresponderá con el centro de la ventana activa.

### **2.6.3.1 Especificaciones para el método de Imagen a Mapa.**

Las coordenadas cartográficas correspondientes se pueden capturar manualmente desde un mapa. Los sistemas más avanzados permiten capturar las coordenadas en latitud y longitud (tanto en grados decimales como en grados, minutos y segundos).

Después se debe de elegir la proyección adecuada y los parámetros del sistema de coordenadas correcto, con esta información el programa realizará automáticamente la transformación desde el sistema de coordenadas geográficas.

Los GCP también se pueden capturar en forma semiautomática desde los siguientes medios: una ventana de despliegue de un archivo vector, un mapa sobre una tableta digitalizadora o una lista de datos de un receptor GPS.

### **2.6.3.2 Número adecuado de GCP**

Para la rectificación de imágenes de satélite (escenas completas) por el método de Triangulación o Polinomial, se recomiendan 32 GCP como mínimo, ya que con este número se podrán evaluar diferentes combinaciones de las técnicas de transformación y remuestreo, incluyendo hasta polinomios de tercer grado (Tabla XII).

En el caso de función polinomial, el número necesario de puntos de control depende del grado de la misma. Sin embargo, en la práctica se utiliza un número significativamente mayor al mínimo requerido y los

coeficientes se estiman usando técnicas de mínimos cuadrados (Tabla XII). Se debe elegir por lo menos el doble del número de GCP requeridos por el grado del polinomio con el propósito de calcular el RMS.

**Tabla XII.** Número recomendado de GCP según el orden del polinomio.

<b>Orden del Polinomio</b>	<b>GCP esenciales</b>	<b>GCP esenciales en ENVI (#GCP &gt; (grado+1)2)</b>	<b>Mínimo Recomendado</b>
1	3	4	8
2	6	9	18
3	10	16	32

### **2.6.3.3 Predicción de la posición del GCP.**

En varios programas se cuenta con una técnica que facilita la ubicación de los GCP, determinada por el número definido de GCP y el grado del polinomio usado. Esta técnica consiste en: posicionar un GCP en la ventana de acercamiento de la imagen maestra, seleccionar la opción de predicción, refinar la predicción al píxel correcto en el acercamiento de la imagen esclava y agregar el punto a la lista. Con esta técnica se reduce el tiempo de captura de puntos.

### **2.6.3.4 Distribución de GCP.**

Se debe de tener una buena distribución de los GCP por toda la imagen y evitar su concentración exclusiva en un sitio. Se recomienda realizar la selección de acuerdo a un patrón regular, tratando de cubrir la mayor cantidad de puntos dentro de la imagen sin rectificar, aplicando atención particular a los bordes de la imagen. Se prefiere utilizar como GCP solamente rasgos fáciles de ubicar y bien definidos, tales como intersecciones de caminos.

### **2.6.3.5 Aplicación y almacenamiento de los GCP.**

Los GCP se utilizan en la construcción de un modelo de transformación. La calidad de los GCP seleccionados estará altamente correlacionada con la calidad de la rectificación final.

Después de capturar los GCP se deben guardar en un archivo de salida para llevar la historia de procesos realizada y generar finalmente los metadatos. La mayoría de los programas cuentan con la opción para integrar también los resultados del RMS total, se debe tener especial cuidado en incluir los datos de la proyección utilizada durante la captura de los GCP, así como el tamaño del píxel, tanto en X como en Y.

Después de que los GCP se han seleccionado y almacenado, ya sea para el método Imagen a Imagen, o para el método Imagen a Mapa, se deben especificar las opciones de transformación y remuestreo.

Con esta información se puede realizar nuevamente la rectificación de la imagen con los mismos GCP y diferentes opciones de rectificación, lo cual permitirá evaluar el mejor de los métodos según la zona, el tipo de sensor y los datos.

### **2.6.4 Opciones de transformación.**

Existen tres opciones de transformación: RST (Rotación, cambio de escala y traslación), Triangulación de Delaunay (TD) y Polinomial.

RST es la opción más simple requiere 3 o más puntos GCP para realizar la rotación, cambio de escala y traslación de la imagen.

La opción TD genera una red irregular de triángulos desde los GCP e interpola en forma lineal todos los valores a una malla de salida. Los coeficientes polinomiales para cada triángulo se generan en forma automática. La rectificación se realiza con una función lineal dentro de cada triángulo. Esta técnica reduce la distorsión local de la imagen y es óptima para rectificar datos de barredores instalados en aviones, ya que disminuye los efectos de movimientos no esperados en la plataforma, tales como el SKEW y el YAW, además tiene la ventaja de no introducir otros errores. Sin embargo es menos exacta que la ortorectificación. Si se elige el método de TD, en algunos programas se puede definir un píxel de fondo para el borde con valor nulo. Con esta opción se evitará en la imagen rectificadas el efecto smearing, el cual se presenta con frecuencia en los bordes.

El método polinomial se puede realizar con orden de 1 a n. El grado del polinomio depende del número de GCP seleccionado, en el programa ENVI el  $\#GCP > (\text{grado}+1)^2$ .

La exactitud del método depende de la precisión de localización de los GCP, por lo cual resulta benéfico elegir el mayor número posible de GCP para minimizar el efecto de cualquier error simple. En general, esta opción reduce la distorsión global de la imagen y no resuelve la distorsión local. Se utiliza principalmente en la rectificación de datos de satélite. Como regla se debe utilizar un polinomio con el menor orden posible para obtener los mejores resultados y evitar la introducción de nuevas distorsiones en la imagen resultante.

### 2.6.5 Opciones de Remuestreo.

En el remuestreo se utilizan dos enfoques: el cálculo de interpolación directa e indirecta. En el primero los valores iniciales serán transferidos píxel a píxel a la imagen resultante. Con frecuencia la nueva posición del píxel no es un valor entero y se ubicará entre varios píxeles de la imagen de salida. El método indirecto genera las imágenes resultantes píxel a píxel. Para cada píxel saliente calculará el píxel entrante, lo cual significa que el valor nuevo de cada píxel resultante se calcula a partir de los píxeles iniciales circundantes. La Tabla XIII presenta las características principales de las opciones de remuestreo.

**Tabla XIII.** Características principales de las opciones de Remuestreo.

<b>Remuestreo</b>	<b>Vecino más cercano</b>	<b>Bilineal</b>	<b>Convolución Cúbica</b>
Píxeles	1	4	16
Interpolación	Sin interpolación	Lineal bidimensional	Lineal para aproximar la función seno usando polinomios cúbicos
Ventajas	Mantiene el valor original del ND del píxel más cercano	Suaviza la imagen	Conserva los detalles más finos de la imagen original

Características principales de las opciones de Remuestreo. (Continuación).

Desventajas	Los rasgos lineales aparecen bloqueados, con bordes dentados o escarpados.	Puede degradar los detalles presentes en la imagen original. Los bordes pueden aparecer borrosos.	Es significativamente más lenta que otros métodos. No se recomienda para operaciones analíticas. Puede incrementar el componente de alta frecuencia.
Aplicación	Cuando los valores iniciales no se pueden interpolar. Imágenes clasificadas, valores nominales de censos, imágenes para análisis biofísico.	Recomendado para la mayor parte de imágenes de sensores remotos cuando la interpolación es factible. Imágenes Geofísicas (magnéticas o de gravedad)	Interpretación visual y realce de imágenes, integración con datos SIG.

Establecida la técnica de remuestreo se debe definir un valor de fondo, es decir, el valor para el ND que rellenará las áreas carentes de datos en la imagen rectificadas. Se puede usar un valor muy bajo (-9999) si los datos son enteros (16 bits). Para imágenes con datos tipo byte se puede usar el valor 0 (negro) o el 255 (blanco).

La mayoría de los programas calcularán automáticamente el tamaño de la matriz que contendrá los datos de la imagen rectificadas. Sin embargo, cuentan con la posibilidad de cambiar los parámetros de la imagen resultante. Si esta última quedará en coordenadas geográficas sin proyección, se requiere escalar el píxel de salida y el tamaño de la

imagen a unidades de grado con las opciones para cambiar parámetros de la imagen.

## **2.7 Diseño de Mapas y Productos Cartográficos.**

El diseño de mapas y otros productos cartográficos es totalmente responsabilidad de los autores, conservándose así la característica de hacer adaptaciones según las preferencias de los mismos. Sin embargo, cualquier mapa debe incluir en forma obligatoria, identificadores de entidad y los elementos cartográficos. Otros aspectos importantes como las proyecciones y los formatos de impresión.

### **2.7.1 Identificadores**

Los identificadores de entidad son dependientes de la escala cartográfica y utilizan referencias relativas (identificadores puntuales o áreales) para una localización específica. Las localizaciones de las entidades de referencia se deben especificar en el sistema de coordenadas geográficas. Si originalmente se capturaron en UTM, se debe realizar la transformación respectiva. Ejemplos de identificadores son:

#### **De interés Geográfico.**

- ✓ Estados
- ✓ Ciudades
- ✓ Municipios

#### **De interés en Ciencias de la Tierra.**

- ✓ Unidades geológico – geomorfológicos.
- ✓ Regiones Hidrológicas

✓ Minas

## **2.7.2 Evaluación de la exactitud cartográfica.**

### **2.7.2.1 Impresiones de prueba.**

Por cada mapa digital se debe de realizar una impresión de prueba, en la escala del documento fuente, para verificar su exactitud en comparación con el material cartográfico original. En el caso de datos exclusivamente vectoriales, el medio de impresión recomendado es el papel establene (Mylar) con un ancho de línea de 0.01 pulgadas (0.25 mm).

### **2.7.2.2 Exactitud y errores.**

Si se tiene definida la exactitud como la diferencia entre una medición registrada y su valor verdadero, entonces para la mayoría de los propósitos prácticos este valor no se conocerá exactamente. Sin embargo, siempre se requiere alguna identificación de la exactitud y se puede proveer por valores de error numérico, los cuales son mediciones de la exactitud esperada.

La exactitud de un mapa se puede evaluar utilizando puntos de verificación, es decir, comparando las coordenadas de un punto sobre el mapa con sus coordenadas en el terreno, o bien, con las determinadas por un material cartográfico con mayor exactitud (previamente determinada). Por lo anterior, los puntos de verificación corresponderán a sitios bien definidos y fácilmente identificables sobre el terreno

La compilación de mapas, así como los datos por digitalizar deben reunir algunos elementos obligatorios de exactitud. En Estados Unidos existe el

National Map Accuracy Standard (NMAS). Con respecto a la exactitud horizontal, este documento establece que, para mapas publicados a escalas cartográficas mayores a 1:20,000, el 90% de los puntos de verificación tendrá un error máximo de 0.8 mm. Para mapas con escalas cartográficas iguales o menores a 1:20,000, el 90% de los puntos de verificación tendrá un error máximo de 0.5 mm. En ambos casos las mediciones se deberán hacer en el material cartográfico. Con respecto a la exactitud vertical de un mapa a cualquier escala cartográfica, el NMAS establece que, en el 90% de los puntos de verificación la máxima tolerancia vertical permisible será igual a la mitad del intervalo publicado para las isohipsas del mapa.

En el caso de los datos digitalizados, la exactitud en la posición se puede medir a partir de una muestra de puntos sobre una impresión de prueba en papel estable. En esta evaluación se debe de medir la distancia entre los puntos en la impresión y el material cartográfico original, midiendo desde el centro de líneas o puntos.

### **2.7.2.3 Resolución espacial.**

La resolución es la diferencia más pequeña distinguible entre dos valores medidos. La resolución espacial en datos raster se puede entonces considerar como la distancia más pequeña sobre la cual es posible registrar cambios. En un mapa vectorial sería determinada por el ancho mínimo de línea, bajo el supuesto de que una línea se usa para registrar un borde. Las líneas sobre los mapas raramente son dibujadas con un ancho menor que 0.1 mm. En un dispositivo de impresión gráfica como un plotter la resolución física más fina se determina teóricamente por la

separación entre los píxeles del dispositivo. En una impresora láser la resolución es 1/300 a 1/600 de una pulgada (0.08 - 0.04 mm). Existe así una diferencia entre la resolución visual humana (agudeza visual) y la resolución física del dispositivo. Por ejemplo entre la distancia más pequeña con la cual el operador puede distinguir mientras está digitalizando y la distancia más pequeña que la tableta digitalizadora puede registrar.

#### **2.7.2.4 Efecto de la escala cartográfica.**

La escala de un mapa es un parámetro de exactitud crítico, en términos prácticos se debe considerar la distancia en el terreno representada por el ancho de una línea en el mapa. Por ejemplo, en un mapa escala 1:50 000 una línea con ancho 0.25 mm corresponde a un distancia en el terreno de 12.5 m. Si ésta fuera el ancho mínimo de la línea, no será posible representar fenómenos más pequeños en extensión, sin que su tamaño se exagere sobre el mapa.

## **CAPITULO III**

### **WEBMAPPING O SERVIDORES DE MAPAS**

#### **3.1 Introducción.**

Actualmente existen diversas soluciones de carácter comercial, que permiten resolver el problema de la distribución de la información geográfica a través de Internet, que actúan como extensiones de los sistemas de Información Geográfica de Escritorio.

Estas extensiones de Software, actualmente son denominados Sistemas de WebMapping o Servidores de Mapas, y se trata de sistemas altamente especializados y desarrollados por pocas firmas de Software.

En este capítulo se presentará el marco teórico de las bases en que se sustenta esta tesis, los cuales son: Conceptos de Servidores de Mapas, Tipos, Funcionalidades, Arquitectura, etc., como debe ser la optimización de un servidor de mapas, ciertas alternativas de algunos servidores de Mapas que existen en el mercado y una comparativa de algunos servidores de Mapas.

### **3.2 ¿Qué es un Servidor de Mapas?.**

Un Servidor de Mapas es un Sistema de Hardware y Software capaz de enviar vía Web, mapas digitales de forma dinámica, de acuerdo a las consultas realizadas por el cliente a través de su navegador de Internet o de un software SIG que soporte el protocolo WMS. Para ser consecuentes con esta definición, es necesario elegir el hardware y el software necesarios para armar el sistema de webmapping.

Los servidores de mapas permiten a los usuarios la máxima interacción con la información geográfica. Por un lado el usuario o cliente accede a la información en su formato original, de manera que es posible realizar consultas tan complejas como las que haría un SIG. Un servidor de mapas funciona enviando, a petición del cliente, desde su browser o navegador de Internet, una serie de páginas HTML con una cartografía asociada en un formato de imagen (por ejemplo, una imagen GIF o JPEG). Un servidor de mapas es, de hecho, un SIG a través de Internet.

Las primeras versiones de servidores de mapas sólo permitían realizar funciones básicas de visualización y consultas alfanuméricas simples. En las versiones más recientes es posible realizar funciones mucho más avanzadas. El tiempo dirá si los servidores de mapas tendrán toda la funcionalidad de los SIG.

El servidor de mapas es personalizable, es decir, se pueden preparar o programar las herramientas (los iconos de la aplicación) de manera que sean intuitivas para el usuario no experto en SIG.



**Figura 3.1.** La popular página web "MapMachine", del National Geographic Contiene la funcionalidad básica típica de un servidor de mapas

### **3.2.1. Tecnología Web Map Service (WMS).**

El servicio Web Map Service (WMS) definido por el OGC (Open Geospatial Consortium) produce mapas de datos espaciales referidos de forma dinámica a partir de información geográfica. Este estándar internacional define un "mapa" como una representación de la información geográfica en forma de un archivo de imagen digital conveniente para la exhibición en una pantalla de ordenador. Un mapa no consiste en los propios datos. Los mapas producidos por WMS se generan normalmente en un formato de imagen como PNG, GIF o JPEG.

Con la tecnología WMS, la información espacial publicada en la red es dinámica e interoperable. La distribución de información geográfica vía Internet permite la integración en tiempo real de datos procedentes de cualquier parte del mundo. El usuario tiene acceso a los recursos de la

Web, se desplaza libremente por toda la información con herramientas funcionales, cambia la representación gráfica en línea, enlaza elementos gráficos con informaciones procedentes de bases de datos, y trabaja en tiempo real con funciones de análisis.

Este sistema distribuido de información, en comparación con herramientas "stand-alone" o instaladas en un ordenador personal ofrece, entre otras, las siguientes ventajas:

- ✓ Compartir e intercambiar datos;
- ✓ Dar acceso a aplicaciones y herramientas para el análisis y toma de decisiones a un público mucho más amplio;
- ✓ Facilitar la actualización continuada de la información, ayudando a reducir redundancias (duplicaciones) y mejorando el acceso a bases de datos;
- ✓ Facilitar la actualización de aplicaciones e información divulgada.

### **3.2.1.1 Componentes de la arquitectura WMS.**

**Aplicaciones Cliente:** Entorno de trabajo del usuario. Cualquier navegador que soporte el estándar HTML puede actuar como cliente. Será necesario que también soporte Applet (Plug-in) de Java o tecnología ActiveX, si los servicios a los que se accede contienen estos componentes. Actualmente, los sistemas de información geográfica de escritorio permiten obtener capas de información WMS.

**Aplicaciones Servidor:** Son las encargadas de canalizar y atender las operaciones que el usuario solicita sobre los datos: ArcView IMS,

MapObjects IMS, ArcIMS, MapGuide, Geomedia Web, UMN MapServer, OGC Mapview, Geoclip, GeoServer, MapXtreme, MonoGIS, etc.

**Bases de Datos:** Las aplicaciones acceden a los datos que pueden estar almacenados en archivos o en bases de datos espaciales relacionales (PostGIS, ArcSDE, Oracle Spatial, etc.).

### **3.2.2. Tipos de Servidores de Mapas.**

#### **3.2.2.1 Servidores de Imágenes en Formato Mapa de BIT.**

Este es el nivel básico del servidor de mapas, basado en un servidor http ordinario como el Internet Information Server (IIS) de Microsoft, el Enterprise Server de Netscape, o Apache de código abierto. Los mapas son sencillos gráficos bitmap, normalmente GIF o JPEG. Todos estos servidores ofrecen imágenes estáticas, es decir sólo sirven para visualizar dichas imágenes.

#### **3.2.2.2 Servidores de Mapas Interactivos.**

El nivel siguiente, en cuanto a complejidad de los servidores de mapas, lo constituye este grupo, que realiza varias tareas de manipulación cartográfica y conexión con bases de datos, enviando imágenes vectoriales de mapas a través del servidor WEB. Por lo tanto, dicho servidor se utiliza únicamente para aceptar peticiones del cliente, pasarlas al servidor de mapas y devolver la información geográfica solicitada al cliente.

### **3.2.3. Funcionalidad de los Servidores de Mapas.**

Las principales funciones que permiten realizar los servidores de mapas son:

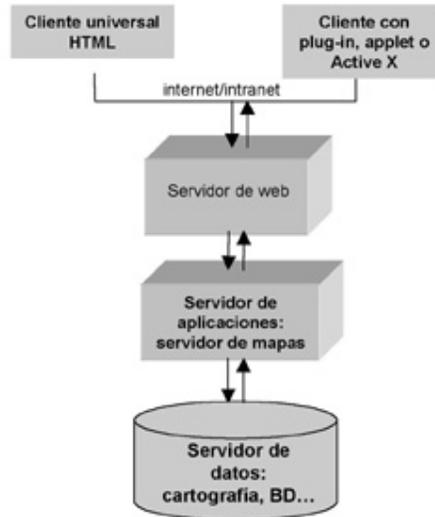
- ✓ Visualización, zooms para alejar o acercar los elementos cartográficos. En servidores de mapas más avanzados el usuario puede definir la extensión de los "zooms"; también puede activar y desactivar la visualización de las capas de elementos cartográficos; información dinámica al pasar el Mouse sobre cada elemento cartográfico.
- ✓ Identificación de atributos alfanuméricos en cada elemento cartográfico.
- ✓ Consultas de atributos alfanuméricos sencillas, como la búsqueda de topónimos o más complejas, con operadores booleanos.
- ✓ Selección de elementos por combinación de capas o análisis con operadores espaciales de superposición, contención, intersección, etc. de dos capas (con la creación de nuevas capas) y creación de zonas de influencia.
- ✓ Cálculo de rutas óptimas para la navegación de vehículos.
- ✓ Capacidad de imprimir el mapa manteniendo la escala.

Por lo general los servidores de mapas que disponen entre sus familias de productos de una herramienta SIG cuentan con funciones más avanzadas que aquellos servidores de mapas que proceden de herramientas de CAD tradicionales (AutoCad, MicroStation), a las que se ha añadido un módulo de SIG (AutoCad Map, MicroStation Geographics).



el formato de cartografía que llega al cliente es de imagen (formato genérico como JPG, PNG o GIF, por ejemplo), un explorador simple HTML, que es un lenguaje totalmente transparente al navegador, por lo general es suficiente. En cambio, cuando el cliente debe leer un formato vectorial encriptado (no se trata del formato vectorial nativo de la cartografía), de manera que se puedan ejecutar funciones más sofisticadas, puede ser necesario instalar algún componente en el computador local, como "plug-ins" para Netscape, "applet" de Java o ActiveX COM de Microsoft. Normalmente esos componentes pueden descargarse gratuitamente de Internet y no tardan más que unos instantes o breves minutos en instalarse. Aún así, no cabe duda de que suponen un cierto inconveniente para el usuario, sobre todo si no cuenta con privilegios de administrador o ese contenido está restringido por el "proxy" o "firewall".

La figura 3.3 muestra un posible ejemplo de la arquitectura de un servidor de mapas. Por un lado, el nivel del cliente, "browser" o navegador de Internet/intranet. El cliente puede ser de dos tipos: el primero, universal, preparado para leer documentos HTML estándar; y el segundo, en el que ha sido necesario añadir un "plug-ins", es decir un programa que aumenta las prestaciones del cliente HTML. En el flujo descendente de las flechas, el cliente, realiza una petición que llegará al servidor de mapas, a través de Internet/intranet y que recibe en primera instancia el servidor Web. En el flujo ascendente el servidor de mapas atiende la petición y extrae la información del servidor de datos, presentándola al servidor Web, que la envía a través de Internet/intranet hasta el cliente.



**Figura 3.3.** Esquema de la arquitectura de un servidor de mapas

### **3.2.5. Acceso a Formatos de Cartografía.**

En general los servidores de mapas pueden acceder directamente, sin necesidad de transformación previa a diversos formatos propietarios, ajenos y públicos de cartografía vectorial en CAD y SIG y de imágenes raster. La lectura directa de la cartografía vectorial en formato CAD o SIG, sin tener que pasar por procesos de transformación, puede ser un aspecto clave en la elección de un servidor de mapas (el acceso a formatos raster no es tan crítico).

MapXtreme 4 accede directamente a sus formatos propietarios TAB, a Oracle y shapefile de ESRI, pero no accede directamente a formatos CAD. ArcIMS 4 dispone de un módulo denominado ArcMap Server que accede a los formatos CAD más comunes, aunque ArcIMS no accede directamente a otros formatos de SIG, como MIF de MapInfo sino a través de transformación de formato. Por su parte Bentley Publisher accede a todos los formatos de CAD estándar del mercado pero sólo lee

directamente sus formatos de SIG propios (MicroStation Geographics y MicroStation Geographics Spatial Edition para Oracle 8i).

AutoDesk MapGuide 6 accede directamente a los formatos propios DWG, SDF (producido a partir de la importación con el producto SDF Loader de formatos que no se leen directamente, como el DGN, coberturas de ESRI, etc.) y Autodesk GIS Design Server, y también a otros formatos ajenos, como el shapefile de ESRI y Oracle Spatial 8i y 9i. Por otro lado, Geomedia Web Map puede acceder directamente a la mayoría de formatos comerciales de CAD y SIG, excepto el de MapInfo.

### **3.2.6. Tipo de Cliente y Funcionalidad.**

El tipo de cliente suele depender de la funcionalidad que ofrece el servidor de mapas. Algunos servidores de mapas no soportan un explorador de HTML para la funcionalidad básica. En estos casos el navegador no es capaz de realizar funciones sencillas (zooms, identificar los atributos de un elemento cartográfico, control de visibilidad de capas, etc.) sino que precisa la instalación de un "software" complementario ("plug-ins", etc.), como se comentó anteriormente. En el caso de Bentley Publisher sólo es necesario instalar un componente en el cliente para poder visualizar formatos vectoriales. Con Bentley Publisher es posible realizar funciones básicas y avanzadas con clientes para HTML que no precisan "plug-ins".

El cliente HTML es útil cuando se trata de publicar información geográfica en Internet, mientras que, en ocasiones se recomienda que el cliente "plug-in" se instale sólo en una intranet, por dos razones: por una parte,

el usuario no deberá instalar el componente, sino que se encargará de eso el servicio de informática corporativo; en segundo lugar, las funciones que realice el cliente "plug-in" tendrán probablemente un menor tiempo de respuesta en una intranet que en Internet.

### **3.3 Optimización del Servidor de Mapas.**

Un servidor, y especialmente un servidor de mapas, es un sistema complejo que requiere un equipo experimentado multidisciplinar para una correcta implementación.

El desarrollo en este tipo de sistemas suele provocar la aparición de una serie de problemas referidos al rendimiento. Estos problemas, algunos previsibles y otros no tanto, pueden llegar a ser tan importantes que hacen plantearse la reprogramación de algún módulo o la modificación de las funcionalidades previstas inicialmente.

#### **3.3.1 Seguridad.**

La seguridad consume recursos, muchos recursos. Se debe aplicar la seguridad necesaria a la aplicación, pero hay que valorar que técnica es la más apropiada. Por ejemplo, el acceso a un servidor Web se puede restringir por IP, pero esto tiene un costo elevado comparándolo con otras técnicas.

El control de usuario y contraseña se puede aplicar de muchísimas formas diferentes. Otro ejemplo claro es el uso del protocolo seguro HTTPS. Desde luego es un protocolo seguro, pero su rendimiento es a todas luces inferior.

Una aplicación lógica de este protocolo es utilizarlo por ejemplo sólo cuando se transmiten datos de especial importancia, y no en la totalidad de las transacciones.

### **3.3.2 Depuración.**

La depuración de aplicaciones cliente/servidor suelen ser procesadas por el propio servidor, con el costo en recursos que esto supone. Una vez desarrollada la aplicación, estas opciones no tienen sentido, y por lo tanto pueden ser deshabilitadas sin que el usuario note la diferencia. Además, las opciones de depuración pueden suponer algún problema en temas de seguridad, por lo tanto, hay que deshabilitar todas las opciones de depuración en el lado servidor.

### **3.3.3 Registro.**

Es común que las aplicaciones generen un registro de los procesos que realizan.

La base de datos, el servidor de Internet o el servidor que genera los mapas suelen tener sus propios registros. Hay ocasiones en las que dichos registros son imprescindibles, se realiza su seguimiento, se utiliza diariamente, y se explotan sus estadísticas. En el caso de los registros de los servidores de páginas Web, en el que es necesario un seguimiento exhaustivo.

Pero no todos los registros son imprescindibles. Hay registros que sólo tienen una finalidad didáctica, de tutorías, otros que no son necesarios, o incluso hay veces que la misma información se registra varias veces. En

un caso concreto con un servidor de mapas, la opción de registro de generación de mapas provoca un retraso de más del 50% en cada mapa, entonces, hay que deshabilitar las opciones de registro o log que no sean imprescindibles.

### **3.3.4 Hardware.**

#### **3.3.4.1 Tarjeta Gráfica.**

La tarjeta gráfica del servidor puede ser decisiva en algunos casos particulares.

Aunque aparentemente no exista relación, cuando el software del servidor de mapas utiliza el API del sistema operativo para generar imágenes de mapas, éste a su vez aprovecha las capacidades de la tarjeta gráfica.

Por tanto, cuanto más potente sea dicha tarjeta, más rápido se generarán los mapas. Además, incluso es posible que la configuración de pantalla influya en la resolución y profundidad de colores de las imágenes de mapas. Entonces, hay que comprobar si la tarjeta gráfica del servidor influye en la generación de los mapas.

#### **3.3.4.2 RAM.**

Cuanta más RAM mejor es un lema de los fabricantes de software. El problema es que el servidor de mapas se encuentra instalado en una máquina concreta, con una RAM determinada.

Lo importante en este caso es gestionar la RAM adecuadamente. Es importante detectar cuando la RAM física se acaba y se comienza a utilizar el disco de paginación o memoria virtual. Es importante que esto no ocurra, pues entonces es cuando el rendimiento desciende de manera espectacular.

Cuando ocurre, descartando la opción de instalar más RAM (la más sencilla), debemos liberar memoria. Para liberar memoria, hay que valorar si todos los programas que tenemos instalados en el servidor de mapas son imprescindibles. Es posible, además, que el servidor de páginas Web o el servidor de correos se deban alojar en otra máquina para liberar RAM si ese fuese el caso.

#### **3.3.4.3 Procesador.**

El procesador suele ser al primero que se le culpa. Cuando se intenta resolver problemas de rendimiento con velocidad de procesador, en lugar de resolverlo lo estamos tapando.

Evidentemente, cuanto más rápido, mejor; pero si el cuello de botella no es el procesador, el rendimiento mejorará poco y además el problema seguirá existiendo.

Es necesario aumentar la velocidad del procesador sólo cuando se haya acabado de optimizar su aplicación en el resto de los frentes, y cuando detecte que éste es un cuello de botella.

### **3.3.5 Salvapantallas.**

Los salvapantallas pueden llegar a consumir recursos muy importantes. Además, al utilizar capacidades gráficas, influyen aún más en el caso particular de la generación de mapas.

Precisamente los salvapantallas se utilizan mucho en servidores, y suelen estar activos gran parte del tiempo, a raíz de lo anterior se recomienda utilizar la opción de apagar la pantalla para ahorrar energía y uso del monitor, es la que menos recurso utiliza.

### **3.3.6 Ancho de Banda.**

El servidor de mapas debe estar conectado a Internet con un ancho de banda adecuado a la demanda de mapas que debe servir. Este no suele ser un problema, ya que los diferentes proveedores ofrecen diferentes anchos de banda con variadas posibilidades, fácilmente escalables, incluso ancho de banda ilimitada cuyo costo se cuantifica por el volumen transferido.

Lo que sí es más crítico, es el ancho de banda con el que se conectan los usuarios. Hasta la implementación del ADSL, la velocidad de las conexiones era uno de los cuellos de botella del sistema. Por ende hay que evaluar el ancho de banda que dispondrán los potenciales usuarios, y realizar pruebas reales de rendimiento. Si es necesario disminuir capacidades como el tamaño o resolución de los mapas. No se trata sólo de que el servidor sea rápido, sino que además se perciba como tal. Desde luego el caso real no es acceder a los mapas desde el propio servidor.

No sólo el ancho de banda influye en la velocidad de una red. La correcta utilización y configuración de tarjetas, hubs, switches, cortafuegos, etc., tienen influencia directa en el rendimiento. Lo que para procesos más corrientes puede no tener influencia, cobra real importancia en el caso de servidores de mapas.

### **3.3.7 Datos.**

Los datos son uno de los temas que más influyen en el rendimiento. Una correcta estructuración, planificación y tratamiento de los mismos es la mejor apuesta para conseguir un servidor de mapas de calidad.

#### **3.3.7.1 Formato de Datos.**

La mayoría de fabricantes de software publicitan sus productos en la línea de que pueden utilizar la mayoría de formatos SIG utilizados habitualmente.

La utilización de los formatos no nativos del software SIG suele traducirse en un rendimiento muy pobre. Un formato determinado está optimizado normalmente para el software que lo creó. Además de las pérdidas de información en la traducción que se suelen dar, no todos los formatos son de lectura/escritura.

En definitiva, sólo con los datos nativos del fabricante se obtienen los mejores resultados. Hay que valorar la posibilidad de generar los datos en el formato nativo del software SIG; o realizar las pruebas y comparaciones necesarias para asegurarse de que con el formato que pretende utilizar no se perjudica el rendimiento.

### **3.3.7.2 Índices Espaciales.**

El tamaño de los datos a los que accede el servidor suele ser un aspecto directamente proporcional a la velocidad de acceso a los mismos. Evidentemente no tiene la misma velocidad de acceso un nivel de información con todos los árboles (por poner un ejemplo) de una provincia, que un nivel con los árboles de una población.

Normalmente la diferencia no suele ser relevante, pero en algunos casos extremos podría llegar a serlo. Otras veces sencillamente resulta engorroso manejar una base de datos con millones de registros, y es más práctico, rápido y organizado segmentar las bases de datos por algún criterio. Cuando este criterio es espacial (hojas, cuadrícula, zonas), se necesitan los índices espaciales para acceder a la parte de información que nos interesa.

Aunque parezca extraño, no es habitual que las herramientas de software posean este tipo de índice. Ello no impide que la aplicación los contemple, y hay casos en los que es más que recomendable.

Algo similar, que si suele estar contemplado en las herramientas de software servidor de mapas, son los mosaicos de imágenes. En el caso particular del formato ráster, una colección de imágenes georeferenciadas se indexan de tal manera que el sistema accede a las imágenes necesarias en función del área geográfica seleccionada.

De esta forma, no es necesario tener una macro imagen, difícil de administrar y mantener, sino que se pueden tener varias imágenes e incluso pueden llegar a solaparse entre ellas.

Este concepto de mosaico es el que, aplicado a formatos vectoriales, es lo que llamamos índice espacial. En el caso de grandes volúmenes de datos, es necesario considerar que la aplicación utilice índices espaciales que accedan a diversos datos en función del área geográfica requerida.

### **3.3.8 Software SIG**

No todas las herramientas servidoras de mapas son igual de rápidas. Hay muchas, muy variadas, algunas muy potentes y no tan potentes. Por ejemplo, hay herramientas que permiten análisis SIG avanzado y otras que únicamente permiten visualizar geoinformación. Hay que evaluar que es lo que se necesita y probar las diferentes opciones.

Es lógico pensar que si una herramienta SIG permite realizar mapas temáticos dinámicos, sea más lenta en generar los mapas que una que utiliza unos mapas con una simbología fija. Por ello, si se está utilizando un software que permite gran número de opciones pero no se están utilizando es posible que se esté sacrificando rendimiento y recursos a cambio de nada.

### **3.3.9 Escenario Real (conurrencia)**

El rendimiento de un servidor puede sufrir drásticas consecuencias en el caso de coincidir varias peticiones simultáneas. En operaciones

complejas en la que el uso del procesador es intensivo, como se da en los servidores de mapas, este problema se puede agravar aún más.

El rendimiento en los casos de concurrencia puede no ser proporcional, como cabría pensar en un primer momento. Se han comprobado casos en los que, si una imagen de mapa tarda en generarse 3 segundos en promedio, cuando las peticiones son simultáneas este tiempo se multiplica por 3 ó 4, incluso puede hacer que se llegue a colapsar.

El proceso de desarrollo debe contemplar escenarios de concurrencia, para comprobar previamente el comportamiento de la aplicación ante peticiones simultáneas.

Se recomienda utilizar las herramientas comerciales que posibilitan estas peticiones concurrentes, o pedir a sus amigos o familiares que accedan a la aplicación todos a una hora establecida, pero no subir la aplicación a Internet sin tener en cuenta este aspecto.

En algunos casos con pocos recursos, o en el caso de procesos de gran duración, se puede hacer necesario el uso de colas de procesos, o invocación asíncrona que impidan el colapso del servidor.

### **3.4 Alternativas en Servidores de Mapas**

El mercado ofrece una amplia variedad de Servidores de Mapas Web, de distintos precios, características y plataformas. Los más conocidos son:

- ✓ ArcView IMS
- ✓ MapObjects Internet MapServer (MOIMS)

- ✓ Map Server
- ✓ MonoGIS
- ✓ Geo Tools
- ✓ Gis Viewer
- ✓ MapGuide

### **3.4.1 Elección del Servidor de Mapas**

No existe una fórmula sencilla para responder a esta pregunta. La elección del servidor de mapas puede depender de muchos factores. La utilización de una herramienta de CAD o SIG de base es lógico que condicione la elección del servidor de mapas, pero no tiene porqué determinarla, ya que, cada vez con más frecuencia, las herramientas de SIG son capaces de abrir formatos de cartografía que no corresponden a los formatos nativos de la herramienta.

Todos los servidores de mapas presentan algunas ventajas y algunos inconvenientes. Cada organización ha de valorar globalmente estas características y decidir. Si una organización precisa publicar una cartografía en formato de CAD o de SIG, sujeta a un frecuente mantenimiento realizado con buenas herramientas de SIG de base sin necesidad de convertir formatos y ofrecer una funcionalidad avanzada entonces ArcIMS serían la solución. Si se opta por soluciones compatibles para servidores Windows NT y UNIX entonces los productos a elegir serían ArcIMS o MapXtreme. Los supuestos podrían multiplicarse. Aquí sólo se han enumerado algunos que son, probablemente, discutibles.

En un caso real de elección de un servidor de mapas conviene considerar todos los factores incluyendo el presupuesto para licencias y la Alta exigencia en portabilidad; multiplataforma.

Además, en la elección del servidor de mapas otros factores "intangibles" pueden resultar claves: el servicio de atención al cliente por parte del distribuidor del producto, la capacidad del distribuidor de desarrollar y, tal vez el factor más importante, finalmente, la base instalada de productos en el entorno local y global.

Existe una gran variedad de servidores de mapas pero todos enlazados con servidores para una máquina y arquitectura definida, por esto casi todos los servidores no cumplen los requerimientos funcionales de integración, sin importar los grandes esfuerzos en tratar de crear algún tipo de modificación en su integración.

### **3.4.2 ArcView IMS (ESRI)**

ArcView IMS es una extensión de la aplicación SIG de ESRI, ArcView 3.x es uno de los primeros sistemas de Servidor de Mapa disponibles. Requiere que una sesión de ArcView abierta corra en el servidor Web o en una máquina con comunicación directa al AV middleware de IMS (esrimap.dll), instalado en el servidor Web. Este middleware procesa las solicitudes del cliente y las pasa a la sesión de ArcView IMS. Los servicios de mapas son fáciles de poner en línea, preparando vistas con diferentes composiciones y clasificaciones de mapas. Las composiciones son fijas y el cliente no puede cambiarlas dinámicamente. Una vez definido el mapa con los diferentes temas, se sirve directamente en Internet, fuera de la aplicación de ArcView que está corriendo. Todas las solicitudes del cliente

para desplegar, hacer zoom o pan interactúan con la sesión de ArcView y las vistas de la sesión reaccionan a estas demandas.

### **3.4.2.1 Características**

ArcView IMS cuenta con las siguientes características:

✓ **Los wizards y cajas del diálogo realizan tareas sofisticadas fácilmente.**

ArcView tiene un conjunto de wizards, cajas del diálogo y herramientas de fáciles de usar que proporcionan acceso a funcionalidades avanzadas. Crea buffers o mapa, agrega etiqueta, y realiza operaciones espaciales tal como grapa y une con la ayuda de wizards. Estos wizards y otra interfaz actualizan más la influencia del poder de ArcView para ayudar más rápida y fácilmente a lograr los objetivos del SIG.

✓ **Fácil uso datos en proyecciones variantes y datos.**

La utilidad de Proyección de ArcView es una herramienta autosuficiente basado en wizards, que permite a los usuarios proyectar shapefiles de coordenadas geográficas a coordenadas proyectadas o de una proyección a otro. También realiza transformaciones de dato en shapefiles.

✓ **Poderoso en consulta y análisis.**

ArcView da ciento de nuevas maneras consultar y analizar los datos. Se puede consultar los datos según la situación, volumen, proximidad e intersección. Por ejemplo, se puede agregar datos a los

mapas para encontrar los factores geográficos que manejan la dirección y distribución o localización a la característica particular que coincide. Se puede agregar datos geográficamente para compendiar basado en áreas. Además, el resultado de un análisis puede ser usado como la entrada al próximo análisis y puede crearse aplicaciones avanzadas de geoprocésamiento.

✓ **Calidad profesional de mapas y visualización de datos.**

ArcView proporciona datos automáticos manejados por clasificaciones, color de rangos de datos, símbolos graduados, símbolos del mapa, desviaciones normales, normalización y los gráficos comerciales.

ArcView tiene una gran variedad de Tipos de caracteres y símbolos. Se puede usar ArcView con muchos tipos de dispositivos de salida como impresoras, plotters y dispositivos de salida de película.

✓ **Sofisticado informes.**

ArcView le permite generar informes profesionales fácilmente, incluyendo mapas y gráficos, esto permite analizar los resultados de análisis de los SIG con más éxito. La extensión Report Writer de ArcView está integrada por el sector principal Crystal Reports, genera reportes y edita la aplicación con ArcView.

### **3.4.2.2 Funcionamiento de ArcView IMS.**

El funcionamiento del servidor de mapas de ArcView es el siguiente (figura 3.4).

- ✓ Primero el usuario debe cargar la página web en el navegador web.
- ✓ La solicitud del mapa es recibida por el software del servidor web.
- ✓ El servidor web pasa la solicitud a ArcView GIS
- ✓ ArcView GIS genera el mapa y lo envía al servidor como una imagen.
- ✓ El servidor web envía la imagen a Internet/Intranet al usuario.

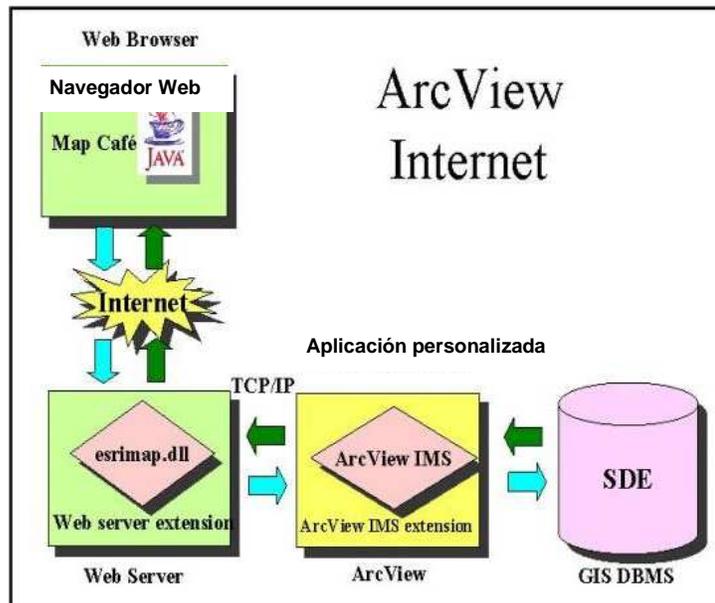


Figura 3.4. Como trabaja ArcView IMS

El usuario ve el mapa y salidas que actúan interactivamente con él. Adicionalmente se envían mapas y datos al servidor web, y así sucesivamente.

### 3.4.3 MapObjects Internet Map Server (ESRI).

MapObjects Internet MapServer (MOIMS) es, al mismo tiempo, una aplicación completa para publicar mapas en Internet y una plataforma de programación. Es posible utilizar MOIMS para publicar mapas diseñados en ArcExplorer 2.x., sin necesidad de programación.

Asimismo, MOIMS permite programar aplicaciones SIG en línea, utilizando las funciones y objetos disponibles en MOIMS, y en conjunto con la librería de programación MapObjects (basado en COM).

Con MapObjects se puede:

- ✓ Agregar componentes cartográficos para mejorar aplicaciones existentes.
- ✓ Construir datos ligeros vistos por aplicaciones.
- ✓ Crear cartografía y programas SIG personalizados que satisfagan tareas y requisitos específicos.
- ✓ Desarrollar aplicaciones simples basadas en pregunta que permiten el fácil acceso a los datos generados por las soluciones sofisticadas SIG.

### **3.4.3.1 Características**

MapObjects incluye las siguientes características:

- ✓ **Proyecciones en marcha.**

Los usuarios pueden combinar datos de cualquier proyección en una proyección común para la visión y el análisis. También, cualquier capa del mapa se puede exportar en una nueva proyección. Para optimizar tu capacidad de crear una variedad amplia de proyecciones en una cantidad de tiempo mínima, MapObjects ahora se integra con el motor de la proyección de ArcInfo de ESRI.

- ✓ **Soporta datos únicos.**

MapObjects soporta gran variedad de fuentes de datos por ejemplo:

- ✓ Formatos estándares SIG – Coberturas ArcInfo, ESRI shapefiles, y ESRI GRID.
  - ✓ Computer-aided design (CAD) formatos (DGN, DXF, and DWG), archivos CAD world, yarchivos DWG de AutoCAD 2000
  - ✓ Tener acceso a las bases de datos externas a través de ActiveX Data Objects (ADO), Data Access Objects (DAO), y Open Database Connectivity (ODBC).
  - ✓ Catálogos de imagen, más una variedad de formatos de imagen tales como GeoTIFF, TIFF, JPEG, GIF, ERDAS, y MrSID
  - ✓ ArcView StreetMap de ESRI para geoprocesamiento.
  - ✓ Bases de datos de ArcSDE (Spatial Database Engine, motor espacial de la base de datos, ESRI).
  - ✓ Formatos militares comunes tales como Vector Product Format (VPF) and ASRP/USRP
- 
- ✓ **Manejo avanzado de datos.**

MapObjects proporciona filtros espaciales y atributos de gran alcance para optimizar se funcionamiento. Como opción, los diseñadores pueden tener acceso a una aplicación ArcSDE con interfaz (API) directamente desde las aplicaciones de MapObjects. MapObjects también apoya la transparencia, visualización y salida de la imagen, así como la rotación de las dos capas de datos del vector y raster.
- 
- ✓ **Capacidades innovadoras de geoprocesamiento.**

MapObjects permite emparejar rápidamente la dirección exacta incluyendo direcciones internacionales y el proceso de rechazo. Con la ayuda de StreetMap, puedes leer, exhibir, y geocodifica una dirección de una calle de la base de datos altamente comprimida de StreetMap.

**Nota:** Para leer la base de datos comprimida de StreetMap, se necesita tener una licencia de StreetMap.

✓ **Soporte para WEB, basado en cartografía.**

MapObjects tiene compatibilidad incorporada con el middleware de conectividad del Web de ArcIMS de ESRI. Esto significa que se puede utilizar MapObjects para poner mapas dinámicos, personalizables en el Internet usando la tecnología de ArcIMS.

✓ **Administración GPS mejorada.**

MapObjects soporta el rastreo dinámico de para puntos, líneas, polígonos, rectángulos, y elipses, haciéndolo fácil manejar actividades del GPS.

✓ **Las funciones Geométricas.**

MapObjects incluyen una biblioteca espacial robusta de la geometría para las uniones, intersecciones, y buffers.

✓ **Utilidad de visualización Run-time.**

Una vez construida con éxito la aplicación, la visualización se convierte en el factor crítico. La utilidad de despliegue run-time de MapObjects ayuda a distribuir las aplicaciones fácil y eficientemente.

✓ **Capacidades de versiones.**

MapObjects de soporta versiones para capas de ArcSDE; puede conectarse con cualquier versión de ArcSDE y permitir verlas.

Además, puedes identificar y seleccionar las versiones basadas en nombres de la versión.

✓ **Controles Útiles.**

MapObjects ofrece una leyenda y un control de la barra de la escala, incluyendo el código de fuente, diseñado para hacerlo más fácil para que los diseñadores desarrollen su aplicaciones. Éstos se basan en los mismos controles que se utilizan en el software de ArcExplorer, de ESRI distribuido gratuitamente.

✓ **Poderoso juego de herramientas cartográficas y componentes SIG.**

Estas herramientas permite que exhibir, que preguntar y que analizar datos dinámicos del mapa.

✓ **Característica de rendimiento usando métodos temáticos.**

Se puede agregar fácilmente mapas del valor, comienzo de la clase, símbolos graduados, mapas de la densidad del punto y de barra de gráficos sobre sus aplicaciones. MapObjects también ahora soporta símbolos gráficos.

✓ **Selección de atributo de rasgo y pregunta.**

Se puede realizar preguntas usando expresiones estándares del SQL.

✓ **Internacionalización.**

MapObjects incluye la conversión ISO de Codepage para el shapefiles, fondos, y archivos INFO, así como el soporte para juego caracteres Hong Kong.

### **3.4.4 MonoGIS.**

“La particularidad de este producto es que se ha desarrollado bajo una de las múltiples licencias Open Source, concretamente la LGPL”, explica Sergi Ibáñez, Responsable de Productos de TAO-gedas (ahora T-Systems) “. Esto quiere decir que el código fuente está disponible, se puede descargar de la web del proyecto [www.monogis.org](http://www.monogis.org) y cualquiera puede usarlo y modificarlo a su gusto. Se trata del primer proyecto bajo código abierto que se desarrolla en TAO-gedas y uno de los primeros dentro del grupo gedas en el mundo.

El nombre nace de la tecnología usada, ya que ‘Mono’ es una plataforma de desarrollo libre basada en la tecnología .Net de Microsoft. Aunque nació de forma independiente, está ahora mismo respaldada por Novell, pero sigue siendo un sistema de código abierto sin coste de licencia. “La principal ventaja de esta plataforma es que no se limita a los entornos operativos de Microsoft, si no que corre en sistemas tan diferentes como Linux, Mac OSX (sistema operativo que usa Apple en sus Mac’s), Solaris (Unix de Sun) y el propio Windows.”

El objetivo principal del proyecto es disponer de un servidor GIS que cumpla con las especificaciones estándares que marca el consorcio Open Geospatial y que se centre en resolver de forma excelente los requerimientos de las aplicaciones de TAO-gedas. De esta forma el desarrollo se ha podido concentrar en aspectos como:

- ✓ Soportar todos los formatos origen de cartografía con los que los clientes de TAO-gedas trabajan habitualmente. Así mismo soportar

los diferentes contenedores de cartografía (base de datos Oracle, Sql Server, MySQL, pero también ficheros de datos con o sin compresión).

- ✓ Mejorar la calidad de la imagen generada como representación del mapa, respecto a las alternativas actuales en el mercado. Tanto por el tratamiento avanzado de los símbolos que aparecen en los mapas como en la generación y posibilidades de configuración de las capas vectoriales y de texto.
- ✓ Disponer de una plataforma de desarrollo para ir añadiendo aplicaciones específicas sobre ella.

Y todo ello de forma que fuese fácil su implantación usando las herramientas de configuración de las que TAO-gedas dispone.

#### **3.4.4.1 Componentes de Monogis.**

Actualmente monoGIS se compone de los siguientes elementos:

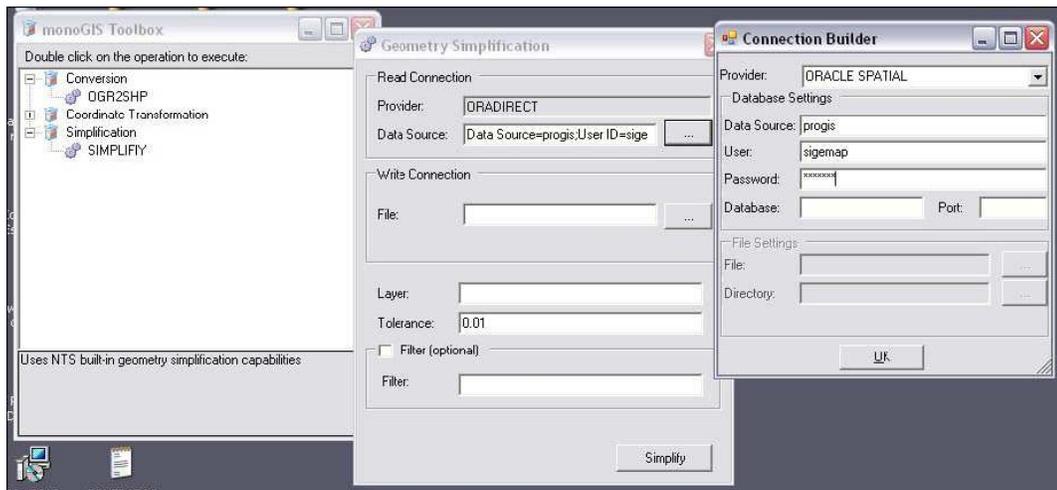
- ✓ Librería de programación (monoGIS.dll)
- ✓ Servidor WMS, oficialmente certificado por el OGC.
- ✓ Herramientas diversas de gestión de cartografía.

MonoGIS al principio no era nada más que pequeña librería de algoritmos que iba creciendo con cada proyecto de implantación de la compañía. Con los años se iban añadiendo cada vez más funcionalidades hasta que se convertía en el núcleo del servidor de mapas. En su última versión, esa librería incorpora algoritmos de transformación de coordenadas, simplificación de geometrías (manteniendo su topología) y

poligonización. Hoy en día, la librería de programación sigue siendo la pieza más importante del proyecto y el foco de atención.

El servidor WMS soporta un gran número de formatos de cartografía diferentes, tanto vectorial, cómo raster. Los clientes de T-Systems utilizan principalmente los formatos de Oracle Spatial, Geomedia GDO y ECW o MrSid. El servidor cuenta con certificación oficial del OGC y ofrece una alta calidad y un rendimiento muy bueno.

Una las herramientas más importantes cuenta el llamado Converter (un conversor de entre formatos de cartografía, cómo de DGN a Oracle Spatial), un simplificador de líneas y un poligonizador. Se está desarrollando una herramienta nueva que engloba todas esas herramientas. Esa herramienta se llamará MonoGIS ToolBox y se pueden ver las primeras pruebas en la Figura 3.5



**Figura 3.5.** MonoGIS ToolBox

Cabe destacar también que MonoGIS se está basando en otras librerías open-source ya existentes, que son:

- ✓ .Net Topology Suite (NTS)
- ✓ GDAL/OGR
- ✓ General Polygon Clipper Library (GPC)

#### **3.4.4.2 Características Funcionales.**

##### **Alta calidad.**

Un software no sirve si genera muchos errores o requiere mucha intervención por parte de sistemas para que funcione.

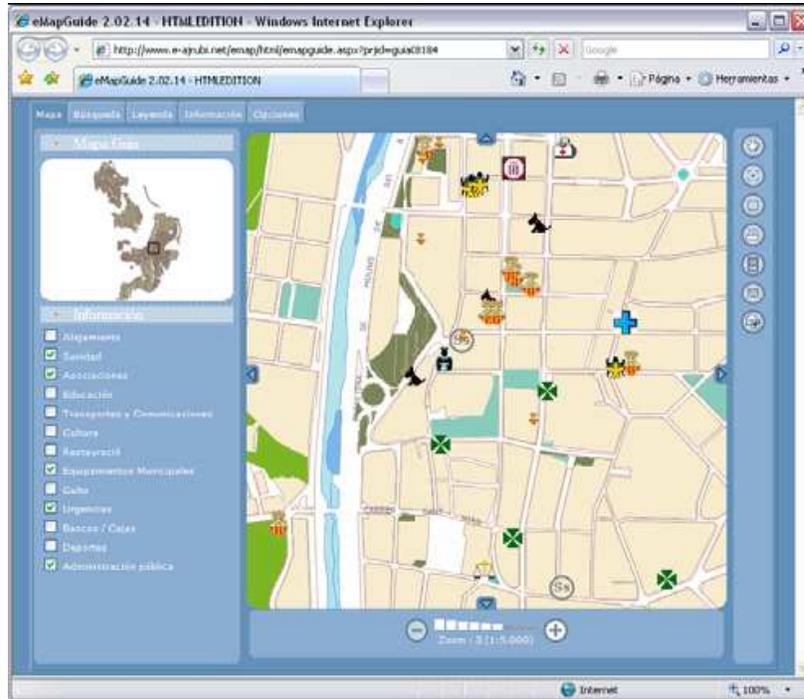
La arquitectura de MonoGIS está pensada para evitar al máximo los errores y se ha probado hasta consolidar sus prestaciones. Los casos prácticos de soluciones implantadas con MonoGIS nos están demostrando cada día que es un producto de alta calidad. No en vano permite publicar enlaces directos a implantaciones existentes. Y esos enlaces funcionan día tras día. Un ejemplo lo podemos observar en la figura 3.6.

MonoGIS no requiere reiniciar servidores cuando haya cambios en el esquema de BBDD.

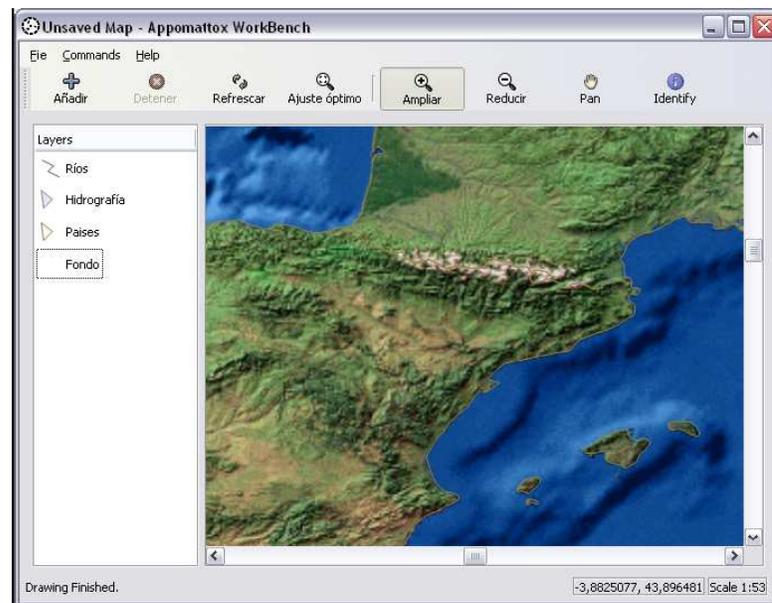
##### **Configuración**

Muchos servidores de mapas open source carecen de sistemas de configuración fiables y son poco intuitivos. Creemos que la forma más intuitiva de configurar un mapa es viéndolo. La aplicación Appomattox permite configurar el servidor WMS de forma fácil e intuitiva, cómo se puede observar en la Figura 3.7. Aparte de esa herramienta, clientes de

TAO pueden configurar sus proyectos de MonoGIS directamente desde el configurador de e-MAP



**Figura 3.6:** Ejemplo de una publicación con MonoGIS



**Figura 3.7.** UI de configuración de MonoGIS.

La herramienta de configuración del servidor open-source más reconocido actualmente es el bloc de notas.

### **3.4.5 MapServer 4.6.1.**

MapServer es una aplicación Common Gateway Interface (CGI) de carácter libre, la cual corre bajo plataformas Linux/Apache, Windows NT/98/95, distribuida bajo licencia GPL, desarrollada por la Universidad de Minnesota para construir aplicaciones que sirvan mapas a través de Internet. Su modo de funcionamiento esta basado en la generación de lado del servidor web de imágenes estáticas (JPEG, GIF, PNG, etc.) como resultado del proceso de las peticiones realizadas por los clientes. Estas imágenes son referenciadas posteriormente dentro de la interfaz de usuario que se le envía al cliente (código HTML).

Como consecuencia de los trabajos de estandarización en materia de SIG de OGC, se ha avanzado mucho en el terreno de las aplicaciones de WebMapping. En este sentido, MapServer cuenta con extensiones que le permiten escuchar peticiones de mapas formuladas según el protocolo WMS (Web Map Server) de OGC y de enviar respuestas según dicho protocolo.

#### **3.4.5.1 Relación con otros Proyectos Libres.**

MapServer es un proyecto de software libre puesto a disposición de la comunidad que también se ha aprovechado de contribuciones realizadas por parte de otros proyectos de software libres. De este modo, algunos de los proyectos de software libres sobre los que se ha apoyado MapServer son: ShapeLib, FreeType, Proj.4, GDAL/OGR, etc.

MapServer es totalmente autosuficiente, no necesita de otro programa servidor para procesar datos o crear informes. Entre las características de MapServer destacan las siguientes:

- ✓ Dibujo y etiquetado dependiente de la escala.
- ✓ Valores de escala.
- ✓ Símbolo y color adaptable.
- ✓ Acceso en función de las características a datos sobre atributos.
- ✓ Generación automática de leyendas.
- ✓ Utilización de datos en forma de mosaico.

Entorno a MapServer también han surgido otros proyectos de aplicaciones de mayor riqueza como: MS4W, MapLab, VisualBasicGIS, etc.

Además, cualquier desarrollador puede crear sus propias aplicaciones utilizando el modelo de objetos de MapServer gracias a la biblioteca de componentes MapScript.

El API de MapScript puede ser utilizada por lenguajes de scripting como PHP, Perl, Pitón, o incluso Java si se desarrollan los conectores JNI necesarios para acceder al API en C de MapScript.

### **3.4.5.2 Componentes de una Aplicación con MapServer.**

MapServer generalmente se ejecuta como una aplicación CGI en un Servidor HTTP. Esto será así a menos que esté construyendo una

aplicación más avanzada con MapScript, el cual accede directamente a la API de MapServer.

Las aplicaciones CGI con MapServer utilizan los siguientes recursos:

- ✓ Un servidor HTTP como Apache o Internet Information Server.
- ✓ El Programa MapServer.
- ✓ Un archivo de inicialización que lance la primera vista de una aplicación con MapServer (opcional).
- ✓ Un Mapfile que controle lo que MapServer hará con los datos.
- ✓ Un archivo plantilla que controle la interfaz de usuario de la aplicación con MapServer en la ventana del explorador de Internet.

**El Archivo de Inicialización:** Este archivo puede ser parte de un Archivo plantilla HTML, pero por simplicidad, este también puede ser otro archivo. El Archivo de Inicialización utiliza un formulario para enviar una consulta inicial al servidor HTTP, que retorna un resultado desde MapServer. MapServer es dinámico, comienza y se ejecuta cada vez que recibe una consulta, por lo tanto, el archivo de inicialización sólo se requiere para pasar una serie de parámetros iniciales (ocultos) hacia la aplicación. El archivo de Inicialización es un archivo HTML regular, por ello, su extensión es \*.htm o \*.html. Alternativamente, un hipervínculo hacia la aplicación con mapserver puede ser construido. Este pasaría los parámetros básicos requeridos por la aplicación con el CGI de Mapserver.

**El MapFile:** define parámetros de los datos, el despliegue y las consultas que serán usados en una aplicación con MapServer; se puede hablar del Mapfile como un archivo de configuración de la aplicación. El Mapfile

también incluye información sobre como dibujar el mapa, la leyenda, y los mapas resultantes desde una consulta. Los Mapfiles normalmente tienen una extensión \*.map.

**El Archivo Plantilla:** Controla como saldrán los mapas y las leyendas desde MapServer hacia la página HTML, opera como cualquier otro archivo HTML excepto porque contiene celdas que pueden ser modificadas por el CGI de MapServer. El archivo Plantilla permite al autor colocar el mapa y la leyenda en una página, y determina la manera en que el usuario interactúa con MapServer (navegar, consultar, hacer zoom, etc.). MapServer usa el archivo plantilla y reemplaza las palabras clave de las celdas, con información de su estado actual o del estado del conjunto de datos SIG, para generar el archivo HTML final que será inicializado por el Browser. Debido a que el archivo plantilla será usado para crear un archivo HTML, debe ser guardado con la extensión \*.html.

### 3.4.6 Algunos casos de éxito de servidores de mapas

- ✓ **National Geographic.** Búsqueda de topónimos y visualización de la cartografía y de imágenes de satélite (ArcIMS):  
[www.nationalgeographic.com](http://www.nationalgeographic.com)
  
- ✓ **Gerencia de Urbanismo del ayuntamiento de Madrid.** Búsqueda de nombres de calles y números postales, cartografía del planeamiento urbano, impresión de la cartografía a escala (ArcIMS):  
[www.munimadrid.es 195.235.253.100/index\\_1.htm](http://www.munimadrid.es/195.235.253.100/index_1.htm)

- ✓ **Mapserver del Institut Cartografic de Catalunya.** Catálogo de cartografía y fototeca de Catalunya, búsqueda de topónimos a escala 1:250000 y 1:5000 (ArcIMS): [www.icc.es](http://www.icc.es)
  
- ✓ **Información del tráfico en Euskadi.** Dirección de Tráfico del Gobierno Vasco (AutoDesk MapGuide): [trafico.euskadi.net](http://trafico.euskadi.net)
  
- ✓ **Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.**(AutoDesk MapGuide): [www.mapya.es/indices/pags/agric/index.htm](http://www.mapya.es/indices/pags/agric/index.htm)
  
- ✓ **SIGUA 2000.** Cartografía interactiva del Campus de la Universidad de Alicante (AutoDesk MapGuide): [www.sigua.ua.es/es/servicios/cartografia.htm](http://www.sigua.ua.es/es/servicios/cartografia.htm)
  
- ✓ **Cartografía de la provincia de Manitoba,** Canadá (GeoMedia Web): [maps1.intergraph.com/manitoba/](http://maps1.intergraph.com/manitoba/)
  
- ✓ **Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG)** (GeoMedia Web): búsqueda por topónimos, visualización de cartografía vectorial y raster superpuesta. Gestión de compra de productos: [www.cnig.es](http://www.cnig.es)
  
- ✓ **UDALPLAN PLANEAMIENTO MUNICIPAL,** Sistema de Información Geográfica aplicado al Urbanismo y a la Ordenación del Territorio de la Comunidad Autónoma del País Vasco: (GeoMedia Web): Página Web de Urbanismo. [www1.euskadi.net/udalplan/indice\\_c.htm](http://www1.euskadi.net/udalplan/indice_c.htm)
  
- ✓ **"Midirections",** servicio de rutas urbanas e interurbanas en Estados Unidos (MapXtreme): [www.midirections.com](http://www.midirections.com)

- ✓ **Callejero de la ciudad de Helsinki** (Bentley Publisher):  
[publisher.bentley.com/bentleypublisher/VP\\_showcase/demo\\_heksinki.htm](http://publisher.bentley.com/bentleypublisher/VP_showcase/demo_heksinki.htm)
  
- ✓ **Cartografía de turismo en Italia** "Discover Italia" (Bentley Publisher): [www.discoveritalia.com/](http://www.discoveritalia.com/) (opción "Maps").

### 3.5 Estudio Comparativo

En la tabla XIV se muestra una comparación de las principales funcionalidades de los Servidores de Mapas comerciales y de carácter libre, de la cual se puede concluir que las funcionalidades de los software comerciales son muy similares, lo que no es una variable muy definitoria a la hora de implementar un servidor de mapas, la diferencia entre los software comerciales está en, la marca, el precio de la licencia, los requerimientos mínimos de hardware, la velocidad de respuesta a las peticiones Web, etc., por otra parte se concluye también que las limitantes en los servidores de mapas libres son muy variadas y están condicionadas al tipo de aplicación que se desea implementar.

**Tabla XIV.** Comparación de funcionalidades de servidores de mapas

<b>SERVIDORES FUNCIONALES Y NO FUNCIONALES</b>	<b>SERVIDORES COMERCIALES</b>		<b>SERVIDORES LIBRES</b>	
	<b>ArcView Ims</b>	<b>MOIMS</b>	<b>MonoGis</b>	<b>MapServer</b>
Navegación y visualización dinámica e interactiva.	B	B	B	B
Selección de elementos	B	P	B	B
Control de visualización según detalles.	B	P	B	B
Consultas gráficas y lógicas	B	P	B	B

Comparación de funcionalidades de servidores de mapas (Continuación)

Operaciones geométricas básicas (corredor, distancia)	B	P	B	N
Variación de simbología y colores.	B	P	B	B
Creación de elementos gráficos temporales.	B	P	N	B
Generación de reportes sobre consultas.	P	P	N	B
Visualización de documentos	P	P	N	N
Generación e impresión automatizada de mapas.	B/P	P	P	P
Desarrollo en idioma español.	B	P	N	P
Seguridad de datos y restricción de acceso.	B	P	X	X
Acceso directo a Base de Datos.	B/P	P	B/P	B
Implemento de sistema de Metadatos.	P	P	B	B

**B** = Funcionalidad Básica.

**P** = Programable.

**X** = Limitada.

**N** = No implementada.

### 3.6 Ventajas y desventajas de herramientas de uso

Las Herramientas SIG en entornos generales basan sus eficiencias y deficiencias de acuerdo a sus aspectos principales de uso. En la tabla XV se muestra las ventajas y desventajas de los Webmapping motivo de estudio.

**Tabla XV.** Ventajas y desventajas de los servidores de mapas.

<b>Aspectos Básicos SIG</b>	ArcView IMS (ESRI)		MapObject IMS (ESRI)		MonoGis		MapServer	
	<b>V</b>	<b>D</b>	<b>V</b>	<b>D</b>	<b>V</b>	<b>D</b>	<b>V</b>	<b>D</b>
Funcionalidades básicas: edición, leyenda, temáticos	X		X		X		X	
Análisis espacial: unión, intersección, diferencia, recorte.	X		X			X		X
Capacidad raster: georeferenciación, formatos, y, filtraje y manipulación	X		X			X	X	
Interoperabilidad: SIG, CAD, OGC y Bases de Datos	X		X		X			X
Rendimiento: sobrecarga, gestión y optimización algoritmos análisis	X		X			X	X	
Personalización: scripts o lenguaje ajeno, documentación		X		X	X		X	
Capacidad 3D: edición, representación del territorio y volumetría	X			X		X	X	
Generación de Mapas	X		X		X		X	
Documentación y soporte	X		X		X		X	

**V:** Ventaja

**D:** Desventaja.

### **3.7 Costos de Servidor de mapas (licencia, formación, personalización, mantenimiento) durante 2 años.**

En la tabla XVI se describe el costo de un servidor de mapas durante 2 años.

**Tabla XVI.** Costo promedio de un servidor de mapas durante 2 años.

	<b>COSTO PROMEDIO EN HERRAMIENTAS SIG COMERCIAL</b>	<b>COSTO PROMEDIO EN HERRAMIENTA SIG OPEN SOURCE</b>
<b>Coste de licencia.</b>	13,000.00 – 14,000.00 €	0.00 €
<b>Coste de mantenimiento de licencia.</b>	2,250.00 €	0.00 €
<b>Coste de soporte.</b>	2,650.00 € incluido el coste de mantenimiento por: soporte técnico, lista de usuarios, volumen de licencias, técnico presencial.	0.00 €, el sistema de soporte está basado en las listas de usuarios y la resolución de una duda se realiza en 24 – 48h.
<b>Coste de formación.</b>	900.00€ 27 horas en 5 días.	300.00€ un curso de 20 horas.
<b>Coste de personalización.</b>	500.00 – 700.00€ hombre/día.	240.00 – 320.00€ hombre/día.

Coste total de un servidor de mapas comercial: 20,500.00€ primer año, 2,250.00€ segundo año por mantenimiento.

Coste total de un servidor de mapas no comercial: 2,900.00€ primer año, 0.00€ segundo año por mantenimiento.

De acuerdo a la tabla comparativa y a la tabla de ventajas y desventajas, los software's comerciales cuentan con mayores funcionalidades y ventajas respecto de los libres, pero a la hora de revisar el aspecto económico, más específicamente el precio de su licencia, es donde existe una gran diferencia y es por esta razón que, para desarrollar el Sistema de Información Geográfica prototipo para el Cuerpo de Bomberos de la Ciudad de Riobamba se inclinó por un software de carácter libre que cuente con funcionalidades básicas, en este caso el MapServer.

# **CAPÍTULO IV.**

## **SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO DEL CUERPO DE BOMBEROS**

### **4.1 Utilización de la metodología Booch.**

Los Sistemas de Información Geográfico (SIG) son sistemas utilizados como herramientas para analizar, consultar, manipular y desplegar información geográfica. Estos sistemas a través una serie de etapas, tienen la capacidad de representar en una computadora datos espaciales y atributos que los caracterizan.

Para la construcción de un SIG es necesario el escogitamiento de paradigmas de la Ingeniería de Software que satisfagan la unión de las diferentes etapas que son parte del desarrollo del Sistema.

Booch se centra en etapas y definiciones de entregas, con notaciones el diseño de diagramas para describir las decisiones de análisis y diseño,

tácticas y estrategias que deben ser hechas en la creación de un sistema orientado a objetos.

## 4.2 Resumen metodología Booch

Esta metodología es altamente aceptable en sistemas convencionales orientados a objetos y obedece a la mayoría de conceptos que la O-O utiliza en la consecución de sistemas.

### **Análisis de requerimientos.**

En esta etapa se define qué quiere el usuario del sistema. Es una etapa de alto nivel que identifica las funciones principales del sistema, el alcance del modelamiento del mundo y documenta los procesos principales y las políticas que el sistema va a soportar. No se definen pasos formales, ya que éstos dependen de qué tan nuevo es el proyecto, la disponibilidad de expertos y usuarios y la disponibilidad de documentos adicionales.

- ✓ **Funciones primarias del sistema:** Principales entradas y salidas del sistema, referencias a políticas, sistemas existentes o procedimientos, etc.
- ✓ **Conjunto de mecanismos claves que el sistema debe proveer:** estado de entrada, estado de salida y estados esperados.

### **Análisis de Dominio**

Es el proceso de definir de una manera concisa, precisa y OO la parte del modelo del mundo del sistema. Las siguientes actividades son parte de esta etapa:

Definir Clases

Definir relaciones de contenedencia

Encontrar atributos

Definir herencia

Definir operaciones

Validar e iterar sobre el modelo

- ✓ **Diagrama de clases** con las abstracciones clave, identificando las clases del dominio claves y sus relaciones.
- ✓ **Especificación de las clases** especificar las clases que son identificadas.
- ✓ **Vistas de herencia.** Diagramas de clases con este tipo de relaciones.
- ✓ **Diagramas de escenarios de objetos** Graficar los posibles estados en que el usuario puede incurrir.
- ✓ **Especificación de objetos**, que relacionan objetos y sus clases.

## **Diseño**

Es el proceso de determinar una implementación efectiva y eficiente que realice las funciones y tenga la información del análisis de dominio. Las siguientes actividades se plantean en esta etapa

**Determinar la arquitectura inicial.** Decisiones acerca de recursos de implementación, categorías y prototipos a desarrollar

**Determinar el diseño lógico.** Detalle al diagrama de clases

**Implementación física.** Interfaz a dispositivos o características propias de la implementación.

**Refinamiento del diseño.** Incorporar el aprendizaje debido a los prototipos y cumplir con requerimientos de desempeño.

- ✓ **Descripción de arquitectura**, que describe las decisiones más importantes de diseño como son el conjunto de procesos, manejadores de bases de datos, sistemas operativos, lenguajes, etc.
- ✓ **Descripciones de prototipo**, que describen las metas y contenido de las implementaciones sucesivas de prototipos, su proceso de desarrollo y la forma de probar requerimientos.

#### **Diagramas de Categorías**

- ✓ **Diagramas de clases en diseño**, detallan las abstracciones de análisis con características de implementación.
- ✓ **Diagramas de objetos en diseño**, muestran las operaciones necesarias para desarrollar una operación

#### **Nuevas especificaciones.**

- ✓ **Especificaciones de clases corregidas**, muestra la especificación completa de los métodos con algoritmos complicados, la implementación de relaciones y el tipo de atributos.

### **4.3 Análisis de requerimientos Sistema de Información Geográfico.**

Es importante obtener una buena requerimentación de cualquier tipo de sistema, para de esta manera incurrir en los menores errores posibles.

### **4.3.1 Introducción.**

La adquisición de los datos para la consecución del SIG, deben ser técnicamente documentados para incurrir en una etapa preliminar 90% exitosa.

#### **4.3.1.1 Definición del Problema.**

**Nombre:** SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DEL CUERPO DE BOMBEROS DE RIOBAMBA.

**Función:** Georeferenciación de hidrantes y zonas de peligro ante posibles flagelos de la **ZONA 3** del cantón Riobamba Urbano, datos conseguidos a través del PROYECTO DIGITALIZACION CARTOGRAFICO DE RIOBAMBA URBANO, así también: Centros de Salud, Centros Educativos, Industrias Metálicas, Instituciones Públicas, Lugares de asistencia masiva, Lugares Públicos, Sistema Vial, Zonas (Mapa Base Georeferenciado de 1996 ), Zonas de Fácil Acceso.

**Descripción:** El Sistema de Información Geográfico estará a disposición de todos los usuarios en el Computador Servidor de SIG del Cuerpo de Bomberos, este SIG permitirá a los usuarios consultar información y ubicación de Zonas de Centros de Salud, Centros Educativos, Industrias Metálicas, Instituciones Públicas, Lugares de asistencia masiva, Lugares Públicos, Sistema Vial, Zonas (Mapa Base Georeferenciado de 1996 ), Zonas de Fácil Acceso.

**Justificación:** El SIG es una herramienta que permitirá al personal del Cuerpo de Bomberos, tomar decisiones de manera ágil y fácil en todos

los ámbitos, además que permita a instituciones, organizaciones, y comunidades locales conocer la dinámica de su entorno geográfico mediante el uso y aplicación de tecnologías de información.

### **4.3.2 Requerimentación**

Se realizó tablas geospaciales basadas en los datos relevantes que funcionan en la **ZONA 3** de acuerdo al Plano Base Catastral de Abril 2005, proporcionado por el Departamento de Avalúos y Catastros (Ilustre Municipio de Riobamba), caso estudio.

#### **4.3.2.1 Escenarios**

Técnica de pasos para la descripción de accesos a los servicios del portal.

##### **Escenario Normal 1: Obtención de información de vistas.**

- ✓ El usuario accede al Sistema de Información Geográfico.
- ✓ El usuario abre una vista.
- ✓ El usuario selecciona el tema del cual requiere ver la información.
- ✓ El usuario escoge el botón identify.
- ✓ El usuario va a la ventana de vista.
- ✓ El SIG muestra de mapas.
- ✓ El usuario obtiene información.
- ✓ El usuario cierra la vista en el SIG.

##### **Escenario Normal 2: Abrir información de tablas a través de vistas.**

- ✓ El usuario accede al Sistema de Información Geográfico.
- ✓ El usuario abre una vista.

- ✓ El usuario selecciona el tema del cual requiere ver la información.
- ✓ El usuario escoge el botón Open Theme Table.
- ✓ El usuario cierra la vista.

**Escenario Normal 3: Visualización de datos de una Tabla.**

- ✓ El usuario accede al Sistema de Información Geográfico.
- ✓ El usuario abre una Tabla.
- ✓ El usuario abre la tabla de la que desea información.
- ✓ El usuario cierra la tabla en el SIG.

**Escenario Normal 4: Actualización de datos en una Tabla.**

- ✓ El usuario accede al Sistema de Información Geográfico.
- ✓ El usuario abre la tabla de la que desea actualizar.
- ✓ El usuario escoge la opción Table/Star Editing.
- ✓ El usuario escoge el botón Edit.
- ✓ El usuario se coloca en el registro y el campo que desea actualizar.
- ✓ El usuario graba los cambios.
- ✓ El usuario cierra la Tabla.

**Escenario Anormal 1: No se encuentra la información.**

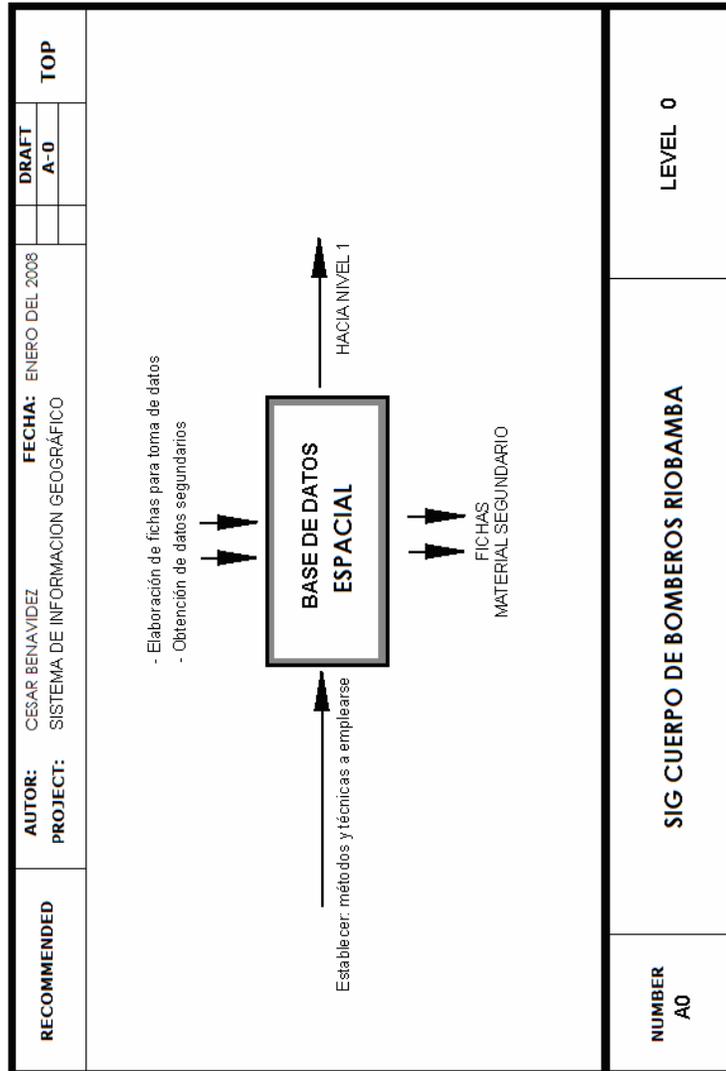
- ✓ El usuario accede al Sistema de Información Geográfico.
- ✓ El usuario abre una vista.
- ✓ El usuario selecciona el tema del cual requiere ver la información.
- ✓ El usuario escoge el botón Open Theme Table.
- ✓ El usuario no observa la información.
- ✓ El usuario cierra la vista sin éxito de información.

#### **4.3.2.2 Análisis de actividad del SIG.**

La identificación de los principales actores que interactúan con el SIG es de gran beneficio para la consecución de identificación de una manera gráfica de las principales entradas y salidas en las que el usuario con el SIG de Guano incurre.

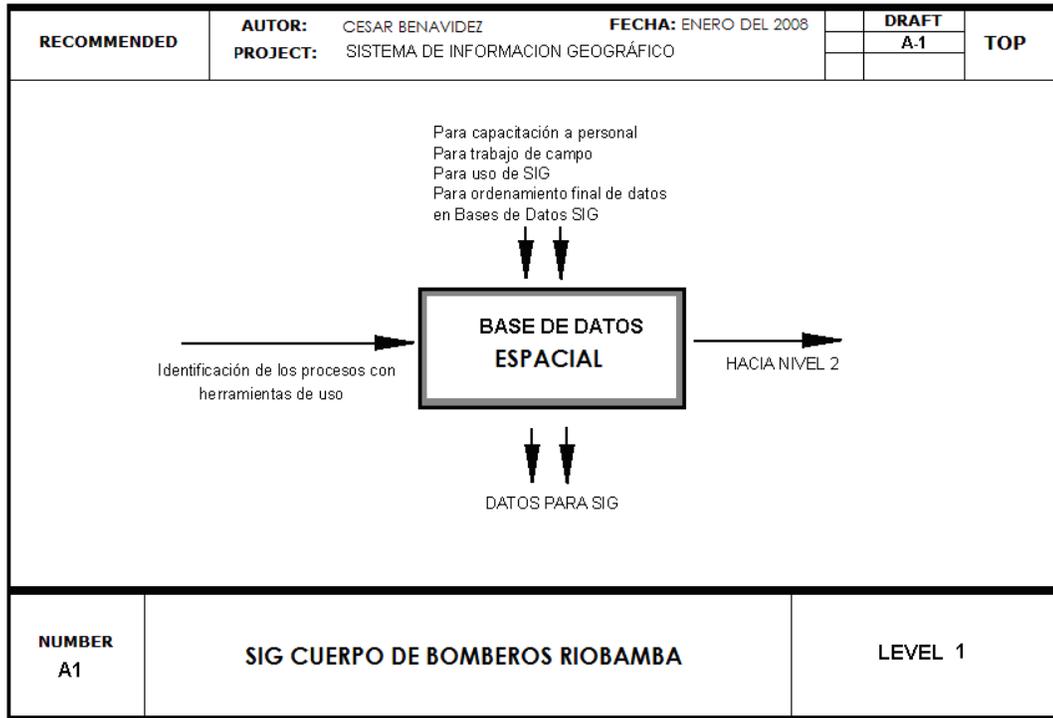
Se procede de esta manera a identificar las principales fuentes de acción en el portal, que son denotadas gráficamente como entradas y salidas del portal.

**Fase 0.**



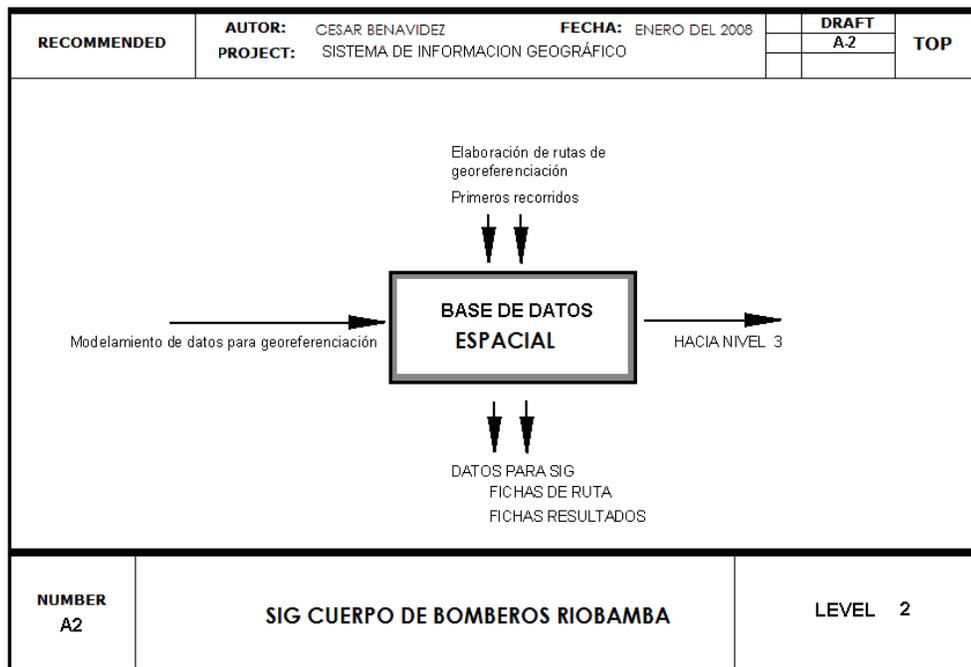
**Figura 4.1.** Análisis de Actividades – Fase 0

**Fase 1.**



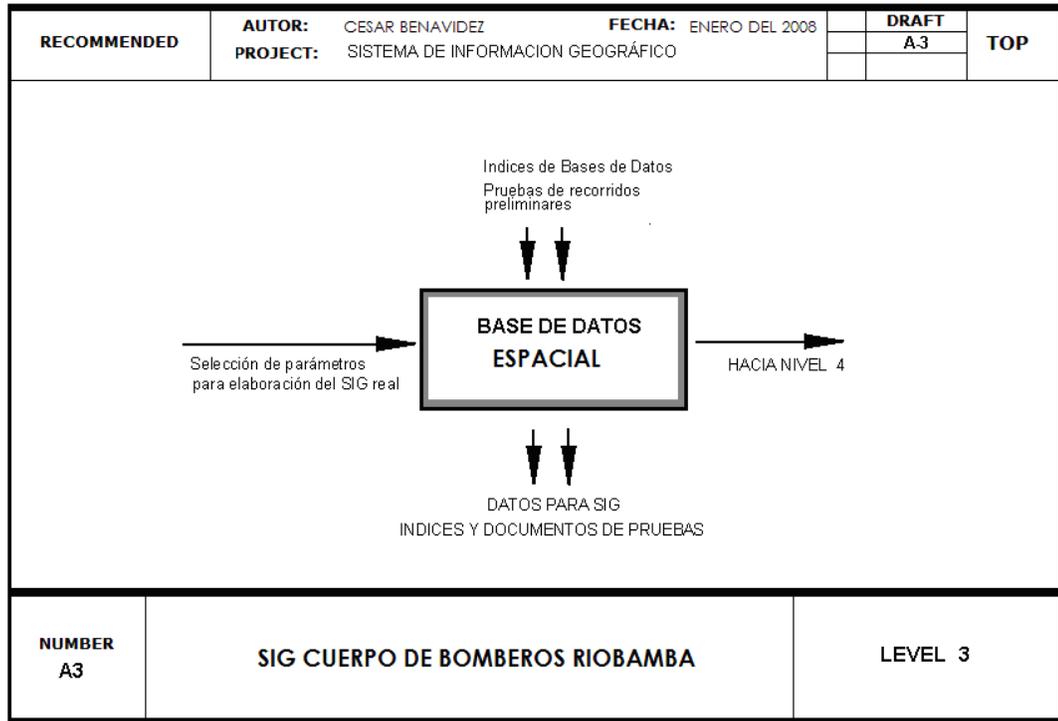
**Figura 4.2.** Análisis de Actividades – Fase 1

**Fase 2.**



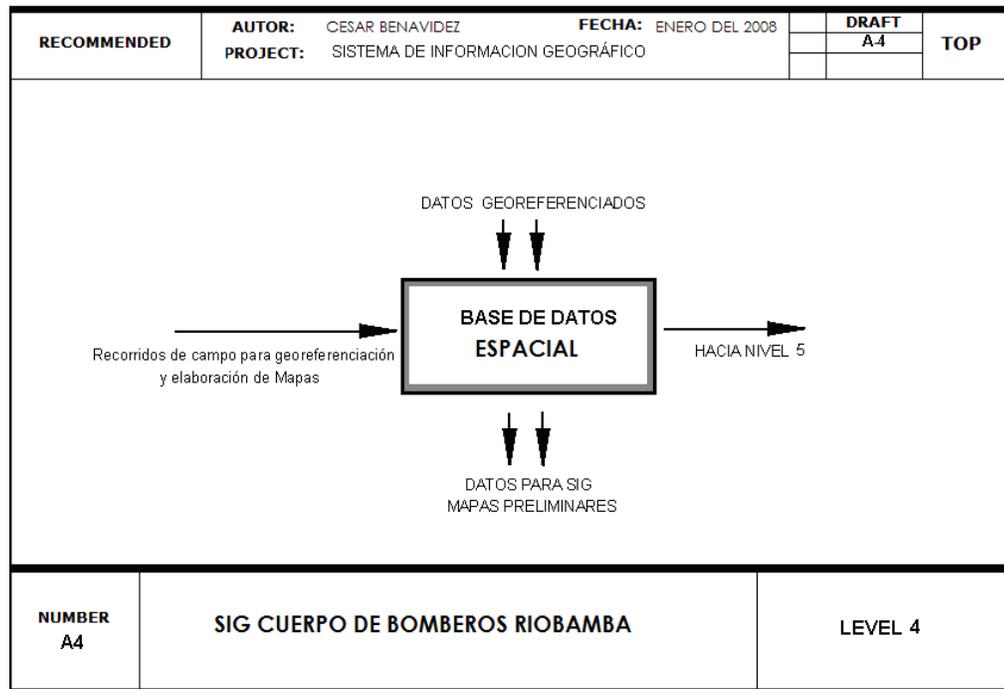
**Figura 4.3.** Análisis de Actividades – Fase 2

**Fase 3.**



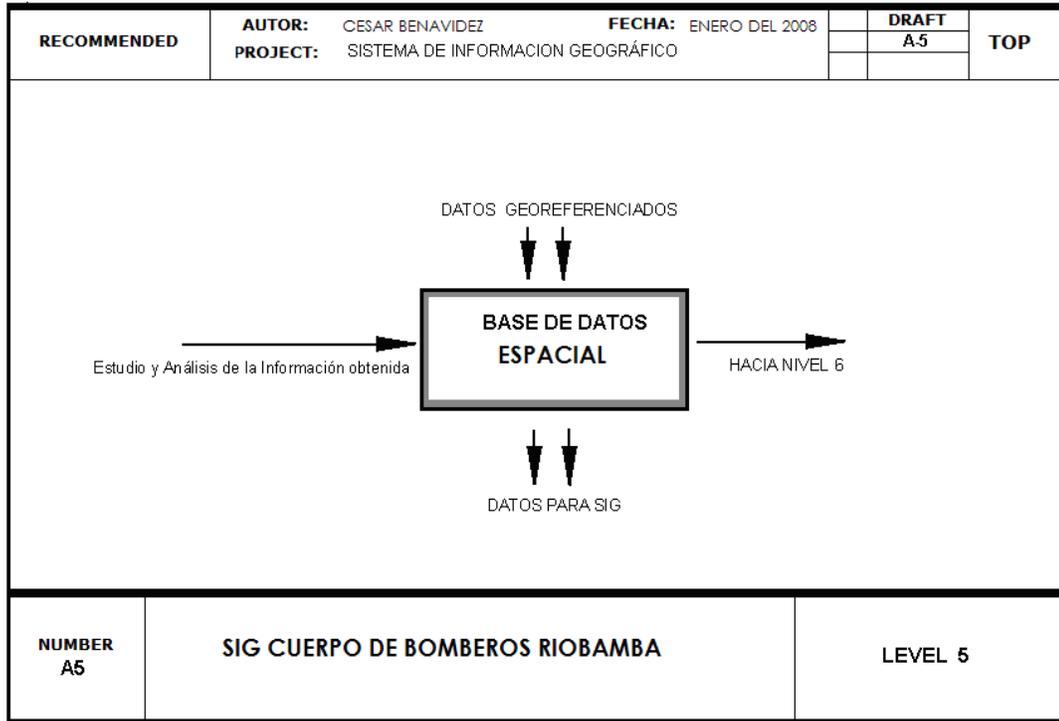
**Figura 4.4.** Análisis de Actividades – Fase 3

**Fase 4.**



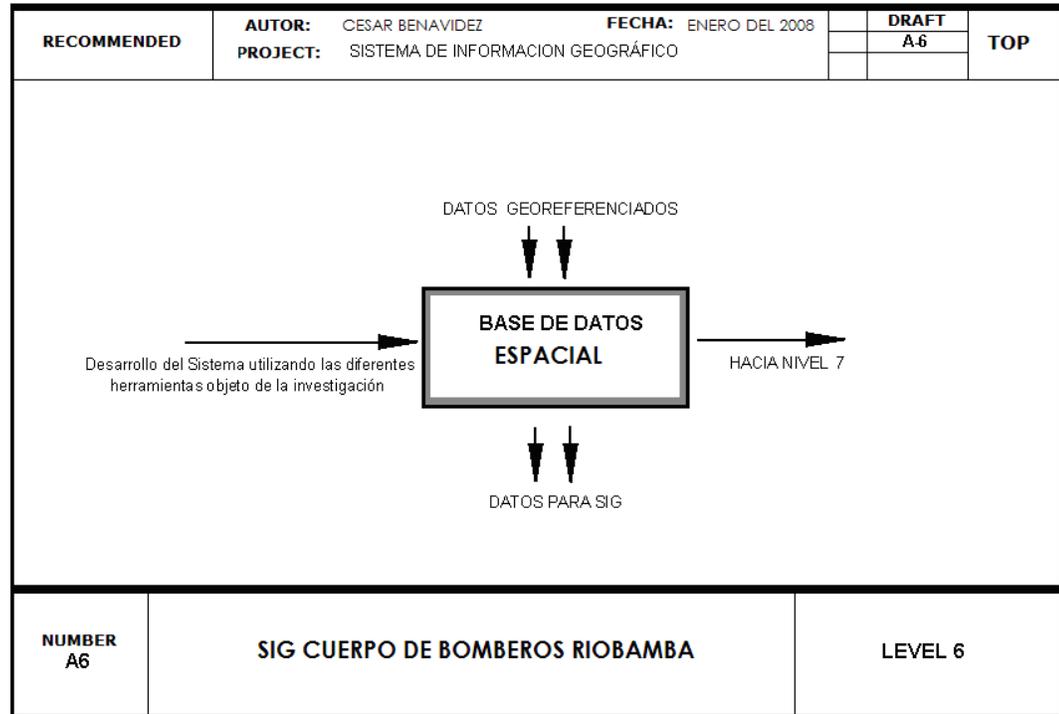
**Figura 4.5.** Análisis de Actividades – Fase 4

**Fase 5.**



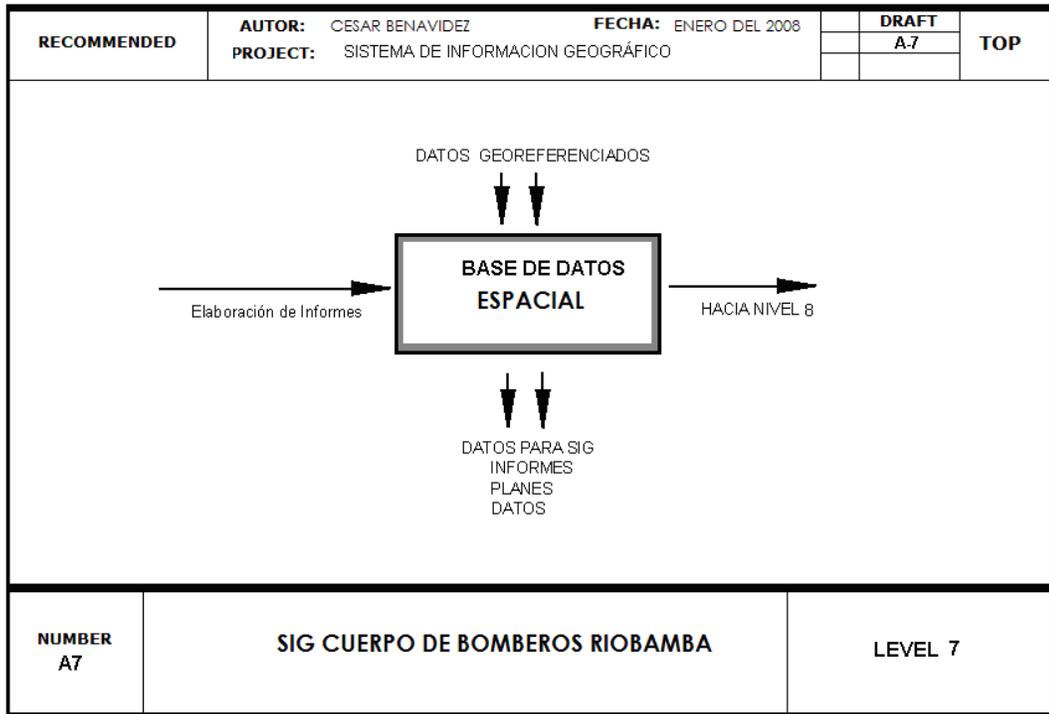
**Figura 4.6.** Análisis de Actividades – Fase 5

**Fase 6.**



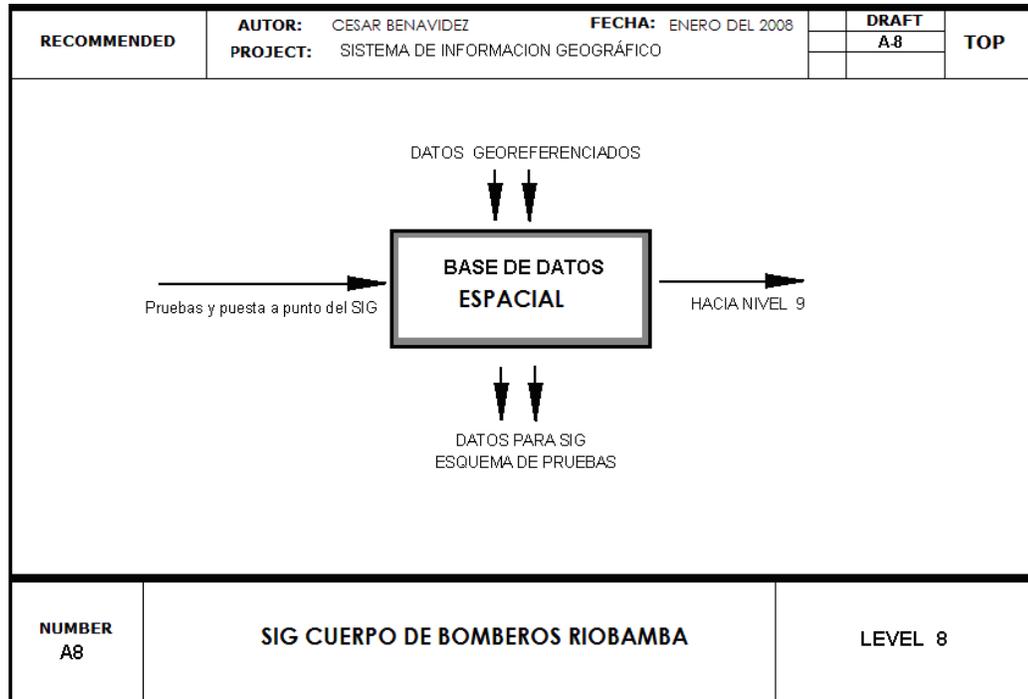
**Figura 4.7.** Análisis de Actividades – Fase 6

**Fase 7.**



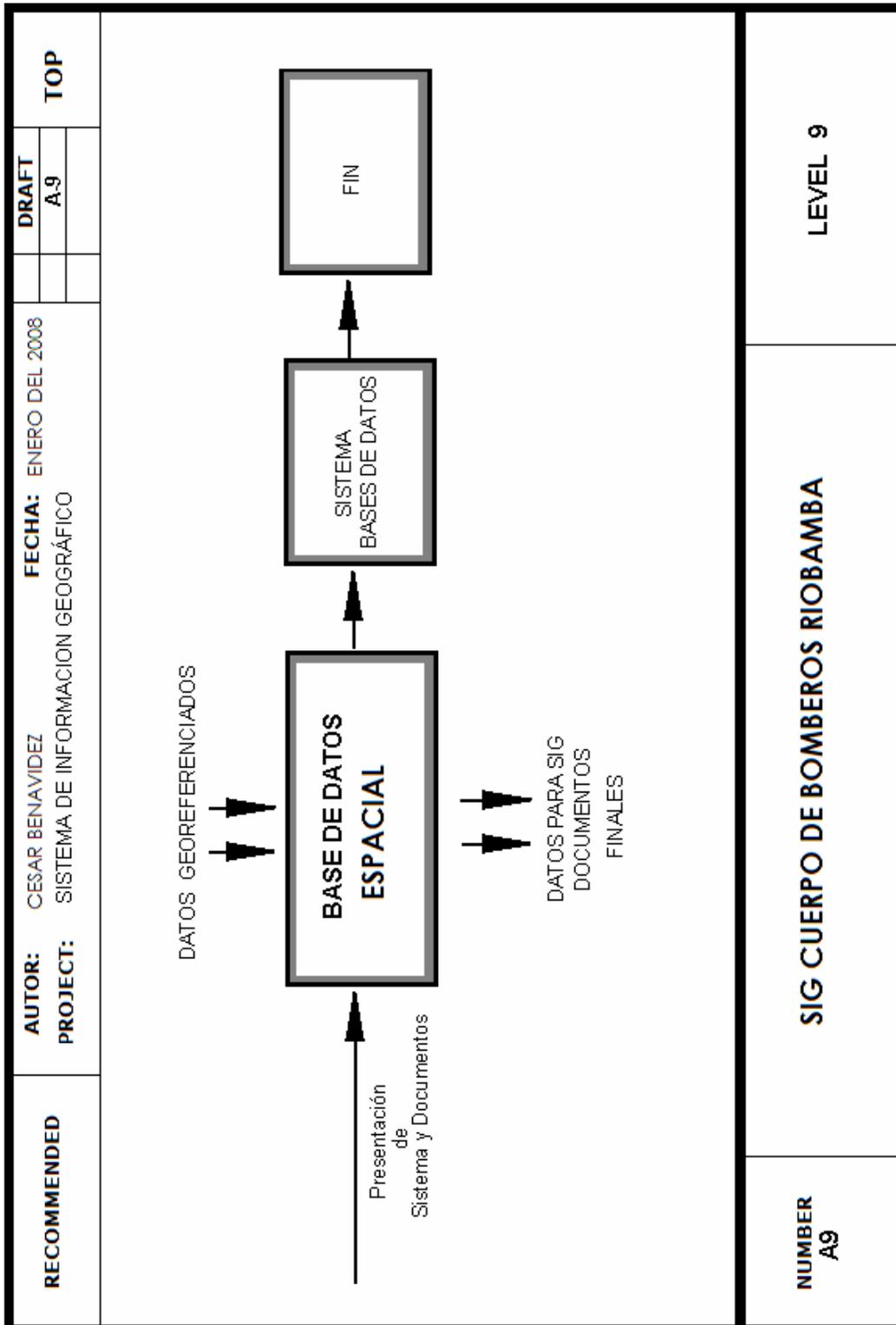
**Figura 4.8.** Análisis de Actividades – Fase 7

**Fase 8.**



**Figura 4.9.** Análisis de Actividades – Fase 8

**Fase 9.**



**Figura 4.10.** Análisis de Actividades – Fase 9

### **4.3.2.3 Especificación de Requerimientos del Software (SRS).**

Se incorporan todas las características del software para entender perfectamente cual será el funcionamiento de la aplicación.

#### **Propósito.**

Conceptuar las demandas funcionales que debe cumplir el SIG. Esta deberá ser leída por los usuarios o cualquiera que tenga interés en saber como funciona el producto.

#### **Ámbito.**

Se clasifica como una aplicación destinada a la consulta de información de: Hidrantes, Zonas de Peligro, Centros de Salud, Centros Educativos, Industrias Metálicas, Instituciones Públicas, Lugares de asistencia masiva, Lugares Públicos, Sistema Vial, Zonas (Mapa Base Georeferenciado de 1996 ), Zonas de Fácil Acceso.

#### **Definiciones, acrónimos y abreviaturas.**

SIG.- Sistema de Información Geográfico

GUI. Interfaz gráfica de Usuario (IGU)

BD.- Base de Datos.

S.O.- Sistema Operativo.

#### **Referencias**

Para la redacción y definición del texto y sistema respectivamente se han tenido en cuenta los siguientes documentos:

[1] "Guía del IEEE para la Especificación de Requerimientos Software", Apuntes IDR 2002.

[2] IEEE Std 830-IEEE Guide to Software Requeriments Specifications. IEEE Standards Board. 345 East 47 th Street. New York, NY 10017, USA, 1984

[3] SIG Chimborazo; Honorable Consejo Provincial de Chimborazo 2001

[4] Proyecto PLANTEL

[5] Análisis de Imagen Satelital (Agencia Spot; Francia 2005)

[6] Documentos Otorgados por la Ilustre Municipalidad de Riobamba

[7] Recorridos de Campo con GPS para datos primarios.

[8] Proyecto Riobamba Digital Zona Urbana

#### **4.3.2.4 Descripción General.**

##### **Factores que afectan al producto y a sus requerimientos.**

###### **a. Perspectiva del producto.**

Los programas SIG proveen las herramientas y funcionalidades necesarias para almacenar, analizar y mostrar información geográfica.

Los componentes principales del software SIG son:

- ✓ Sistema de manejo de base de datos Espaciales.
- ✓ Manejo de Mapas con información Geográfica específica
- ✓ Una interfase grafica de usuarios (IGU) para el fácil acceso a las herramientas
- ✓ Herramientas para captura y manejo de información geográfica.
- ✓ Herramientas para soporte de consultas, análisis y visualización de datos geográficos.

**b. Funciones del producto para usuarios.**

Las funciones de producto se listan a continuación:

- ✓ Consulta de información básica de ubicación Zonas de Peligro.
- ✓ 1.1) Ubicación de Gasolineras, Industrias, Hidrantes
- ✓ Consulta de información básica y ubicación de Centros de Salud.
- ✓ Consulta de información básica y ubicación de Instituciones públicas.
- ✓ Consulta de Vías del Cantón
- ✓ Consulta de ubicación de especies Canchas, Estadios, Parques, etc.

**c. Características de los usuarios.**

Son las particularidades de cada usuario y las funciones que les corresponden independientemente.

Estableciendo una primera clasificación de los usuarios de nuestra aplicación:

**Usuario de clase 1**

Administrador: Usuario de mayor nivel

Propósito: Encargado de la administración del Sistema de Información Geográfico.

**Usuario de clase 2**

Técnicos: Responsables del uso del sistema

Propósito: Actualizar los datos obtenidos durante una inspección

### **Usuario de clase 3.**

Ciudadano: Usuario común

Propósito: Consulta de información en el SIG.

#### **d. Supuestos y dependencias**

El SIG requiere para su funcionamiento y visualización el siguiente software: Sistema Operativo Windows 2000 Server o Windows NT Server, ArcView 3.2, Internet Map Server, Internet Information Server, Internet Explorer, Máquina Virtual de Java.

El Gestor de Bases de Datos utilizado para esta aplicación es Dbase (archivos de extensión dbf).

### **4.3.2.5 Requerimientos Específicos.**

Se describen los requerimientos funcionales, de interfaz externa, de eficiencia y cualquier otro requerimiento específico para el SIG.

#### **a. Requerimientos Funcionales.**

- ✓ **Gestión de consulta de Mapas y la Información que estos posean.** El sistema presentará al usuario los datos y gráficos referentes a la información obtenida.
  
- ✓ **Gestión de actualización de la información que estos posean.** El Sistema presentará al usuario los datos en las tablas a las que el desea actualizar.

## **b. Requerimientos de Interfaces Externas**

- ✓ **Interfaces de Usuario.** Las entradas realizadas a través de teclado, debemos destacar algunos aspectos como tener teclas de acceso rápido, así como a los elementos dentro de los cuadros de diálogo y las barras de herramientas.

El usuario encontrará en el SIG zonas de selección, iconos o botones que activen distintos estado de la máquina. Contará también con menús con opciones.

- ✓ **Interfaces Software.** Se utilizará ArcView 3.2 para el trabajo con Sistemas de Información Geográfico.

Se utilizará Internet Map Server, para el Geoportal.

- ✓ **Interfaces de comunicaciones.** Dadas las características del presente producto, tales como el uso de mapas es necesario establecer un infocentro para que la transferencia en red sea transparente.

## **c. Requerimientos de eficiencia.**

El producto debería ser instalado para múltiples usuarios accediendo desde distintas máquinas simultáneamente.

Por lo que podría presentar problemas de eficiencia si no se ha establecido una buena conexión en Red.

Generalmente se debe instalar en un único servidor de ficheros, teniendo cada usuario su subdirectorio de trabajo. De este modo,

todos los terminales tienen acceso a una única copia. El número de usuarios simultáneos conectados no depende del producto, sino del sistema, y en principio puede ser cualquiera.

Dado el carácter personal de los datos es necesario un buen sistema de seguridad que garantice la privacidad de los datos almacenados.

**d. Otros Requerimientos.**

Será la consulta la operación que con mayor frecuencia que se realice, por lo que se debe agilizar dicha operación, ya sea mediante el diseño de las estructuras de la BD o mediante la creación de Vistas de acuerdo a los requerimientos.

Por otro lado el carácter privado de los datos de la BD Espacial obliga a extremar la seguridad del sistema.

### 4.3.3 Riesgos de Requerimentación.

<b>RIESGO Nº 1</b>	
<b>Fecha</b>	CESAR BENAVIDEZ
<b>Responsable</b>	ENERO DEL 2008
<b>No. Errores</b>	

<b>Error 1:</b>	Mala definición de los requerimientos funcionales
<b>Error 2:</b>	Falta de especificación de métodos
<b>Error 3:</b>	otros

**Observaciones**

La primera versión del SRS tuvo que ser reconstruida

**Figura 4.11.** Riesgo de Requerimentación Nº 1

<b>RIESGO Nº 2</b>	
<b>Fecha</b>	CESAR BENAVIDEZ
<b>Responsable</b>	ENERO DEL 2008
<b>No. Errores</b>	

<b>Error 1:</b>	Mala definición en la especificación de los requerimientos
<b>Error 2:</b>	Incompleta no existencia de escenarios anormales

**Observaciones**

**Figura 4.12.** Riesgo de Requerimentación Nº 2

### 4.3.4 Diseño de la Base de Datos

Diagrama Entidad-Relación de la Base de Datos que interactúa con el SIG.

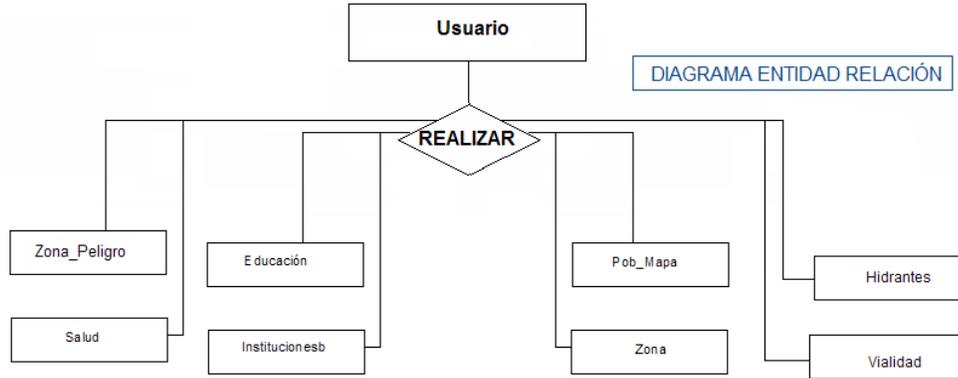


Figura 4.13. Diagrama entidad relación

En la siguiente figura podemos observar las tablas con la que consta la Base de Datos espacial:

TABLAS
Zona_ Peligro
Salud
Pob_mapas
Educación
General
Hidrantes
Zona
Vialidad

Figura 4.14. Tablas que consta en la Base de Datos

### 4.3.5 Diccionario de datos.

Tabla XVII. Zona de Peligro.

NOMBRE ATRIBUTO	TIPO	DESCRIPCIÓN
Shape	Point	Describe el punto de referencia en el mapa
Código	Numérico	Contiene el valor relación para el punto dado

Zona de Peligro. (Continuación)

E	Numérico	Contiene el valor del punto en la coordenada ESTE
N	Numérico	Contiene el valor del punto en la coordenada NORTE
Nombre Institución	Carácter	Describe el Nombre de la Institución
Dirección	Carácter	Dirección de la Entidad
Encargado	Carácter	Jefe Encargado
Categoría	Carácter	Categorización del Centro
Zona	Carácter	Zona de Pertenencia
Parroquia	Carácter	Nombre Parroquia
Tipo de Infraestructura	Carácter	Descripción material de Construcción
Ambientes	Carácter	Describe Ambientes Existentes
Servicios	Carácter	Tipos de Servicios que Poseen
Equipos Técnicos	Carácter	Descripción de equipos de Uso para evitar flagelos
Área Aproximada	Numérico	Total Área de Construcción y No Construcción
Horario de Atención	Carácter	Horario de atención

**Tabla XVIII.** Hidrantes.

<b>NOMBRE ATRIBUTO</b>	<b>TIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Shape	PointZ	Describe el punto de referencia en el mapa
Entity	Text	Describe el punto de referencia en el mapa
Layer	Numérico	Contiene referencia de Layer exportado de Autocad
Elevation	Numérico	Contiene el valor de la elevación
Thicness	Numérico	Contiene el valor del color
Color	Numérico	Contiene el color de referencia

**Tabla XIX.** Vías de Acceso

<b>NOMBRE ATRIBUTO</b>	<b>TIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Area	Numerico	Valor de area de vía
Perimetro	Numerico	Valor de perímetro de vía
Tipo	Carácter	Descripción de tipo de vía

**Tabla XX.** Distribuidores de gas.

<b>NOMBRE ATRIBUTOS</b>	<b>TIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
E	Numérico	Contiene el valor del punto en la coordenada ESTE
N	Numérico	Contiene el valor del punto en la coordenada NORTE
Existencia de acueducto, pozos de emergencia, tanques de almacenamiento, rociadores automáticos, depósitos de combustibles	String	Describe la existencia de Acueductos, pozos de emergencia, tanques de almacenamiento, rociadores automáticos, depósitos de combustibles
Deposito de Gas Inflamables, zonas vulnerables internas, estructuras eléctricas, evacuaciones internas	String	Describe la existencia de Deposito de Gas Inflamables, zonas vulnerables internas, estructuras eléctricas, evacuaciones internas
Zonas de Almacенamientos de papel, plan de Ubicación de extinguidotes, Censores de Incendios	String	Describe la existencia de Zonas de Almacенamientos de papel, plan de Ubicación de extinguidotes, Censores de Incendios
Existencia de Hidrantes	String	Describe la existencia de HIDRANTE EN ZONA

Distribuidores de gas. (Continuación)

Comunicación de Radio Frecuencia, Vías de Acceso, Condiciones de Vías de Acceso, Planos de Evacuación Internos	String	Describe la existencia de Comunicación de Radio Frecuencia, Vías de Acceso, Condiciones de Vías de Acceso, Planos de Evacuación Internos
Estructuras Planimétricas, Plan de Adiestramientos contra Incendios, Extinguidotes en cada piso, condición de Extinguidor	String	Estructuras Planimétricas, Plan de Adiestramientos contra Incendios, Extinguidotes en cada piso, condición de Extinguidor

## **4.4 Análisis del Dominio del Sistema de Información Geográfico.**

El objetivo del Análisis de dominio de Booch, abarca un proceso de desarrollo, soportado por una variedad de herramientas automatizadas y notaciones diferentes a las tradicionales orientadas a objetos.

### **4.4.1 Modelación de Clases.**

El modelado abarca micro procesos para el desarrollo del Análisis Orientado a Objetos, bajo esta metodología la misma que ejecutará la extracción de las diferentes clases y objetos del sistema.

#### **4.4.1.1 Modelo de extracción de nombres.**

Se realiza una definición concisa del problema, la estrategia informal y formalizar la estrategia.

**a. Definición concisa del problema.**

El Sistema de Información Geográfico debe permitir al usuario realizar consultas de información y ubicación de Zonas de peligro, Instituciones Gubernamentales, Hidrantes, Delimitación de Zonas, Límites Parroquiales, Demografía, Vialidad, Riesgos, Presencia Institucional, también la actualización de datos para el administrador.

**b. Estrategia Informal.**

El Sistema de Información Geográfico debe permitir al usuario realizar consultas de información y ubicación de Zonas de peligro, Instituciones Gubernamentales, Hidrantes, Delimitación de Zonas, Vialidad, Presencia Institucional, también la actualización de datos para el administrador.

**c. Formalizar la Estrategia**

Se realiza la identificación de clases candidatas y la unicidad de clases.

**Clases candidatas.**

Sistema de Información Geográfico

Usuario

Zonas de Peligro. Hidrantes

Delimitación de Zonas

Presencia Institucional

Administrador

**Las únicas clases son:**

Zonas de peligro

Hidrantes.

Presencia Institucional

### 4.4.2 Especificación de clases.

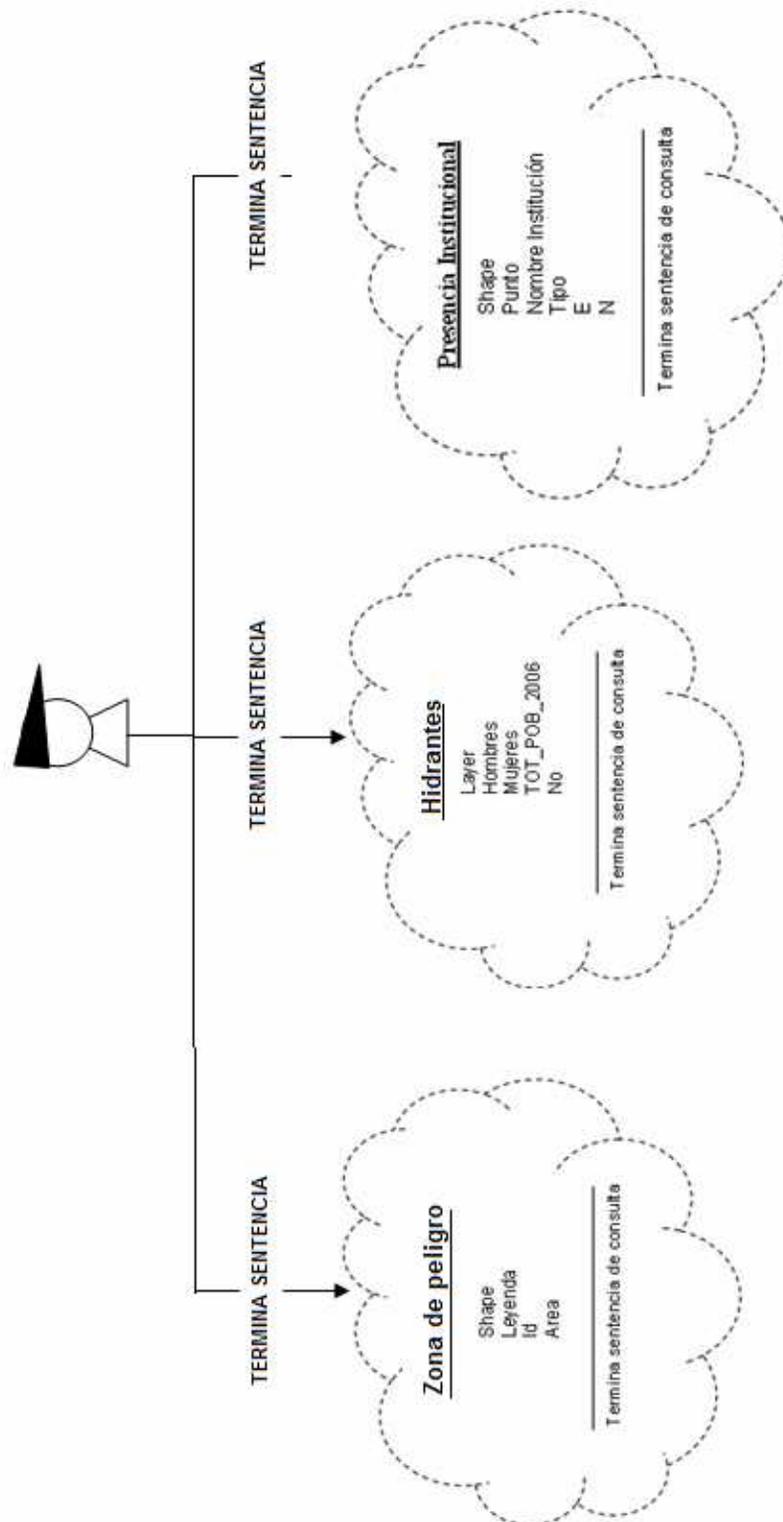


Figura 4.15. Especificación de clases



## **4.5 Diseño SIG CUERPO DE BOMBEROS**

El diseño de Booch se replica en cada etapa de análisis de dominio, debido a esto se define un enfoque evolutivo.

## 4.5.1 Diseño Arquitectónico.

### 4.5.1.1 Diseño detallado comando consultar.

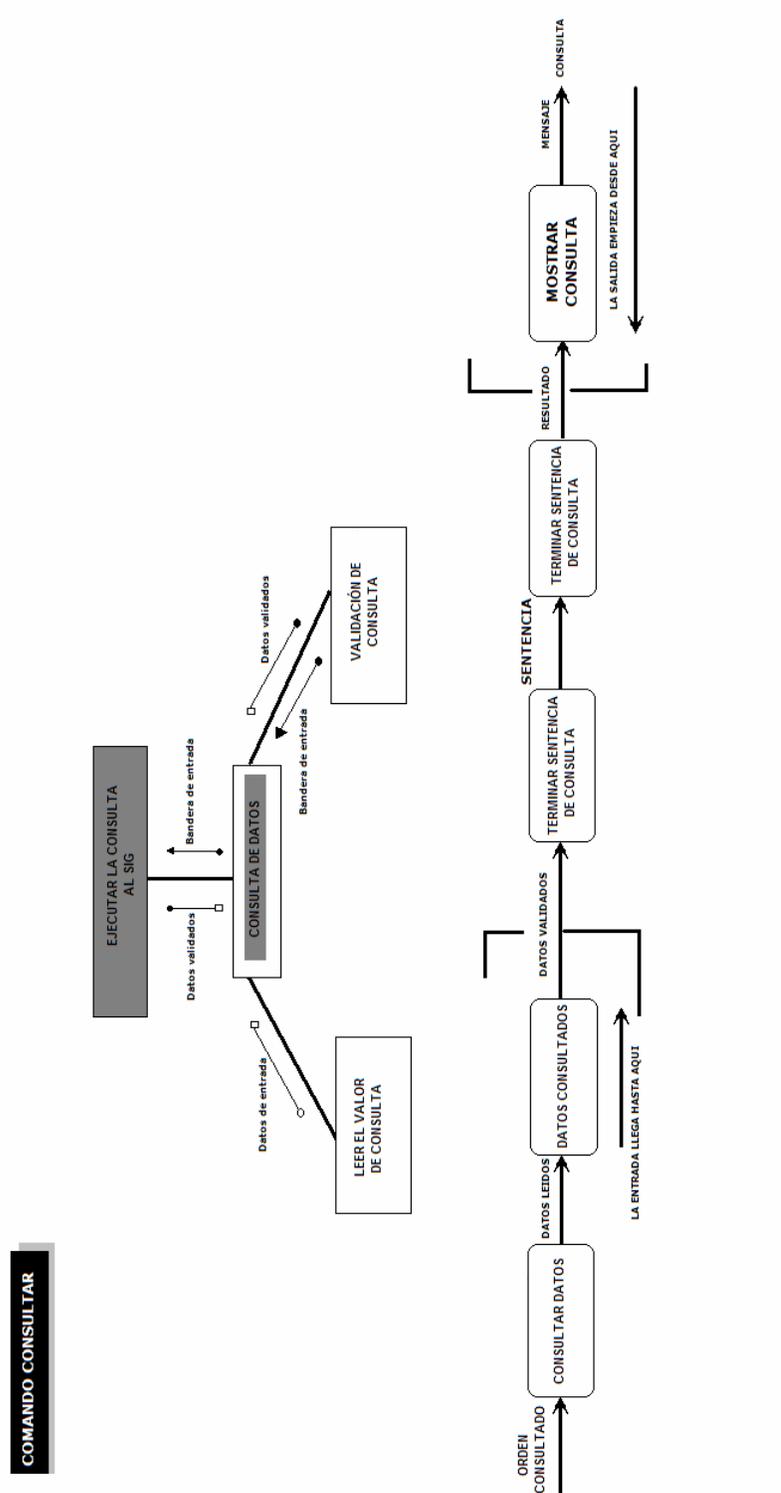


Figura 4.17. Diseño detallado del comando consultar

<b>NOMBRE DEL MODULO:</b>	CONSULTA DE DATOS DE MAPAS
<b>TIPO DE MODULO:</b>	Función
<b>TIPO DE RETORNADO:</b>	GRAFICO Y CADENA
<b>PARAMETROS DE ENTRADA:</b>	Datos
<b>PARAMETROS DE SALIDA:</b>	Mapas y Datos
<b>NARRATIVA:</b>	La función toma el valor de entrada para verificar si son correctos o no los datos, y retorna el valor para realizar la consulta.

### 4.5.1.2 Diseño detallado del comando actualizar

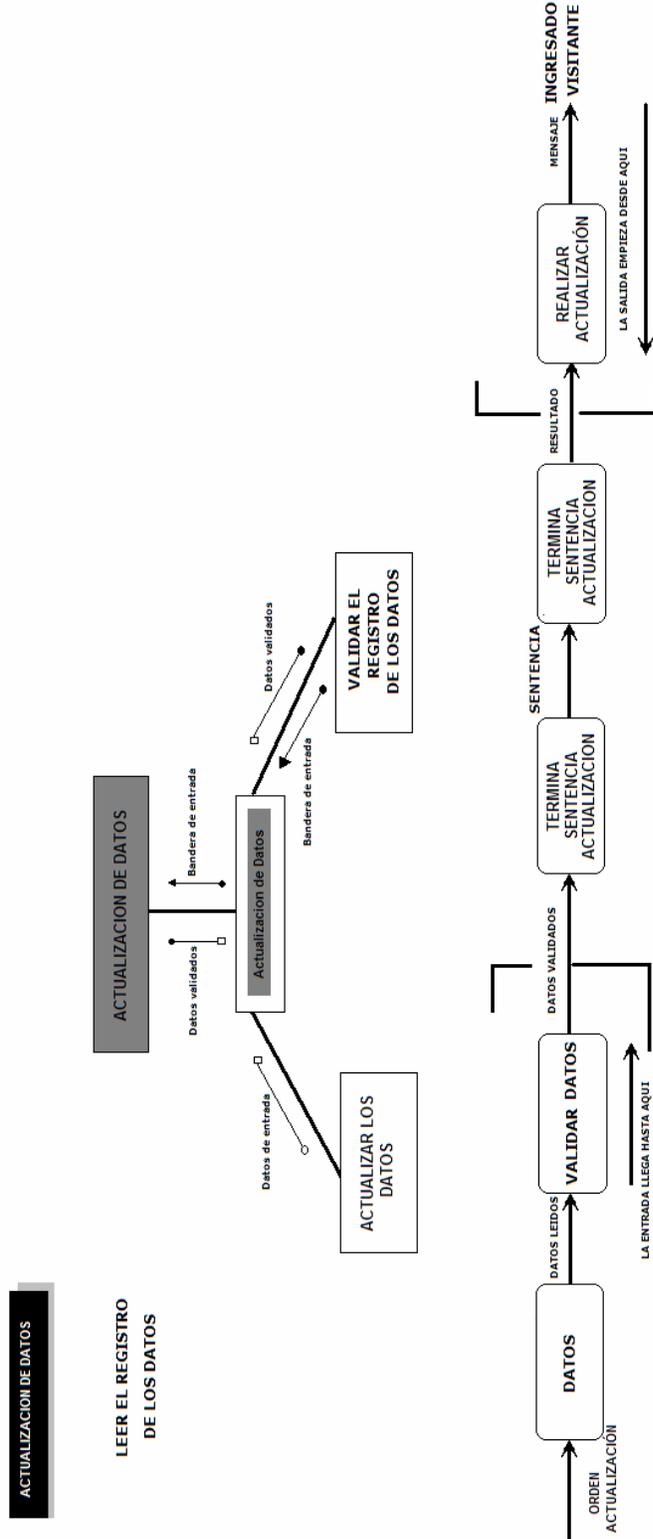


Figura 4.18. Diagrama detallado del comando actualizar.

<b>NOMBRE DEL MODULO:</b>	ACTUALIZAR DATOS
<b>TIPO DE MODULO:</b>	Función
<b>TIPO DE RETORNADO:</b>	Cadena
<b>PARAMETROS DE ENTRADA:</b>	Datos
<b>PARAMETROS DE SALIDA:</b>	Datos ACTUALIZAR
<b>NARRATIVA:</b>	La función toma el valor a actualizar de entrada para verificar si son correctos o no los datos.

#### **4.5.2 Diseño Orientado a Objetos**

Cada uno de los diferentes sistemas informáticos posee su correspondiente proceso para el DOO, todos conjugando una perspectiva rápida para la consistencia del mismo.

### 4.5.2.1 Diagrama de Interacción

Escenario Normal 1: Obtención de información de vistas

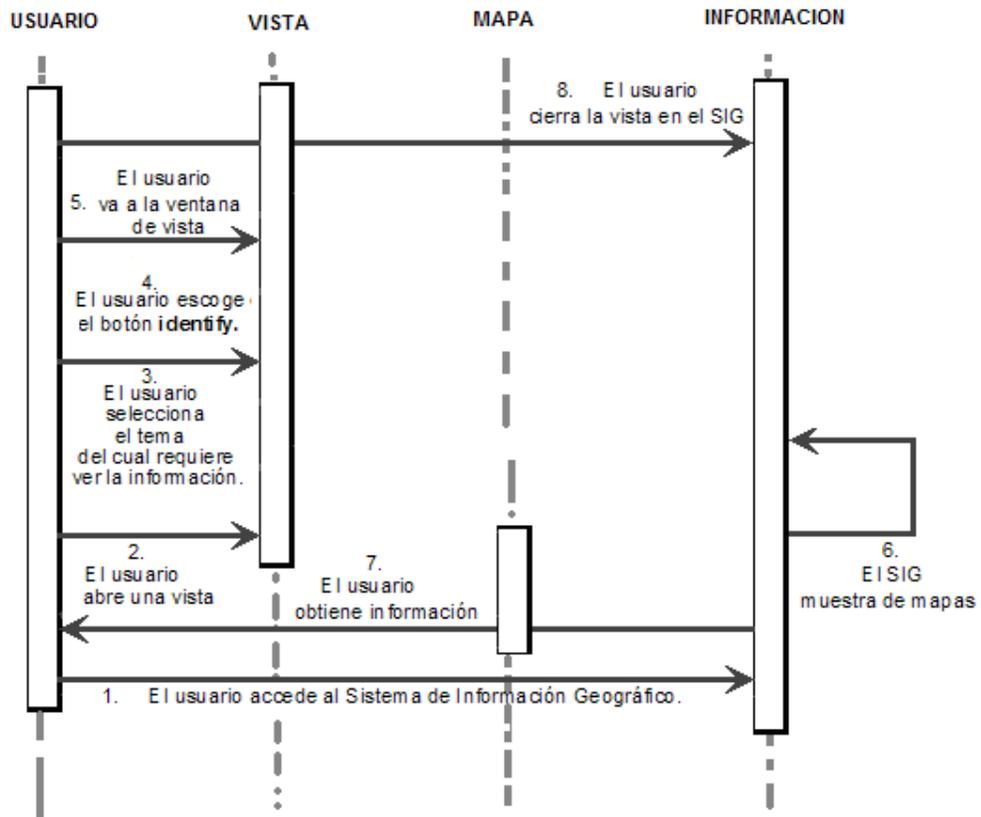


Figura 4.19. Obtención de información de vistas

E escenario Normal 2: Abrir información de tablas a través de vistas

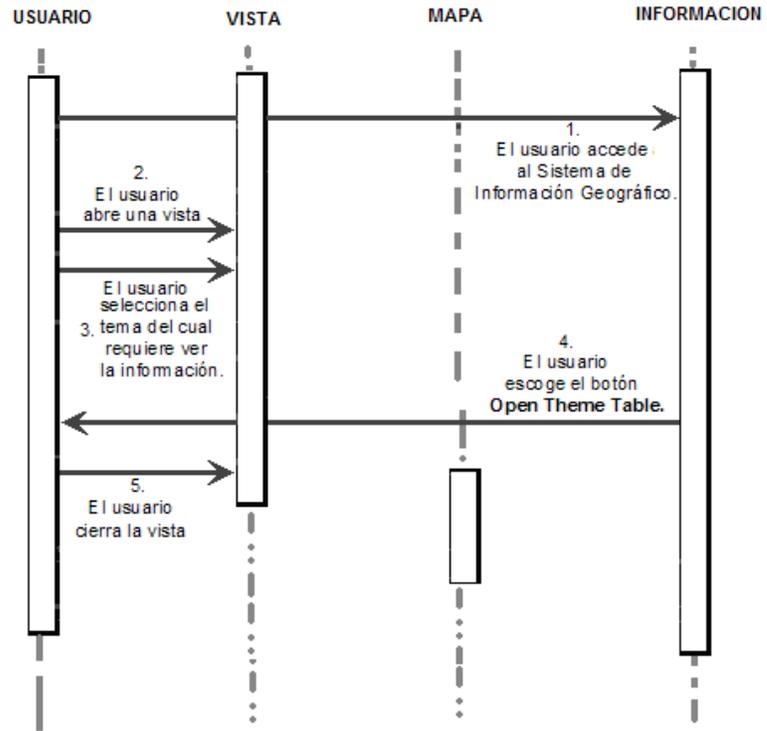


Figura 4.20. Abrir información de tablas a través de vistas

E scenario Normal 3: Visualización de datos de una Tabla

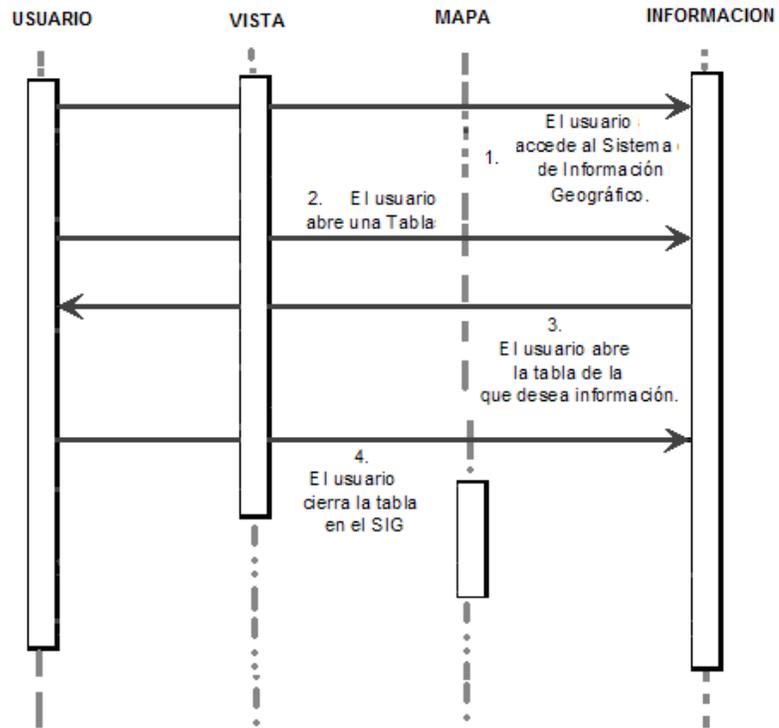
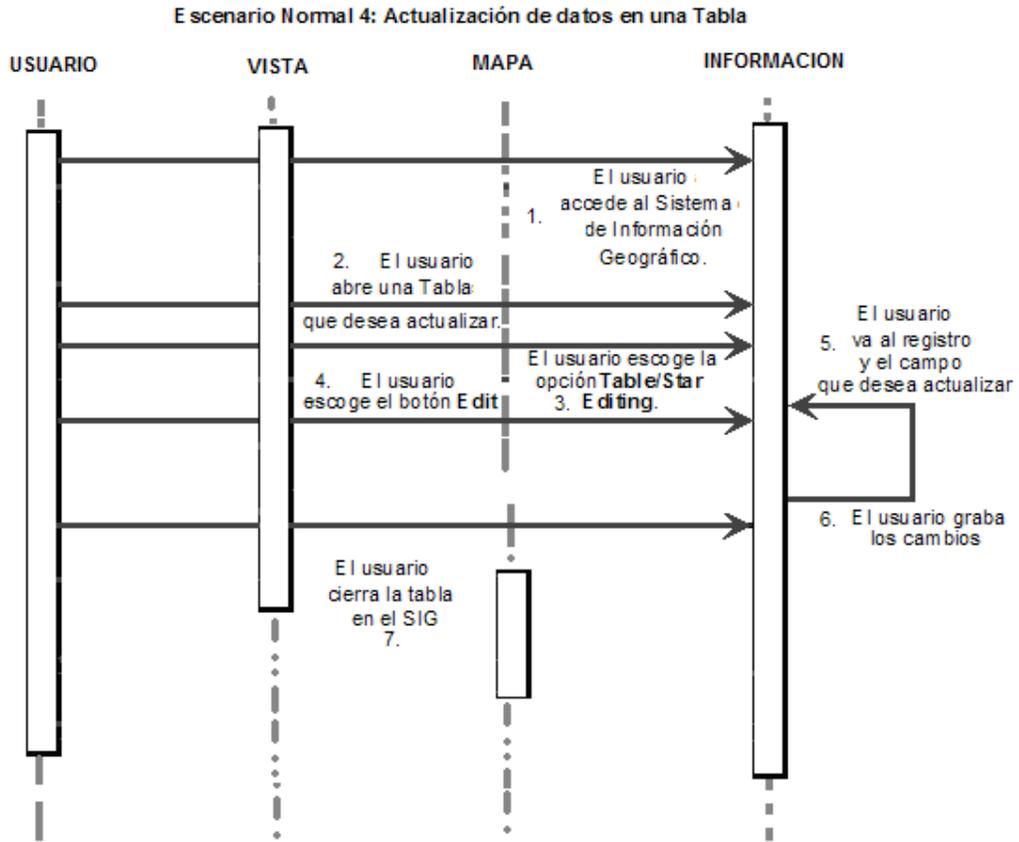


Figura 4.21. Visualización de datos de una tabla.



**Figura 4.22.** Actualización de datos en una tabla.

En el anexo 1 se describe el proceso de integración del mapa fuente (arc gis 3.2) a la publicación web, utilizando el servidor de mapas Mapserver.

## CONCLUSIONES

- Implantar un Sistema de Información Geográfica, cualesquiera sea su utilización, ayuda notablemente en la toma de decisiones frente a situaciones de emergencia.
- Los servidores de mapas de software libre han ido poco a poco ganando espacio en el Internet por el hecho de tener una distribución gratuita, pero su dificultad está al momento de su implementación ya que la mayoría, basa su configuración en modo texto y es aquí donde se requiere conocimientos de instalación y configuración de estos paquetes de software.
- Los Sistema de Información Geográfica implantados a través de un Webmapping, muestra a los usuarios diversas aplicaciones en forma interactiva, favoreciendo tanto a distribuidores y clientes a la presentación a través de la web, sus propios mapas.
- Antes de desarrollar un SIG, hay que evaluar que es lo que se necesita y probar diferentes opciones, ya que en el mercado existe herramientas que permiten análisis SIG avanzado y otras que únicamente permiten visualizar geoinformación.

# RECOMENDACIONES

- Ampliar la georeferenciación del mapa original a la publicación web y centralizar toda la información en una sola base datos para poder modificar los mismos vía web.
- Crear rutas inteligentes que permitan identificar parámetros existentes de referencia a posibles eventos como:
  - Tráfico.
  - Horas pico.
  - Zonas residenciales, públicas, oficinas, etc.
  - Otros.
- Integración del sistema de los bomberos a otros sistemas SIG com:
  - Defensa civil.
  - Policía.
  - Municipio.
  - Otros.
- Integración del sistema SIG a sistemas portables como celulares, autos, etc.
- Integración del SIG a proyectos de planificación urbana.
- Realizar un proceso de capacitación integral a las instituciones involucradas como el Cuerpo de Bomberos, Municipio, otros, sobre la importancia de los SIGs y su información sobre la toma de decisiones.
- Crear temas de tesis complementarias, como uso de estándares SIGs, uso de Software Open Source, documentación técnica SIG, entre otros.

## RESUMEN

Se estudió los Servidores de Mapas y su aplicación en un Sistema de Información Geográfica en el "Cuerpo de Bomberos de la Ciudad de Riobamba" como una herramienta en la toma de decisiones en casos de emergencia.

Al existir gran cantidad de Webmappings en el mercado, se escogieron los más populares, tanto en comercial (Arc IMS y MAPOBJECT) y no comercial (MONOGIS y MAPSERVER) tomando como referencia otros sitios web que han desarrollado SIGs utilizando estas herramientas.

En el presente trabajo se realiza una comparativa de las eficiencias y deficiencias de los servidores de mapas de acuerdo a sus aspectos principales de uso como son: Funcionalidades básicas, análisis espacial, capacidad raster, interoperabilidad, rendimiento, personalización, capacidad 3d, generación de mapas, documentación y soporte. Del análisis hecho, ArcIMS cuenta con un 88.88% de funcionalidades y ventajas respecto de los otros, pero a la hora de revisar el aspecto económico (licencia), es donde existe una gran diferencia, y es por esta razón que se para desarrollar el SIG prototipo se utiliza MapServer que cuenta con un 77.77% de eficacia.

Del estudio realizado, se establece que la implementación de este proyecto para la zona 3 de la Ciudad de Riobamba es viable, ya que el software elegido cuenta con las funciones básicas de un webmapping.

Recomendamos ampliar la georeferenciación del mapa original a la publicación web y centralizar toda la información en una sola base datos para poder modificar los mismos vía Internet.

# SUMMARY

Map servers and their application on a geography information system were studied at the "Cuerpo de Bomberos" (Fire Brigade) in Riobamba as a tool for taking decisions in emergency cases.

From a big deal of Webmappings in the market, the popular ones were chosen, those commercial (Arc IMS and MAPOBJECT) and noncommercial (MONOGIS and MAPSERVER) taking as a reference other web sites that Developer SIGs by using these tools.

The objective of this work is a comparison work between efficiency and deficiency map servers according to its main usage aspects such as: Basic functions, spatial analysis, raster capacity, interoperability, yield, personalization, capacity 3d, mapping generation, documentation and support. From the analysis, ArcIMS has an 88.88% of functions and advantages respecting to the others, but the difference is big on revising the economic aspect (licence), therefore, to develop the prototype SIG, the MapServer that has a 77.77% of efficiency is used.

The implementation of this Project for the zone 3 in Riobamba is feasible because the software has webmapping basic functions.

It is recommended to widen the original map georeference to the web publication and centralize all of the information in a data base to modify it via internet.

# GLOSARIO

**AICC:** (Aviation Industry CBT Committee). Comité de formación por computador de la Industria de la Aviación. Asociación Internacional de profesionales relacionados con la formación basada en tecnologías que desarrolla líneas de acción de formación para la industria de la aviación.

**ADL:** (Advanced Distributed Learning Network). Iniciativa del Departamento de defensa estadounidense para conseguir interoperabilidad entre computadores y software de aprendizaje basado en Internet, a través del desarrollo de un marco técnico común que almacena el contenido en forma de objetos de aprendizaje reutilizables.

**AGR:** (AICC Guidelines and Recommendations). Guías y recomendaciones entregadas por la AICC.

**API:** (Application Program Interface) Interfaz para programas de aplicación. Conjunto de convenciones de programación que definen cómo se invoca un servicio desde un programa.

**CMI:** (Computer Managed Instruction). Uso del computador para administrar procesos de aprendizaje.

**CMS:** (Content Management System). Sistema de gestión de contenidos. Aplicación de software que simplifica la creación y administración de contenidos por medio de páginas web.

**IEEE:** (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (USA).

**ISO:** (International Standard Organization). Organización de estándares Internacionales.

**Metadata:** Información sobre el contenido, que permite almacenarla y recuperarla desde una base de datos.

**En línea:** En línea. Estado en el que un computador está conectado a otro computador o servidor a través de una red.

**Anexo 1: Proceso de integración del mapa  
fuente (arc gis 3.2) a la publicación web**

# MAPSERVER

Mapserver (MS4W) es un herramienta que instala un ambiente pre-configurado de servidor Web, en este caso Apache, además crea una completa instalación de Php5, MapServer, MapScript y otra serie de componentes útiles. Este software se lo puede descargar de la página <http://www.maptools.org/dl/ms4w/ms4w-2.2.7-setup.exe>. La instalación de este paquete se lo debe realizar en la raíz (C: o D:)(fig. 1) en la ruta c:\ms4w\. Una vez instalado ms4w, y MapServer corriendo en nuestra maquina local, desarrollaremos nuestra primera aproximación a la generación de mapas con mapserver y PHP/Mapscript.<sup>1</sup>



Fig. 1 Directorio de instalación del mapserver.

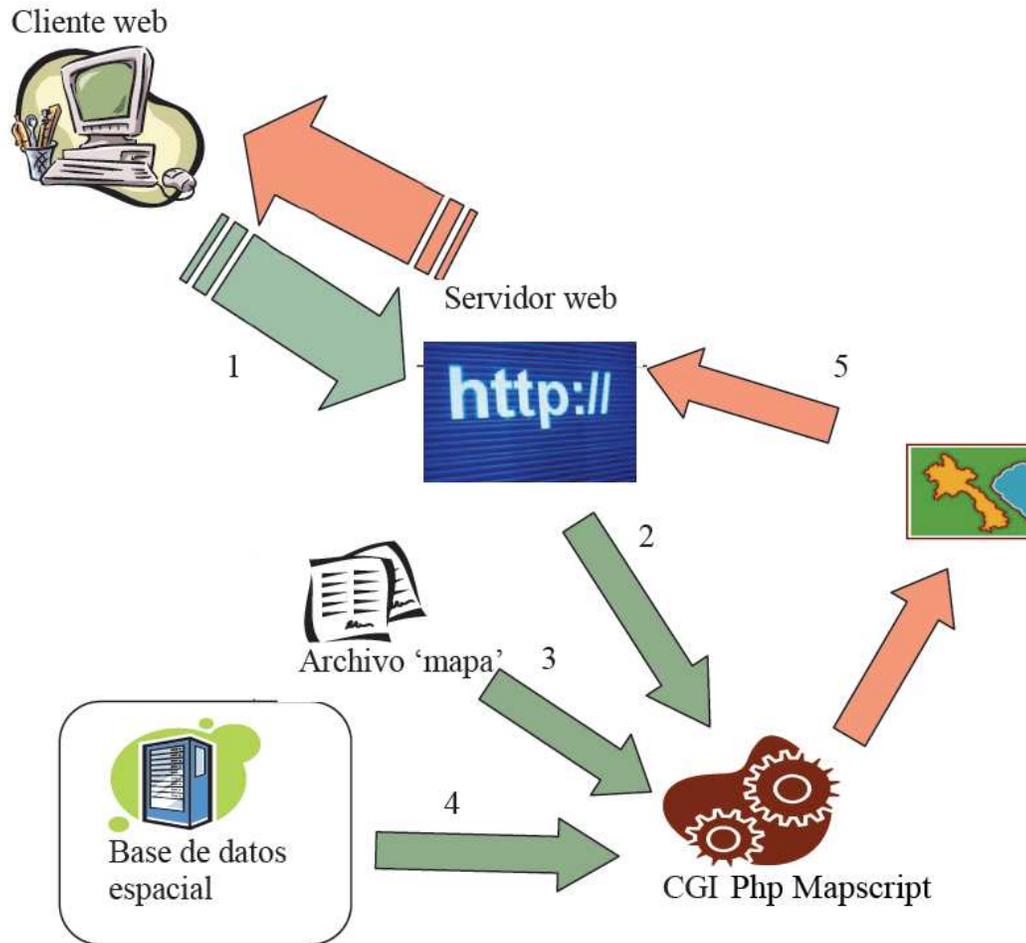
## Publicación del mapa en la web. (fig. 2).

1. El cliente web solicita una página que contiene un mapa.
2. El servidor web procesa la solicitud y eso envía al cgi del php mapscrip.

---

<sup>1</sup> **PHP/Mapscript** es un módulo para PHP que permite acceder a la API de MapServer. Éstas funciones y clases estarían disponible dentro de nuestro entorno de desarrollo. El módulo fue desarrollado y es actualmente mantenida por la empresa **DM Solutions Group**

3. El cgi del PHP/Mapscript extrae los datos del mapFile<sup>2</sup> (\*.map).
4. Al mismo tiempo extrae los datos de la base de datos espacial.
5. Esta información la procesa y dibuja el mapa, para luego enviarle al servidor.
6. Y por último, llega el mapa (en imagen que puede ser en formato jpg, png, gif) al cliente que solicitó la página.



**Fig. 2** Publicación del mapa

A continuación describiremos los pasos internos a seguir (programación) para la generación del mapa.

<sup>2</sup> El MapServer se caracteriza por tener un archivo de configuración denominado mapfile que tiene como extensión punto map (.map). Aquí se definen los datos a ser usados por nuestra aplicación como los siguientes mencionados: las capas, sus tipos y su configuración; fuente de datos de origen y forma de servir los datos; leyenda y proyecciones ; y muchas otras configuraciones que se desea que se *cargen al inicio*.

Primero debemos cargar la extensión del PHP/Mapscript.

```
if(!extension_loaded("MapScript")) dl
    ('php_mapscript.'.PHP_SHLIB_SUFFIX);
```

Instanciamos un nuevo objeto: map object. El constructor debe recibir al menos el parámetro de la ubicación del archivo .map

```
$jMap = ms_newMapObj("ejemplo01.map");
```

Renderizamos el mapa generado.

```
$jImagen = $jMap->draw();
```

Creamos y capturamos la ruta de la imagen renderizada.

```
$url_imagen = $jImagen->saveWebImage();
```

Una vez que hemos generado nuestro mapa, es solamente cuestión de mostrarlo en nuestra página web de la siguiente manera.

```
<HTML>
<HEAD>
<TITLE>Ejemplo 1</TITLE>
</HEAD>
<BODY>
<IMG SRC=<?php echo $url_imagen; ?>> en esta línea es donde se
invoca la imagen que se generó
</BODY>
</HTML>
```

Quedando todo nuestro archivo de la siguiente manera:

Nombre del archivo: Ejemplo01.php

```
<?php
    if(!extension_loaded("MapScript")) dl
        ('php_mapscript.'.PHP_SHLIB_SUFFIX);
    $jMap = ms_newMapObj("ejemplo01.map");
    $jImagen = $jMap->draw();
$url_imagen = $jImagen->saveWebImage();
?>

<HTML>
<HEAD>
<TITLE>Ejemplo 1</TITLE>
</HEAD>
<BODY>
<IMG SRC=<?php echo $url_imagen; ?>>
</BODY>
</HTML>
```

Archivo mapFile: ejemplo01.map

MAP

NAME Pruebas

SIZE 600 400

EXTENT -87.9964 -19.0216 -63.114 1.19528

WEB

IMAGEPATH "C:/ms4w/tmp/ms\_tmp/"

IMAGEURL "/ms\_tmp/"

END

```
LAYER
    NAME "Departamentos"
    STATUS ON
    DATA "Lim_dep.shp"
    TYPE POLYGON

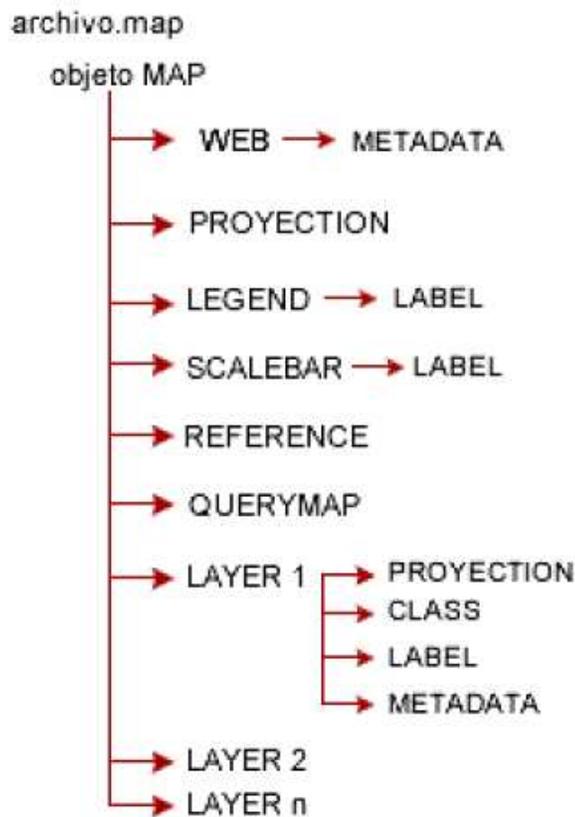
    CLASS
        STYLE
            COLOR 200 150 2
            OUTLINECOLOR 0 0 0
        END
    END
END
END
```

### **Descripción del mapFile.**

El archivo .map consta de varias secciones. Cada sección se inicia con el nombre de la sección y termina con la palabra END. El contenido de las secciones consiste en la definición de determinados parámetros del tipo atributo - valor.

Para realizar comentarios debe introducirse delante de la línea el símbolo # .El orden de los parámetros no es sensitivo. Los colores son manejados mediante los tres canales R G B (rojo - verde - azul).

La sección principal es el objeto .map, la cual anida a otras secciones, como se observa en la figura 3.



**Fig. 3** Secciones del mapfile.

Una sección relevante del .map es el objeto Web:

```

WEB

    IMAGEPATH "C:/ms4w/tmp/ms_tmp/"

    IMAGEURL "/ms_tmp/"

END
  
```

Esta sección especifica las rutas donde se van a crear las imágenes renderizadas. Aquí le configuramos que se guarden en: C:/ms4w/tmp/ms\_tmp/. Recuerda que esta carpeta debe de poder ser accedido públicamente a través de /ms\_tmp/ . (El ms4w ya la configura automáticamente con un Alias en el Apache httpd.conf: Alias /ms\_tmp/ /ms4w/tmp/ms\_tmp/)

Eso significa que si creamos un archivo : C:/ms4w/tmp/ms\_tmp/prueba.gif

Se accede de la forma : [http://localhost/ms\\_tmp/prueba.gif](http://localhost/ms_tmp/prueba.gif)

*IMPORTANTE: Cada vez que accedemos a nuestro script PHP : Ejemplo01.php , se percatarán que se crea automáticamente una imagen GIF o JPG con un nombre aleatorio. Esa es la imagen que se muestra hacia el navegante y es capturada en la variable \$url\_imagen.*

El MAP tiene los siguientes atributos

```
SIZE 600 400
```

```
EXTENT -87.9964 -19.0216 -63.114 1.19528
```

Especifica el tamaño de la imagen (el gif o jpg autogenerado ) y su extent.

El Extent especifica el límite de coordenadas en el cual se mostrará el mapa. En este caso corresponde los puntos: inferior-izquierdo (-87.9964 -19.0216) y superior-derecho (-63.114 1.19528).

El objeto Layer se encuentra contenido dentro del objeto MAP. Y el CLASS dentro del Layer.

```
LAYER
```

```
    NAME "Departamentos"
```

```
    STATUS ON
```

```
    DATA "Lim_dep.shp"
```

```
    TYPE POLYGON
```

```
        CLASS
```

```
STYLE
    COLOR 200 150 2
    OUTLINECOLOR 0 0 0
END
END
END
```

Vemos que nuestra capa llamada "Departamentos" carga un shape file de tipo polígono y lo coloreamos con colores RGB (200 150 2) a través del objeto STYLE que se encuentra dentro del OBJETO CLASS.

STATUS ON: dice que la capa esté activa y se muestre por defecto

## **Actualización de Datos en caso de una eventualidad.**

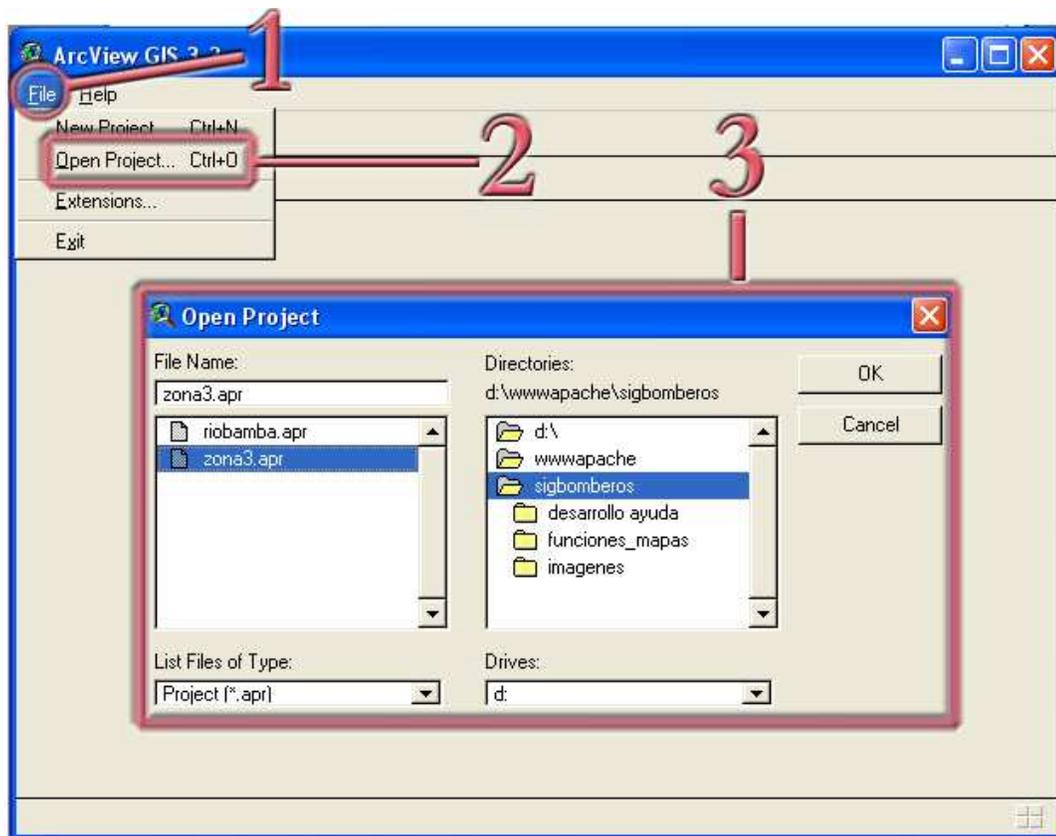
Debido a los constantes cambios que día a día sufre el planeta, es lógico pensar que en algún momento tengamos que insertar, actualizar o borrar alguna entidad en nuestro mapa, A continuación indicaremos los pasos necesario para poder ejecutar estas operaciones, utilizando el programa ArcView.

### **Abrir el proyecto (fig. 4).**

1. Menú *File*
2. Opción *Open Project*
3. Escogemos el proyecto a modificar y pulsamos sobre OK<sup>3</sup>.

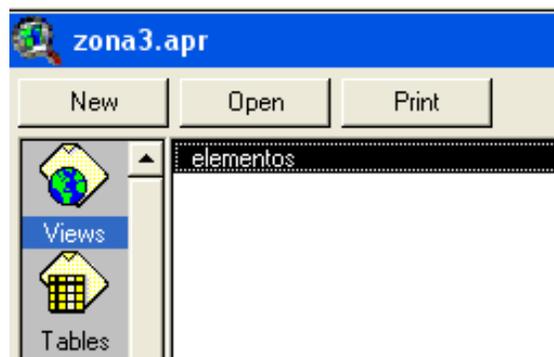
---

<sup>3</sup> El proyecto a abrir debe tener vinculación con el mapa que se está presentando en el Internet, caso contrario no se podrán ver los resultados de la modificación



**Fig. 4.** Abrir el Proyecto a modificar

**Abrir la vista donde está las entidades a modificar. (fig. 5)**



**Fig. 5.** Abrir vista a modificar

**Habilitar la edición de la entidad (fig. 6)**

1. Seleccionar la entidad a modificar.
2. Menú *Theme*
3. Opción *Start Editing*

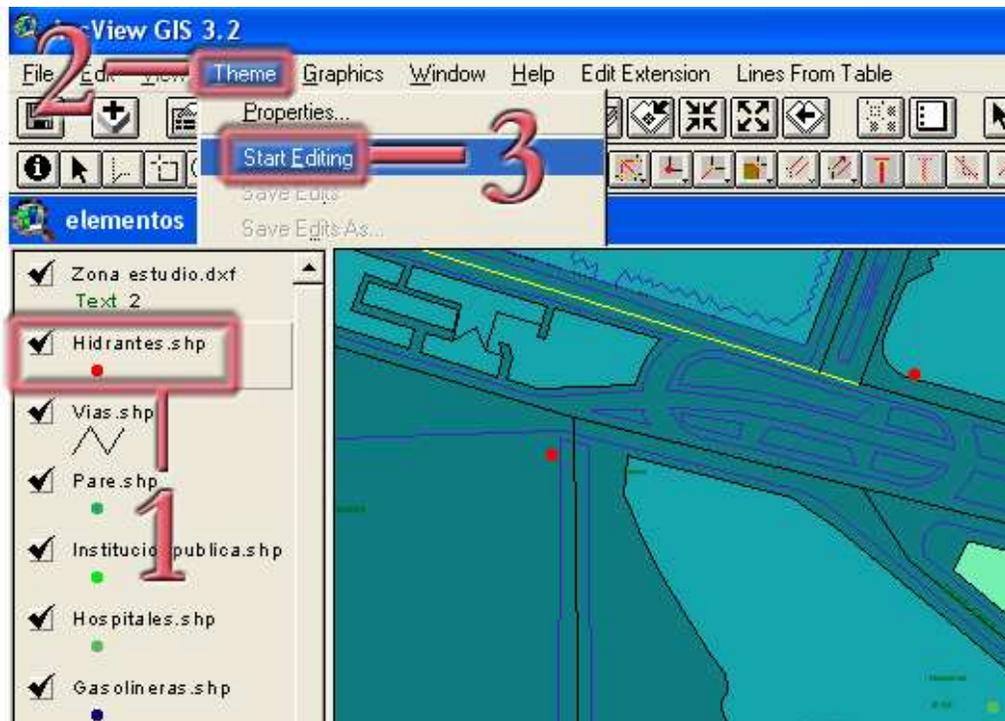


Fig. 6. Habilitar edición

Abrir tabla de datos de la entidad seleccionada (Fig. 7).

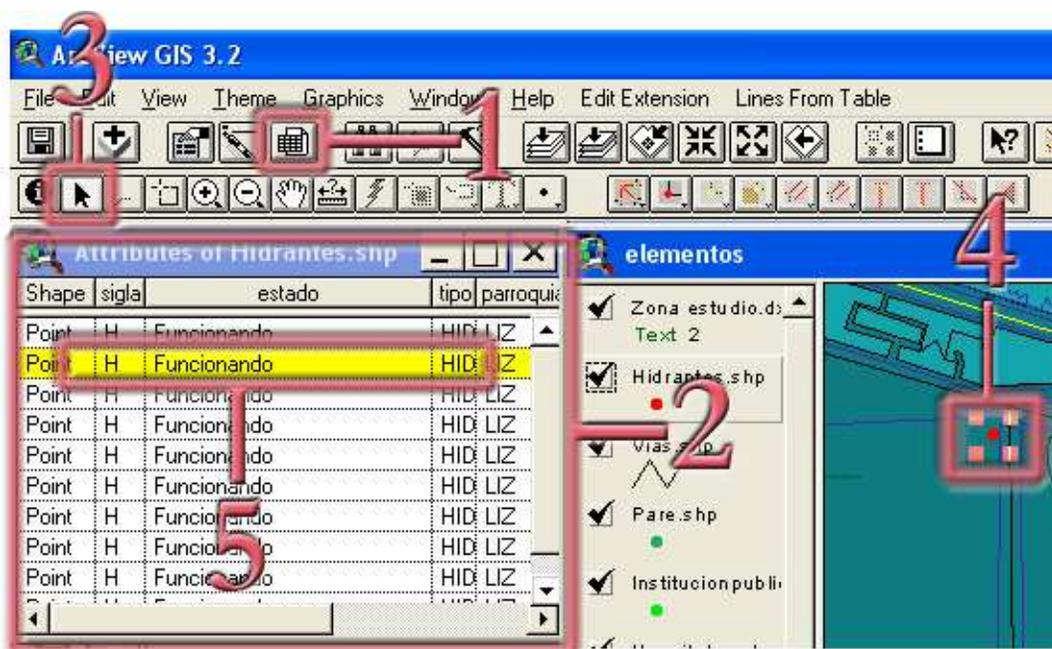


Fig. 7. Tabla de datos de la entidad seleccionada

1. Escoger la opción *Open Theme Table*.
2. Ventana que se abre (*Tabla de datos de la entidad seleccionada*) cuando se ejecuta el paso 1.
3. Escogemos la herramienta de selección.
4. Seleccionamos el objeto de la entidad al cual queremos modificar los datos.
5. Automáticamente en la tabla de datos se selecciona la fila correspondiente al objeto que hemos seleccionado.

### Modificar datos (Fig. 8)



Fig. 8. Modificar datos

1. Seleccionar la ventana de atributos de la entidad, veremos que las herramientas cambian según la ventana seleccionada
2. Escoger la opción *edición de campos*.
3. Editar el campo deseado.
4. Guardar los cambios.

Este es el proceso que se sigue para modificar la información de cualquier objeto contenido en la entidad correspondiente. Si deseamos eliminar un objeto, simplemente debemos seguir todos los pasos hasta el momento de la selección del objeto, una vez seleccionado, procedemos a eliminarlo, esto causará que en la tabla de datos, automáticamente se elimine todo lo referente a ese objeto.

En la figura 9.1 y 9.2. se muestra el resultado en el servidor de mapas, después de haber eliminado un objeto de una determinada entidad.



**Fig. 9.1** Antes de la eliminación



**Fig. 9.2** Después de la eliminación

## **Anexo 2: Manual de Usuario del SIG prototipo**

**“Cuerpo de Bomberos de Riobamba”**

## **Introducción**

A lo largo de la reciente historia de las tecnologías de la información, las capacidades de los sistemas hardware, así como las técnicas y lenguajes de desarrollo y arquitecturas de despliegue de software, han determinado el alcance de los sistemas de información que soportaban.

Si esta idea es aplicable a cualquier sistema de información, cobra más fuerza cuando se trata de un SIG (sistemas de información geográfica) debido a la naturaleza de los requerimientos que presentan: representación gráfica, acceso universal a grandes volúmenes de datos, capacidad de análisis espacial y topológico, publicación en Internet, etc.

Las capacidades gráficas de los nuevos entornos de usuario, así como el abaratamiento de los sistemas permitirá que se den los primeros pasos en la popularización de los sistemas de información geográfica. A día de hoy, existen en el mercado una amplia gama de productos comerciales que en mayor o menor medida satisfacen los requerimientos exigibles a estos sistemas.

No obstante, queda mucho camino por avanzar en áreas como la integración de sistemas heterogéneos, la asimilación de sistemas heredados y el acceso universal de altas prestaciones (Internet).

Es aquí donde entran en juego las técnicas de producción y las arquitecturas de despliegue de software de última generación. En el presente software contiene 2 SIGs. El primero tiene como finalidad mostrar zonas peligro que están más propensas a sufrir un incendio, y el segundo muestra una posible ruta a seguir a una determinada entidad en caso de alguna eventualidad.

## **Requerimientos Mínimos del Sistema**

- Un computador Pentium o Superior
- Un procesador de 233 Mhz o superior
- 128 MB de RAM
- Mouse
- Teclado
- Mouse
- Monitor con una resolución de 1024 \* 768 ppp
- Sistema operativo Windows 98 o superior
- Navegador Web Internet explorer 5.0 o superior - Mozilla - NetScape Un usuario por máquina en caso de estudio individual.

## Pantalla de Inicio

Esta sección explica la forma correcta de interactuar con el sistema desde que los usuarios ingresan hasta el momento en que termina su interacción.

Para poder tener acceso a la pantalla de inicio, cada una de las Pc's deberán estar configuradas en una Intranet con direcciones IP (Internet Protocol), acceder en este caso a través del url: <http://localhost/sigbomberos/>

Una vez que ha accedido a esta dirección en la Intranet el sistema muestra la pantalla de inicio esta es la primera interacción que se muestra como presentación para que los diferentes tipos de usuarios que interactúan con la aplicación puedan trabajar y acceder. (Figura 1).

Esta Pantalla muestra una interfaz Web totalmente amigable y donde los accesos a los diferentes Links del sistema son breves y asequibles.

Esta pantalla tiene varias secciones las cuales describiremos a continuación.

**Sección 1 (COMPAÑÍAS).** Contiene información acerca de la Institución en la cual se implantó el SIG prototipo (Cuerpo de Bomberos de la Ciudad de Riobamba), en donde encontramos los siguientes links.

- **Mensaje Comandante.** Aquí se mostrará un mensaje de Bienvenida a cargo del Comandante del Cuerpo de Bomberos de Riobamba Coronel (B) Roberto Sánchez Pérez.
- **Infraestructura.** Información sobre toda la infraestructura con la que cuenta la Institución. # de vehículos, bombas, personal, otros.



# CUERPO DE BOMBEROS "RIOBAMBA"

" Servir y Proteger es nuestro deber "

1

**COMPANÍAS**  
 Mensaje Comandante  
 Infraestructura  
 Entidades asociadas  
 Entrenamiento

2

**SIG**  
 Zonas de peligro  
 Rutas  
 Sobre SIG  
 Mejores Prácticas

3

**AYUDA**  
 Acerca de...  
 Contáctenos  
 Términos de uso  
 Marca Registrada  
 Links de interes  
 Ayuda del SIG

ACERCA DEL SIG PARA EL CUERPO DE BOMBEROS DE RIOBAMBA

## SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

# 4

## CUERPO DE BOMBEROS DE RIOBAMBA

**Diseño y programación:**  
César Antonio Benavidez Villacrés

**Colaboración:**  
Ing. Ms.C. Fernando Proaño  
Ing. Jorge Huilca



César A. Benavidez V.

5

Para obtener una adecuada navegación de este sitio, recomendamos una resolución de 1024 \* 768  
 Tener instalado Internet Explorer 6+ o Mozilla Firefox, Java habilitado e instalados los plugins de Macromedia Flash player 7+.








[contáctenos](#) | [términos de uso](#) | [marca registrada](#) | [links de interes](#)

Fig. 1: Pantalla de inicio

- **Entidades asociadas.** Entidades públicas y privadas que colaboran directamente con la Institución.
- **Entrenamiento.** Muestra el entrenamiento que recibe el personal del Cuerpo de Bomberos de Riobamba, para contrarrestar casos de emergencia. Incendios, Accidentes de tránsito, otros.

**Sección 2 (SIG).** Los links que contiene esta sección se describirán a continuación:

- **Zonas de peligro.** Este link nos enviará hacia otra página en donde veremos el SIG desarrollado para la Zona 3 de la Ciudad de Riobamba. Ahí encontraremos todas las entidades que son más propensas a sufrir una eventualidad (incendio). Más adelante se explica con más detalle cómo se navega y se puede obtener información dentro de este SIG.
- **Rutas.** Este link abre una nueva página en donde está el SIG de rutas. Este SIG muestra información de rutas a seguir por el cuerpo de bomberos, desde su base, hacia una institución pública o privada. En las subsiguientes paginas se detalla a fondo como utilizar este SIG.
- **Sobre SIG.** Muestra una información básica acerca de lo que son los Sistemas de Información Geográficas.
- **Mejores prácticas.** Muestra links de otras compañías de bomberos de otros países.

**Sección 3 (AYUDA).** Los enlaces de esta sección son:

- **Acerca de.** Información de quienes realizaron este portal web para el Cuerpo de Bomberos de Riobamba.
- **Contáctenos.** Teléfonos y correos electrónicos de los desarrolladores del portal.

- **Términos de uso.** Condiciones para poder utilizar el portal web.
- **Marca registrada.** A quién pertenece el portal web.
- **Links de interés.** Enlaces a otras páginas web que contienen SIGs con casos reales y enlaces a universidades que desarrollan SIGs.
- **Ayuda del SIG.** Descarga este manual.

**Sección 4.** En esta sección se muestra la información del Link que escogió el usuario, a excepción de los Links Zonas de Peligro y Rutas.

**Sección 5.** Aviso de los programas que deben estar instalados en el Pc para una correcta navegación dentro del portal web.

## Partes del SIG

En esta sección encontraras la descripción de cada una de las partes que conforma el SIG del Cuerpo de Bomberos.

### SIMBOLOGÍA

La simbología es la manera de representar cada uno de los objetos que conforman un mapa. Estos objetos están representados en la sección SIMBOLOGÍA (fig. 2) de la página Web. En ella encontraremos las diferentes entidades que se van a representar en nuestro mapa. Cuando se ingresa a este sitio por primera vez, veremos que solamente se muestra el mapa con ciertos objetos visibles y los demás, aunque se encuentran prendidos (seleccionados) no se muestran. Esto es porque, a medida que nos vayamos acercando a una determinada sección del mapa, dichos elementos irán apareciendo. Más adelante aprenderemos como acercarnos a una determinada zona del mapa.



Fig. 2: Simbología utilizada

## **ESCALA DEL DIBUJO.**

Esta sección de la página web nos indica a que escala se está mostrando el mapa (fig. 3). A medida que nos vayamos acercando la escala disminuirá y viceversa.

La unidad de escala está dada en metros.



**Fig. 3:** Escala del mapa

## **MAPA.**

Esta sección de la página web nos muestra el mapa de la ZONA 3 DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA (fig. 4). Aquí veremos todas las entidades que son consideradas vulnerables a un incendio (Distribuidoras de gas, gasolineras, Sitios donde se imparten clases, Hospitales, Industrias metálicas, Instituciones públicas). Además veremos los hidrantes que hay en esta zona, las señales de tránsito (STOP o PARE) y los respectivos nombres de las calles.

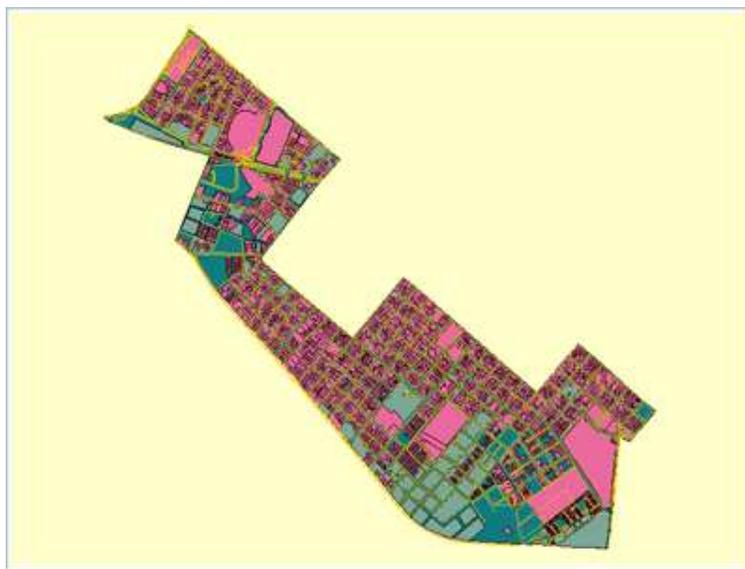
Cuando accedamos por primera vez a esta página, solamente se nos mostrará el mapa (fig. 4) sin estos elementos anteriormente mencionados. A medida que hagamos un zoom (ampliación) de una determinada zona del mapa, nos irán apareciendo estos objetos.

## **MAPA DE REFERENCIA.**

El mapa de referencia (fig. 5) nos indica que parte del mapa estamos explorando. Esto se denota por el recuadro rojo que envuelve al mapa de referencia. A medida que nos vayamos acercando, alejando o desplazando en el mapa, dicho recuadro

rojo nos informará donde estamos. Más adelante veremos cómo acercarnos, alejarnos o desplazarnos por una parte del mapa.

El mapa de referencia también nos sirve para desplazarnos rápidamente de un lugar a otro.



**Fig. 4:** Mapa



**Fig. 5:** Mapa de referencia

## **HERRAMIENTAS.**

Estas herramientas (DESPLAZAR, ACERCAR, ALEJAR, INFORMACIÓN)(fig. 6) nos sirven para trabajar directamente sobre el mapa, obviamente primero debemos seleccionar la opción y luego ejecutar lo seleccionado sobre el mapa. Cabe

mencionar que las imágenes son solamente eso imágenes, dichos gráficos nos muestra la acción a ejecutar.

## **DESCRIPCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS.**

Empezando de izquierda a derecha en la figura 6 tenemos:

- Desplazar. Al escoger esta opción nos podremos desplazar por el mapa. Más adelante aprenderemos como hacer esto.
- Acercar. Al escoger esta opción podremos hacer un zoom in(ampliar) una zona determinada del mapa. Más adelante aprenderemos como hacer esto.
- Alejar. Al escoger esta opción podremos hacer un zoom out(alejar) a una determina parte del mapa. Más adelante aprenderemos como hacer esto.
- Información. Con esta opción seleccionada, podemos obtener información de una determinada entidad que haya en el mapa.

Para realizar estas operaciones, simplemente debemos escoger la opción y luego haciendo un clic sobre el mapa, podremos ejecutar la opción seleccionada.



**Fig. 6:** Herramientas de navegación SIG

## Operaciones sobre el mapa

### DESPLAZARNOS POR EL MAPA.

Para poder ejecutar esta acción, primero debemos percatarnos que este seleccionada esta opción para luego aplicar esta operación sobre el mapa.

Una vez que este seleccionada esta opción procedemos a hacer un clic sobre el mapa (arriba, abajo, izquierda o derecha) hacia donde queremos desplazarnos. A continuación describiremos mediante un ejemplo gráfico como lograr esto.



En la imagen de arriba podemos fijarnos que estamos ubicados en una cierta zona del mapa. Para darnos cuenta en que parte nos encontramos, simplemente nos guiamos por el mapa de referencia. Si queremos desplazar el mapa hacia la derecha, simplemente ubicamos el puntero del mouse en la parte izquierda del mapa (como se muestra en la figura de arriba) , una vez hecho esto, hacemos un clic y veremos cómo automáticamente el mapa se ha desplazado a la derecha (como se muestra en la figura de la siguiente página).



### **ACERCAR O AMPLIAR O ZOOM IN, SOBRE EL MAPA.**

Para hacer una ampliación de una determinada zona del mapa, primero debemos seleccionar la herramienta zoom in

Una vez que este seleccionada esta opción procedemos a hacer un clic sobre la zona del mapa que queremos ampliar. Si deseamos seguir ampliando, nuevamente procedemos a hacer clic sobre el mapa para ampliar más el mapa, y así sucesivamente hasta que podamos ver de mejor manera las entidades (objetos, layers o capas). A continuación mostraremos un ejemplo gráfico para demostrar esta operación.



En la imagen de la página anterior podemos fijarnos que el mapa se muestra completamente, ubicando el puntero del mouse sobre una determinada zona del mapa y haciendo clic veremos cómo se ejecuta este comando. En la imagen inferior se muestra el resultado de ampliar (acercar) una zona del mapa, después de haber dado 2 clic. Para darnos cuenta en que parte del mapa estamos ubicados, simplemente procedemos a ver en el mapa de referencia.

Advertencia. El decir que se ha dado 2 clic en el mapa, no quiere decir que se debe dar 2 clic seguidos, sino que, primero se da un clic y luego que se presenta el resultado del primer clic se procede a dar el otro clic. Si deseamos seguir ampliando, debemos seguir con el mismo procedimiento.



### **ALEJAR O REDUCIR O ZOOM OUT, SOBRE EL MAPA.**

Para hacer un alejamiento de una determinada zona del mapa, primero debemos seleccionar la herramienta zoom out

Una vez que este seleccionada esta opción procedemos a hacer un clic sobre la zona del mapa que queremos alejar. Si deseamos seguir alejando, nuevamente procedemos a hacer clic sobre el mapa para reducir más el mismo, y así sucesivamente hasta que podamos ver de mejor manera o completamente al mapa. A continuación mostraremos un ejemplo gráfico para demostrar esta operación.



En la imagen de arriba podemos fijarnos que el mapa se ha ampliado en una determinada zona, ubicando el puntero del mouse sobre el mapa y haciendo clic veremos cómo se ejecuta este comando. En la imagen de la siguiente página se muestra el resultado de reducir (alejarse) una zona del mapa, después de haber dado 2 clic. Para darnos cuenta en que parte del mapa estamos ubicados, simplemente procedemos a ver en el mapa de referencia.

Advertencia. El decir que se ha dado 2 clic en el mapa, no quiere decir que se debe dar 2 clic seguidos, sino que, primero se da un clic y luego que se presenta el resultado del primer clic se procede a dar el otro clic. Si deseamos seguir reduciendo, debemos seguir con el mismo procedimiento.



## **OBTENER INFORMACIÓN DE UN OBJETO O ENTIDAD**

Antes de proceder con la acción a ejecutar, primero debemos hacer un zoom in(acercar) a una zona del mapa, ya que, cuando se ingresa a esta página por primera vez, no veremos ninguna entidad visible. Si ya se tiene a la vista los objetos que componen este SIG, simplemente ubicamos el puntero del mouse sobre dicho objeto y procedemos a hacer un clic. Luego de ejecutar esto nos aparecerá una ventana con la información correspondiente a la entidad en donde hayamos hecho clic. Es recomendable que hagamos un acercamiento (hacer unos 2 o más clic para ampliar) a la zona del mapa, para poder ver con mayor facilidad a las entidades y así darle el clic con mayor comodidad. A continuación mostraremos un ejemplo gráfico para demostrar esta operación.



En la imagen de arriba podemos fijarnos que el mapa se ha ampliado en una determinada zona y, ubicando el puntero del mouse sobre la entidad de la cual queremos obtener información, hacemos el clic correspondiente. En la figura de la siguiente página veremos la ventana con la información de la entidad sobre la cual hicimos el clic, donde se muestra los campos:

- Nombre. Muestra el nombre de la entidad.
- Tipo. Código interno que se utiliza para saber que tipo de entidad es (en este ejemplo IPB significa INSTITUCIÓN PÚBLICA).
- Parroquia. Código interno que se utiliza para saber en que parroquia está ubicado el objeto (en este ejemplo LIZ significa lizarzaburu).
- Código. Valor único que diferenciará de las demás entidades del mismo tipo (en este ejemplo la entidad Terminal Terrestre que es una Institución Pública y está ubicado en la parroquia Lizarzaburu tiene un código 0010)
- Ubicación. Nos indica en que calles está ubicado la entidad.
- Geoubicación. Nos muestra en qué posición geográfica se encuentra la entidad.

SIG Cuerpo de Bomberos de Riobamba - Windows In... [Minimizar] [Maximizar] [Cerrar]

**INFORMACIÓN (INSTITUCION PUBLICA)**

**NOMBRE:** Terminal Terrestre

**TIPO:** IPB

**PARROQUIA:** LIZ

**CODIGO:** 0010

**UBICACION:** Av. La Prensa y Daniel León Borja

**GEOUBICACIÓN:** X=760219.94 Y=9816418.9

[ Cerrar ]

## Descripción de botones

Aquí se abordará todo lo referente a las acciones que podemos ejecutar con los botones que componen el SIG del Cuerpo de Bomberos de la Ciudad de Riobamba

### BOTÓN REDIBUJAR

El botón redibujar (fig. 7) sirve para mostrar en el mapa los objetos o entidades que se encuentren prendidas (seleccionadas) en ese momento.

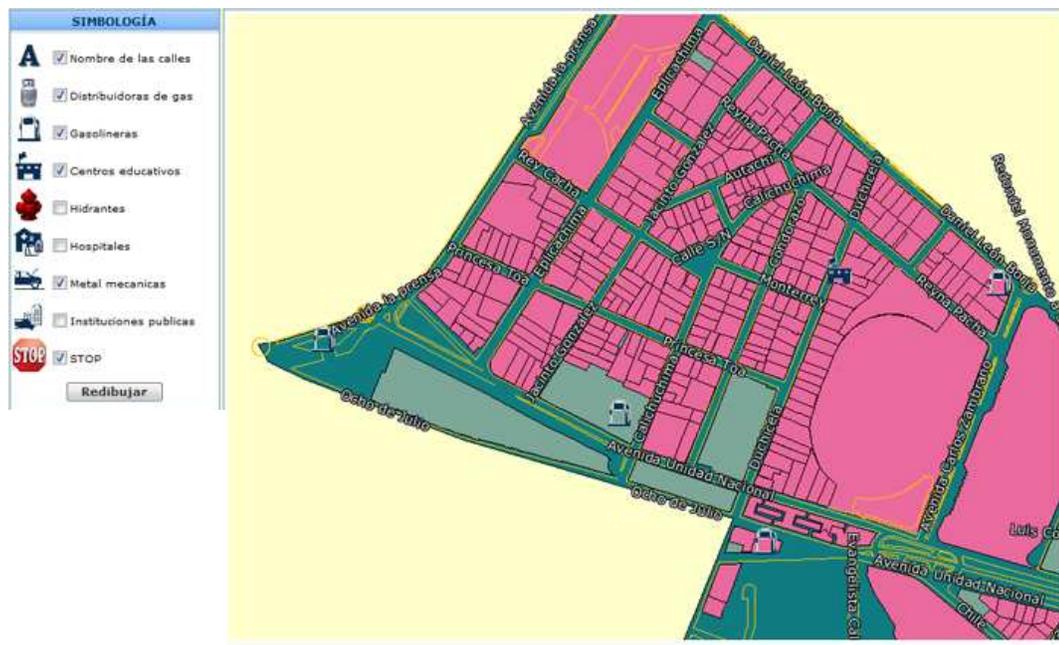
Redibujar

Fig. 7: Botón redibujar

Al ejecutar esta acción, nos facilitará la vista del mapa, ya que si queremos ver solo un tipo de entidad (por ejemplo solo el objeto EDUCACIÓN) en una determinada zona del mapa que estemos, pues simplemente apagamos (deseleccionamos) todas las entidades y solo dejamos seleccionado el objeto Educación y luego de eso procedemos a presionar el botón redibujar. A continuación mostraremos esto con un ejemplo gráfico.



En la imagen de la página anterior podemos apreciar, tenemos prendidas (seleccionadas) todos los objetos de los que consta nuestro sig y obviamente dichos objetos se muestran en el mapa después de haber hecho un zoom in(acercar). En la figura de abajo, podemos observar que se muestra en el mapa solo algunas entidades de entre ellas la entidad EDUCACIÓN, esto es porque hemos apagado (deseleccionado) algunas entidades y luego de eso procedemos a presionar el botón redibujar.



## BOTÓN VISTA COMPLETA

El botón vista completa (fig. 8) sirve para mostrar el mapa de la zona 3 de la ciudad de Riobamba en su totalidad.



**Fig. 8:** Botón vista completa

A continuación mostraremos con un ejemplo gráfico, la utilización de este botón.



## **BOTÓN INICIO**

El botón inicio (fig. 9) sirve regresar al menú principal del Portal del Cuerpo de Bomberos de la Ciudad de Riobamba - Ecuador.



**Fig. 9:** Botón regresar al menú principal

# BIBLIOGRAFÍA

## URL's

### Documentos PDF

- ✓ <http://www.cexeci.org/IX%20CONFIBSIG/Comunicaciones/informaci%F3n%20geogr%E1fica/Mas%F3,%20J.pdf>
  - ✓ <http://www.cfnavarra.es/TERRITORIAL2000/PONENCIAS/ARRIAGAC.PDF>
  - ✓ [http://www.gabrielortiz.com/descargas/Mapserver\\_admon\\_local.pdf](http://www.gabrielortiz.com/descargas/Mapserver_admon_local.pdf)
  - ✓ <http://www.sigte.udg.es/jornadassiglibre2007/comun/3pdf/3.pdf>
- 20071118

### Servidores de Mapas

- ✓ <http://mapserver.gis.umn.edu>
- ✓ <http://monogis.org>
- ✓ <http://wms.mapas.es/wms/wms.aspx>
- ✓ <http://www.appomattox-project.org>
- ✓ <http://www.bentley.com/products.html>
- ✓ <http://www.deegree.org>
- ✓ <http://www.esri.com/software/arcims/index.html>
- ✓ <http://www.geoserver.org>
- ✓ <http://www.intergraph.com/gis/gmwm/default.asp>
- ✓ <http://www.mapguide.com>
- ✓ <http://www.mapxtreme.com>

20071220

### SIGs Bomberos

- ✓ <http://egov.cityofchicago.org/city/webportal/>

- ✓ <http://www.bomberos.cl/centroentrenamiento.php>
- ✓ <http://www.cbt.cl/index.php>
- ✓ <http://www.lafd.org/index.htm>
- ✓ <http://www.tfd.metro.tokyo.jp/ts/sa/index.html>

20080816

## **SIGs Casos reales**

- ✓ <http://eu-geoportal.jrc.it>
- ✓ <http://www.fao.org>
- ✓ <http://www.icao.int>
- ✓ <http://www.ideo.es>
- ✓ <http://www.ioc.unesco.org/locweb>
- ✓ <http://www.oosa.unnvienna.org>
- ✓ <http://www.opengeospatial.org>
- ✓ <http://www.prosig.org>
- ✓ <http://www.unescap.org>
- ✓ <http://www.unhcr.ch>

20080124

## **SIGs Universidades**

- ✓ [http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id\\_articulo=1247](http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=1247)
- ✓ <http://www.sig.upv.es/websig/index.html>
- ✓ <http://www.sigua.ua.es/es/acceso/mapa3d.php>
- ✓ <http://www.slideshare.net/ricardocuberos/la-gestion-del-espacio-turistico-a-traves-de-los-sig?scr=embed>
- ✓ [http://www.uca.es/area/informatica/zona\\_usuarios\\_ai/documentos\\_usuarios/proyectos\\_sig\\_1997/view](http://www.uca.es/area/informatica/zona_usuarios_ai/documentos_usuarios/proyectos_sig_1997/view)

- ✓ [http://www.ucaldas.edu.co/index.php?option=com\\_content&task=view&id=257  
&itemid=220](http://www.ucaldas.edu.co/index.php?option=com_content&task=view&id=257&itemid=220)
- ✓ <http://www.unal.edu.co>
- ✓ <http://www.ungs.edu.ar>
- ✓ <http://www.universia.cl>
- ✓ <http://www.us.es>
- ✓ <http://www.utj.es>
- ✓ <http://www.uvs.sld.cu>

20080507