



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO UTILIZANDO  
SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, PARA EL CURSO DE TOPOGRAFÍA 3**

**Heber Jezreel Hernández Yoc**

Asesorado por el Ing. Juan Ramón Ordóñez Hernández

Guatemala, noviembre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO UTILIZANDO  
SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, PARA EL CURSO DE TOPOGRAFÍA 3**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**HEBER JEZREEL HERNÁNDEZ YOC**  
ASESORADO POR EL ING. JUAN RAMÓN ORDÓÑEZ HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
EXAMINADOR	Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
EXAMINADORA	Inga. Dilma Janet Mejicanos Jol
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, PARA EL CURSO DE TOPOGRAFÍA 3**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 04 de noviembre de 2013.



**Heber Jezreel Hernández Yoc**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 08 de agosto de 2014

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro  
Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería

Ingeniero Montenegro:

Atentamente le informo que he asesorado y revisado el Trabajo de Graduación titulado "PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE PRACTICAS DE LABORATORIO UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL CURSO DE TOPOGRAFÍA 3", desarrollado por estudiante universitario Heber Jezreef Hernández Yoc, con carné 2005-11224; cuyo contenido es satisfactorio para alcanzar los objetivos planteados.

Sin otro particular me es grato saludarle,

Deferentemente,

"Id y enseñad a Todos"

JUAN RAMON ORDOÑEZ HERNANDEZ  
INGENIERO CIVIL  
Colegiado No. 4052

Ing. Juan Ramón Ordoñez Hernández  
Colegiado No. 4052



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala, 8 de octubre de 2014

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación "PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL CURSO DE TOPOGRAFÍA 3" desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Heber Jezreel Hernández Yoc con carné 2005-11224, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Ramón Ordoñez Hernández.

Considero este trabajo está bien desarrollado y representa un aporte para la Facultad de Ingeniería y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila  
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
TRANSPORTES  
USAC

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Ramón Ordóñez Hernández y del Coordinador del Área de Topografía y Transportes, Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila, al trabajo de graduación del estudiante Heber Jezreel Hernández Yoc, titulado PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL CURSO DE TOPOGRAFÍA 3, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, noviembre 2014.

/bbdeb.

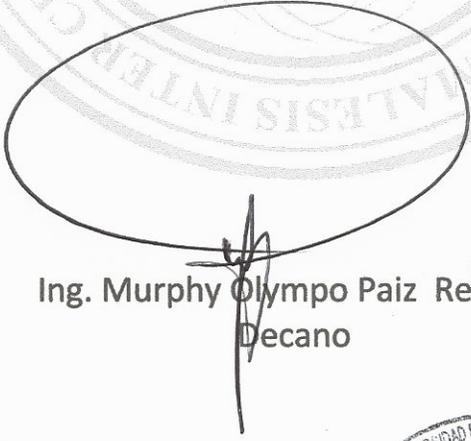
Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, PARA EL CURSO DE TOPOGRAFÍA**, presentado por el estudiante universitario **Heber Jezreel Hernández Yoc**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 17 de noviembre de 2014



/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** El altísimo, todopoderoso, de quien es el honor, el poder y la gloria por los siglos de los siglos, cuyo nombre reina sobre todo nombre y potestad se extiende por todo el universo: a ti toda la alabanza, a ti toda la gloria.
- Mi padre** Don Givar Gamaliel Hernández (q.e.p.d.), a quien amé y amo desde el fondo de mi alma: te extraño.
- Mi madre** Mi amiga y consejera doña Ruth Candelaria Yoc, a quien debo muchos de mis logros, cuyos desvelos y cariños nunca faltaron para conmigo.
- Mis hermanos** Amigos y compañeros del alma: Ingeniero Silen Alejandro Hernández Yoc y Josué Baudilio Hernández Yoc, con ustedes, aunque la vida no sea fácil, sé que contaré con alguien incondicional con quien reír, llorar y vivir.
- Mi familia** Lidia Yoc, Blanca Estela Yoc y Julia Noemi Yoc, a quienes tengo el más sincero cariño y afecto.
- Todas las personas** Que este trabajo ayude un poquito más a hacer un mundo mejor para todos.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Dios** Porque sin ti, aunque lo gane todo, no tengo nada; pero contigo, aun no gane nada, lo tengo todo.
- Mis padres** Don Givar Gamaliel Hernández (q.e.p.d.) y doña Ruth Candelaria Yoc, porque gracias a ellos he escalado montañas.
- Mis hermanos** Ing. Silen Alejandro Hernández Yoc y Josué Baudilio Hernández Yoc, a quienes no alcanzarían las páginas para expresar mi agradecimiento.
- Mi familia** Lidia Yoc, Blanca Estela Yoc y Julia Noemi Yoc, por estar conmigo en todo momento.
- Mi mentor y gran amigo** Ingeniero Dionisio Villegas Cancinos, por regalarme su amistad, confianza y cariño.
- Mis amigos** Mynor Efraín Pérez, Ing. Jorge Allan Peláez, Marvin Gómez y a todas las personas que por espacio no pueden ser incluidas y me han bendecido con su amistad y confianza.

**Todos los grandes  
ingenieros y grandes  
hombres de ciencia**

Gracias a ustedes vi más allá de los límites de  
medianidad, sus nombres serán honrados  
hasta el final de los tiempos.

*“Adquiere sabiduría, adquiere inteligencia;  
No te olvides ni te apartes de las razones de mi boca;  
No la dejes, y ella te guardará.  
Ámala, y te conservará.  
Sabiduría ante todo; adquiere sabiduría;  
Y sobre todas tus posesiones adquiere inteligencia.”*

***Proverbios 4, 5-7***



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XIX
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XXVII
GLOSARIO .....	XXIX
RESUMEN.....	XXXVII
OBJETIVOS.....	XXXIX
INTRODUCCIÓN .....	XLI
1. ASPECTOS GENERALES Y CONTENIDO DEL CURSO DE TOPOGRAFÍA 3.....	1
1.1. Generalidades del curso de Topografía 3.....	1
1.1.1. Composición del curso .....	2
1.1.2. Metodología del curso .....	2
1.2. Contenido del curso de Topografía 3 .....	3
1.2.1. Fotogrametría .....	3
1.2.1.1. Tipos de fotogrametría.....	4
1.2.1.2. Fotogrametría aérea .....	4
1.2.1.2.1. Principios geométricos de la fotografía aérea .....	7
1.2.1.2.2. Tipos de cámaras para la fotogrametría aérea .....	8
1.2.1.2.3. Escala de la fotografía aérea .....	10

	1.2.1.2.4.	Errores de la fotografía .....	11
1.2.1.3.	Restitución.....		12
	1.2.1.3.1.	Modelo estereoscópico .....	12
	1.2.1.3.2.	Proceso de restitución...	12
	1.2.1.3.3.	Aparatos de restitución.....	13
1.2.2.	Cartografía .....		13
	1.2.2.1.	Distorsión y deformación .....	15
	1.2.2.2.	Proyecciones cartográficas .....	15
	1.2.2.2.1.	Proyecciones por perspectiva.....	16
	1.2.2.2.2.	Proyecciones por desarrollo .....	16
	1.2.2.3.	Principales proyecciones cartográficas.....	18
	1.2.2.3.1.	Proyecciones gnómicas y estereoscópicas .....	19
	1.2.2.3.2.	Proyecciones cónicas ...	20
	1.2.2.3.3.	Proyecciones cilíndricas .....	21
1.2.2.4.	Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM).....		22
	1.2.2.4.1.	Características y parámetros de la proyección UTM.....	22

	1.2.2.4.2.	Elipsoide de Clarke 1866 .....	23
	1.2.2.5.	Sistemas de coordenadas .....	24
	1.2.2.6.	Ubicación de coordenadas geográficas y UTM en un mapa .....	25
1.2.3.	Geodesia .....		26
	1.2.3.1.	Superficies geodésicas y de referencia .....	27
	1.2.3.1.1.	Geoide .....	27
	1.2.3.1.2.	Elipsoide de referencia .....	27
	1.2.3.1.3.	Puntos astronómicos fundamentales o datum .....	29
	1.2.3.2.	Control geodésico de campo .....	30
	1.2.3.2.1.	Control básico y suplementario .....	30
	1.2.3.2.2.	Control horizontal y vertical .....	30
	1.2.3.2.3.	Trabajo de campo y de gabinete .....	31
	1.2.3.3.	Triangulación, trilateración y poligonación .....	32
	1.2.3.3.1.	Triangulación .....	32
	1.2.3.3.2.	Trilateración .....	32
	1.2.3.3.3.	Poligonación .....	33
	1.2.3.1.	Levantamiento geodésico vertical .....	33
1.2.4.	Tecnologías afines .....		34

1.2.4.1.	Sistemas de posicionamiento global ....	34
1.2.4.1.1.	Estaciones de control....	34
1.2.4.1.2.	Receptor y usuario .....	36
1.2.4.1.3.	Principios de funcionamiento de los receptores GPS.....	37
1.2.4.1.4.	Errores y correcciones ..	39
1.2.4.1.5.	Post proceso .....	39
1.2.4.2.	Sistemas de teledetección.....	40
1.2.4.2.1.	Proceso de la teledetección .....	41
1.2.4.2.2.	Sensores remotos .....	41
1.2.4.2.3.	Alturas de teledetección .....	42
1.2.4.2.4.	Firma espectral .....	43
1.3.	Contenido de las prácticas de campo .....	44
1.3.1.	Estereoscopía .....	45
1.3.1.1.	Estereoscopios.....	45
1.3.1.2.	Visión estereoscópica .....	46
1.3.2.	Diseño de un plan del vuelo .....	47
1.3.3.	Conversión de coordenadas geográficas a UTM ....	49
1.3.4.	Conversión de coordenadas UTM a geográficas ....	49
1.3.5.	Receptores GPS .....	50
2.	GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	51
2.1.	Aspectos generales sobre los GIS .....	51
2.1.1.	Historia y desarrollo.....	52

2.1.2.	Componentes de los sistemas de información geográfica.....	55
2.1.2.1.	Equipo o hardware.....	55
2.1.2.2.	Programas o software.....	55
2.1.2.3.	Datos .....	56
2.1.2.4.	Los métodos o procedimientos .....	56
2.1.2.5.	El recurso humano.....	56
2.1.3.	Los sistemas de información geográfica y el mundo real.....	57
2.2.	Áreas de aplicación de los sistemas de información geográfica.....	59
2.2.1.	Planificación, infraestructura y urbanismo .....	59
2.2.1.1.	Catastro .....	60
2.2.2.	Economía, desarrollo e información .....	61
2.2.3.	Manejo forestal y medioambiente .....	63
2.2.4.	Cartografía y navegación.....	64
2.2.5.	Gerencia y <i>marketing</i> .....	66
3.	FUNCIONAMIENTO DE LOS PAQUETES INFORMÁTICOS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA .....	67
3.1.	Elementos principales de información en los GIS .....	67
3.1.1.	Representación Geográfica .....	68
3.1.1.1.	Representación digital .....	68
3.1.1.2.	Objetos discretos y campos continuos.....	69
3.1.1.3.	Ráster y vectores.....	70
3.1.1.4.	Mapas y ortomapas físicos .....	71
3.1.2.	Los datos geográficos.....	72

	3.1.2.1.	Representación de los datos geográficos .....	75
3.1.3.		Georreferenciación.....	76
	3.1.3.1.	Georreferencia métrica.....	77
	3.1.3.2.	Georreferencia no métrica.....	77
3.1.4.		Incertezas.....	79
	3.1.4.1.	Incertezas en la concepción del fenómeno geográfico ( $U_1$ ) .....	80
	3.1.4.2.	Incertezas en la medición y representación del fenómeno geográfico ( $U_2$ ).....	81
	3.1.4.3.	Incertezas en el análisis del fenómeno geográfico ( $U_3$ ) .....	82
3.2.		Manejo de la información en los GIS.....	83
	3.2.1.	Funcionamiento de los paquetes de GIS.....	84
	3.2.1.1.	Arquitectura de los paquetes de GIS....	84
	3.2.1.2.	Desarrolladores de paquetes para GIS.....	86
	3.2.1.3.	Tipos de sistemas de software de GIS.....	86
3.2.2.		Modelado de datos geográficos .....	88
	3.2.2.1.	Modelos de datos de GIS .....	89
3.2.3.		Compilación de datos de GIS.....	90
	3.2.3.1.	Proceso de recopilación de datos .....	91
	3.2.3.2.	Captura de datos geográficos .....	92
	3.2.3.2.1.	Captura primaria de datos geográficos.....	93
	3.2.3.2.2.	Captura secundaria de datos geográficos .....	93

	3.2.3.3.	Datos geográficos obtenidos por recursos externos (transferencia de datos) .....	95
	3.2.4.	Bases de datos geográficos.....	96
	3.2.4.1.	Sistemas manejo de bases de datos ...	97
	3.2.4.2.	Almacenamiento de datos en tablas de sistemas de manejo de bases de datos .....	99
	3.2.4.3.	Lenguaje estándar de consulta de bases de datos (SQL) .....	101
	3.2.5.	Despliegue y distribución de la información.....	101
3.3.		Análisis y modelos geográficos .....	102
	3.3.1.	Cartografía y producción de mapas.....	103
	3.3.1.1.	Principios para el diseño de mapas ...	105
	3.3.1.2.	Composición de los mapas.....	106
	3.3.1.1.	Simbolización de los mapas .....	108
	3.3.1.1.1.	Transformación y representación de atributos.....	108
	3.3.1.1.2.	Mapas multivariable....	109
	3.3.1.2.	Mapas en serie .....	111
	3.3.2.	Geovisualización.....	113
	3.3.2.1.	Consulta espacial .....	114
	3.3.2.2.	Transformación de mapas .....	116
	3.3.2.2.1.	Cartogramas y mapas dasimétricos .....	116
	3.3.2.3.	Inmersión interactiva y sistemas de realidad virtual.....	119
	3.3.3.	Análisis espacial .....	121

3.3.3.1.	La consulta .....	121
3.3.3.2.	Mediciones .....	123
3.3.3.3.	Transformaciones.....	123
3.3.3.4.	Resúmenes descriptivos .....	125
3.3.3.5.	Optimizaciones.....	127
3.3.3.6.	Verificación de hipótesis o inferencia .....	129
3.3.4.	Modelos espaciales.....	130
3.3.4.1.	Tipos de modelos espaciales .....	132
3.3.4.2.	Prueba de modelos .....	134
4.	PROPUESTA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO.....	137
4.1.	Enfoque de docencia.....	137
4.1.1.	Requerimientos del estudiante dentro de la formación académica .....	137
4.1.2.	Requerimientos del profesional y del medio laboral.....	138
4.2.	Objetivos, expectativas y metodología .....	141
4.2.1.	Objetivos a alcanzar .....	141
4.2.2.	Expectativas respecto al curso.....	142
4.2.3.	Metodología general.....	143
4.2.3.1.	Tiempo y duración de clase.....	145
4.2.3.2.	Desarrollo de las prácticas .....	146
4.3.	Contenido de las prácticas .....	147
4.3.1.	Práctica 1. Introducción al programa, notaciones y etiquetas (ambiente de trabajo, capas y simbología).....	148
4.3.1.1.	Temas de la práctica .....	148
4.3.1.2.	Objetivos operacionales .....	148

4.3.1.3.	Recursos necesarios .....	149
4.3.2.	Práctica 2. Despliegue de datos, búsqueda y edición de datos.....	149
4.3.2.1.	Temas de la práctica .....	149
4.3.2.2.	Objetivos operacionales .....	149
4.3.2.3.	Recursos necesarios .....	150
4.3.3.	Práctica 3. Ajuste espacial y georreferenciación ..	150
4.3.3.1.	Temas de la práctica .....	150
4.3.3.2.	Objetivos operacionales .....	151
4.3.3.3.	Recursos necesarios .....	151
4.3.4.	Práctica 4. Representación de datos y producción de mapas .....	151
4.3.4.1.	Temas de la práctica .....	151
4.3.4.2.	Objetivos operacionales .....	152
4.3.4.3.	Recursos necesarios .....	152
4.3.5.	Práctica 5. Bases de datos geográficos (introducción al lenguaje de bases de datos).....	152
4.3.5.1.	Temas de la práctica .....	153
4.3.5.2.	Objetivos operacionales .....	153
4.3.5.3.	Recursos necesarios .....	153
4.3.6.	Práctica 6. Bases de datos geográficos (geodatabase).....	153
4.3.6.1.	Temas de la práctica .....	154
4.3.6.2.	Objetivos operacionales .....	154
4.3.6.3.	Recursos necesarios .....	154
4.3.7.	Práctica 7. Trabajo con tablas de datos.....	155
4.3.7.1.	Temas de la práctica .....	155
4.3.7.2.	Objetivos operacionales .....	155
4.3.7.3.	Recursos necesarios .....	155

4.3.8.	Práctica 8. Análisis espacial y construcción de modelos.....	156
4.3.8.1.	Temas de la práctica .....	156
4.3.8.2.	Objetivos operacionales .....	156
4.3.8.3.	Recursos necesarios.....	157
5.	DESARROLLO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DE RESULTADO.....	159
5.1.	Modelo experimental.....	159
5.1.1.	Planteamiento del problema y diseño experimental.....	160
5.1.1.1.	Planteamiento del problema.....	160
5.1.1.2.	Diseño experimental.....	161
5.1.2.	Características iniciales.....	162
5.1.3.	Solución del problema propuesto con base en la metodología y el contenido.....	162
5.2.	Guía para el desarrollo de las prácticas de laboratorio .....	163
5.2.1.	Módulo 1 (práctica 1): introducción al programa y sus funciones principales (uso y administración de capas).....	163
5.2.1.1.	Generalidades de la práctica 1 .....	163
5.2.1.1.1.	Escritorio de QGIS (QGIS Desktop).....	164
5.2.1.1.2.	Caja de herramientas de procesado .....	167
5.2.1.1.3.	Catalogo QGIS Brower.....	168
5.2.1.1.4.	Capas.....	171
5.2.1.1.5.	Propiedades de la capa .....	171

	5.2.1.1.6.	Complementos y consola Python.....	172
5.2.1.2.		Desarrollo de la práctica 1 .....	173
	5.2.1.2.1.	Abriendo el programa y personalizando el escritorio.....	173
	5.2.1.2.2.	Abriendo un proyecto existente, iniciar un nuevo proyecto, y guardar cambios.....	174
	5.2.1.2.3.	Añadiendo una capa a un proyecto.....	176
	5.2.1.2.4.	Creando una nueva capa vectorial .....	178
	5.2.1.2.5.	Incorporando estilos y etiquetas.....	181
	5.2.1.2.6.	Personalizando la simbología .....	185
	5.2.1.2.7.	Incorporando notaciones .....	188
	5.2.1.2.8.	Administrar complementos .....	189
5.2.2.		Módulo 2 (práctica 2): administración de datos geográficos .....	190
	5.2.2.1.	Generalidades de la práctica 2 .....	191
		5.2.2.1.1. Selección de objetos ..	191
		5.2.2.1.2. Consulta de datos.....	194
		5.2.2.1.3. Edición de objetos .....	197

	5.2.2.1.4.	Edición y asignación de nuevos datos.....	198
	5.2.2.1.5.	Hipervínculos .....	199
5.2.2.2.		Resolución de la práctica 2 .....	202
	5.2.2.2.1.	Seleccionando objetos en una capa....	202
	5.2.2.2.2.	Identificando objetos espaciales .....	204
	5.2.2.2.3.	Realizar mediciones ....	206
	5.2.2.2.4.	Superponer diagramas .....	209
	5.2.2.2.5.	Realizando consultas ..	213
	5.2.2.2.6.	Editando objetos .....	214
	5.2.2.2.7.	Editando datos y asignando nueva data .....	215
	5.2.2.2.8.	Creando hipervínculos .....	219
	5.2.2.2.9.	Abriendo los hipervínculos creados .....	220
5.2.3.		Módulo 3 (práctica 3): ajuste espacial y georreferenciación.....	222
	5.2.3.1.	Generalidades de la práctica 3.....	222
	5.2.3.1.1.	Herramientas SRC .....	222
	5.2.3.1.2.	Georreferenciador .....	225
	5.2.3.1.3.	Propiedades de las capas tipo ráster.....	228
5.2.3.2.		Resolución de la práctica 3 .....	229

5.2.3.2.1.	Estableciendo un sistema de referencia de coordenadas para un proyecto.....	230
5.2.3.2.2.	Estableciendo un sistema de referencia para una capa.....	231
5.2.3.2.3.	Determinando elipsoide y unidades de medida.....	232
5.2.3.2.4.	Creando un nuevo sistema de referencia de coordenadas.....	233
5.2.3.2.5.	Editando una capa ráster .....	235
5.2.3.2.6.	Georreferenciando una capa ráster.....	237
5.2.4.	Módulo 4 (práctica 4): diseño y publicación de mapas .....	240
5.2.4.1.	Generalidades de la práctica 4 .....	240
5.2.4.1.1.	Diseñador de mapas ..	240
5.2.4.1.2.	Menús desplegables del Diseñador de mapas.....	242
5.2.4.1.3.	Ventanas de trabajo del Diseñador de mapas.....	243
5.2.4.1.	Resolución de la práctica 4.....	244

5.2.4.1.1.	Determinando el formato del mapa .....	244
5.2.4.1.2.	Colocando un marco ...	245
5.2.4.1.3.	Añadiendo un mapa ....	247
5.2.4.1.4.	Insertando textos.....	249
5.2.4.1.5.	Colocando leyendas....	250
5.2.4.1.6.	Insertando tablas.....	251
5.2.4.1.7.	Añadiendo imágenes ..	253
5.2.4.1.8.	Insertar escala gráfica .....	255
5.2.4.1.9.	Insertar norte.....	256
5.2.4.1.10.	Publicando los mapas .....	257
5.2.5.	Módulo 5 (Prácticas 5 y 6): bases de datos geográficos con QGIS .....	259
5.2.5.1.	Generalidades de las prácticas 5 y 6 .	259
5.2.5.1.1.	Uso de bases de datos en SQL .....	260
5.2.5.1.2.	Uso de los servicios web geoespaciales.....	260
5.2.5.1.3.	QGIS Server.....	261
5.2.5.1.4.	Funciones para el uso de bases de datos .....	261
5.2.5.1.5.	Administrador de bases de datos .....	265
5.2.5.2.	Resolución de las prácticas 5 y 6 .....	267
5.2.5.2.1.	Añadiendo una capa PostGIS.....	268

5.2.5.2.2.	Añadiendo una capa Spatialite .....	270
5.2.5.2.3.	Añadiendo una capa GeoRaster .....	271
5.2.5.2.4.	Añadiendo una capa WMS/WMTS.....	273
5.2.5.2.5.	Convirtiendo un proyecto a una base de datos Spatialite fuera de línea.....	275
5.2.5.2.6.	Importando archivos vectoriales (shape) a PostgreSQL.....	276
5.2.5.2.7.	Importando una capa vectorial utilizando la herramienta Administrador de DDBB .....	277
5.2.5.2.8.	Añadiendo tablas sin objetos.....	278
5.2.5.2.9.	Añadiendo una capa vectorial desde una base de datos usando el escritorio .....	279
5.2.6.	Módulo 6 (práctica 7): trabajo con tablas de datos geográficos .....	281
5.2.6.1.	Generalidades de la práctica 7 .....	281
5.2.6.1.1.	Tabla de atributos.....	282

5.2.6.1.2.	Calculadora de campos.....	285
5.2.6.1.3.	Administrador de campos.....	286
5.2.6.1.4.	Editor de uniones .....	287
5.2.6.1.5.	Administrador de relaciones.....	289
5.2.6.2.	Resolución de la práctica 7 .....	290
5.2.6.2.1.	Editando los datos contenidos en una celda .....	290
5.2.6.2.2.	Añadiendo, eliminando y renombrando campos en una tabla .....	291
5.2.6.2.3.	Uniendo tablas .....	294
5.2.6.2.4.	Realizando operaciones con las tablas .....	296
5.2.6.2.5.	Relacionado los atributos de dos campos existentes en uno nuevo .....	298
5.2.6.2.6.	Realizando consultas sobre tablas.....	299
5.2.6.2.7.	Realizando reportes sobre tablas.....	300
5.2.6.2.8.	Insertando tablas de textos delimitados .....	301

	5.2.6.2.9.	Relacionando tablas ...	303	
5.2.7.		Módulo 7 (práctica 8): análisis y modelado geográficos .....	304	
	5.2.7.1.	Generalidades de la práctica 8 .....	305	
		5.2.7.1.1.	Menú Vectorial..... 305	
		5.2.7.1.2.	Menú Ráster .....	306
		5.2.7.1.3.	Menú Procesado .....	308
		5.2.7.1.4.	Modelador gráfico.....	308
	5.2.7.1.	Resolución de la práctica 8.....	310	
		5.2.7.1.1.	Extrayendo curvas de nivel y creando un modelo digital del terreno .....	310
		5.2.7.1.2.	Realizando un análisis del vecino más cercano.....	315
		5.2.7.1.3.	Analizando áreas de influencia por extensión de área y teselas de Voronoi.....	316
		5.2.7.1.4.	Realizando análisis de ruta más corta.....	322
		5.2.7.1.5.	Realizando un modelo geográfico.....	325
5.3.		Consideraciones finales.....	328	
CONCLUSIONES .....			331	
RECOMENDACIONES .....			333	
BIBLIOGRAFÍA .....			335	

APÉNDICES.....339  
ANEXOS.....345

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Fotogrametría aérea vertical y oblicua .....	6
2.	Fotogrametría aérea tipo Trimetrogon .....	6
3.	Fotogrametría aérea vertical y oblicua .....	8
4.	Tipos de cámaras según el lente .....	10
5.	Proyecciones según la orientación del plano y de la superficie de desarrollo .....	17
6.	Proyecciones gnómica y estereoscópica .....	19
7.	Proyección cónica .....	20
8.	Proyección de Mercator .....	21
9.	Geoide, elipsoide de referencia y superficie terrestre .....	28
10.	Propiedades geométricas del elipsoide.....	29
11.	Esquema de constelación NAVSTAR .....	35
12.	Estaciones de control.....	36
13.	Esfera virtual de un satélite .....	38
14.	Triangulación de satélites .....	38
15.	Espectro electromagnético y técnicas de teledetección.....	40
16.	Alturas de teledetección.....	42
17.	Diagrama de estereoscopio de lentes.....	46
18.	Gráfico de un plan de vuelo sistematizado.....	48
19.	Mapa de John Snow de la epidemia de cólera de 1854.....	54
20.	Componentes de un GIS.....	57
21.	Representación de la información en un GIS.....	58
22.	Asignación de número catastral, Municipalidad de Guatemala.....	61

23.	Ejemplificación de un mapa elaborado GIS .....	65
24.	Objetos discretos y campos continuos.....	70
25.	Formatos ráster y vector .....	71
26.	Mapa realizado con GIS .....	72
27.	Creación de isopleas y coropleas .....	75
28.	Modelo conceptual de la incerteza .....	80
29.	Arquitectura de tres niveles de un sistema de software GIS.....	85
30.	Niveles de abstracción de los GIS .....	89
31.	Etapas compilación de datos .....	92
32.	Equipo digitalizador marca GTCO Calcomp .....	95
33.	Uso de tablas con bases de datos GIS.....	100
34.	Ejemplo del uso de mapas y modelos geográficos visualizados con un software GIS .....	103
35.	Mapa para ayuda humanitaria en Sudán realizado con software de GIS.....	104
36.	Composición de un mapa .....	107
37.	Texturas y atributos reconocidas por los softwares de GIS (primitivas gráficas de Bertin) .....	110
38.	Mapa multivariable de tipos de suelo (mapa de clasificación de suelo de México).....	111
39.	Mapa en serie GIS calles urbanas y carreteras estatales en EE.UU.....	113
40.	Sistema WIMP .....	115
41.	Mapa distrital del Reino Unido y cartograma de población .....	117
42.	Mapa dasimétrico de desempleo de la ciudad de Bristol, Reino Unido	118
43.	Ciudad Universitaria vista con Google Earth .....	120
44.	Modelo de tercera dimensión elaborado con un software GIS .....	120
45.	Análisis por consulta en GIS.....	122

46.	Ejemplo de área fragmentada (mapa de suelos del condado de Kalamazoo, Michigan, EE.UU.).....	127
47.	Mapa de langostas (saltamontes) en el África Occidental .....	139
48.	Ejemplo del uso de GIS para un plan maestro de ordenamiento municipal.....	140
49.	Interface de QGIS Desktop .....	165
50.	Menús desplegables .....	166
51.	Botones superiores del catálogo QGIS Browser .....	169
52.	Interface del catálogo QGIS Browser .....	170
53.	Herramienta Propiedades de la capa.....	172
54.	Barra Archivo .....	175
55.	Ventana de guardado.....	175
56.	Barra Capas y ventana de capas .....	177
57.	Ventana del explorador .....	177
58.	Ventana Nueva capa vectorial .....	179
59.	Barra Vectorial .....	180
60.	Ventana de búsqueda (abriendo un archivo DXF) .....	180
61.	Menú Estilos.....	183
62.	Barra Etiqueta .....	184
63.	Vista del menú Etiqueta, herramienta Propiedades de la capa.....	184
64.	Proyecto con etiquetas en QGIS.....	185
65.	Menú Estilos, en la herramienta Propiedades de la capa .....	187
66.	Administrador de estilos .....	187
67.	Selector de símbolos.....	188
68.	Ícono Anotaciones y barra Atributos .....	189
69.	Administrador de complementos.....	190
70.	Íconos para seleccionar objetos, barra Atributos .....	193
71.	Ventana de Seleccionar por expresión .....	193
72.	Íconos para seleccionar objetos.....	195

73.	Vista del menú Diagramas, herramienta Propiedades de la capa ....	196
74.	Vista del menú Visualizar en las Propiedades de la capa.....	196
75.	Constructor de consultas .....	197
76.	Barra Atributos .....	199
77.	Menú Acciones .....	200
78.	Ícono Ejecutar acción, barra Atributos .....	201
79.	Barra Navegación de mapas .....	204
80.	Ventana Resultados de identificación .....	205
81.	Cuadro Medir (medición por tramos de la carretera de Santiago Atitlán hasta el sitio arqueológico de Chucumuc) .....	207
82.	Cuadro Medir (medición de área y ángulo).....	208
83.	Procedimiento para medir ángulos en QGIS .....	209
84.	Diagramas superpuestos de Qgis (diagramas de barras).....	210
85.	Diagramas superpuestos de Qgis (diagramas circulares y diagramas tipo pastel).....	211
86.	Pestaña Tamaño, submenú Diagramas.....	212
87.	Diferencia de tamaño de gráficos (evaluación de los cuerpos de agua del departamento de Izabal) .....	213
88.	Menú Campos, Propiedades de la capa .....	217
89.	Añadir columna.....	217
90.	Menú Campos, herramienta Tabla de atributos .....	218
91.	Propiedades de acciones.....	220
92.	Cuadro Resultados de la identificación.....	221
93.	Menú General, herramienta Propiedades del proyecto .....	224
94.	Selector de SRC (para capas) .....	225
95.	Georreferenciador (vista de la interface).....	226
96.	Barra superior de la interface del georreferenciador.....	227
97.	Selector de SRC, Propiedades de la capa.....	229
98.	Transformación de SRC al vuelo .....	231

99.	Vista de las herramientas: Herramienta de medida y Unidades de la vista del mapa .....	233
100.	Personalizador de SRC.....	235
101.	Barra Ráster.....	236
102.	Cuadro de propiedades para una capa ráster.....	237
103.	Punto de referencia.....	239
104.	Ventana de Configuración de la transformación .....	239
105.	Íconos del Diseñador de mapas en la barra Archivo del escritorio...	241
106.	Diseñador de mapas .....	241
107.	Historial de la orden .....	243
108.	Barra Elementos del diseñador .....	246
109.	Marco HTML, ventana Propiedades del elemento .....	246
110.	Hoja cartográfica con mapas incluidos.....	248
111.	Propiedades para las leyendas .....	251
112.	Propiedades para las tablas insertadas .....	252
113.	Cuadro Seleccionar atributos.....	253
114.	Propiedades del elemento para las imágenes .....	254
115.	Mapa con escala gráfica .....	255
116.	Flecha de orientación norte.....	256
117.	Mapa terminado .....	258
118.	Barra de herramientas Base de datos.....	262
119.	Opciones de Red .....	262
120.	Barra de herramientas Administrar capas.....	265
121.	Administrador de DDBB .....	267
122.	Ventana Añadir tabla(s) PostGIS .....	269
123.	Crear una nueva conexión a PostGIS.....	269
124.	Abrir tablas de SpatialLite .....	271
125.	Seleccionar capa GeoRaster de Oracle.....	272
126.	Crear conexión a Oracle .....	272

127.	Añadir capa(s) desde un servidor WM(T)S.....	273
128.	Crear nueva conexión WMS.....	274
129.	Crear proyecto fuera de línea.....	275
130.	Herramienta para importar archivos shape a PostGIS.....	277
131.	Importar capa vectorial.....	278
132.	Añadir capa vectorial.....	279
133.	Añadir capa vectorial desde una base de datos.....	280
134.	Crear una nueva conexión a base de datos ORG.....	281
135.	Tabla de atributos.....	282
136.	Tabla de atributos (barra superior).....	283
137.	Tabla de atributos (barra inferior).....	284
138.	Calculadora de campos.....	286
139.	Administrador de campos.....	287
140.	Botones Añadir capa y Eliminar capa.....	288
141.	Editor de uniones.....	289
142.	Administrador de relaciones.....	290
143.	Ventana Añadir columna.....	292
144.	Ventana Borrar atributos.....	293
145.	Ventana Table Manager.....	294
146.	Ventana Añadir unión vectorial.....	296
147.	Opciones de campo, Calculadora de campos.....	297
148.	Barra Quick Export.....	300
149.	Crear una capa a partir de un archivo de texto delimitado.....	302
150.	Definición de geometría.....	303
151.	Cuadro de diálogo de relaciones.....	304
152.	Modelador gráfico.....	309
153.	Ventana Clipper.....	312
154.	Ventana Curvas de nivel.....	313
155.	Curvas de nivel generada por QGIS.....	313

156.	Ventana MDT .....	314
157.	Modelo digital del terreno generado por QGIS .....	314
158.	Ventana Matriz de distancia .....	316
159.	Ventana Buffer(s) .....	318
160.	Ventana Consulta espacial .....	319
161.	Procedimiento para análisis de áreas de influencia por polígonos de Voronoi .....	320
162.	Polígonos de Voronoi .....	321
163.	Ventana, Contar puntos en polígono .....	321
164.	Configuración del complemento Grafos de ruta .....	323
165.	Pestaña configuración predeterminada .....	324
166.	Ventana, Ruta más corta .....	324
167.	Vista de la ruta propuesta por la aplicación .....	325
168.	Vista del modelador con un diagrama trabajado .....	326
169.	Procedimiento para el uso del modelador gráfico .....	327

## TABLAS

I.	Tipos de cámara, marcas y formatos .....	9
II.	Escalas más utilizadas en cartografía .....	14
III.	Tipos de mapas temáticos .....	14
IV.	Clasificación de las proyecciones cartográficas .....	15
V.	Proyecciones según sus sistemas de transformación .....	18
VI.	Tipos de sistemas de coordenadas .....	24
VII.	Ramas de la geodesia .....	26
VIII.	Elipsoides más utilizados .....	28
IX.	Parámetros de firma espectral para distintos objetivos .....	44
X.	Instituciones participantes de la Unidad Interinstitucional de Apoyo al Desarrollo del SINIT .....	62

XI.	Sistemas de georreferencia más usados.....	78
XII.	Cuadro comparativo entre análisis espacial y modelo espacial.....	132
XIII.	Descripción de los menús del QGIS Desktop.....	166
XIV.	Descripción de las funciones de la herramienta Tabla de atributos.....	283

## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
$a$	Amplitud de campo
$a_{abs}$	Absortividad
$d$	Cualquiera de los lados del negativo
$D$	Distancia de alcance de terreno a cubrir por la amplitud de campo de la cámara.
$E$	Escala fotográfica
$f$	Distancia focal del punto central de proyección al negativo.
$H$	Altura del objetivo desde el plano del terreno hasta el punto central de proyección.
$h$	Altura de vuelo o total
$\theta$	Ángulo entre el eje óptico y línea de plomada
$\tau$	Transmisividad
$\rho$	Reflectividad o albedo
$O$	Estación de exposición o punto central de proyección.
$X$	Ordenada sobre el eje horizontal del plano del terreno.
$Y$	Coordenada sobre el eje vertical del plano del terreno.
$Z$	Altura sobre el plano del terreno.



## GLOSARIO

<b>Altura ortométrica</b>	Distancia entre un punto de la superficie terrestre y la superficie del geoide, medida a lo largo de la línea de la plomada, llamada también altura sobre el nivel del mar.
<b>Base de datos</b>	Conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados sistemáticamente para su posterior uso
<b>CAD</b>	Siglas de diseño asistido por computador o <i>Computer Assistance Design</i> , en inglés. Uso de sistemas computarizados para la creación, modificación, análisis y optimización del diseño.
<b>Campo visual</b>	Porción del espacio en el que un receptor es capaz de captar la señal que emite un satélite.
<b>COGO</b>	Coordenada geométrica o <i>coordinate geometry</i> en inglés, se refiere al método de toma de datos en topografía utilizando una distancia y una dirección tomada en ángulos y con referencia al norte geográfico.

<b>Coordenada</b>	Par de magnitudes, lineales o angulares, que sirven para determinar la posición de un punto en la superficie de la Tierra.
<b>Coropleta</b>	Franjas o regiones que se colorean con un motivo y que muestra una medida estadística.
<b>Data</b>	El nombre genérico para cualquier cosa (información) que entre, salga o se guarde en una computadora o cualquier otro medio, siempre y cuando sea todo en formato digital.
<b>Dato</b>	Representación simbólica (numérica, alfabética, algorítmica, etc) de un atributo o variable cuantitativa. Los datos describen hechos empíricos, sucesos y entidades.
<b>DBMS</b>	Sistema de gestión de bases de datos o <i>database management system</i> en inglés, es un conjunto de programas que permiten el almacenamiento, modificación y extracción de la información en una base de datos.
<b>Dimensión Espacial</b>	Localización en un sistema espacial en coordenadas respecto a un determinado sistema de referencia.

<b>Distorsión</b>	Alteración de la proyección que se producen debido a las deformaciones al transformar del elipsoide tridimensional al plano ortogonal.
<b>Fenómeno geográfico</b>	Objeto o suceso que existe o se produce en la tierra en forma muy rápida o brusca, estos alteran el ambiente y normalmente no se pueden predecir.
<b>GDAL</b>	<i>Geospatial Data Abstraction Library</i> , o Librería de Abstracción de Datos Geoespaciales. Biblioteca de software para la lectura y escritura de formatos de datos geoespaciales, publicada bajo la MIT License por la fundación para el código abierto geoespacial (Ver OSGeo).
<b>GIS</b>	<i>Geographic Information System</i> , que significa sistema de información geográfica. Herramienta integrada por hardware, software y bases de datos, cuyo fin es capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas información geográficamente referenciada.
<b>GPS</b>	Sistema de posicionamiento global o <i>Global Position System</i> en inglés. Sistema de posicionamiento que utiliza satélites para la ubicación de puntos ubicados en la superficie terrestre por medio de triangulaciones.

<b>IGN</b>	Instituto Geográfico Nacional, cuyo nombre oficial es: Instituto Geográfico Nacional Ing. Alfredo Obiols Gómez. Ente encargado del estudio geográfico de la República de Guatemala, así como la producción de mapas y otros productos cartográficos.
<b>Hardware</b>	Conjunto de partes y componentes eléctricos, electrónicos, electromecánicos y mecánicos, que forman la parte tangible de un sistema de información.
<b>Kernel</b>	Software que constituye una parte esencial del sistema operativo, y se define como la parte que se ejecuta en modo privilegio, también es llamado núcleo.
<b>Internet</b>	International Network o red internacional. Red informática de nivel mundial que utiliza señales de onda para transmitir la información.
<b>Isopleta</b>	Curva que conecta los puntos en que la función de varias variables tiene un mismo valor constante. También llamadas isolíneas
<b>Mapa</b>	Representación gráfica de una porción de tierra, de proyección ortogonal con escala constante y exacta.

<b>Middleware</b>	Software que asiste a una aplicación para interactuar o comunicarse con otras aplicaciones, software, redes, hardware y/o sistemas operativos
<b>Modelo de datos</b>	Descripción de cómo se representan los datos en un sistema de información o en un sistema de gestión de base de datos
<b>NAVSTAR</b>	Serie de 24 satélites estadounidenses de navegación, a cargo del Departamento de Defensa, que completan el Sistema de Posicionamiento Global (GPS).
<b>Negativo</b>	Película fotográfica que reproduce invertidos los colores y los tonos de la realidad y de la cual se obtienen las fotografías .
<b>Objetivo</b>	Conjunto de lentes o prismas que permiten canalizar los rayos luminosos que provienen de la superficie a la película.
<b>Ortofoto</b>	Producto fotográfico en el cual las distorsiones producidas por el relieve del terreno y la inclinación se han eliminado utilizando instrumentos especiales, los cuales se pueden conectar a los restituidores convencionales.

<b>OSGeo</b>	Open Source Geospatial Foundation. Organización no gubernamental cuya misión es dar soporte y promover el desarrollo colaborativo de tecnologías geoespaciales y datos abiertos.
<b>Patrón geográfico</b>	Conjunto de rasgos esenciales en un diseño gráfico, mapa o escrito.
<b>Proyección cartográfica</b>	Correspondencia matemática biunívoca entre los puntos de una esfera o elipsoide (la superficie terrestre) y sus transformados en un plano (mapa).
<b>Resolución espacial</b>	Finura con la que los detalles pueden ser vistos en una imagen. En una imagen digital se refiere a la cantidad de píxeles ocupados por una imagen.
<b>Software</b>	Conjunto de programas de cómputo, procedimientos, reglas, documentación y datos asociados, que forman parte de las operaciones de un sistema de información.
<b>SQL</b>	<i>Structured Query Language</i> , o Lenguaje de Consulta Estructurado. Lenguaje declarativo de acceso a bases de datos relacionales que permite especificar diversos tipos de operaciones en ellas.
<b>UTM</b>	<i>Universal Transverse Mercator</i> , o proyección universal transversa de Mercator. Proyección basada en la proyección cilíndrica transversa de Mercator

modificada matemáticamente para utilizarse en cualquier lugar del globo entre los paralelos 80° norte y -80° sur.

**WCS**

*Web Coverage Service*, o Servicio de cobertura Web. Interfaz que permite realizar peticiones de cobertura geográfica a través de la Web utilizando llamadas independientes de la plataforma.

**WFS**

*Web Feature Service*, o Servicio Web de entidades. Interfaz de comunicación que permite interactuar con los mapas servidos por el estándar WMS.

**WMS**

*Web Maps Service*, o Servicio Web de entidades. Interfaz HTTP para la petición de imágenes de mapas registradas desde una o más Bases de Datos Geoespaciales.



## RESUMEN

El presente trabajo se compone de cinco capítulos descritos de la siguiente manera: el capítulo primero trata sobre las generalidades del curso de Topografía 3, se desarrollan cada uno de los temas que conforman el contenido: fotogrametría, cartografía, geodesia y tecnologías afines a las anteriores; además de cada una de las prácticas de campo.

El capítulo segundo aborda los conceptos generales sobre los sistemas de información geográfica, sus antecedentes (historia y desarrollo), y una breve descripción sobre algunas de las áreas de aplicación de los GIS tanto en el ámbito de la ingeniería civil como en otras disciplinas; el capítulo tercero explica los fundamentos de los GIS en general; se encuentra basado enteramente en el libro de Longley, Goodchild, Maguire, y Rhind titulado *Geographical information systems and science*.

El capítulo cuarto describe el desarrollo y proceso de implementación de las prácticas de laboratorio. Estableciendo la metodología, las expectativas y los objetivos del curso; así también determinando el número y el contenido de cada una de las prácticas.

En el capítulo quinto se desarrolla el contenido de las prácticas y se da respuesta a los planteamientos del capítulo anterior; es decir la formulación de una guía basada en el software libre QGIS 2.2.0 versión Valmiera, esta se encuentra dividida en siete módulos en los que se describe el procedimiento para hacer uso de cada una de las herramientas del software.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Proponer la práctica de laboratorio de software GIS para el curso de Topografía 3, para contar con la información necesaria de manera que se conozcan los principios de manejo del programa y su relación con todos los temas que se desarrollan durante el curso titular.

### **Específicos**

1. Dotar al estudiante del curso de Topografía 3 con el conocimiento necesario para el dominio básico del software.
2. Determinar las prioridades del curso de laboratorio de manejo de GIS al respecto del curso titular.
3. Establecer los objetivos y fines que se desean alcanzar con la implementación del laboratorio de GIS.
4. Determinar la teoría sobre los GIS, su uso, y su aporte dentro y fuera de la ingeniería civil.
5. Desarrollar un contenido que cubra el conocimiento para el manejo básico del software de GIS.

6. Dotar al estudiante del laboratorio propuesto con una guía para el manejo de software de GIS.
7. Promover el uso del software libre, utilizando un programa GNU de GIS

## INTRODUCCIÓN

En el ejercicio de la ingeniería civil se maneja mucha información que, en la mayoría de los casos, corresponde a una situación y un lugar específicos. Ello obliga a los profesionales de la ingeniería civil a contar con información que proporcione, no solo los datos del proyecto sino que también esta se encuentre relacionada con la ubicación geográfica exacta del mismo; esto es llamado información georreferenciada (por ejemplo, las precipitaciones de algún sitio en específico o la ubicación de caminos y su estado actual).

La investigación sobre este tipo de información georreferenciada, no solo atañe a los ingenieros como profesionales individuales sino también a instituciones multidisciplinarias (entre las cuales se encuentran organizaciones dedicadas al desarrollo de comunidades desfavorecidas), muchas de ellas especializadas en dar respuesta a una variedad de problemas como: la planificación urbana y rural, al desarrollo y planificación de servicios de salud, al desarrollo de estudios estadísticos y de censos, seguridad ciudadana, entre muchas otras. Esto genera un mercado adicional a los ingenieros civiles que puede ser aprovechado de manera eficiente y que permitiría dar una respuesta competente debido a la formación técnica que proporciona la misma. Por eso, la necesidad de profesionales con dominio de estos conocimientos se hace inevitable.

Gran parte de los problemas ejemplificados anteriormente pueden resolverse con la ayuda de software GIS, porque los mismos permiten que datos cualitativos y/o cuantitativos puedan ser geoposicionados y georreferenciados, y puedan ser colocados gráficamente en una hoja

cartográfica o una foto área; los softwares también permiten obtener información geográfica de servidores externos, esto los convierte en una herramienta indispensable para todas las actividades en donde es necesario contar con información precisa de un lugar exacto.

En el curso de Topografía 3 de la carrera de Ingeniería Civil se abarcan los temas necesarios para comprender y desarrollar este tipo de proyectos como: la fotogrametría, cartografía, la geodesia y tecnologías afines a los mismos en el que se contemplan los sistemas de información geográfica (GIS), este último tema se trata únicamente de forma teórica general (excepción de la tecnología GPS que posee su propia práctica de campo). El curso también contempla serie de prácticas de campo que ayudan a adquirir las técnicas necesarias para poner en práctica dicho conocimiento adquirido.

Lamentablemente el curso no cuenta con laboratorio práctico en el que se desarrolle el tema de los GIS, debido a esto, y como se mencionó inicialmente, el contenido es únicamente teórico y a nivel general; de esta forma no se puede dotar al estudiante de pregrado con los conocimientos necesarios para responder a las necesidades que se presentan fuera del ambiente académico, ni tampoco brindarle una nueva herramienta.

El requerimiento del laboratorio se justifica, primero, en la necesidad del estudiante actual de ingeniería civil en conocer sobre los GIS; también en la exigencia del mercado en que el futuro profesional pueda manipular un programa de GIS, aunque de forma básica.

El incluir dicho laboratorio beneficiaría a los estudiantes de las carreras de Ingeniería Civil e Ingeniería Ambiental, para estos últimos la red curricular posee un curso dedicado exclusivamente a los GIS, pero, al igual que en el

curso de Topografía 3, es únicamente teórico. De esta manera, el presente trabajo de graduación desarrolla la propuesta para la creación de un curso de laboratorio de GIS para la cátedra de Topografía 3, el cual se pueda implementar de una forma similar a los laboratorios de los cursos que le anteceden; y en consecuencia se pueda dar solución a la problemática antes mencionada.

Por lo tanto el trabajo que se desarrolla tiene como propósito: proponer la implementación de un curso-laboratorio, y brindar una guía para el desarrollo del mismo.

Esta guía está pensada para ser un apoyo tanto para el estudiante como para el instructor, además de ser un instructivo que pueda ser usado, de ser considerado así, en cada una de las clases del laboratorio, de manera que el estudiante sea capaz de interactuar con el programa y adquirir destrezas para el manejo básico del mismo, desarrollando en el aprendizaje del estudiante por medio de la imitación de ejemplos y la resolución de dudas por parte del instructor.

El programa a utilizar es el software libre QGIS en su versión Valmiera 2.2.0, y cumplir con uno de los objetivos: que es promover el uso del software libre. Este programa es muy accesible al usuario y puede ser personalizado de manera que este pueda adecuarlo a sus necesidades.

De esta manera se ofrece la siguiente propuesta, de forma que, en un futuro cercano, pueda ser evaluada y puesta en práctica; y así beneficiar al sector más importante de las escuelas de enseñanza de la ingeniería: el estudiante.



# **1. ASPECTOS GENERALES Y CONTENIDO DEL CURSO DE TOPOGRAFÍA 3**

## **1.1. Generalidades del curso de Topografía 3**

El curso de Topografía 3 tiene por campo de estudio la descripción, interpretación y proyección de terrenos tomando en cuenta la curvatura terrestre, para ello desarrolla el estudio de las ciencias, cuya finalidad es determinar y describir la forma real de la Tierra y su proyección a planos ortogonales para el desarrollo de mapas y hojas cartográficas. El curso continúa con la formación de las asignaturas anteriores, con la diferencia que estos suponen la superficie terrestre plana.

Es impartido por la Escuela de Ingeniería Civil perteneciente al Departamento de Topografía y Transportes, forma parte de la red curricular de las carreras de Ingeniería Civil y Ambiental; teniendo carácter de opcional para los ingenieros civiles, y obligatorio para los ambientales. El mismo se identifica con el código 084 en el listado oficial de cátedras de la Facultad de Ingeniería, proporciona seis (6) créditos académicos para los estudiantes que lo aprueben; tiene como prerrequisito al curso de Topografía 2. No cuenta como prerrequisito para otro curso en la red de Ingeniería Civil, y para Ingeniería Ambiental cuenta como prerrequisito para el curso de Taller de Sistemas de Información Geográfica.

El curso de Topografía 3 tiene una duración de un semestre lectivo, comenzando el primer día del ciclo determinado por el Concejo de la Facultad de Ingeniería y termina el último día oficial de clases.

### **1.1.1. Composición del curso**

Se compone de clases magistrales y prácticas de campo, la ponderación se distribuye de la siguiente manera: un setenta y cinco por ciento (75 %) de zona, treinta por ciento (30 %) de prácticas de campo y un veinticinco por ciento (25 %) de examen final. Se pondera de cero (0) a cien (100), el estudiante debe de cumplir con una nota mínima de sesenta y uno (61), y una asistencia del ochenta por ciento (80 %) al curso para su promoción.

Las prácticas de campo se toman como una clase paralela con su propio sistema de evaluación, tienen carácter de elemental por lo que es necesario aprobar las prácticas para tener derecho a promoción, las mismas se aprueban con nota mínima final de sesenta y uno (61).

### **1.1.2. Metodología del curso**

Se utiliza las clases magistrales dictadas tres veces por semana con duración de cincuenta (50) minutos, en la cuales se desarrolla y explica el contenido del curso, y se resuelven las dudas que de ello resulten.

Se contempla que el estudiante forme parte activa del curso, realizando trabajos de investigación para ampliar y fortalecer lo visto en las clases magistrales; las investigaciones se determinan en clase en relación al tema que se imparta y teniendo un tiempo prudencial determinado por el catedrático para entregarla.

También se toma en cuenta la realización de pruebas parciales calendarizadas según se avance en el contenido, y una prueba general al finalizar el curso.

Las prácticas de campo se dividen en cinco individuales de dos (2) horas cada una, al finalizar la práctica el estudiante debe presentar un informe de la misma. La calendarización de estas queda a consideración del catedrático del curso.

## **1.2. Contenido del curso de Topografía 3**

Tiene por objetivo proporcionar al estudiante de las herramientas básicas que le permitan hacer uso de metodologías y técnicas de cálculo utilizadas en la fotogrametría, cartografía y geodesia.

Para ello, el curso está compuesto de cuatro temas o capítulos principales, uno por cada ciencia. El último capítulo se dedica a contemplar las tecnologías que poseen afinidad a los temas anteriormente tratados como: la teledetección, sistemas de posicionamiento global y los sistemas información geográfica. Estos temas del contenido se desarrollan de manera sintetizada a continuación:

### **1.2.1. Fotogrametría**

Se define como el arte o la ciencia de realizar mediciones a partir del análisis de imágenes fotográficas, a fin de determinar las características métricas y geométricas de los objetos fotografiados; se basa en el principio de estereoscopia para transportar las imágenes obtenidas por medio de fotografías en segunda dimensión a imágenes en tercera dimensión para que puedan ser analizadas e interpretadas.

Es muy utilizada cuando se necesita obtener información métrica relevante de un objeto en particular; usualmente se utiliza para la obtención de información topográfica.

También es la base para la elaboración de hojas cartográficas en la mayoría de países, debido a la relativa ventaja económica sobre la fotografía satelital y su precisión es mucho mayor que esta última.

La fotogrametría ha evolucionado conforme el avanzar de la tecnología, y comprende desde la toma de fotografías hasta el equipo para realizar la restitución (ver apéndice A).

#### **1.2.1.1. Tipos de fotogrametría**

Se pueden diferenciar dos tipos de fotogrametría: la terrestre fotogrametría terrestre que se desarrolla en cámaras métricas montadas sobre un trípode de manera que el eje óptico sea paralelo a la línea de horizonte, y la fotogrametría aérea que se desarrolla utilizando cámaras métricas colocadas en aviones, esta abarca mayor extensión de terreno.

#### **1.2.1.2. Fotogrametría aérea**

Es el proceso por el cual se obtienen mapas y planos a través de fotografías aérea, se realiza por medio de una cámara métrica montada sobre un avión o un aeroplano, que según un plan de vuelo, ejecuta un número de tomas determinadas en las que se contempla el traslape para el efecto estereoscópico y la escala en que se desean conseguir las imágenes de la superficie a cubrir.

Los procedimientos para la toma de fotogramétrica se clasifican según la relación del eje óptico y el campo fotografiado de la siguiente manera:

- Fotogrametría aérea vertical: es aquella en la que el eje óptico coincide con la línea de plomada del campo fotografiado.
- Fotogrametría aérea oblicua: es la que se toma describiendo un ángulo entre el eje óptico y la línea de plomada sobre el campo fotografiado. Debido al ángulo que describen entre ejes las oblicuas pueden denominarse:

- Fotogrametría aérea oblicua baja: cuando el ángulo entre ejes ( $\theta$ ) se encuentra entre los diez y los treinta grados de abertura.

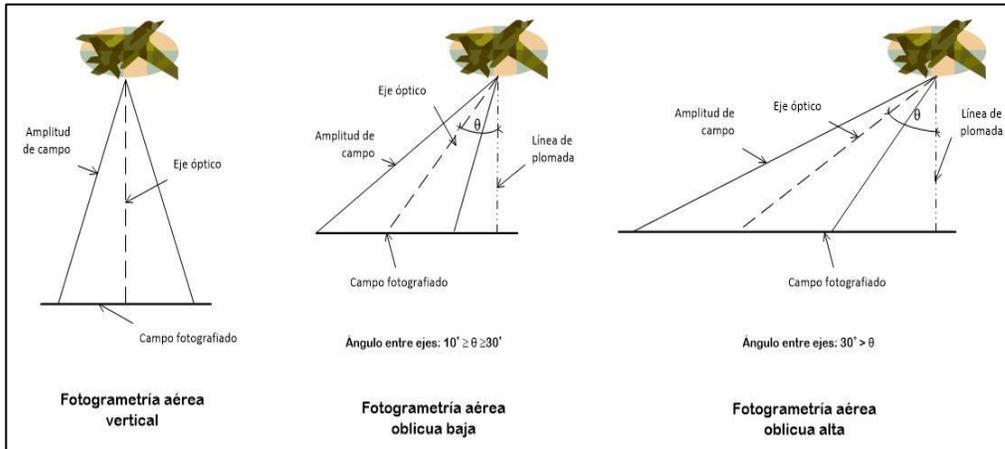
$$10^{\circ} \geq \theta \geq 30^{\circ}$$

- Fotogrametría aérea oblicua alta: cuando el ángulo entre ejes ( $\theta$ ) es mayor a los treinta grados de abertura.

$$\theta > 30^{\circ}$$

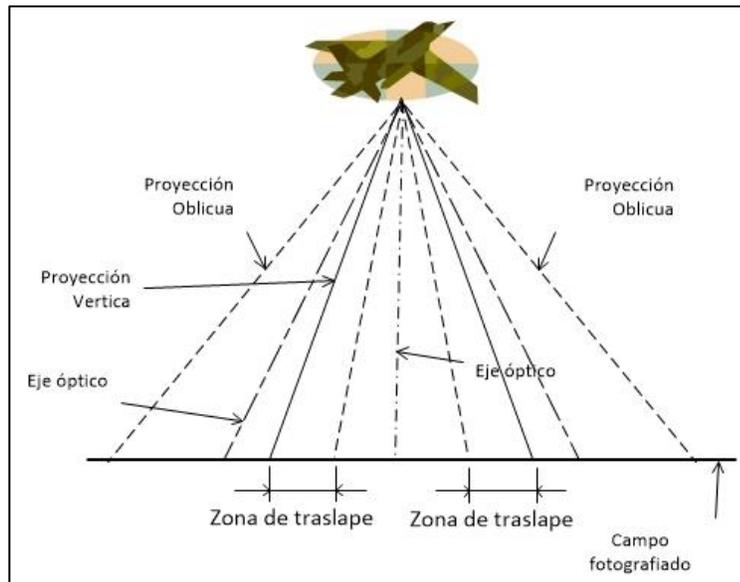
- Trimetrogon: de la voz griega *τρίμετρογων* que quiere decir tres medidas en ángulo. Es una toma especial que combina una fotografía vertical y dos oblicuas al mismo tiempo, esta cubre una extensión de terreno mayor.

Figura 1. **Fotogrametría aérea vertical y oblicua**



Fuente: elaboración propia, con el programa MS Visio 2010.

Figura 2. **Fotogrametría aérea tipo Trimetrogon**



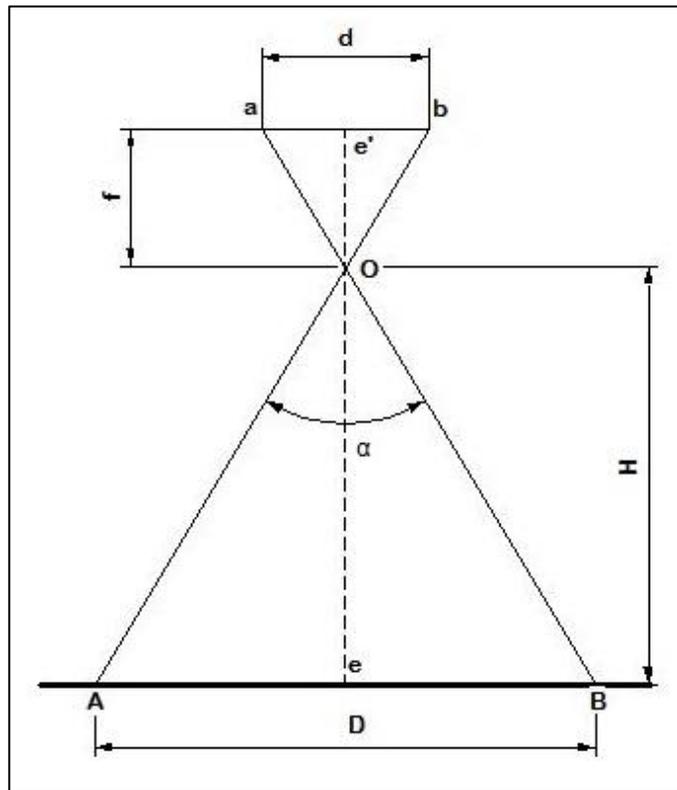
Fuente: elaboración propia, con el programa MS Visio 2010.

### **1.2.1.2.1. Principios geométricos de la fotografía aérea**

Una fotografía aérea es una proyección central del terreno, para explicarlo se utilizará la figura 3. Las proyecciones se representan por las líneas oblicuas (a-A y b-B), que van desde el plano donde se expone el negativo (a-b); hasta el plano del terreno (A-B); el punto donde se cruzan corresponde al objetivo de la cámara, este es el punto central de la proyección (O) llamado estación de exposición. Ambas líneas forman dos triángulos que se tocan por el vértice sobre el punto O, la distancia entre los puntos a y b corresponde al tamaño del formato del negativo (d), la distancia entre los puntos A y B corresponde a la superficie del terreno fotografiado (D).

El ángulo de abertura entre las líneas de proyección se llama amplitud de campo o ángulo de imagen ( $\alpha$ ); el eje óptico es la línea perpendicular a la dirección de vuelo (línea e-e´) y se extiende desde el negativo hasta el plano de terreno pasando por el punto O. La distancia desde punto O hasta el negativo sobre el eje óptico es la distancia focal (f), la distancia tomada desde el plano A-B hasta el origen siempre sobre el eje óptico se le llama altura de objetivo (H).

Figura 3. **Fotogrametría aérea vertical y oblicua**



Fuente: elaboración propia, con programa VectorWorks 11.

#### 1.2.1.2.2. Tipos de cámaras para la fotogrametría aérea

El ángulo de imagen viene dado por el tipo de cámara que se utilice, esta también determina el tipo de formato a utilizar (ver tabla II), existen tres tipos que son:

- Cámaras de ángulo normal: cámaras cuya amplitud de campo es de sesenta grados ( $\alpha = 60^\circ$ ). Son recomendadas para levantamientos de precisión.

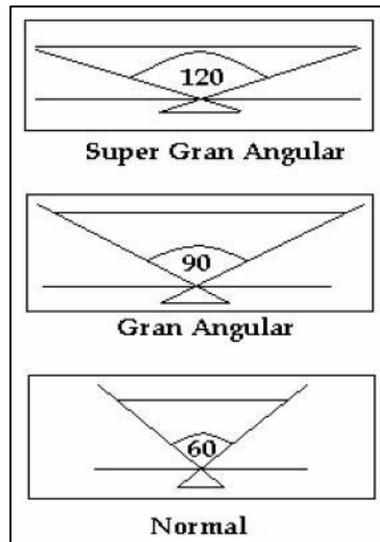
- Cámaras de gran angular: cámaras con un ángulo de imagen de noventa grados ( $\alpha = 90^\circ$ ). Se aplican a todos los trabajos de ingeniería (mapas topográficos, cartografía y fotogrametría).
- Cámaras de súper gran angular: estas poseen un ángulo de imagen de ciento veinte grados ( $\alpha = 120^\circ$ ), son usadas en fotografías de gran cobertura.

Tabla I. **Tipos de cámara, marcas y formatos**

Cámara	f (mm)	$\alpha$	Marca	Tipo	Formato (cm)
Angular normal	300	60°	Zeiss RMy	30/23	23 x 23
			Wild Rc	21/18	18 x 18
Gran Angular <sup>1</sup>	152	90°	Wild Rc	15/23	23 x 23
			Zeiss RMk	15/23	23 x 23
Súper Gran Angular	88	120°	RMk A	8.5/23	23 x 23
<sup>1</sup> Este es el tipo de cámara utilizada para mapas cartográficos					

Fuente: elaboración propia, con información de, *Apuntes de clase del curso de Topografía 3, impartidas por el Ing. Juan Ordóñez Hernández.*

Figura 4. **Tipos de cámaras según el lente**



Fuente: REYES ARREAGA, Sergio. Guía teórica y práctica del curso de Topografía 3. p.17

### 1.2.1.2.3. **Escala de la fotografía aérea**

Partiendo de los principios mostrando en la sección 1.2.1.2.1. Se procede a determinar la escala de la fotografía de la siguiente manera:

- Se relacionan las dimensiones del negativo ( $d$ ) con las del terreno a cubrir ( $D$ ). Cuando no es posible conocer la distancia  $D$ , se realiza una relación por triángulos semejantes, dejando todo en función de la altura de foco ( $f$ ) y la altura de objetivo ( $H$ ):

$$Escala (E) = \frac{d}{D} = \frac{f}{H}$$

(Ecuación 1)

- La altura H se puede conocer de la diferencia entre la altura de vuelo (h) y la altura del terreno (Z), ambas ortométrica, tomadas desde el datum que se maneje (tomadas desde el nivel del mar):

$$H = h - Z \text{ (m.s.n.m.)}$$

(Ecuación 2)

- La forma final para el cálculo de la escala queda finalmente de la siguiente manera:

$$E = \frac{f}{h - Z}$$

(Ecuación 3)

Las dimensiones del formato del negativo a utilizar son de 23 X 23 o de 18 X 18 centímetros, esto depende la clase de cámara que se use.

#### **1.2.1.2.4. Errores de la fotografía**

Existen tres tipos de errores que se presentan debido a condiciones climáticas, atmosféricas o de manejo del equipo fotográfico, estas son:

- Distorsión del objetivo: se presenta cuando se calibra la mira del objetivo.
- Contracción de la película: se debe a las condiciones climatológicas durante el vuelo o en su resguardo.
- Figuras deformadas sobre el negativo: se debe a la inclinación de la cámara durante el vuelo.

### **1.2.1.3. Restitución**

Es el proceso que se efectúa para transformar un modelo estereográfico en un producto cartográfico. Los productos cartográficos obtenidos de este proceso son las hojas cartográficas o de línea, las ortofotos y los mapas digitales.

#### **1.2.1.3.1. Modelo estereoscópico**

Es la parte en común de dos fotografías tomadas de dos puntos de vista diferentes y que sirven para restituir fotogramétricamente, siendo su finalidad desarrollar el efecto estereoscópico, esto se logra mediante el uso de aparatos de restitución (mecánicos o digitales).

#### **1.2.1.3.2. Proceso de restitución**

Para efectuar la restitución fotogramétrica del modelo estereoscópico es necesario realizar una serie de pasos ordenados de la siguiente forma:

- a. Elaborar diapositivas
- b. Quitar paralelaje
- c. Nivelar el modelo (mínimo tres puntos)
- d. Poner la escala (mínimo 2 puntos planímetros)
- e. Aerotriangulación
- f. Compilación

Los primeros tres pasos se les conocen como procedimiento previo y en el mismo se corrigen las orientaciones interna, relativa y absoluta.

### **1.2.1.3.3. Aparatos de restitución**

Son aparatos de alta precisión usados para reconstruir en el plano las formas y detalles de una extensión de terreno a partir de dos fotografías usadas para formar un modelo estereoscópico. Entre los aparatos utilizados para la restitución se encuentran los aparatitos, estereoplanígrafos, autógrafos, aviógrafos, etc. Últimamente, el auge de nuevas tecnologías a deriva en el uso de computadores para la realizar la restitución.

### **1.2.2. Cartografía**

Es la ciencia que estudia la representación plana del esferoide terrestre, tratando de obtener por medio de cálculos, las coordenadas de los puntos en un plano correspondientes a los situados en la superficie terrestre; también se define como el arte de elaborar mapas para representar gráficamente una porción de terreno. Su finalidad es reproducir la superficie terrestre, en tercera dimensión, a una representación gráfica ortogonal llamada mapa. Las escalas de los mapas varían según el tipo y el uso previsto (ver tabla III).

Los mapas se dividen en dos grandes grupos: los topográficos y los temáticos. Los topográficos, también llamados hojas cartográficas, cartas geográficas o cartas de navegación (cuando estos son usados para la navegación marítima), estas reproducen la información topográfica de manera exacta y precisa. Los mapas temáticos tienen por finalidad presentar información específica al lector, más que una posición exacta, por lo que no requieren tanto énfasis en la representación del terreno.

Se debe establecer la diferencia entre un mapa y una fotografía aérea, una fotografía aérea es una imagen de proyección central, por lo que la escala es no es tan exacta; un mapa es una representación gráfica ortogonal, por lo que la escala es más bien definida y exacta.

Tabla II. **Escalas más utilizadas en cartografía**

Tipo de Mapa		Escala
Catastro	Urbano	1:1 000 o 1:2 000
	Rural	1:10 000 o 1:20 000
Topográfico		1:50 000
Geológico		1:250 000

Fuente: elaboración propia, con información de, *Apuntes de clase del curso de Topografía 3, impartidas por el Ing. Juan Ordóñez Hernández.*

Tabla III. **Tipos de mapas temáticos**

<b>Orográficos</b>	Muestran cordilleras y otros detalles geográficos
<b>Hidrográficos</b>	Figuran las cuencas pluviales, ríos, afluentes, lagos etc.
<b>Geológicos</b>	Dibujan la naturaleza del suelo
<b>Agronómicos</b>	Señalan la distribución de los cultivos y la crianza de animales domésticos
<b>Batímetros</b>	Indican la profundidad del mar en forma de red de Isóbatas.

Fuente: elaboración propia, con información de, *Apuntes de clase del curso de Topografía 3, impartidas por el Ing. Juan Ordóñez Hernández.*

### 1.2.2.1. Distorsión y deformación

La dificultad principal de la cartografía radica en representar un modelo tridimensional a un plano bidimensional. Se presentan dos problemas, la distorsión y las deformaciones o anamorfosis. Las deformaciones se dividen en tres: lineal, superficial y angular, (ver apéndice B).

### 1.2.2.2. Proyecciones cartográficas

Se define como la proyección o sistema de proyecciones utilizadas sobre el elipsoide terrestre expresados en función de coordenadas, estas se pueden clasificar por dos criterios (ver tabla VI):

- Según sus deformaciones: toma como criterio principal las deformaciones y sus correcciones para realizar la proyección.
- Según el sistema transformación: basa sus criterios en proyección hecha sobre superficies teóricas. Estas se clasifican en dos grupos: por perspectiva y por desarrollo (ver tabla IV).

Tabla IV. **Clasificación de las proyecciones cartográficas**

<b>Según sus deformaciones</b>	Equivalentes
	Conformes, isógonas u ortoformas.
	Afilácticas
	Automecoicas
<b>Según sus sistemas de transformación</b>	Sistemas de proyección de perspectiva
	Sistemas de proyección por desarrollo

Fuente: elaboración propia, con información de, REYES ARREAGA, Sergio. Guía teórica y práctica del curso de Topografía 3. p. 45.

#### **1.2.2.2.1. Proyecciones por perspectiva**

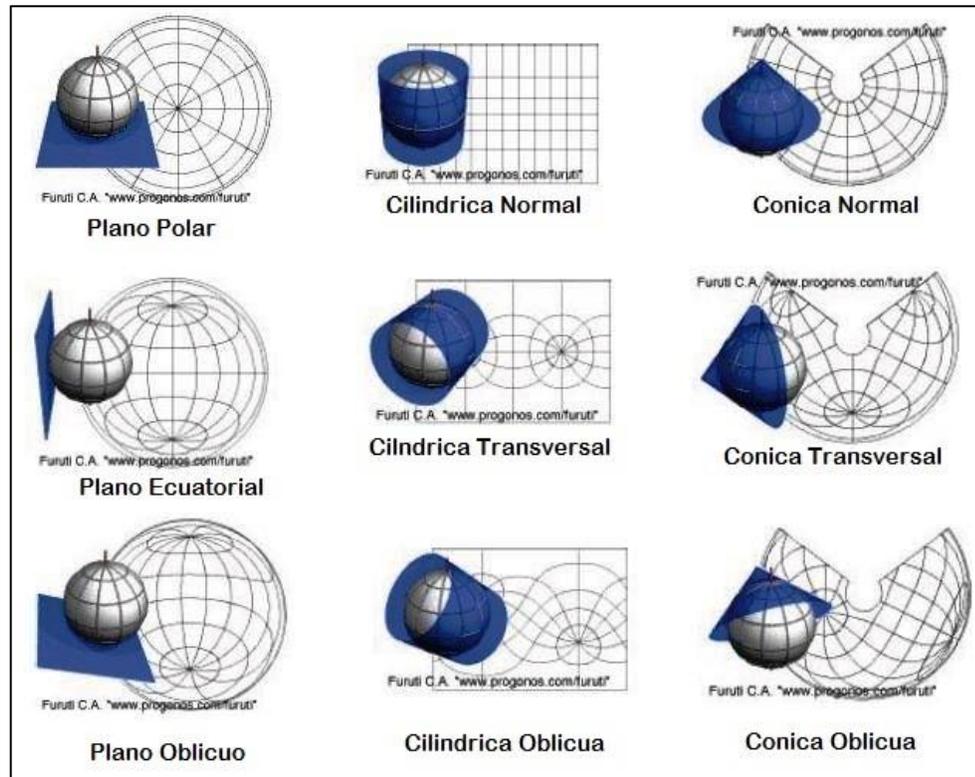
También llamadas azimutales, son proyecciones que se construyen a partir de un plano tangente a la superficie terrestre, también conocido como cuadro, en donde es proyectada a un punto central o punto de vista (ver tabla V).

Según la situación del cuadro, las proyecciones pueden ser: polar, si este es paralelo al ecuador y uno de los polos se encuentra al centro; ecuatorial, si es paralelo a un meridiano y es perpendicular al ecuador, y cuando se encuentra en cualquier otro punto se llama oblicua. Estas se combinan con cada una de las proyecciones por perspectiva existentes (ver figura 5).

#### **1.2.2.2.2. Proyecciones por desarrollo**

Son proyecciones que suponen a la Tierra envuelta por una superficie enrollable, llamada envolvente, sobre esta superficie se proyectan los puntos sobre la superficie terrestre. Estas superficies son el cono y el cilindro (ver tabla V). Estas proyecciones, reciben distintos nombres según la situación de la envolvente. Si es paralela al ecuador y perpendicular a los polos se llama normal; si es paralela a un meridiano y es perpendicular al ecuador se llama transversa; si no se encuentra en ninguna de las posiciones anteriores se le llama oblicua. Estas combinan con ambas superficies (ver figura 5).

Figura 5. **Proyecciones según la orientación del plano y de la superficie de desarrollo**



Fuente: SNAIDER, Patricia. *Proyecciones Cartográficas y sistemas de referencia*. Revista Geográfica Digital. p.9.

Tabla V. **Proyecciones según sus sistemas de transformación**

<b>Sistema</b>	<b>Proyección</b>	<b>Descripción</b>
Por perspectiva (proyectadas sobre un plano)	Ortográficas	Las proyectantes son perpendiculares al plano, el punto de vista se supone en el infinito
	Estereográficas	Se proyecta desde un punto de vista sobre en la superficie de la Tierra opuesto al cuadro
	Gnomónicas	Se proyecta desde un punto de vista sobre supuesto al centro de la Tierra.
Por desarrollo (proyectadas sobre una superficie desarrollable)	Cónica	Se proyecta a partir de un cono, donde los meridianos se juntan a partir de un punto y los paralelos son curvos
	Cilíndrica	Se proyecta a partir de un cilindro; tanto paralelos como meridianos son rectos

Fuente: elaboración propia, con información de, REYES ARREAGA, Sergio. Guía teórica y práctica del curso de Topografía 3. p. 47 – 59.

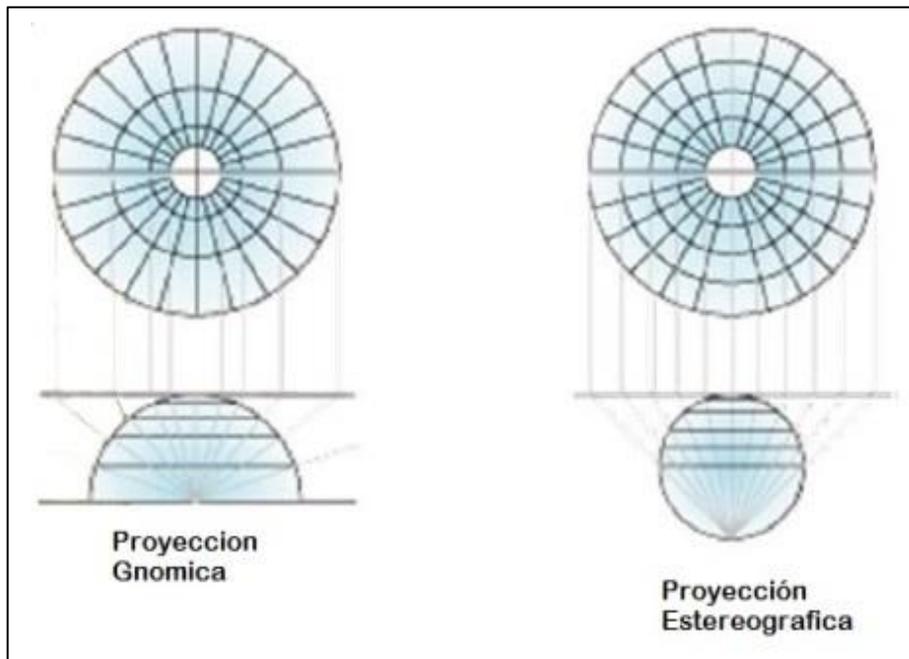
### **1.2.2.3. Principales proyecciones cartográficas**

De la todas las proyecciones que se presentan no todas son utilizadas para la producción de mapas, las más utilizadas son las proyecciones gnómicas, las proyecciones cónicas y las cilíndricas; en este último caso la más utilizada es la proyección de cilíndrica transversa de Mercator.

### 1.2.2.3.1. Proyecciones gnómicas y estereoscópicas

Se llaman gnómicas cuando el punto de vista se ubica desde el centro de la esfera, son obtenidas cuando las líneas de proyección que atraviesan la esfera, tocan la superficie y son proyectadas al cuadro que es tangente a la misma superficie (ver figura 6). Se llaman estereoscópicas cuando el punto de vista se encuentra en el nadir del punto tangente al cuadro. Estas proyecciones pueden ser polares, ecuatoriales y/u oblicuas.

Figura 6. **Proyecciones gnómica y estereoscópica**



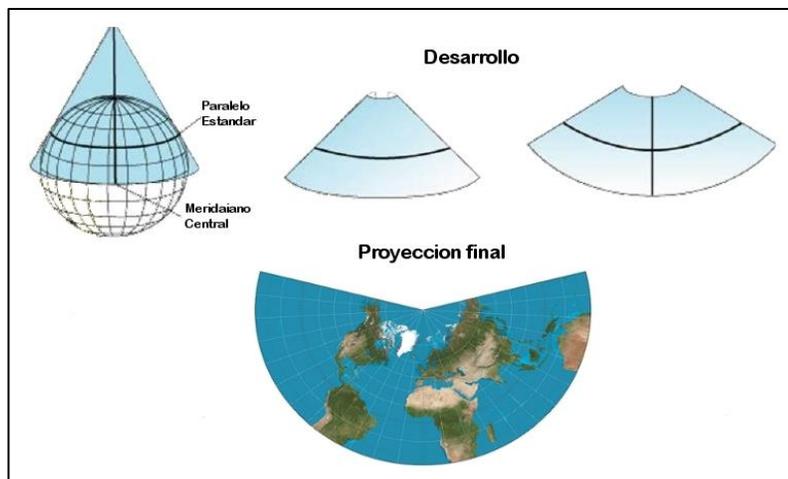
Fuente: SNAIDER, Patricia. *Proyecciones Cartográficas y sistemas de referencia*. Revista Geográfica Digital. p.17.

### 1.2.2.3.2. Proyecciones cónicas

Proyecciones que colocan un cono (tangente o secante) sobre la esfera terrestre y proyectan sobre esta superficie cónica la superficie de la Tierra. Se utilizan principalmente dos tipos de proyección cónica para la realización de los mapas, estas son:

- Proyección conforme a Lambert: utiliza un cono que corta la esfera en dos paralelos llamados paralelo estándar, los meridianos son rectas que convergen en el polo. Los paralelos son círculos concéntricos equidistantes. La proyección de Lambert no tiene límite de extensión este-oeste.
- Proyección policónica: está basada una serie de conos tangentes a la Tierra en paralelos sucesivos.

Figura 7. Proyección cónica



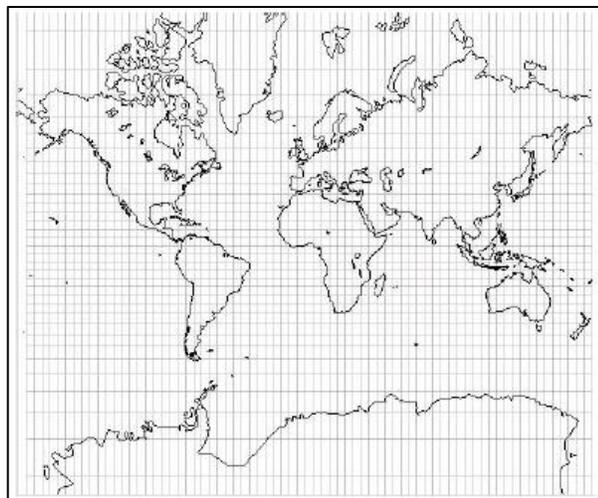
Fuente: elaboración propia, con información de, SNAIDER, Patricia. *Proyecciones Cartográficas y sistemas de referencia*. Revista Geográfica Digital. p.14.

### 1.2.2.3.3. Proyecciones cilíndricas

Estas consideran a una superficie cilíndrica rodeando al globo terráqueo para proyectar sobre esta la superficie terrestre. Los paralelos y los meridianos son líneas rectas perpendiculares entre sí. Las más utilizadas para la cartografía son las proyecciones de Mercator, estas son:

- Proyección normal de Mercator: considera que la Tierra es esférica y proyecta los puntos de su superficie a una superficie cilíndrica tangente al ecuador.
- Proyección transversal de Mercator: a diferencia de la anterior, esta debe su nombre a que el cilindro está girado de manera que el eje central del mismo es paralelo a línea del ecuador. Se deforma en los polos (desde el paralelo 80 en ambos hemisferios).

Figura 8. **Proyección de Mercator**



Fuente: FRANCO REY, Jorge. *Nociones de topografía, cartografía y geodesia*. Tomo: nociones de cartografía. p.6

#### **1.2.2.4. Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM)**

La proyección transversal universal de Mercator abreviada como UTM por sus siglas en inglés; se basa en la proyección transversal de Mercator, pero con la diferencia que la Tierra no es considerada como una esfera sino como un elipsoide.

Debido a la transformación del elipsoide sobre la superficie desarrollable del cilindro, las coordenadas geográficas angulares resultan transformadas sobre la superficie bidimensional en un sistema de coordenadas cartesianas al que se ha denominado coordenadas UTM.

##### **1.2.2.4.1. Características y parámetros de la proyección UTM**

Las proyecciones cilíndricas transversales tienen el problema que deforman la proyección cercana al polo, por esta razón la proyección UTM tiene como límites el paralelo  $80^\circ$  en cada hemisferio.

El sistema de coordenadas UTM utiliza la denominación X y Y para las abscisas y ordenadas respectivamente (ver tabla VI) y como medida universal de distancia el metro. Asimismo, el sistema, se divide al globo terrestre en sesenta (60) zonas, cada una con seis grados ( $6^\circ$ ) de longitud.

Para la elaboración de proyecciones en el sistema UTM se deben de tomar en cuenta los siguientes parámetros:

- La elección de un elipsoide de referencia: el Instituto Geográfico Nacional (IGN) utiliza el Elipsoide de Clarke de 1866; aunque la Asociación Internacional de Geodesia (IAG, por sus siglas en inglés) recomendó el Elipsoide Internacional de Hayford de 1930.
- La elección del Datum: (ver sección 1.2.3.2.3.) El IGN utilizaba anteriormente el datum NAD27, debido a que este corresponde la parte americana sobre el hemisferio norte, actualmente utiliza el datum WGS84 que es un datum universal.
- La elección del sistema conforme al plano: debido a las deformaciones que presenta el sistema tanto en los polos como en extensiones muy grandes, es necesario determinar la zona a trabajar. En caso de los polos se trabaja con proyecciones estereográficas.

#### **1.2.2.4.2. Elipsoide de Clarke 1866**

Para representar el planeta Tierra no se toma una esfera perfecta, sino que un esferoide o una esfera deformada, este es un cuerpo de revolución que se asemeja más a la forma real de la Tierra. En 1866, el geodesta inglés Alexander Ross Clarke, basado en sus estudios propuso un elipsoide que tiene al semieje mayor sobre la línea del ecuador, que según sus cálculos este representaba mejor al globo terráqueo. Este es el esferoide que utiliza el sistema NAD 27.

### 1.2.2.5. Sistemas de coordenadas

La situación de un punto sobre la superficie terrestre está determinada por sus coordenadas, definidas en la intersección de un meridiano y de un paralelo que establecen su posición o su cercanía al mismo. De esta manera se han desarrollado varios sistemas de coordenadas para determinar la posición de los puntos proyectados sobre la superficie (ver tabla VI).

Tabla VI. Tipos de sistemas de coordenadas

Sistema	Coordenadas	Descripción
Topográficas	Polares	Una distancia y una dirección (Rumbo o Azimut).
	Planas	Coordenadas X y Y en plano bidimensional.
	Astronómicas	determinada por la ascensión recta ( $\alpha$ ), y la declinación ( $\delta$ )
Geográficas (geométricas)	Longitud	Desplazamiento angular desde el meridiano de Greenwich hacia el este (+) o hacia el oeste (-).
	Latitud	Desplazamiento angular desde el Ecuador, hacia el hemisferio norte (+) o al el hemisferio sur (-).
	Altura	Tomada sobre el nivel del mar.
Geodésicas	Longitud	Ángulo generado a partir del meridiano de referencia y el paralelo deseado.
	Latitud	Ángulo entre el vector normal y el plano del ecuador
	Altura	Altura ortométrica.
UTM	X	Lectura de las abscisas desde el este donde comienza la zona correspondiente.
	Y	Lectura de las ordenadas desde el norte donde comienza la zona correspondiente.
	Zona	División correspondiente de la Tierra según la denominación UTM.

Continuación de tabla VI.

GTM <sup>1</sup>	X	Lectura de las abscisas desde el este donde comienza la zona.
	Y	Lectura de las ordenadas desde el norte donde comienza la zona.
<sup>1</sup> Son coordenadas desarrolladas para Guatemala con base en las coordenadas UTM, estas extienden la zona 15 a todo el territorio (ver anexos). Aun no son reconocidas internacionalmente.		

Fuente: elaboración propia, con información de, *Apuntes de clase del curso de Topografía 3, impartidas por el Ing. Juan Ordóñez Hernández. 2012.*

#### **1.2.2.6. Ubicación de coordenadas geográficas y UTM en un mapa**

Para determinar la ubicación de un punto en un mapa es necesario seguir los siguientes pasos:

- a. Localizar el mapa dentro de la zona a la que pertenece, Guatemala se encuentra entre las zonas 15 y 16.
- b. Determinar la clasificación de la hoja y el nombre (el territorio guatemalteco se divide en 256 hojas que reproduce el IGN).
- c. Identificar la escala
- d. Identificar el datum horizontal y vertical
- e. Identificar el elipsoide utilizado para la proyección
- f. Identificar la fecha de realización y de actualización
- g. Identificar las escalas a la orilla del gráfico
- h. Medir la distancia desde el punto de inicio del cuadro donde se encuentra el punto hasta la posición del mismo.

### 1.2.3. Geodesia

Es la ciencia que tiene por objetivo determinar la forma las dimensiones de la Tierra así como también su campo gravitatorio, se diferencia de la topografía principalmente en que esta basa sus trabajos en extensiones pequeñas de terreno despreciando la forma esferoidal de la superficie terrestre, mientras la geodesia las basa para extensiones mucho más grandes en las que es imposible despreciarla (distancias mayores a treinta kilómetros). Es esencial la cartografía, ya que da soporte técnico para representar zonas de gran extensión, esto se logra estableciendo una red de puntos sobre la superficie terrestre llamada red geodésica. El trabajo de la geodesia es muy amplio por lo que es necesario dividirlo en ramas de estudio (ver tabla VII).

Tabla VII. **Ramas de la geodesia**

<b>Geodesia Esferoidal</b>	Estudia la forma y dimensiones de la Tierra, y el empleo del elipsoide como superficie de referencia. Estudio de métodos de resolución de problemas sobre dicha superficie (medida de distancias etc.).
<b>Geodesia Física</b>	Estudia el campo gravitatorio de la tierra partiendo mediciones del mismo (mediante estaciones gravimétricas). Es el estudio de los problemas de reducción y de desviación de la vertical.
<b>Astronomía Geodésica</b>	Estudia los métodos astronómicos que permiten determinar las coordenadas geográficas sobre la superficie terrestre de una serie de puntos fundamentales conocidos como Datum.
<b>Geodesia espacial o cósmica</b>	Utiliza satélites artificiales para sus determinaciones.

Fuente: FRANCO REY, Jorge. *Nociones de topografía, cartografía y geodesia*. Tomo: nociones de geodesia y GPS. p. 2.

### **1.2.3.1. Superficies geodésicas y de referencia**

La Tierra se ve afectada por la gravedad y las fuerzas centrípetas y centrifugas provocadas por los movimientos estelares del planeta, debido a esto el globo esférico tiende a deformarse dando paso a un esferoide; por esta razón se utilizan modelos geométricos (cuerpos de revolución).

La superficie geodésica es llamada geoide y es la teorización de la forma real del esferoide; las superficies de referencia son las formas más aproximadas al esferoide llamado elipsoide de referencia.

#### **1.2.3.1.1. Geoide**

Del griego  $\gamma\epsilon\iota\alpha$ , tierra y  $\epsilon\iota\delta\omicron\varsigma$ , forma que significa: forma de la tierra; este término fue introducido por el matemático alemán Johann Benedict Listing en 1873. El geoide es un esferoide tridimensional que constituye una superficie equipotencial en la que se suponen los océanos en reposo y se prolongan por debajo de los continentes.

#### **1.2.3.1.2. Elipsoide de referencia**

Es el modelo matemático de la tierra que más se ajusta al geoide, este cuerpo de revolución se deriva de la rotación de una elipse sobre su eje menor; por esta razón las propiedades geométricas del elipsoide cobran mucha importancia para determinar los datum (ver figura 10).

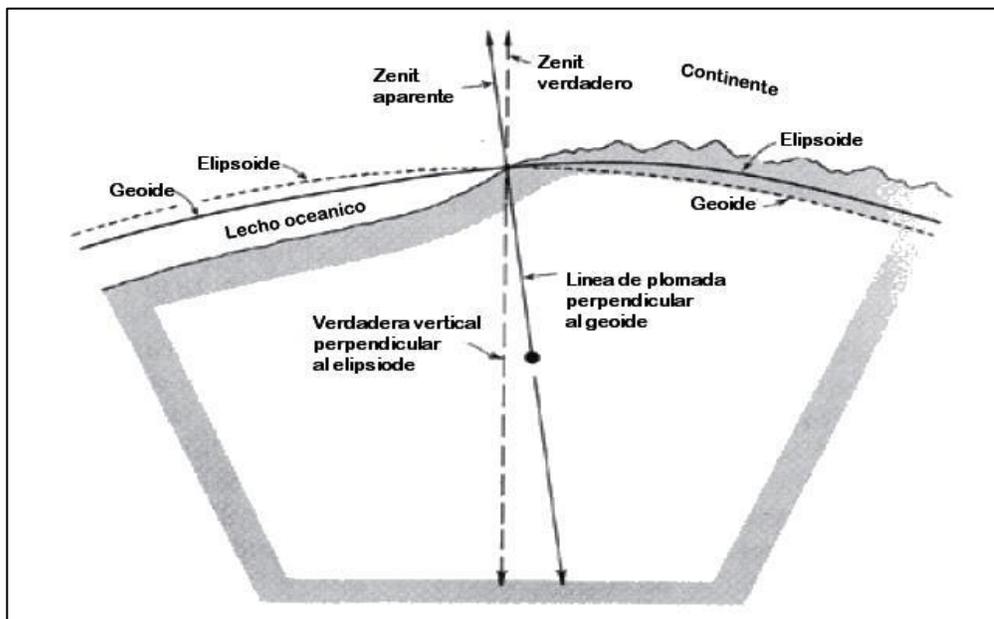
Existen varios elipsoides determinados, aunque la aplicación depende del datum a utilizar (ver tabla VIII).

Tabla VIII. **Elipsoides más utilizados**

Nombre	Eje ecuatorial (m)	Eje polar(m)	Aplanamiento inverso
Airy 1830	6 377 563.4	6 356 256.9	299.324 975 3
Clarke 1866	6 378 206.4	6 356 583.8	294.978 698 2
Bessel 1841	6 377 397.155	6 356 078.965	299.152 843 4
International 1924	6 378 388	6 356 911.9	297.000 000 0
Krasovsky 1940	6 378 245	6 356 863	298.299 738 1
GRS 1980	6 378 137	6 356 752.3141	298.257 222 101
WGS 1984	6 378 137	6 356 752.3142	298.257 223 563

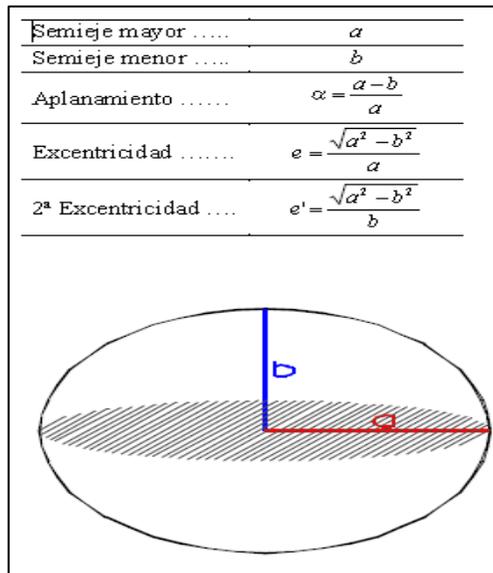
Fuente: FERNÁNDEZ-COPEL, Ignacio A. *Localizaciones Geográficas, el datum*. p. 15

Figura 9. **Geoide, elipsoide de referencia y superficie terrestre**



Fuente: FRANCO REY, Jorge. *Nociones de topografía, cartografía y geodesia*. Tomo nociones de geodesia y GPS. p. 13.

Figura 10. **Propiedades geométricas del elipsoide**



Fuente: FRANCO REY, Jorge. *Nociones de topografía, cartografía y geodesia*. Tomo: nociones de geodesia y GPS. p. 15.

### 1.2.3.1.3. **Puntos astronómicos fundamentales o datum**

Es la coincidencia física, entre el elipsoide y el geoide; cada datum se compone de un elipsoide de revolución propio y un punto de convergencia llamado: punto fundamental, que es el punto de tangencia entre ambas figuras geográficas.

Dicho punto se define por sus coordenadas geográficas y un azimut de una dirección con origen en el punto, a este se le llama datum horizontal; mientras que se denomina datum vertical a cualquier superficie nivelada de altura nula a partir de la cual se calculan las elevaciones, lo más usual es que esta superficie sea el geoide y las altura a él sean ortométricas.

### **1.2.3.2. Control geodésico de campo**

Son todos los procedimientos que se llevan a cabo en campo, para establecer los valores o parámetros geodésicos de uno o varios puntos. Estos parámetros se refieren a las coordenadas geodésicas y astronómicas del punto considerado (ver tabla VI).

#### **1.2.3.2.1. Control básico y suplementario**

El control básico se refiere a las estaciones o puntos de referencia que forman los vértices geodésicos de una red de primer orden. Estos contienen los parámetros geodésicos de dicho punto, y se encuentran señalados por un monumento en el punto exacto del dato. Los controles suplementarios son estaciones o puntos pertenecientes a una red geodésica, que cuentan con la misma información del control básico, pero no representan ningún vértice de la misma, generalmente conforman las redes secundarias.

Una red geodésica se conforma de dos redes: una principal y una o varias secundarias. La red principal de un país se le llama de primer orden se separa entre treinta y cuarenta kilómetros, a la red inferior se le llama secundaria y sus vértices están separados entre quince y veinte kilómetros.

#### **1.2.3.2.2. Control horizontal y vertical**

El control horizontal se refiere al trabajo que se desarrolla para determinar los parámetros geodésicos horizontales de una red geodésica razón por la cual es llamado como planimetría geodésica. Los métodos de control horizontal son la triangulación, la trilateración y la triangulateración.

El control vertical, por consiguiente, se refiere al trabajo realizado para determinar las alturas del punto geodésico, para ello se utiliza el método de nivelación diferencial geométrica.

#### **1.2.3.2.3. Trabajo de campo y de gabinete**

Los trabajos geodésicos de campo son especialmente los levantamientos de primer orden. Para realizar un proyecto de triangulación se precisan hacer reconocimientos del terreno, en lo que se realizan ascensiones a los picos más altos. También se hacen observaciones astronómicas fundamentales para determinar la longitud, la latitud y el azimut; la realización de las observaciones exige, en la mayoría de veces, la instalación de observatorios portátiles.

El control vertical por consiguiente se refiere al trabajo realizado para determinar las alturas del punto geodésico, llevado a cabo por niveles o GPS de alta precisión. Para la construcción de vértices se deben usar banderines, proyectores lumínicos o torres de doble cuerpo.

El trabajo de gabinete consiste en la realización de los cálculos a la terminación del trabajo de campo; estos cálculos son correcciones que se les realizan a las mediciones hechas en el campo, dichas correcciones son:

- Al contraste de los hilos de invar a la salida y a la llegada
- A la temperatura en el momento de la medida
- A la intensidad de la gravedad del lugar
- Al desnivel de los extremos del hilo en estación

### **1.2.3.3. Triangulación, trilateración y poligonación**

Son procedimientos que permiten establecer una red geodésica continua sobre una gran extensión; esta red está formada por un conjunto de puntos llamados vértices geodésicos enlazados por triángulos de los que se conocen tras la observación y los cálculos sucesivos de todos sus elementos (lados y ángulos) y en definitiva su posición con relación al geoide-elipsoide.

#### **1.2.3.3.1. Triangulación**

La triangulación geodésica es un método para establecer puntos de control sobre áreas extensas de superficie. La triangulación utiliza puntos terrestres inter visibles, conectados por líneas de visual para formar: triángulos, cadenas de triángulos y figuras geométricas compuestas por triángulos; los ángulos de cada triángulo se miden con teodolitos de alta precisión.

Las longitudes de los lados se calculan por trigonometría, el azimut de la línea de partida debe conocerse y un azimut debe llevarse por todo el sistema de figuras, a intervalos, según la precisión del trabajo. La utilidad de una red de triangulación depende de la precisión de los levantamientos de campo y de la permanencia de las marcas, de la autenticidad de los croquis, y de las descripciones monográficas que han de utilizarse en su reocupación.

#### **1.2.3.3.2. Trilateración**

Es un método de levantamiento en el cual se miden las longitudes de los lados de los triángulos; si bien la trilateración aumenta la flexibilidad de los métodos de control básico no se usa frecuentemente, ya que es ventajosa solamente en circunstancias especiales.

La trilateración deberá comenzar y terminar en estaciones de triangulación o poligonales cerradas fundamentales ya existentes; se deben comprender observaciones de control de azimut proporcionando los cierres correspondientes. La figura básica de la trilateración debe ser un hexágono regular o un doble cuadrilátero con todos sus lados y diagonales medidos, se puede usar un pentágono regular pero nunca en serie.

#### **1.2.3.3.3. Poligonación**

Las poligonales se miden en distancias y direcciones. Se parte de alguna posición y un azimut conocido hacia algún otro punto, seguido se realiza la medición de los ángulos y las distancias a lo largo de una línea de puntos de levantamiento.

El control horizontal por medio de poligonales con propósitos geodésicos necesita de observaciones astronómicas para el control de los azimuts, las poligonales deben comenzar y cerrarse sobre estaciones fundamentales existentes de triangulación o poligonales.

#### **1.2.3.1. Levantamiento geodésico vertical**

Es el conjunto de procedimientos y operaciones de campo y gabinete destinados a determinar la elevación de cualquier punto sobre el terreno, convenientemente elegidos y demarcados, con respecto a un plano de referencia ortométrico. Para los levantamientos geodésicos verticales se utiliza el método de nivelación diferencial o el método de nivelación trigonométrica; la selección del método más conveniente, deberá estar sujeto a consideraciones relacionadas con el propósito, la utilidad de levantamiento y la capacidad relativa para producir los resultados esperados.

#### **1.2.4. Tecnologías afines**

Las tecnologías afines son todos aquellos avances tecnológicos que en los que se auxilian las ciencias detalladas anteriormente, en su mayoría son tecnología de origen militar que han encontrado uso en el ámbito civil.

El estudio sobre los sistemas de información geográfica, dada la naturaleza del trabajo expuesto, se desarrollará con mayor detalle en los capítulos siguientes.

##### **1.2.4.1. Sistemas de posicionamiento global**

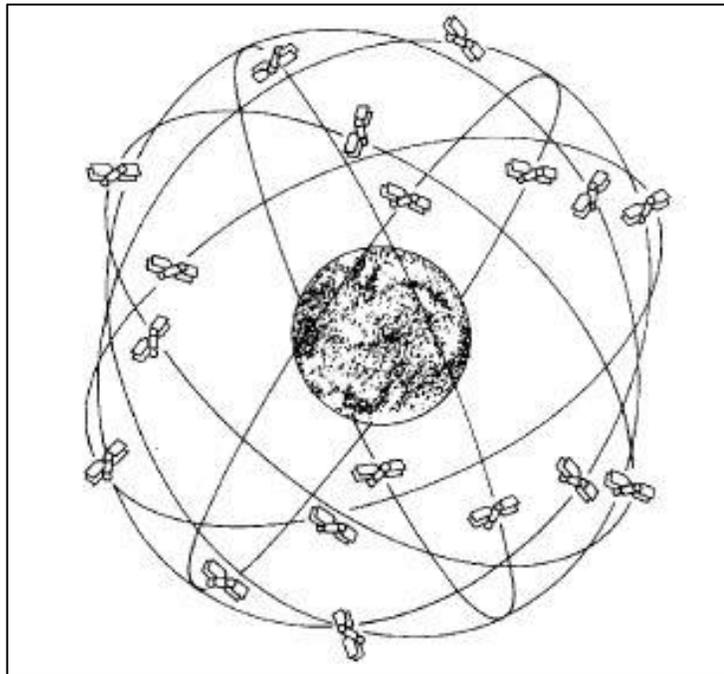
Conocido como GPS (*Global Position System* por sus siglas en inglés), fue desarrollado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DoD por sus siglas en inglés). Es un sistema constituido por una constelación de veinticuatro satélites y tres de reemplazo llamada NAVSTAR, que orbitan la Tierra a veinte mil kilómetros de la superficie terrestre, estos transmiten un mensaje hacia un ordenador situado en la superficie, permitiéndole conocer la ubicación del satélite en su órbita en función del tiempo para luego conocer las coordenadas del receptor (método de trilateración inversa).

##### **1.2.4.1.1. Estaciones de control**

El sistema GPS está constituido por tres segmentos: el espacial constituido por la constelación NAVSTAR, el de control conformado por una serie de estaciones que controlan la constelación, y el del usuario constituido por los aparatos receptores.

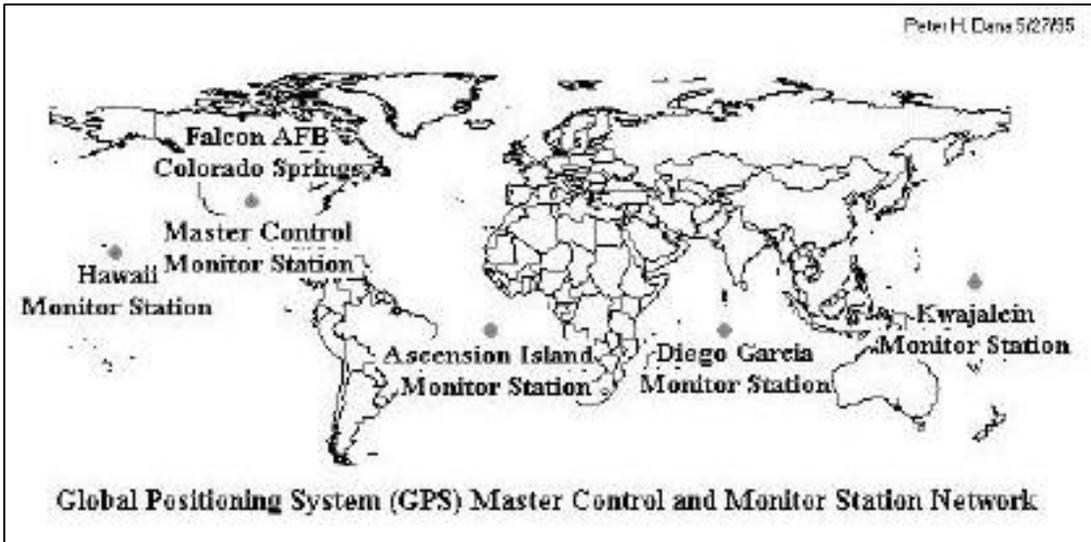
Las estaciones de control se componen de una estación central ubicada en Colorado Spring en los Estados Unidos de América y se auxilia de otras cuatro ubicadas alrededor del globo (ver figura 12), su finalidad es la de determinar y controlar la órbita de los satélites, así como corregir las variaciones causadas por los fenómenos como la atracción gravitacional de la Luna y el Sol (la presión de la radiación solar sobre el satélite) en la órbita de los mismos.

Figura 11. **Esquema de constelación NAVSTAR**



Fuente: FRANCO REY, Jorge. *Nociones de Topografía, Cartografía y Geodesia*. Tomo: nociones de geodesia y GPS. p. 62.

Figura 12. **Estaciones de control**



Fuente: FRANCO REY, Jorge. *Nociones de Topografía, Cartografía y Geodesia*. Tomo: nociones de geodesia y GPS. p. 65.

#### **1.2.4.1.2. Receptor y usuario**

Se refiere a los instrumentos o equipo diseñados para utilizar el sistema GPS. El equipo se compone por un receptor con antena que se comunica con los satélites y por una unidad de control que permite la interoperabilidad que permite el control con el usuario, este utiliza un software para poder operarlo.

Para determinar el lugar exacto de la órbita donde se encuentran los satélites en un momento dado, los receptores GPS tiene una memoria de almacenaje electrónico que contiene los datos. El GPS da información en función del desplazamiento, ya que miden pseudo distancia, de manera que para recibir la información del satélite no se debe permanecer estático.

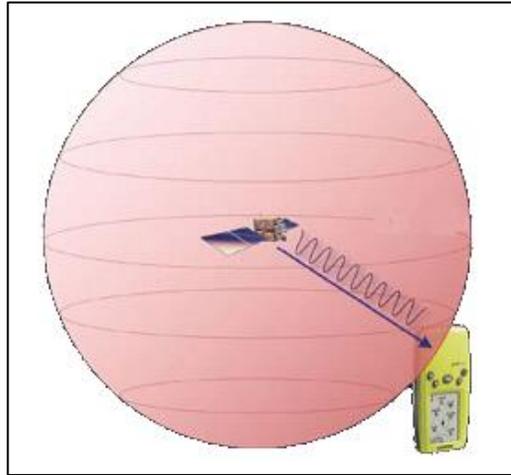
### **1.2.4.1.3. Principios de funcionamiento de los receptores GPS**

Para ubicar la posición exacta de un punto, el receptor GPS tiene que localizar, por lo menos, tres satélites que sirvan de puntos de referencia, normalmente siempre hay ocho satélites dentro del campo visual de cualquier receptor GPS; cuando un receptor detecta al primer satélite genera una esfera virtual con centro en el propio satélite y radio en el receptor, este asume entonces que se encuentra situado en un punto cualquiera de la superficie de la esfera (ver figura 13), aún no se puede precisar posición en este punto.

Al calcular la distancia hasta un segundo satélite, se genera otra esfera virtual que se superpone a la anterior y se crea un anillo imaginario que pasa por los dos puntos donde se interceptan ambas esferas, en ese instante ya el receptor reconoce que solo se puede encontrar situado en uno de ellos. Seguidamente, el receptor calcula la distancia a un tercer satélite generando una tercera esfera virtual que se corta con un extremo del anillo creado anteriormente en un punto en el espacio y con el otro extremo en la superficie de la Tierra; el receptor discrimina como ubicación el punto situado en el espacio utilizando triangulación y toma como posición correcta el punto situado en la Tierra (ver figura 14). Es en este momento cuando el receptor muestra en la pantalla los valores correspondientes a las coordenadas de su posición.

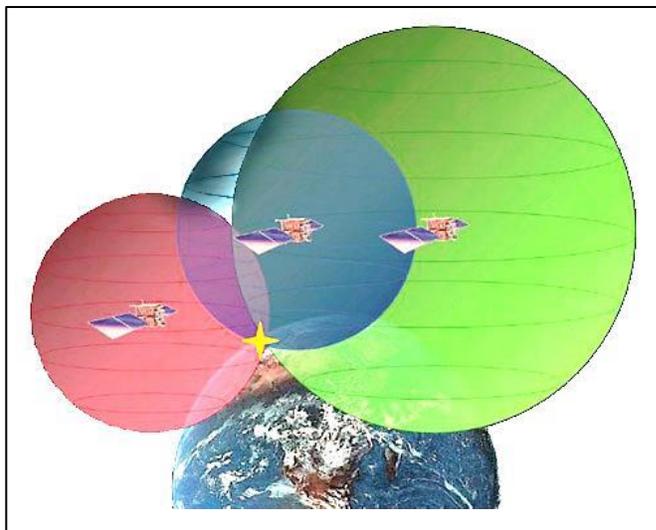
Para detectar la altura ortométrica dicha posición, el receptor GPS mide la distancia que lo separa de un cuarto satélite, generando otra esfera virtual y realizar esa medición; si por cualquier motivo el receptor falla y no realiza las mediciones de distancias hasta los satélites de forma correcta, las esferas no se interceptan y en ese caso no podrá determinar ni la posición ni la altura.

Figura 13. **Esfera virtual de un satélite**



Fuente: *gps-auto*. <http://www.gps-auto.org/images/fonctionnement/gps-1-satellite.jpg>. Consulta: 25 de noviembre de 2014.

Figura 14. **Triangulación de satélites**



Fuente: *gps-auto*. <http://www.gps-auto.org/images/fonctionnement/gps-3-satellite.jpg>. Consulta: 25 de noviembre de 2014.

#### **1.2.4.1.4. Errores y correcciones**

Se producen cuando las señales transmitidas por el satélite rebotan antes de alcanzar el receptor, a este error se le llama error multicelda y se elimina elevando la máscara de registro.

El retraso troposférico y ionosférico resulta como consecuencia del retraso ionosférico que la radiación electromagnética emitida por uno de los satélites, a lo largo de su recorrido atraviesa una zona formada por altos niveles de densidad de electrones libres, los cuales modifican la propagación de la señal.

En general, los receptores GPS no funcionan bajo lugares cubiertos que interfieran el campo visual, de manera que para que trabajen con precisión hay que situarlos en el exterior, y preferiblemente donde no existan obstáculos que impidan la visibilidad y reduzcan su capacidad de captar las señales que envían a la Tierra los satélites

#### **1.2.4.1.5. Post proceso**

Consiste en depurar la señal GPS registrada en el receptor a través de un software que permite mejorar la señal debido a que efectúan un descarte de los satélites defectuosos o fuera de órbita, eleva la máscara de registro, aplica modelos que permiten eliminar el retraso ionosférico y troposférico, selecciona la mejor geometría de los satélites y aplica la estadística para mejorar la zona de ambigüedad.

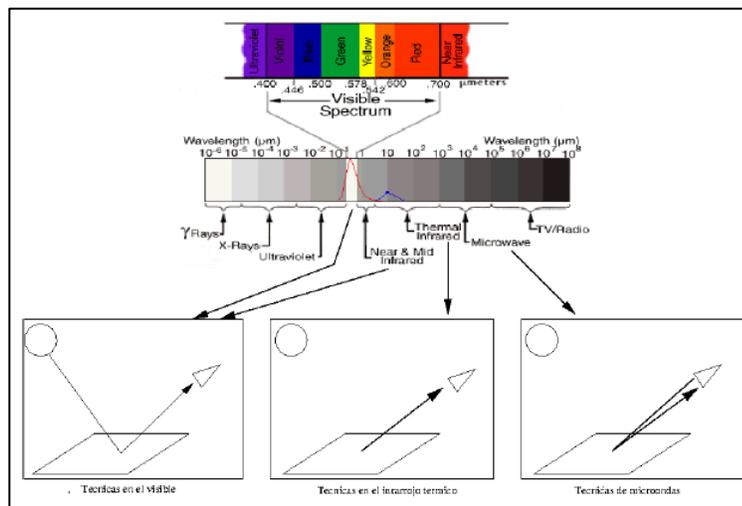
En el caso de los navegadores y de los portadores, utilizan ondas de monofrecuencia y bifrecuencia como parte del post proceso.

### 1.2.4.2. Sistemas de teledetección

También llamada detección remota, es una técnica de adquisición y tratamiento de datos de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, estas plataformas pueden ser aviones o satélites, algunas veces se encuentran montados en trípodes especiales pero son únicamente utilizados para objetivos de poca cobertura.

Existen dos tipos de teledetección: la activa y la pasiva. La teledetección activa utiliza un emisor de ondas de microondas en la plataforma con el que emite energía, que es reflejada por el objetivo y regresada a un sensor ubicado en la misma plataforma. La teledetección pasiva, en cambio, utiliza las ondas reflejadas por el objetivo de una fuente distinta de energía, que utiliza ondas infrarroja, ultravioleta o las del espectro visible para capturar la información.

Figura 15. Espectro electromagnético y técnicas de teledetección



Fuente: SIGNUR. *Teledetección*. p .11.

#### **1.2.4.2.1. Proceso de la teledetección**

El principio base de la teledetección es similar al de la visión, esta es resultado de la interacción entre tres elementos fundamentales:

- La fuente de energía: determina al objetivo emitiendo una onda electromagnética (flujo de fotones), o la emitida por el propio objetivo (infrarrojo térmico).
- El objetivo o escena: es la parte de la superficie terrestre observada por el satélite. Su dimensión varía en función de la resolución del captador.
- El captador o sensor de teledetección: mide la energía captada que refleja el objetivo (es decir la radiación electromagnética). El captador puede encontrarse en un satélite o en un avión.

#### **1.2.4.2.2. Sensores remotos**

Son aparatos satelitales situados a casi treinta y seis mil kilómetros sobre la superficie terrestre, estos detectan la radiación natural emitida o reflejada por un objeto o área específica observada, permiten capturar la información de los objetos sin tener contacto con ellos.

Existen varios sistemas de satélites siendo el más usado el Landsat de Estados Unidos, otros sistemas son el Spot francés, el Radarsat canadiense, el Mos de Japón, el Irs de la India y el Ers de la Agencia Espacial Europea.

Es importante destacar que el sistema Landsat es propiedad del DoD, por lo que su finalidad es militar, mientras que los otros sistemas fueron concebidos como sistemas para uso civil.

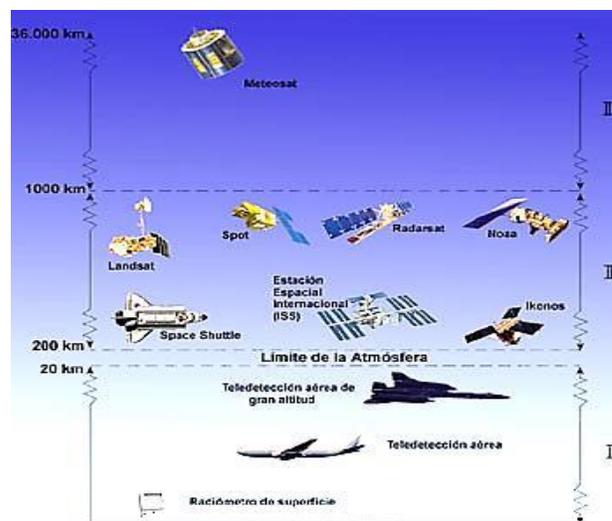
### 1.2.4.2.3. Alturas de teledetección

El área que un sistema de teledetección escanea está en función de la altura del captador, cubriendo mayor área cuanto más lejos esté el sistema de teledetección y menor área cuanto más cerca se encuentre del sistema.

La altura de teledetección se clasifica en tres niveles de la siguiente manera (ver figura 16):

- Nivel I: agrupa los instrumentos que operan desde el nivel del suelo hasta los aviones de gran altitud.
- Nivel II: incluye a los dispositivos de órbita baja (trasbordador espacial, estación orbital) y los sensores remotos.
- Nivel III; se encuentran los satélites meteorológicos.

Figura 16. Alturas de teledetección



Fuente: *Fundamentos de la teledetección*. Consulta: 20 noviembre 2013.  
<http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad1/index.htm>.

#### 1.2.4.2.4. Firma espectral

La radiación solar que atraviesa la atmosfera interacciona con los materiales de manera diferente, dicha interacción es llamada reflectancia, y se manifiesta de la siguiente forma:

- Una parte de las longitudes de onda que llega al material es absorbida por este, a esto se le llama absorptividad ( $\alpha_{abs}$ ).
- Otra parte diferente es reflejada, a esta se le denomina reflectividad o albedo ( $\rho$ ).
- Y una última parte es transmitida a otros objetos, la cual es llamada transmisividad ( $\tau$ ).

Estas características permiten identificar a los objetos y diferenciarlos entre sí, ya que cada uno posee diferente interacción con la radiación solar (ver tabla IX).

La variación de la reflectancia en función de la longitud de onda se la denomina firma o signatura espectral y se define de la siguiente manera:

$$\rho + \alpha_{abs} + \tau = 1.$$

(Ecuación 4)

En donde en los distintos valores de los parámetros se encuentran dados en porcentaje.

Tabla IX. **Parámetros de firma espectral para distintos objetivos**

<b>Objeto</b>	<b>Absortividad (<math>\alpha_{abs}</math>)</b>	<b>Reflectividad (<math>\rho</math>)</b>	<b>Transmisividad (<math>\tau</math>)</b>
Atmósfera despejada	Muy baja para todas las longitudes de onda	Depende de la longitud de onda	Depende de la longitud de onda
Nubes	Muy alta en el visible	Depende de la longitud de onda	Depende de la longitud de onda
Agua	Muy baja en todas las longitudes de onda	Depende de la longitud de onda	Depende de la longitud de onda
Superficie terrestre	Depende de la longitud de onda	Depende de la longitud de onda	Nulo

Fuente: SIGNUR. "Teledetección". P. 17 y 18

### **1.3. Contenido de las prácticas de campo**

Como se vio en la sección 1.1.1, el curso de Topografía 3 contempla la realización de prácticas de campo de manera adicional a la clase magistral. Estas tienen por objetivo proporcionar al estudiante de herramientas prácticas en las que es necesario utilizar el conocimiento teórico adquirido por medio de las clases magistrales, así como reforzar dicho conocimiento.

La primera práctica trata el tema de la estereoscopia, la segunda cubre el desarrollo de un plan de vuelo, la tercera y cuarta tratan sobre los cálculos para la transformación de coordenadas UTM a geográficas y viceversa; y por último la quinta práctica desarrolla el tema de los receptores GPS.

A continuación se presenta sintácticamente el contenido y desarrollo de cada una de las prácticas.

### **1.3.1. Estereoscopia**

Es la facultad de ver a los objetos en tres dimensiones de manera que se logre apreciar el largo, el ancho y la profundidad de los mismos, esta visión tridimensional (propia de algunos animales) se logra por el enfoque simultáneo de las imágenes desde distinto ángulo, el correspondiente a cada ojo y su coordinación mental, cuando ambas coinciden se le llama efecto estereoscópico.

Cuando la estereoscopia se logra desarrollar a simple vista del entorno se llama natural, cuando se necesita del auxilio de instrumentos se llama artificial; esta última es la utilizada cuando se necesita obtener información métrica relevante de un objeto; usualmente se utiliza para la obtención de información topografía principalmente para la obtención de mapas.

#### **1.3.1.1. Estereoscopios**

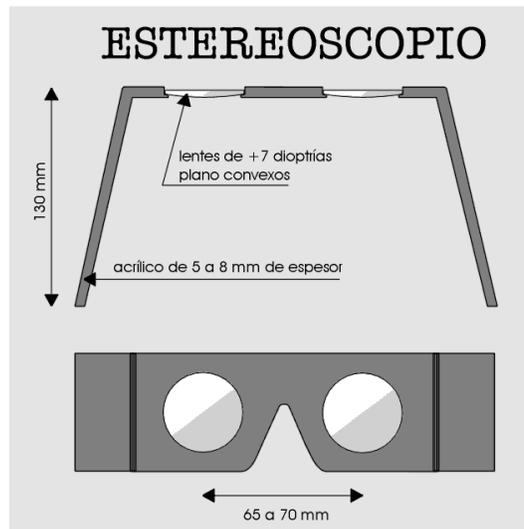
Son instrumentos que permiten ver los objetos en tres dimensiones mediante dos fotografías del mismo, las cuales han sido tomadas con ángulos distintos.

Existen varios tipos de estereoscopios cuya diferencia radica en el método óptico usado para evitar que las líneas de visión converjan en el plano o punto focal. Las clases básicas son:

- De prisma
- De lente
- De reflejo o espejo

En la práctica de campo se utilizan los estereoscopios de lente o también llamados estereoscopios de bolsillo, debido a que son fáciles de trasladar (ver figura 16).

Figura 17. Diagrama de estereoscopio de lentes



Fuente: REYES ARREAGA, Sergio. Guía teórica y práctica del curso de Topografía 3. p. 17.

### 1.3.1.2. Visión estereoscópica

Utilizando un estereoscopio de lente o de bolsillo, se colocan las dos fotografías tomadas desde distinto ángulo, dejando la parte común contigua una a la otra, se coloca el estereoscopio de manera que el centro de la imagen sea el área común.

Se ajusta el estereoscopio a la distancia entre pupilas según el usuario; terminado el proceso se ajustan las fotografías de manera que se pueda observar el objeto en tres dimensiones.

### **1.3.2. Diseño de un plan del vuelo**

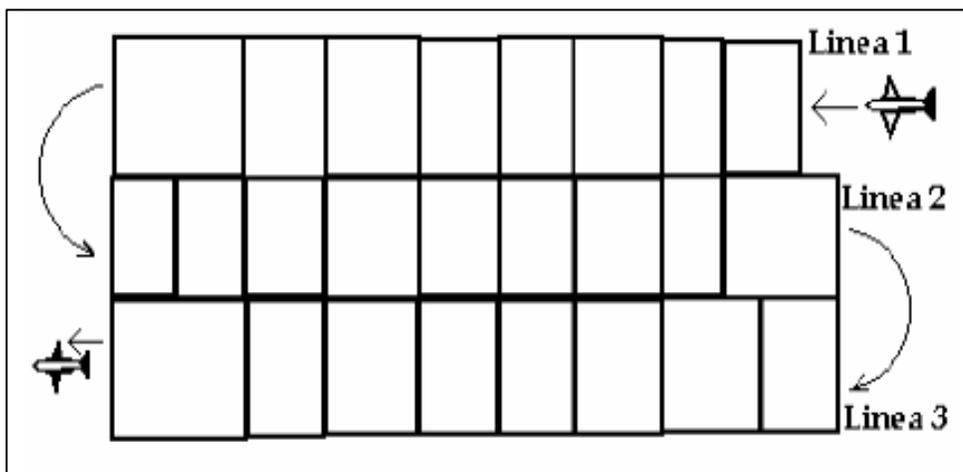
El plan de vuelo es una serie de consideraciones que se toman para determinar el número de fotografías, la altura de vuelo y la cantidad de barridas que se tienen que realizar para fotografiar el terreno según la precisión y la finalidad del trabajo a realizar.

Dicho esto, es necesario considerar una serie de aspectos previo a realizar los cálculos del diseño del plan de vuelos de manera que se obtenga la información preliminar necesaria. Estos aspectos son los siguientes:

- a. Definir el proyecto: hay que establecer el tipo de proyecto que se va a realizar ya sea:
  - De precisión
  - De topografía
  - De gran cobertura
  
- b. Establecer la ubicación del proyecto: así como la información geográfica y meteorológica del lugar.
  
- c. Determinar las condiciones adecuadas: es necesario tener los registros climatológicos del lugar.
  
- d. Establecer los parámetros de diseño o datos iniciales para el cálculo del diseño del plan de vuelo: se determinan en función del proyecto, estos son:
  - Escala
  - Tipo de cámara
  - Traslape

- Altura del terreno.
  - Recorrido (comienza del norte hacia el sur, moviéndose de este a oeste, como se muestra en la figura 16).
- e. Diseño de plan de vuelo: se toman los datos iniciales y utilizando los cálculos respectivos (ver apéndice D), se obtienen los siguientes elementos:
- Líneas de vuelo.
  - Número de fotografías por línea.
  - Altura de vuelo.
  - Número total de fotos.

Figura 18. **Gráfico de un plan de vuelo sistematizado**



Fuente: REYES ARREAGA, Sergio. Guía teórica y práctica del curso de Topografía 3. p. 19.

### **1.3.3. Conversión de coordenadas geográficas a UTM**

Para la conversión de coordenadas geográficas a UTM se realiza con el método de transformación para el esferoide de Clarke 1866 descrito en el trabajo de graduación: Proyecciones cartográficas, del ingeniero Aldo Quiñonez.

El procedimiento de conversión es un proceso largo y complicado, por esta razón se utilizan las tablas elaboradas por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos (USACE, por sus siglas en inglés) para el esferoide en cuestión, de forma que los cálculos pasan a estar en función de dichas tablas; de esta manera el método se simplifica bastante y se hace mas comprensible.

Las fórmulas para su operación se encuentran en el apéndice D, las tablas a utilizar pertenecen a la zona 15 que es en la que se encuentra el territorio guatemalteco. Estas pueden hallarse en el trabajo de graduación antes mencionado, al igual que el procedimiento para resolver las ecuaciones.

Antes de realizar los cálculos se deben localizar las coordenadas del punto dentro de la zona correspondiente y luego localizar el meridiano central de dicha zona para determinar el diferencial del longitud ( $\Delta\lambda$ ).

### **1.3.4. Conversión de coordenadas UTM a geográficas**

Se utiliza el mismo método para la operación inversa, de igual manera se utilizan las tablas proporcionadas por USACE. Las fórmulas para desarrollar la conversión se encuentran en el apéndice D.

Tanto para la conversión de coordenadas geográficas a UTM y su inverso, es necesario encontrar la convergencia, que es la diferencia entre el norte de cuadrícula y el norte verdadero, así como el factor de escala.

Una vez encontrados estos valores se comparan con la gráfica de factor de escala y se verifica la ubicación del Este al que corresponde el punto transformado.

### **1.3.5. Receptores GPS**

Los levantamientos con receptores GPS permiten generar puntos de control de precisión, este tipo también es llamado también levantamiento de control.

Se realiza con un receptor de referencia (receptor estacionario) y uno o más receptores móviles. Las coordenadas de los puntos desconocidos son generadas en el post proceso, realizándose los siguientes procedimientos:

- Estático: utiliza cuatro satélites como mínimo durante sesenta minutos con una recesión de cinco minutos ( $\mp 5$ ), sobre una línea de veinte kilómetros, y una base a no menos de quince kilómetros.
- Dinámico: similar al estático, pero con los receptores en movimiento
- Cinemático continuo: se realiza usando equipo de doble frecuencia, la línea base de menor tiempo de observación es de dos minutos con una precisión de ochocientos kilómetros.

## **2. GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

### **2.1. Aspectos generales sobre los GIS**

Un sistema de información geográfica (GIS, por sus siglas en inglés) se puede definir como la unión integrada y organizada de hardware, software y datos geográficos diseñados para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de análisis e información geográfica; también puede definirse como un modelo de una parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestre y construido para satisfacer unas necesidades concretas de información.

Los GIS son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones que se valen de instrumentos automatizados y software especializado.

Estrictamente se le llama GIS a cualquier sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. Esto se debe a que estas actividades inicialmente eran desarrolladas por grupos multidisciplinarios formando instituciones dedicadas a brindar la información geográfica como el servicio geográfico y geodésico de los Estados Unidos.

La mayor utilidad de los sistemas de información geográfica es la capacidad que posee para construir modelos del mundo real a partir de las bases de datos digitales, que aplicando una serie de procedimientos específicos, generan aún más información para el análisis.

### **2.1.1. Historia y desarrollo**

El primer antecedente se encuentra en las paredes de las cuevas de Lascaux en Francia donde los hombres de Cromañón pintaban en las paredes los animales que cazaban, asociando estos dibujos con trazos lineales que, posiblemente, cuadraban con las rutas de migración de esas especies.

En el siglo XIX, el avance tecnológico sobre el conocimiento científico de la tierra da como resultado el desarrollo de la cartografía topográfica y temática, se cartografió gran cantidad de información geomorfológica conservando la orientación espacial de la información con la superposición de mapas temáticos sobre un mapa topográfico base. El primer trabajo que logra representar la información de datos reales en un sistema geográfico es el mapa desarrollado por el médico inglés John Snow, cuando en 1854 cartografió la incidencia de los casos de cólera en el distrito de Soho en Londres, era la primera vez que se utilizaban métodos cartográficos para analizar un conjunto de fenómenos geográficos dependientes.

Con el desarrollo de la fotogrametría en la primera mitad del siglo XX, la producción de mapas se hace cada vez mejor dotando de una gran cantidad de información geográfica.

En 1962 se crea el primer GIS en el mundo, el sistema de información geográfica de Canadá (CGIS, por sus siglas en inglés) en la ciudad de Ottawa,

Canadá; estaba a cargo del Departamento federal de silvicultura y desarrollo rural. Desarrollado por el geógrafo anglocanadiense Roger Tomlinson, fue utilizado para almacenar, analizar y manipular datos recogidos para el Inventario de tierras de Canadá (CLI, por sus siglas en inglés). El software desarrollado para el CGIS nunca estuvo disponible de manera comercial.

En la década de 1970, el Laboratorio de Computación Gráfica y Análisis Espacial en la Harvard Graduate School of Design (LCGSA, por sus siglas en inglés) había difundido a universidades, centros de investigación y empresas de todo el mundo, código de software y sistemas germinales, tales como SYMAP, GRID y ODYSSEY, los cuales sirvieron como base conceptual para posteriores desarrollos comerciales en la década de 1980.

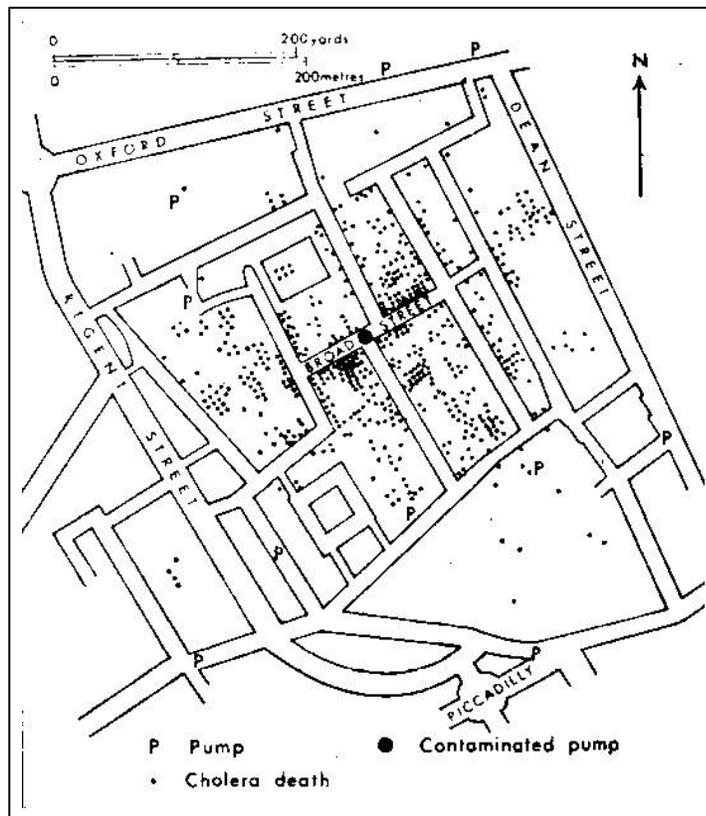
En 1982, el Cuerpo de Ingenieros del Laboratorio de Investigación de Ingeniería de la Construcción del Ejército de los Estados Unidos (USA-CERL, por sus siglas en inglés) desarrolla el software GRASS como una herramienta para la supervisión y gestión de los territorios bajo administración del Departamento de Defensa. Se empieza a utilizar la tecnología de diseño asistido por computador (CAD, por sus siglas en inglés) en la cartografía para aumentar la productividad en la generación y actualización de mapas. Componentes de los sistemas de información geográfica.

En la década de los años 90, los GIS se comienzan a difundir al nivel del usuario doméstico debido a la generalización de los ordenadores personales iniciándose una etapa comercial para los profesionales.

A principios del XXI, los usuarios comienzan a exportar el concepto de visualización de datos GIS a internet, esto conlleva una estandarización de formato de los datos y de normas de transferencia. Más recientemente, ha

habido una expansión en desarrollo de software GIS de código libre, los cuales suelen abarcar una gama más amplia de sistemas operativos a diferencia del software comercial, lo que les permite ser modificados para llevar a cabo tareas específicas.

Figura 19. **Mapa de John Snow de la epidemia de cólera de 1854**



Fuente: *John Snow's Cholera Map*. York University. Consulta: diciembre de 2013.

## **2.1.2. Componentes de los sistemas de información geográfica**

Los sistemas de información geográfica se conforman de cinco elementos complementarios entre sí, estos son: el equipo o hardware, los programas o software, los datos, los métodos y el recurso humano (los usuarios).

### **2.1.2.1. Equipo o hardware**

Lo constituye todo el hardware en general que sirve para el funcionamiento del GIS (ingreso y egreso de la información al sistema), lo constituyen los computadores y servidores trabajando de forma desconectada o en red, los escáners y los *plotters*. Los sistemas que complementan a este elemento son el GPS y la teledetección siempre que sirvan al mismo.

### **2.1.2.2. Programas o software**

Se refiere a los paquetes informáticos los cuales son utilizados tanto para el ingreso y procesamiento de datos, como para la obtención de reportes para toma de decisiones (visualización de mapas, tablas, etc.).

Los paquetes de software de GIS proporcionan las funciones y herramientas necesarias para el almacenaje, análisis y despliegue de la información geográfica; los principales elementos de los que se componen los programas son:

- Las herramientas para la entrada y manipulación de la información geográfica.

- Un sistema de manejo de base de datos (DBMS, por sus siglas en inglés).
- Las herramientas que permitan las búsquedas geográficas, el análisis y la visualización.
- Una interface gráfica para el usuario (GUI, por sus siglas en inglés) para acceder fácilmente a las herramientas.

### **2.1.2.3. Datos**

Son toda la información que ingresa al sistema por diferentes medios, la cual es almacenada en bases de datos para ser procesada y analizada. Un sistema de información geográfica integra datos espaciales con otros recursos de datos e incluso puede utilizar los sistemas de manejo de bases de datos más comunes para manejar la información geográfica.

### **2.1.2.4. Los métodos o procedimientos**

Se refiere a las reglas que maneja cada equipo de trabajo de GIS para el desarrollo correcto de su funcionamiento. Un GIS opera acorde con un plan bien diseñado y con reglas claras, que son los modelos y las prácticas de operación características de cada organización.

### **2.1.2.5. El recurso humano**

Son los usuarios del sistema, que se encargan de ingresar la información, conceptualizar las bases de datos para el análisis, establecer los métodos de operación y determinar el equipo necesario para la manipulación y despliegue de la información geográfica analizada.

Básicamente son la fuerza operativa y sintáctica del sistema, interpretando la información obtenida del análisis y toma las decisiones con respecto a la misma.

Figura 20. **Componentes de un GIS**



Fuente: elaboración propia.

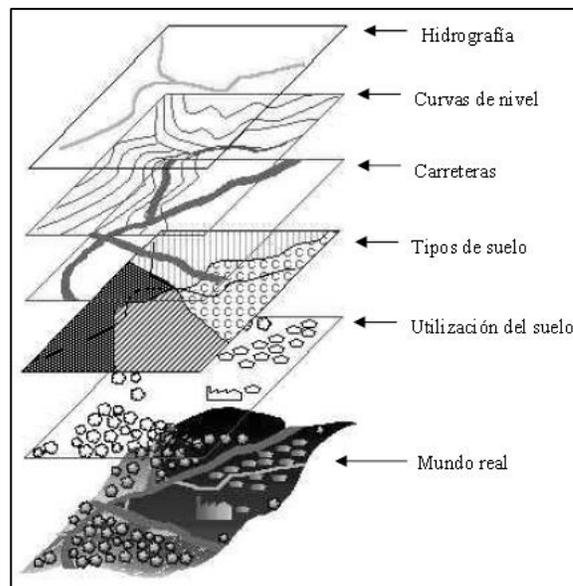
### 2.1.3. Los sistemas de información geográfica y el mundo real

Un GIS comprende una serie de procedimientos manuales y computacionales para obtener, manipular y proporcionar datos espaciales que representan el mundo real; estos datos se analizan, modelan y presentan de una forma visual espacialmente georreferenciados.

Los modelos que se forman a partir de los datos obtenidos del mundo real son tan solo una suposición, con base en los criterios de los usuarios, los resultados de los análisis que cada GIS presenta varían dependiendo de la utilización del método que el usuario determine pertinente. La información que proporcionan los GIS se puede obtener de manera gráfica, los mapas; o en tablas.

Los mapas son representaciones visuales de los datos geográficos contenidos en un GIS, se proporcionan en forma de capas o niveles. Cada capa cuenta con un tema específico, por ejemplo: la información hidrográfica de cierta cuenca es una capa y la el tipo suelo es otra capa por separado.

Figura 21. **Representación de la información en un GIS**



Fuente: OCHOA, Lorna del R. *Sistemas de información geográfica, ventajas y desventajas de su utilización en Guatemala*. P.7

## **2.2. Áreas de aplicación de los sistemas de información geográfica**

Las aplicaciones de los sistemas de información geográfica son prácticamente infinitas, si bien su objetivo principal es el de contar con la información de los mapas de una forma más organizada, la capacidad de relacionar la datos puntuales y poder localizarlos y ubicarlos en los mapas de la misma manera que se pueden localizar en el mundo real le ha valido para ser una de las herramientas más utilizada, no solo en la ingeniería y planificación sino que en otras ramas del conocimiento humano. A continuación se mencionan los campos en los que son más utilizados.

### **2.2.1. Planificación, infraestructura y urbanismo**

Al poder, geográficamente, colocar una información cualitativa y/o cuantitativa, los GIS se han vuelto una de las principales herramientas de todas las organizaciones públicas y privadas dedicadas a la planificación territorial y/o control de la infraestructura de un lugar.

La información sobre la condición de la infraestructura puede actualizarse y llevarse a cabo con un control minucioso, esto debido que los GIS permiten, con la información correcta, establecer los parámetros para cada obra de infraestructura (ubicación, situación, tiempo de mantenimiento, costo, tiempo de servicio, material, etc.). Esto es de gran ayuda en casos de emergencia como las tormentas tropicales, sismos de gran magnitud, inundaciones, etc., pues permiten tener un mayor control en los daños que se susciten en puentes y carreteras de manera que se puedan realizar las reparaciones necesarias en la infraestructura de una forma eficiente.

En el caso del urbanismo y la planificación, los GIS permiten georreferenciar la información sobre censos y estudios de urbanísticos y de necesidad de servicios. Logrando una coordinación entre los problemas particulares de cada población y la solución a dicha problemática, así como realizar propuestas para proyectos que busquen dar soluciones generales urbanas y de gestión gubernamental.

#### **2.2.1.1. Catastro**

Es una de las actividades dentro de la planificación y el urbanismo en donde se desarrolla una mayor aplicación a los GIS, tal es el caso que muchas municipalidades utilizan grandes recursos para desarrollar sistemas de información catastral. La elaboración de un registro catastral requiere de la mayor cantidad de información debido a la gran cantidad de variables que posee como lo son: la información de edificaciones, las medias legales de las propiedades, información del domicilio y del propietario del mismo, e imágenes aéreas y mapas que determinen su localización (ver figura 22).

La información catastral sufre cambios en un período no muy largo de tiempo debido a que la propiedad puede sufrir cambios físicos (demoliciones ampliaciones u otras), legales (cambio de dueño, trámites etc.) y urbanísticos (modificaciones debido a la planificación urbana); asimismo, esta información es de mucha utilidad para:

- Brindar la información necesaria para la planificación y la ejecución de obras públicas.
- Sentar las bases técnicas para la determinación del IUSI (Impuesto único sobre el inmueble).
- Establecer una base técnica de apoyo al registro de propiedad.



Como muestra se puede hablar de los índices de evaluación que hacen muchas entidades a nivel mundial sobre el desempeño de organismos públicos en los que se manejan gran cantidad de variantes, (calidad de vida de la población, calidad de servicios públicos, infraestructura, educación, corrupción, etc.), pero que son distintos debido a que se desarrollan en ambientes distintos y geográficamente demarcados.

A nivel institucional guatemalteco, el Sistema Nacional de Información Territorial (SINIT) administrado por la Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN), tiene por finalidad relacionar información con aspectos sociales, económicos, ambientales, entre otros, de manera de poder generar planes de acción para desastres o proyectos de desarrollo. Para ello se creó la Unidad Interinstitucional de Apoyo al Desarrollo del Sistema Nacional de Información Geográfica, cuya función primordial es coordinar los esfuerzos que se requieran para la promoción, organización y difusión del uso de los sistemas de información geográfica a nivel nacional (ver tabla X).

**Tabla X. Instituciones participantes de la Unidad Interinstitucional de Apoyo al Desarrollo del SINIT**

<b>Nombre de la institución</b>
Instituto Geográfico Nacional (IGN)
Secretaria de Planificación Programación de la Presidencia(SEGEPLAN)
Unidad Técnica Jurídica (UTJ/PROTIERRA)
Departamento Geográfico Militar (DGM)
Universidad del Valle de Guatemala (UVG)
Ministerio de Energía y Minas (MEM)
Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA)

Continuación tabla X.

Ministerio de Educación (MINEDUC)
Instituto Nacional de Estadística (INE)
Instituto Nacional de Bosques (INAB)
Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP)
Ministerio de Agricultura (MAGA)
Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrológica (INSIVUMEH)
Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO)
Secretaría de Asuntos Estratégicos de la Presidencia (SAE)

Fuente: Elaboración propia, con información de FIGUEROA CABRERA, Óscar Leonel. *Reporte de Guatemala en el desarrollo de Sistemas de Información Geoespacial*. (pdf). p. 3. [Consulta: 05 de diciembre de 2013.] <http://ggim.un.org/docs/meetings/Forum2011/CRP23-Guatemala.pdf>.

### **2.2.3. Manejo forestal y medioambiente**

El manejo de información forestal y el control medioambiental es uno de los usos más comunes y con mayor utilidad de los GIS después de la cartografía. El manejo de cuencas hidrológicas y recursos hidráulicos, control de bosques y áreas protegidas, control de especies silvestres (animales y vegetales), uso de los recursos naturales entre otras, son algunas de las actividades en las que la información necesita ser georreferenciada con la mayor exactitud.

Los inventarios de bosques resultan ser demasiado complejos debido a que existe mucha información que está delimitada por su ubicación geográfica; y aunque muchas veces tengan elementos en común, un bosque difícilmente, sino es que imposible, será igual a otro.

La utilización GIS por parte de los organismos encargados, como el Concejo Nacional de Bosques, deriva en la necesidad de tener la información necesaria de las áreas protegidas del país y de los recursos naturales que estas poseen. También se llevan a cabo la producción de cartografía sobre los bosques inventariados y el uso que se puede dar a los recursos naturales de manera que puedan ser utilizados por empresas o entidades con fines de explotación.

#### **2.2.4. Cartografía y navegación**

Es donde se tiene la mayor aplicación de los GIS, siendo el manejo de grandes volúmenes de información geomorfológica que estaba cartografiada en varios mapas y con gran cantidad de información referida a dicha cartografía que dio origen a uso de GIS, por parte de muchas de las agencias dedicadas al estudio, publicación y divulgación de la información geográfica a nivel mundial.

Con la implementación de los GIS se logra ordenar toda la información geográfica y se realiza una base de datos que permite la consulta de toda esa información. Gracias a que muchos paquetes de software permiten ingresar al sistema los mapas digitalizados desde un CAD se pueden publicar con toda la información que el sistema proporcione en una imagen digital, en un archivo CAD o en un elemento Web.

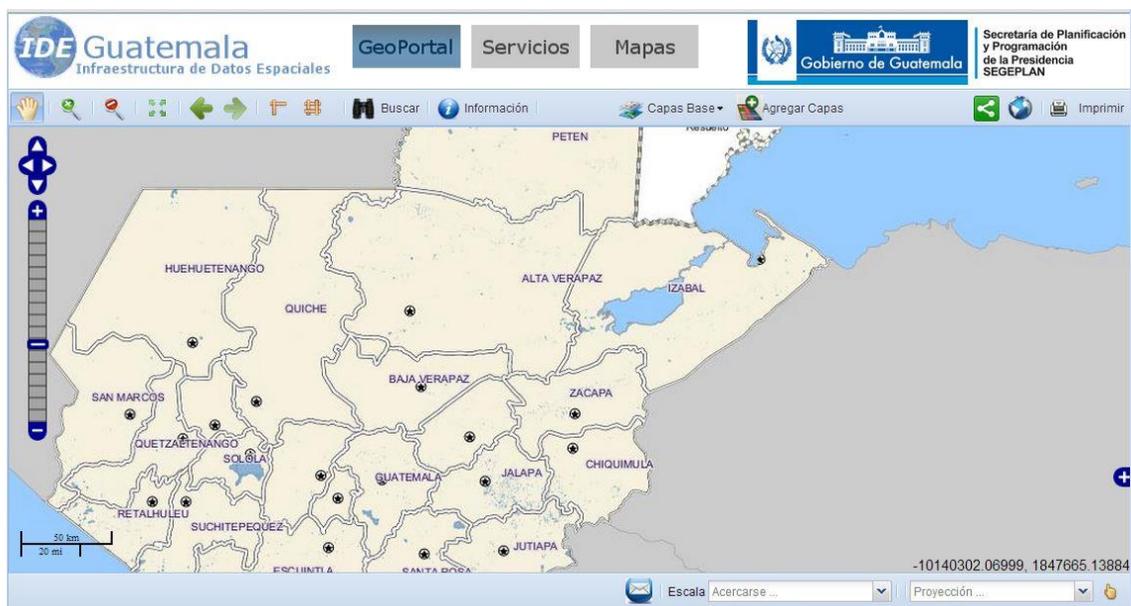
La plataforma virtual de información IDEG que forma parte del SINSIT de SEGEPLAN es un ejemplo a nivel local de este último (ver figura 23).

Para la elaboración de cartas de navegación, los GIS permiten integrar una hoja cartográfica junto a los datos más importantes del lugar, al cual se desea explorar. Un ejemplo de dicha aplicación es la pesca comercial, en donde

la información geográfica proporcionada por el GIS, también permite anexar las áreas de pesca y la posición de los posibles cardúmenes a la información hidrográfica.

Una ventaja de estos sistemas es que, gracias a la tecnología satelital, la información puede ser actualizada constantemente, de manera que los barcos obtengan la información que necesitan en el momento indicado.

Figura 23. Ejemplificación de un mapa elaborado GIS



Fuente: SEGEPLAN. Portal IDES. <http://ide.segeplan.gob.gt/geoportal/index.htm>. Consulta: 07 de diciembre de 2013

### **2.2.5. Gerencia y *marketing***

Los GIS son utilizados en la administración gerencial y el *marketing*, debido a que estos son compatibles con los sistemas de información gerenciales y los sistemas de información de *marketing*. Son usados en el *marketing* estratégico y operativo, con el objetivo de mejorar el análisis, la planificación y la toma de decisiones comerciales de una empresa, además del control y el seguimiento de las mismas.

Con los GIS se puede determinar el posicionamiento de supermercados con base en la información de mercado en un punto geográfico específico, también se pueden utilizar para la supervisión de provisiones de suministros de productos de una red de distribución, información de mercados potenciales y localización de competidores, ubicación de nuevos canales de distribución, dirección de una campaña publicitaria para un objetivo específico, y también, en decisiones sobre zonas inversión y mercados para nuevos productos.

La importancia para el uso de los GIS es que ningún punto geográfico es igual, por lo tanto las características (competencia, espacio físico, abastecimiento, etc.) son distintas de cierta manera; la aplicación de programas de GIS permite tomar decisiones particulares, propias para cada punto, y aplicar o modificar los objetivos de la estrategia general de la empresa para cumplir con las metas planteadas.

### **3. FUNCIONAMIENTO DE LOS PAQUETES INFORMÁTICOS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

#### **3.1. Elementos principales de información en los GIS**

Como ya se estableció en el capítulo anterior, los sistemas de información geográfica manejan distintos tipos de información (mapas, fotografías, datos estadísticos, etc.) los cuales reúne y analiza para dar como resultado información geográfica. Para cualquier sistema de información, su naturaleza se determina con la información que maneje, tanto en los datos de entrada como en el análisis resultante de información.

En un GIS la información base de entrada es geográfica (mapas y/o datos geográficos) y determina el resto de información que se agregue (datos estadísticos, poblacionales, entre otros) y la cual, cuando es analizada, queda determinada dentro de un marco geográfico; esta misma podrá ser utilizada como información base para otros análisis.

Para que un sistema de información sea llamado geográfico, tiene que poseer la capacidad de posicionar, ubicar, referenciar y brindar datos de cualquier tipo dentro de dicho marco geográfico<sup>1</sup>; bajo esta razón la información manejada por los GIS se dividen en cuatro elementos principales: la representación geográfica, la georreferenciación, los datos geográficos y la incerteza.

---

<sup>1</sup> Básicamente se puede catalogar como sistema de información (SI) a cualquier estructura que trate, maneje y administre de la información de manera eficiente sin importar el fin al que sirven.

Estos son llamados principios de los GIS, ya que son los que lo diferencian de los demás tipos de sistemas de información. Los softwares de GIS tienen la capacidad de manejar muchos formatos distintos de información, brindando un manejo y una organización más eficaz.

### **3.1.1. Representación Geográfica**

Básicamente se refiere, a la representación geográfica, de cualquier producto, cartográfico o no, en el cual se represente la superficie terrestre. Existen muchísimas formas de representación de las cuales pueden no necesita de software especializado y otros solo son operables con programas especializados (como los CAD) los cuales pueden ser manejados desde el software GIS, tanto para el ingreso de información como para el acceso a la misma.

#### **3.1.1.1. Representación digital**

Muchas de las representaciones que manejan los softwares de GIS actuales están en formatos digitales estándar, los cuales son cada vez de mayor calidad y menor peso de manera que pueden ser transportados en unidades de almacenamiento portátiles (discos compactos o memorias USB). Por ejemplo: las fotografía aéreas tomadas con cámaras digitales que utilizan menor espacio de almacenaje físico al no necesitar de negativos y además permiten tomar un mayor número de fotografías.

Los softwares de GIS manejan información en formatos de imágenes y fotografía (GIF, JPEG, TIFF, etc.), el dibujo digital de los CAD (DWG, DXF, etc.), para película o animación (erg., MPEG) y sonido (erg., MIDI, MP3). Estos dos últimos son más utilizados para la presentación de la información que para

el ingreso de la misma al sistema. Los problemas que se presentan muy a menudo son la distorsión, la continuidad y la fidelidad de la imagen. En el caso de imágenes satelitales depende mucho de la finura de la resolución espacial, cuanto menor es el área representada por cada pixel, mayores son los detalles captados.

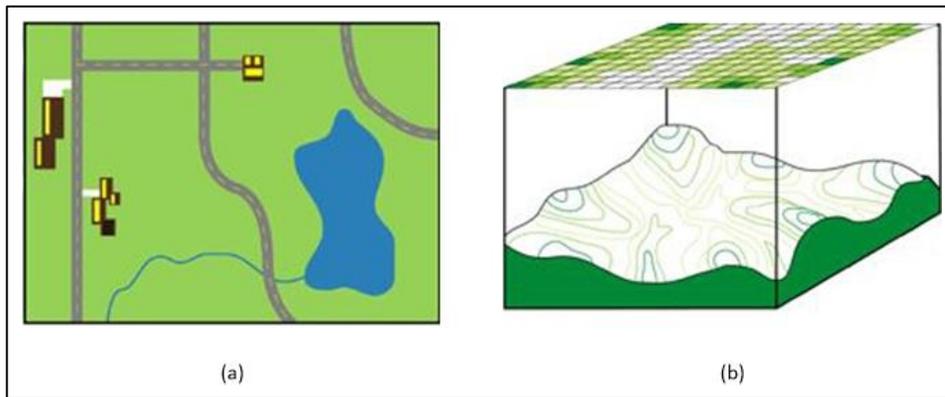
### **3.1.1.2. Objetos discretos y campos continuos**

Los softwares de GIS realizan una diferenciación de los objetos representados dependiendo de los valores asignados, llamados objetos discretos y campos continuos.

Los objetos discretos, también conocidos como datos categóricos o discontinuos, son una representación digital de un objeto geográfico con límites conocidos y definibles con precisión en el espacio que lo rodea. Un lago es un objeto discreto dentro del paisaje que lo rodea, ya que se puede establecer en definitiva dónde el borde del agua alcanza la tierra. Otros ejemplos son los edificios, las carreteras y parcelas de suelo (ver figura 24.a).

Los campos continuos son representaciones de planos más extensos con un número finito de variables en donde es definida una posición, de una manera más simple representa objetos de área mucho más grandes con orientación y con elevación (altura ortométrica); estos también son llamados datos no discretos o de campo y se diferencian de los discretos en que estos no pueden ser definibles con precisión. Un ejemplo son extensiones grandes de tierra como los valles (ver figura 24.b).

Figura 24. **Objetos discretos y campos continuos**



Fuente: <http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help../index.html#//00q8000000n8000000>

Consulta: 07 de febrero de 2014.

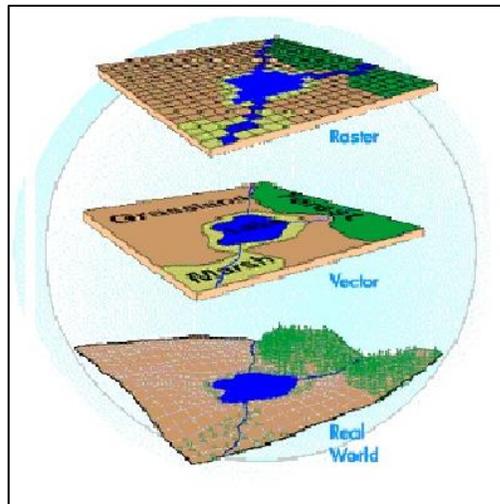
### 3.1.1.3. **Ráster y vectores**

Los vectores y los ráster son dos métodos de representar la información geográfica para los computadores. No debe confundirse con la representación digital puesto que en los primeros son solo información de imagen y/u otro formato de archivo digital.

La información en formato ráster son representaciones del medio geográfico dividido en cuadrículas de celdas en las que se asigna información a cada una de ellas. Los ráster se obtienen generalmente de la digitalización de imágenes o de fotografías satelitales ingresadas en un software GIS y a cuyas celdas se les asigna valores. Este tipo de formato de información se ve muy afectado por la resolución de la imagen que se utilice.

El formato vector o vectorial reconoce líneas, áreas y polígonos como vectores, por lo que la información geográfica se representa por elementos digitales referenciados a las cuales se les asigna la información geográfica. Este formato tiene la ventaja de brindar información característica de la geometría de los polígonos y los vectores como son la posición y la orientación.

Figura 25. **Formatos ráster y vector**



Fuente: CARMONA A. Monsalve J. *Sistemas de información geográfica*. p. 29.

#### 3.1.1.4. **Mapas y ortomapas físicos**

Se refiere a los mapas y las ortofotos obtenidos de manera física, ya sean por medios analógicos o por programas de computadora. Son esenciales para brindar información a los usuarios de los GIS, debido a que son una forma muy efectiva de comunicación, adicionalmente forman el soporte para las bases de datos de los sistemas de información.

De manera análoga, los mapas son productos de los GIS, la información reunida, almacenada y analizada es llevada a una forma gráfica de comunicación. Pueden brindarse de forma digital (como representación digital) o física (impresos).

Figura 26. **Mapa realizado con GIS**



Fuente: DÍAZ CARRERA, Gerson. *Metodologías para la implementación del catastro urbano con Sistemas de Información Geográfica*. p. 47.

### 3.1.2. Los datos geográficos

Se refiere específicamente a la naturaleza de la información geográfica y de los datos obtenidos de la misma, la mayor parte de la información geográfica está basada en fenómenos ocurridos en un mundo real con un espacio definido y finito del cual la cantidad de variables es mucho mayor a las de los sistemas infinitos e indefinidos (ya que cada variable es única e irrepetible y se da en una

situación específica). Estas variables son los objetos espaciales y están relacionados todos entre sí, a la relación entre estas variables u objetos espaciales se le llama autocorrelación espacial.

La autocorrelación espacial intenta medir situaciones simultáneas con similitudes de los objetos espaciales y sus atributos. Es decir que intenta establecer mediante las relaciones, los objetos que ocupan un espacio. Si los objetos son de atributos iguales y similares entre sí, se dice que tiene una autocorrelación espacial positiva, si son similares, pero poseen atributos diferentes se dice que tiene una autocorrelación espacial negativa.

La existencia entre objetos de distinta autocorrelación espacial dentro de un espacio determinado, forma una estructura espacial de ese espacio; para establecer qué tipo de información se desea obtener de la estructura espacial se emplea una medida estándar llamada escala.

Una forma de ejemplificar esto es ver el paisaje urbano, en el que la cantidad de elementos es gigante, pero sin ser infinita (la cantidad de edificios pertenecientes a un municipio está limitada por los linderos del mismo) los cuales se encuentran correlacionados con los demás elementos propios de la ciudad, tanto los permanentes y estáticos (áreas verdes, infraestructura urbana, accidentes geográficos, elementos geológicos e hidrológicos, etc), como los elementos temporales y dinámicos (demografía animal y/o humana, hidrografía, clima, etc.).

Para que la información geográfica pueda ser comprendida y obtener los datos geográficos la información es llevada a una esquematización simplificada; el resultado de este proceso se le llama simpleza espacial y es la sencillez con que son presentados los datos. Dicha esquematización se lleva a cabo de

forma que los datos que poseen una autocorrelación espacial positiva se agrupan o se relacionan conforme una escala espacial predeterminada con anterioridad y se encuentran ordenados, ya sea de una manera aleatoria o específica.

De esta manera serán patentes las autocorrelaciones espaciales negativas que formarán la estructura espacial. Un ejemplo de ello son los mapas topográficos en el cual los puntos representan la ubicación espacial de los datos altimétricos (las alturas) y son unidos con una línea que relaciona todos los datos idénticos, y donde las variaciones entre diferentes grupos de datos (pendiente) son más fáciles de visualizar.

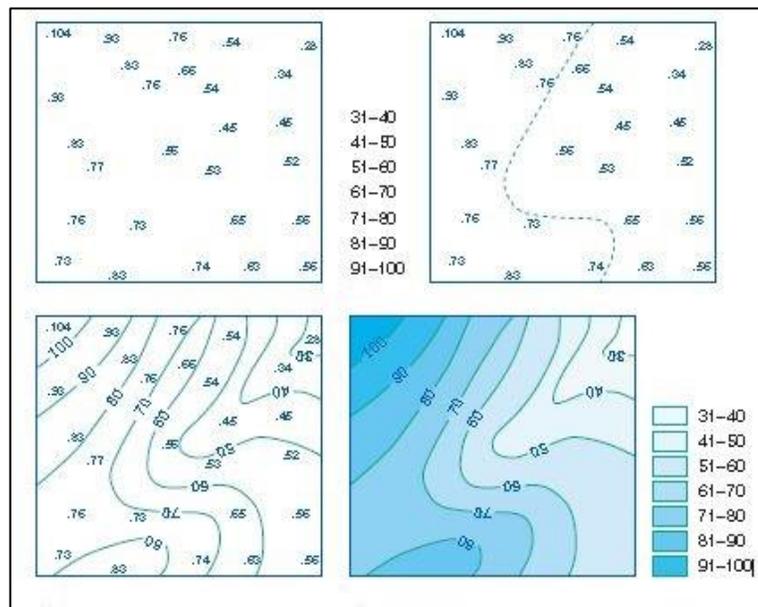
La distancia entre los esquemas de datos tienden a alejarse o a acercarse entre sí, esto es llamado caída de distancia y esta puede ser lineal, negativa exponencial o negativa gradual. Retomando el ejemplo anterior, en donde la distancia entre alturas se separa de manera gradual en pendientes regulares es una caída de distancia lineal, se dice que la distancia se acorta de una manera exponencial en las faldas de montañas y valles, y en terrenos como cuencas de ríos u hondonadas la distancia decae de manera negativa gradual.

La agrupación de datos geográficos se representa de dos formas distintas: utilizando isopletas para unir elementos iguales (objetos con autocorrelación espacial positiva), y coropletas para agruparlos (objetos con autocorrelación espacial negativa de elementos similares) ordenados según su media (ver figura 27).

### 3.1.2.1. Representación de los datos geográficos

En la mayoría de veces, cuando se presentan los datos geográficos se utiliza la modelación matemática, de forma de representar la información contenida en los datos de forma eficaz. Básicamente un mapa contiene un sinnúmero de modelos matemáticos que hacen más fácil la lectura de la información requerida.

Figura 27. Creación de isopletas y coropletas



Fuente: LONGLEY, P. Goodchild, Maguire, y Rhind. *Geographical information systems and science*. p. 96.

Para ello se vale de las interpolaciones para obtener gráficos geoméricamente más fáciles de trasladar a los distintos tipos de representación geográfica.

En un mapa se maneja una gran cantidad de datos muchas veces diferentes entre sí, y si cada dato se representará gráficamente con un punto haría que describir la información fuera mucho más complejo y complicado debido a que la cantidad de puntos que se necesitarían; el manejo de una gran cantidad de información daría como resultado una mayor probabilidad de error. Para evitar esto se interpola la información en rangos que sean más fáciles de manejar y procesar.

Esto es común en la geográfica estadística (como la información demográfica), en donde la interpolación se basa en obtener los rangos de datos para representarlos de una manera más fácil y ordenada.

### **3.1.3. Georreferenciación**

La referencia geográfica o georreferencia es básicamente asignar a un elemento espacial una posición geográfica de acuerdo a un método de referenciación establecido. Un requerimiento primordial de toda georreferencia es que sea única y debe permanecer constante en el tiempo. Todos los métodos de georreferencia implican el uso de un sistema de localización, ya sea utilizando sistemas de coordenadas o sistemas de códigos establecidos previamente. Estos últimos son utilizados en su mayoría por agencias gubernamentales o internacionales.

Dependiendo qué sistema es utilizado, este solo tiene un rango de alcance dentro de una región o dominio. El alcance de los dominios depende de la universalidad con que este sea utilizado, a esta característica se le conoce como unicidad de dominio o *domain of uniqueness* en idioma inglés. Estos pueden ser globales, si son usados de igual manera en cualquier lugar de mundo, o locales si se utilizan para una región específica y pueden ser únicos o

de lo más variados. Algunos ejemplos de ello son las direcciones postales, los códigos postales, los sistemas catastrales, las zonas UTM, etc.

La georreferencia puede ser medible o no, dependiendo del dominio, en las que es posible utilizar mediciones se le llama georreferencias métricas y las referencias que utilizan sistemas clasificatorios se llaman georreferencias no métricas.

#### **3.1.3.1. Georreferencia métrica**

La georreferencia métrica es la que utiliza a menudo sistemas de localización coordenados (ver 1.2.2) que permiten establecer referencias geográficas cuantitativas o medibles. Los sistemas más usados son: el geográfico, el geodésico, las coordenadas UTM, las coordenadas astronómicas, entre otras.

Actualmente, en Guatemala existe el sistema de coordenadas GTM realizado por el IGN, está basado en la proyección Universal Transversa de Mercator y básicamente extiende la zona UTM número 15 sobre todo el territorio guatemalteco (ver Anexos).

#### **3.1.3.2. Georreferencia no métrica**

Como su nombre lo indica, es la georreferencia que utiliza sistemas de referencia geográfica no cuantitativos. Este tipo de georreferencia generalmente se vale de nombres o códigos (como los códigos postales) u otros tipos de sistemas que permiten establecer una posición.

Los dominios de carácter local que se establecen, ya sea por una oficina encargada, o por simple costumbre. Un ejemplo de esto son las toponimias actuales, las cuales vienen de nombres antiguos que fueron cambiando hasta su nombre actual, como Londres antes llamada *Londinium* por los romanos, o Guatemala la cual viene de náhuatl: *Quauhtlemallan*. Los dominios que son planificados por organismos gubernamentales y/u oficinas técnicas son los códigos postales, las direcciones postales, las clasificaciones catastrales, etc.

En el caso de las direcciones postales si bien son códigos establecidos por calles y avenidas numeradas, muchas veces estas calles poseen nombres propios en lugar de seguir el código de numeración (generalmente conmemorando un hecho histórico), como ejemplo se pueden mencionar a varias avenidas importantes en la mayoría de ciudades a nivel mundial (Bulevar La Liberación, Avenida 25 de Mayo, Avenida de la Paz, etc.).

Tabla XI. **Sistemas de georreferencia más usados**

Sistema	Unicidad del dominio	Métrico	Ejemplo
Toponimia	Variada	No	Londres, Illinois, ciudad de Guatemala, Japón.
Dirección postal	Global	No <sup>1</sup>	909 West Campus Lane, La Goleta, California, EE.UU.
Código postal	Local (país)	No	93117 (Código US ZIP); WC1E6BT (Unidad de código postal Reino Unido)
Área telefónica	Local (país)	No	502 (Código para Guatemala)
Sistema Catastral	Local (autoridad municipal)	No	Libro: 95R; Finca: Urbana; Folio: 1789

Continuación tabla X.

Latitud/longitud	Global	Si	119° 45' E; 34° 40' N
Universal de Mercator	Por zonas que comienza desde los 6° longitud desde cada polo, divididos por hemisferio	Si	563146E, 4356732N
<sup>1</sup> Aunque son códigos establecido en la mayoría de partes del mundo se identifican por calles y avenidas			

Fuente: Elaboración propia, con información de LONGLEY, P. Goodchild, Maguire, y Rhind *Geographical information systems and science*. Tabla 5.1, p.112.

### 3.1.4. Incertezas

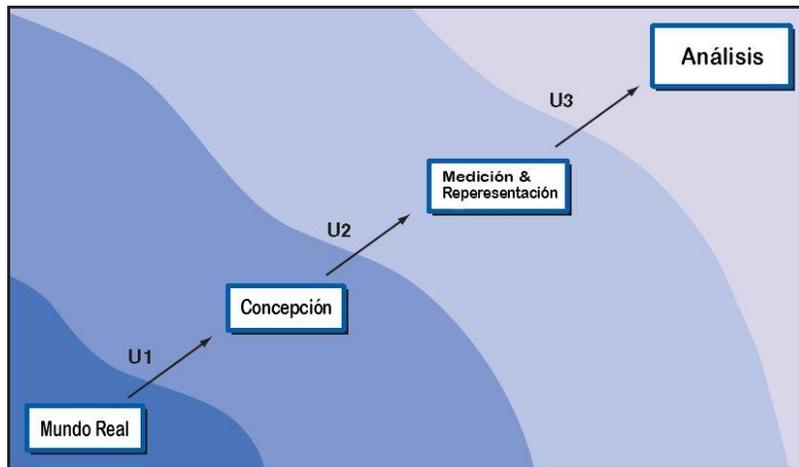
Los GIS trabajan con información extraída del mundo real, la cual se trata de representar de manera que pueda ser analizada de la mejor manera, lamentablemente la cantidad de variables que posee el mundo real es tan grande que es imposible realizar una representación perfecta del mismo, por ellos las incertezas (*uncertainty* en idioma inglés)<sup>2</sup> son inevitables.

El proceso de reproducción del fenómeno geográfico implica: la toma de información obtenida en el mundo real, la concepción del fenómeno, la medición y representación propiamente dicha, y posteriormente el análisis. Existen incertezas en todo este proceso y se presentan cuando se pasa de una etapa a la otra pues es cuando la información es interpretada, los filtros para controlar dichas incertezas se dan en cada una de estas transiciones (ver figura 28).

---

<sup>2</sup> También puede ser traducida como incertidumbre.

Figura 28. **Modelo conceptual de la incerteza**



Fuente: LONGLEY, P. Goodchild, Maguire, y Rhind. *Geographical information systems and science*. p. 129.

#### 3.1.4.1. **Incertezas en la concepción del fenómeno geográfico ( $U_1$ )**

Se da cuando la información tomada del mundo real es utilizada para realizar la concepción o conceptualización del fenómeno dentro del proceso de representación de la realidad generada por los GIS. La incerteza se presenta cuando se determinan las unidades de análisis geográfico, ya sea naturales o no naturales; las naturales son fenómenos propios del lugar geográficamente hablando (volcanes, cambios por terremotos, marejadas, etc) mientras que las no naturales son todos aquellos fenómenos que pertenecen al cambio pero, no al entorno natural.

La información al ser interpretada puede caer en ambigüedades y vaguedades debido al manejo de muchos lenguajes, terminología técnica y las distintas convenciones para el manejo de términos, si bien es posible utilizar

términos similares, la interpretación queda a discreción de los operarios del GIS (como en el caso de la información de encuestas en que la interpretación de los datos depende del mucho del fin planteado y no tanto de las variables). La ambigüedad produce imperfecciones en la concepción del modelo del fenómeno y en los indicadores del mismo que serán representados.

Como consecuencia se llega a enfoques difusos sobre la información a interpretar los cuales terminan en una conceptualización distinta del fenómeno geográfico. La escala de cada elemento geográfico individual juega un papel importante, ya que la ambigüedad con la que muchas veces es interpretada la información proviene de cómo es provista, en el caso de las representaciones gráficas viene de la escala que posee para representar dicho elemento geográfico.

El resultado de la conceptualización son los modelos conceptualizados, que son objetos y campos que sirven a los softwares GIS y que, generalmente se encuentran en formatos digitales (ver sección 3.1.1.1)

#### **3.1.4.2. Incertezas en la medición y representación del fenómeno geográfico (U<sub>2</sub>)**

Los modelos conceptuales imponen diferentes filtros sobre la información tomada de la realidad del fenómeno geográfico y a sus correspondientes modelos de representación (ráster y vectores), como consecuencia de ello se producen diferentes incertezas.

Aunque los modelos ráster y vectorial son capaces de reconocer y manejar datos espaciales que, una vez son ingresados al software, pueden implementarse fácilmente en el GIS. Esto no significa que sea una solución de medición ni tampoco de la concepción geográfica de unidades de análisis.

Las incertezas presentan información que pueden ser atendidas como lógicas y aun presentar discrepancias con el fenómeno geográfico, las mismas pueden ser medidas de manera diferente en un campo y en las vistas de objetos discretos.

Se pueden crear diferentes filtros con información del fenómeno y cada uno poseer cierta incertidumbre diferente entre sí, o bien pueden incrementarla si un filtro se encuentra vinculado a uno anterior, la mejor manera de evitar la incertidumbres es establecer modelos conceptualizados del fenómeno geográfico con la menor cantidad de incertezas, con información de mejor calidad, con escalas comunes y de la manera más exacta posible, con un lenguaje más sencillo, concreto y universal.

Las mediciones basadas en modelos estadísticos manejan información del fenómeno geográfico con bases de datos que el software GIS utiliza para desarrollar las representaciones, las incertidumbres se deben a la cantidad de variables. Para evitar dichas incertidumbres se determina el error tolerable con base en la gráfica Gaussiana de la distribución Normal (curva de la campana).

#### **3.1.4.3. Incertezas en el análisis del fenómeno geográfico ( $U_3$ )**

Las incertezas tienden a ser acumulativas, no en un sentido cuantitativo sino más bien cualitativo. Las incertezas en los datos llevan a incertezas en el análisis de los resultados, para validar la información obtenida por los datos y modelos se trabaja con datos adicionales que ayuden a referenciar y confirmar la información. Los GIS brindan mayor flexibilidad cuando se trabaja con datos agregados, ayudando al usuario a validar los datos con referencia de otras fuentes disponibles.

Existen dos tipos de validación: interna y externa. La validación interna se refiere a problemas como los efectos debido a las escalas, posicionamiento y referenciación; la finalidad de la validación interna es evitar el impacto de la incerteza en los datos sobre los resultados en las operaciones de los GIS debido a la propagación de errores de medición. La validación externa se refiere a los efectos que pueden tener los errores de medición y las interpretaciones de los mismos, la validación externa trata de cubrir las incertezas debido a la agregación e integración de datos así como la identificación de una línea común. Ambas validaciones forman parte de un mismo sistema en las cuales los criterios de validez interna están presentes en la inducción de la información al GIS, en el análisis y en la validación externa en la deducción. Se debe comprender que ambas validaciones se complementan entre sí y, aunque pertenecen a un mismo proceso se pueden ir validando de forma casi simultánea.

Todas las incertezas son más que acumulación de errores, son incidencias en los datos digitales que pueden conducir a interpretaciones distintas del fenómeno geográfico. Entre mayor sea la cantidad de datos mayor será la posibilidad incurrir en ellas, por lo que el conocimiento y el manejo del software son cualidades indispensables para la representación del fenómeno geográfico.

### **3.2. Manejo de la información en los GIS**

Como se describió en la sección anterior, la información que los GIS utilizan es una representación del mundo real sobre un fenómeno geográfico, para realizar modelos del fenómeno, su reproducción, organización de los datos y posterior análisis; los softwares utilizan datos digitales, esta información para poder realizar dichos modelos de dos maneras distintas: usando datos digitales con formatos tipo ráster y vectores, y con bases de datos.

Ambas formas se utilizan de manera simultánea, aunque actualmente con el desarrollo de tecnologías digitales en el campo de los instrumentos utilizados para reunir información geográfica (entiéndase computadores y ordenadores) el uso de bases de datos es cada vez mayor. Estas permiten compartir la información sin tener que cambiar de formato según el software que se utilice; es decir que pueden ser trabajados con cualquier software que permita el uso de bases de datos, evitando que los archivos ráster y vectorial sean almacenados como proyectos dentro del programa y que solo puedan ser modificados y vistos en equipos con el mismo software instalado.

### **3.2.1. Funcionamiento de los paquetes de GIS**

Los softwares GIS son un componente operacional de gran importancia de los sistemas, son los encargados de procesar y ordenar los datos, y así como de desarrollar los modelos representativos, estos son generalmente diseñados para el desarrollo de sistemas información geográfica. Actualmente existen paquetes de software CAD pueden interactuar y desarrollar algunas funciones similares en los paquetes de GIS (ver sección 3.2.1.3).

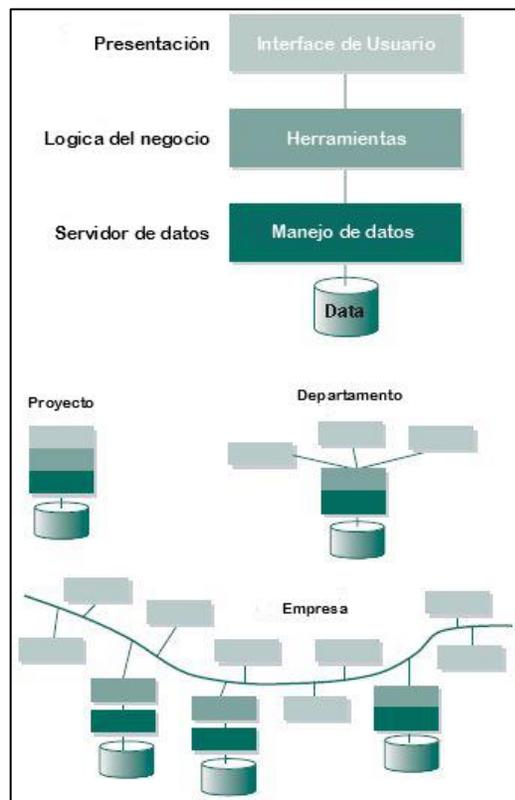
#### **3.2.1.1. Arquitectura de los paquetes de GIS**

La mayor parte de los paquetes de software GIS están diseñados con arquitectura de software llamada Arquitectura de tres niveles. Es un tipo de arquitectura cliente-servidor en la cual el flujo de datos se divide en tres partes o capas. Una capa para la presentación (interfaz de usuario), otra para el cálculo donde se encuentra modelado del negocio (las herramientas) y otra para el almacenamiento o base de datos (manejo de datos), véase la figura 29.

Los sistemas de software GIS se ocupan de las interfaces de usuario, gestión de herramientas y de manejo de datos, de manera que los clientes solicitan los datos o servicios de procesamiento a los servidores que realizan dicho trabajo para satisfacer las peticiones hechas por los usuarios.

La arquitectura que los softwares GIS suelen utilizar se basa en un lenguaje de programación estándar de la industria como Visual Basic o Java. Muchos usuarios están estandarizando sus sistemas para desarrollar la implementación de modelos en servidores de escritorio e internet.

Figura 29. **Arquitectura de tres niveles de un sistema de software GIS**



Fuente: LONGLEY, P. Goodchild, Maguire, y Rhind. *Geographical information systems and science*. p. 160.

### **3.2.1.2. Desarrolladores de paquetes para GIS**

Existen muchos desarrolladores de software GIS, empresas dedicadas al desarrollo de productos computacionales para sistemas GIS, así como emprendedores del software de código abierto (o *open source* en inglés). Entre las empresas desarrolladoras de software GIS más importantes se encuentran: ESRI Inc. (ArcGIS), GE Energy (Smallworld), Autodesk (Map3D) e Intergraph Inc. (GeoMedia); entre los desarrolladores de software libre están: GRASS GIS (GRASS GIS, desarrollado originalmente por USACE), el Proyecto QGIS (QGIS, anteriormente conocido como Quantum GIS), Open Geospatial Consortium (Degree), entre muchos otros.

Muchas de estas empresas desarrolladoras de software libre se encuentran asociadas en la Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) fundación creada para el apoyo, la promoción y el desarrollo del software libre de GIS. Además existen varios programas de GIS de Internet que tienen un mayor número de usuarios, aunque, por lo general, estos usuarios se centran en una visualización sencilla y en la consulta de tareas. Uno de los más conocidos es Google Earth de Google Inc.

### **3.2.1.3. Tipos de sistemas de software de GIS**

Cuando se habla de software, generalmente se tiene la idea solo de los paquetes para computadores personales y/o servidores. Pero un software es la parte no tangible que controla un hardware, manejando las funciones del mismo y accediendo a las bases de datos donde se almacena la información.

Los sistemas de software para GIS se clasifican en función del hardware al que sirven (PC, servidores, móviles, etc). Los tipos de sistemas computacionales de software para los sistemas de información geográfica son:

- GIS Desktop (GIS para escritorio): es la versión más conocida y son paquetes informáticos hechos para computadores personales o PC, para trabajar dependen de un sistema operativo siendo el más utilizado Windows de Microsoft.
- Servidores GIS: debido al auge que han tomado los GIS por internet, se han desarrollado softwares que permiten realizar consultas en línea, utilizando bases de datos que son descargadas directamente por el usuario y que solo necesitan un navegador Web y una conexión con el suficiente ancho de banda (ver figura 23).
- Desarrolladores GIS: programas que auxilian a los demás software y que sirven, como su nombre lo indica, para desarrollar aplicaciones que puedan ser usadas con los GIS (herramientas), utilizan lenguajes de programación.
- Software GIS para dispositivos portátiles: programas diseñados exclusivamente para teléfonos inteligentes (Smartphone), tabletas y otros dispositivos portátiles. Estos son versiones bastante más ligeras de los softwares para computadores personales (las laptop y notebook entran en esta categoría), a diferencia de los softwares de servidores GIS, en estos se puede trabajar, además de consultar la información.
- Otros tipos de software GIS: software híbridos que poseen las aplicaciones de un software GIS y otra función adicional como un CAD (como AutoCAD Map3D de Autodesk) que incorpora aplicaciones de georreferenciación, desarrollo y representación de modelos geográficos, publicar mapas y trabajar con bases de datos geográficas, junto con las de un software de diseño y dibujo.

### **3.2.2. Modelado de datos geográficos**

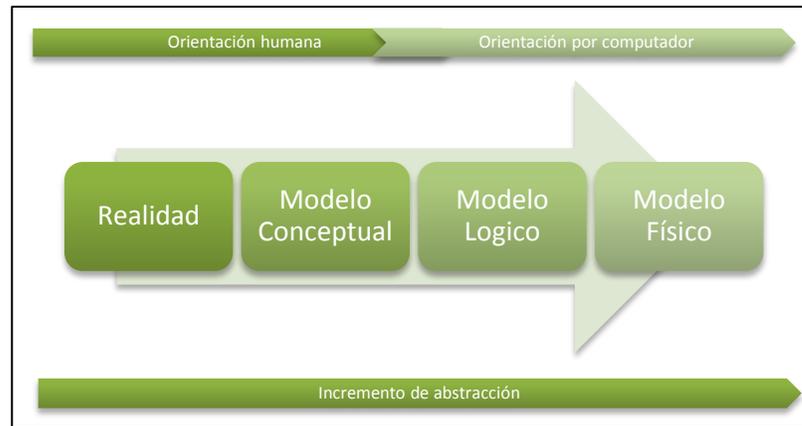
Los modelos representativos obtenidos del mundo real forman un elemento principal de los softwares de GIS, pero no pueden realizar el análisis de la información ni la representación gráfica de la misma. Esto se debe a que la información del mundo real es tan compleja que la cantidad de variables a procesar a la vez es muy grande y por consiguiente, realizar la interpretación posterior del análisis por el usuario es imposible (ver 3.2.1).

Son los modelos de datos que se hacen del mundo real el corazón de los GIS. Ya que estos modelos son un conjunto de constructos para la representación de objetos y procesos del mundo real en el entorno digital del procesador. La representación del mundo real en una computadora posee cuatro niveles de abstracción.

El primer nivel de abstracción es la realidad misma, acá es donde se encuentran los datos o ideas centrales sobre el fenómeno geográfico. El segundo nivel trata de los modelos conceptuales, es donde una vez identificados los datos pasan a organizarse con criterios básicos, estos niveles son hechos con orientación humana es decir que es el usuario quien organiza la información para ingresarla al paquete GIS.

El tercer nivel, el modelo lógico, es la organización de manera lógica y analítica del fenómeno; el último nivel es el modelo físico o la representación del fenómeno geográfico (modelo representativo), ambos son productos de los programas de software.

Figura 30. **Niveles de abstracción de los GIS**



Fuente: elaboración propia, con información de, LONGLEY, P. Goodchild, Maguire, y Rhind.  
*Geographical information systems and science*. Figura 8.2, p. 179.

### 3.2.2.1. **Modelos de datos de GIS**

De los cuatro niveles de abstracción discutidos en la sección anterior tres son modelos desarrollados para comprender y analizar el fenómeno geográfico. Los modelos conceptuales son las representaciones geográficas en cualquier formato y son la data inicial para que se pueda lograr el análisis; de este análisis, el producto final es realizado por el GIS (los modelos lógicos y los modelos físicos).

Los distintos tipos de representaciones geográficas que conforman los modelos conceptuales se pueden agrupar en:

- Modelos de datos CAD, gráficos e imagen: muchos modelos conceptuales vienen de campos de CAD, cartografía computarizada y el análisis de imágenes. Son una forma bastante sencilla de información debido a que están en formatos comunes. Los formatos CAD tienen la

ventaja que reconocen los elementos geométricos (polígonos y líneas) los cuales pueden ser identificados con atributos y, al tener un enfoque eminentemente gráfico, proporcionan la información esencial en el análisis espacial.

- Modelos de datos de grilla o tipo ráster: llamado así por reconocer celdas a las que se les pueden dar atributos (ver 3.1.1.3), generalmente se trabaja con imágenes generadas por satelitales (teledetección).
- Modelos de datos tipo vector: llamados de georrelación topológica, debido a que son capaces de reconocer y asignar información geométrica de cada elemento reconocido como vector (ver 3.1.1.3), la información CAD es la que sirve, generalmente, para trabajar los modelos tipo vector. Pueden trabajarse en sistemas de redes (muy útil para identificar calles y avenidas) o el modelos TIN (Triangulated Irregular Network, por sus sigla en inglés).
- Modelos de datos en objetos: básicamente es asignar información a un elemento gráfico sin poner tanto énfasis en su forma o dimensión sino en la información que posee por ejemplo, cuando se trabaja con información catastral.

Los modelos lógicos son los diagramas esquemáticos y conceptuales, mapas analíticos y modelos espaciales; los modelos físicos son especialmente los mapas y los productos cartográficos que los paquetes de software de GIS pueden generar. Estos tipos de modelos se tratarán más adelante.

### **3.2.3. Compilación de datos de GIS**

De las tareas realizadas por los softwares GIS la compilación de datos es una de las más importantes y una de las actividades que más tiempo y costo consume (aproximadamente el 85 % del costo del GIS).

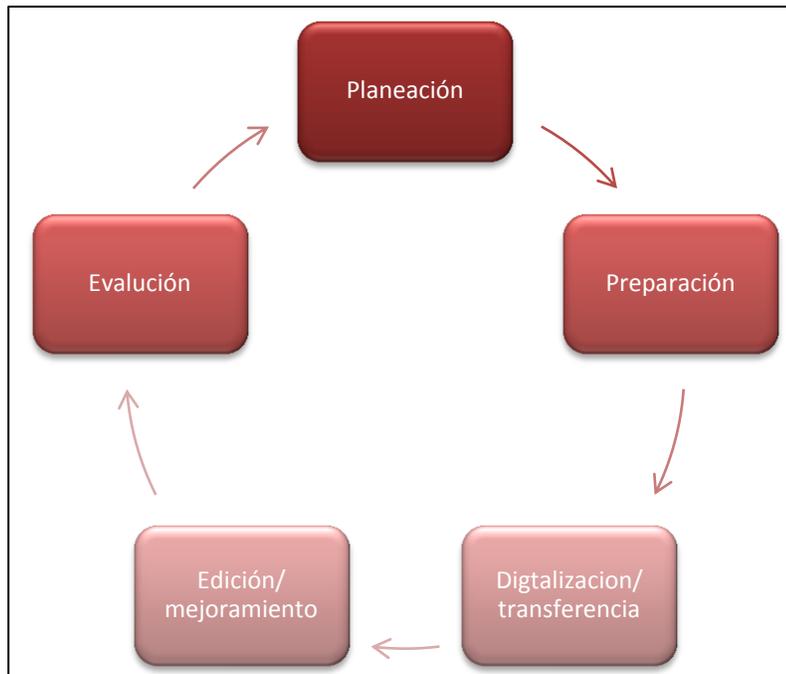
Existe una gran cantidad de recursos de datos geográficos y muchos métodos para ingresar la información a los GIS. Por lo general se utilizan dos métodos principales de compilación de datos: la captura de datos y la transferencia de datos, generalmente la captura de datos se divide en primaria (tomada directamente) o secundaria (derivada de otros recursos). La transferencia de datos (data transferida) implica la importación de datos digitales de otras fuentes de recursos.

### **3.2.3.1. Proceso de recopilación de datos**

El proceso se divide en cinco fases: planificación, preparación, digitalización, edición y evaluación (ver figura 31). La planificación se refiere a establecer los requerimientos del usuario, los recursos necesarios (equipo, personal, software y hardware), el desarrollo y la determinación del proyecto. La preparación implica resolver una gran cantidad de problemas como la obtención de los datos, redibujar los recursos cartográficos de baja calidad, editar los mapas escaneados y remover el ruido digital.

La digitalización y transferencia como lo indica su nombre se refiere a la digitalización de la información geográfica (datos estadísticos, cartográficos, etc.) y digitalización de mapas escaneados y corregidos, ya sea en formato ráster o vector. Seguido a esta se realiza la edición y mejoramiento, esta etapa cubre muchas técnicas utilizadas para validar la data de manera de corregir errores y mantener la calidad. La última etapa es la evaluación, que es el proceso que se sigue para identifica los logros y la fallas del proyecto, ya sea de manera cuantitativa o cualitativa.

Figura 31. **Etapas compilación de datos**



Fuente: elaboración propia, con información de, LONGLEY, P. Goodchild, Maguire, y Rhind *Geographical information systems and science*. Figura 9.1, p. 201.

### 3.2.3.2. **Captura de datos geográficos**

La captura de datos es una técnica de compilación de datos geográficos que consiste en tomar la información de algún modelo conceptual el cual está en un formato digital para realizar la edición y mejoramiento de la data. Se dividen en captura primaria y captura secundaria, ambas pueden provenir de datos tipo ráster o vectorial.

### **3.2.3.2.1. Captura primaria de datos geográficos**

Implica la medición directa de objetos, por lo que la data es obtenida directamente de información digitalizada de formatos de imagen o formatos CAD para ser utilizadas en modelos de representación geográfica. Las capturas en formatos de representación geográfica ráster utilizan imágenes satelitales o digitalizadas, siendo la más popular la de sensor remoto o de teledetección (ver 1.2.4.2). En el caso de los GIS la resolución del sensor remoto se valúa desde tres aspectos: la resolución espacial la cual se refiere a tamaño del objeto a ser resuelto y medido, la medida estándar es el tamaño nominal de un pixel; la resolución espectral que se refiere a las partes del espectro electromagnético a medir; y la resolución temporal, o ciclo de repetición, describe la frecuencia con que las imágenes de una misma área son recolectadas.

La captura primaria de datos con formato tipo vector es el mayor recurso de data geográfica, las dos ramas de la captura de datos con formato vector son la topografía de superficie y los sistemas de GPS (no debe confundirse con los levantamientos topográficos con GPS, estos siguen siendo topografía de superficie). Deben tenerse en cuenta los errores de medición de la topografía de superficie, así como las incertezas y errores de los sistemas GPS.

### **3.2.3.2.2. Captura secundaria de datos geográficos**

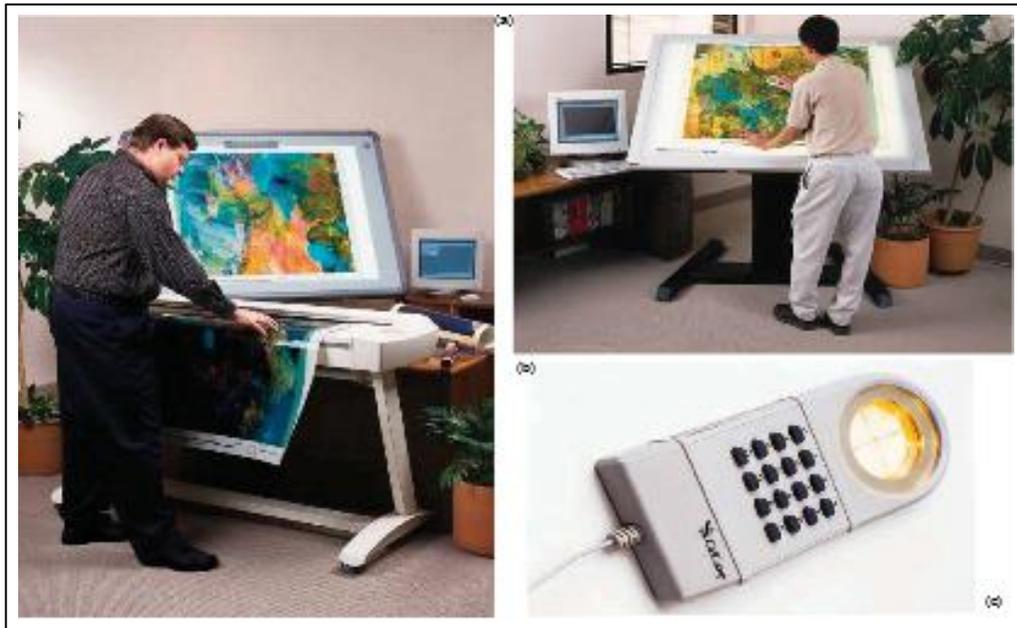
Son recursos de datos geográficos capturados de fuentes secundarias, siendo el proceso de creación de archivos ráster y vectorial, y de bases de datos desde fotografías, imágenes y copias escaneadas de otros documentos físicos para los ráster; información digitalización manual, la estero-fotogrametría

y datos tipo COGO (siglas en inglés de *coordinate geometry*) para los vectoriales. Básicamente la diferencia con la captura primaria es que esta se realiza con datos digitales y no información física digitalizada, los datos primarios son realizados en formatos que los softwares GIS manejan mientras la captura secundaria no.

Los formatos tipo ráster venidos de documentos físicos (dígase mapas digitalizados) dependen generalmente de la resolución del escáner y del ruido que este pueda otorgar a la copia digital, así también, la calidad de la imagen física original. Existen copias digitales, por lo general en formatos PDF o JPG, que pueden comprarse en las entidades que realizan cartografía, en el caso de Guatemala es el IGN.

La captura secundaria con formato vector implica la digitalización de mapas y otros recursos geográficos a objetos tipo vector, cuando se realiza manualmente, se utiliza un digitalizador el cual reconoce una serie de puntos como un dato de una imagen; este se compone por un tablero y un cursor (ver figura 32). También se utilizan formatos tipo ráster para convertirlos a objetos vector este proceso se llama poligonación, aunque este proceso posee mucho margen de error en la medición debido a la resolución de la imagen. Se utilizan también fotos fotogramétricas digitalizadas posteriormente y datos tipo COGO muy usados en topografía y, como su nombre lo indica, usan coordenadas geométricas que son más compatibles con la estructura del objeto vector.

Figura 32. **Equipo digitalizador marca GTCO Calcomp**



(a) Escáner; (b) Tablero digitalizador; (c) Cursor

Fuente: LONGLEY, P. Goodchild, Maguire, y Rhind. *Geographical information systems and science*. Figuras: 9.5 y 9.7, p. 205 - 206,

### 3.2.3.3. **Datos geográficos obtenidos por recursos externos (transferencia de datos)**

Para realizar la captura de datos es necesario contar con los recursos, ya sean físicos o digitales, pero cuando la cantidad de información es demasiada aumenta la cantidad de trabajo. Y si bien con la compilación el gasto económico es menor, la cantidad de trabajo que se genera es mayor junto con la cantidad de tiempo invertido elevando el costo final.

Esto lleva como consecuencia que se tome la decisión de utilizar información obtenida por otros medios, y aunque el gasto económico inicial es

alto, se recupera en costo de trabajo y tiempo; a eso se refiere la transferencia de datos, son datos obtenidos de otros servidores en lugar de realizar el proceso de captura de datos.

Existen muchos proveedores de datos geográficos que brindan información geográfica como el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS por sus siglas en inglés) o la Administración Nacional de Aeronáutica y El Espacio (NASA por sus siglas en inglés) así como entidades privadas dedicadas a la investigación geográfica. La mejor manera de buscar datos geográficos es buscar en internet usando librerías especializadas o en portales de datos geográficos

El escoger uno u otro método depende mucho de la planificación anterior, siempre tomando en cuenta la calidad de los datos, el tiempo efectivo para obtener la data, el precio de toda la información y disponibilidad de la misma.

#### **3.2.4. Bases de datos geográficos**

Las bases de datos geográficas son una de las partes en que los administradores de los sistemas de información geográfica más invierten, tanto en el almacenamiento como en el mantenimiento; esto se debe a que la parte operativa depende prácticamente en su totalidad de estas. Las bases de datos geográficos poseen toda la información que los softwares GIS trabajan y analizan, y por lo tanto, que el usuario utiliza para realizar la interpretación de la información para la toma de decisiones.

Se puede decir que una base de datos o DDBB (*DataBases*, en idioma inglés) es un conjunto integrado de datos pertenecientes a un mismo tema particular, que son almacenados de manera sistemática para su posterior uso.

Por ello las bases de datos deben diseñarse con sumo cuidado y con una estructura y orden que permitan una consulta eficiente y el máximo desempeño de las operaciones.

No deben confundirse las unidades de almacenamiento con las bases de datos, las primeras depositan archivos de cualquier formato indistintamente en un espacio físico, que en cuyo caso, los datos se encuentran contenidos en los archivos, en una base de datos, la información está clasificada con base en criterios lógicos establecidos por el usuario y utiliza algún programa para poder ser utilizada.

#### **3.2.4.1. Sistemas manejo de bases de datos**

Para poder administrar las bases de datos se utilizan los Sistemas de Manejo de Bases de Datos o DBMS (siglas en inglés para *DataBase Management System*) que permiten el manejo integral a las bases de datos con las bases de datos con acceso multiusuario; básicamente los DBMS son programas especializados diseñados para organizar de forma efectiva y eficiente el almacenaje y el acceso a la data. Con la información dispuesta de manera virtual, se puede trabajar con una mayor cantidad de datos disponible, por ello los GIS utilizan DBMS para el manejo de la data geográfica.

Existen varios tipos de bases de datos, los softwares GIS trabajan básicamente con tres:

- DBMS de relaciones (RDBMS): trabaja con tablas y también listas en dos dimensiones (o matriz) de los registros que contienen atributos sobre los objetos bajo estudio. Esta estructura simple resulta ser muy flexible y útil a un amplio rango de áreas de aplicación.

- DBMS de objetos (OBDMS): diseñado originalmente tratar varias deficiencias de los RDBMS, esto incluía la incapacidad de almacenar objetos directamente en la base de datos. (tanto el estado del objeto como su funcionamiento).
- DBMS de Relaciones-objetos (ORBDMS): un híbrido entre los DBMS de relaciones y los DBMS de objetos, puede ser pensado como un motor RDBMS con un marco de extensibilidad para la manipulación de objetos. Estos pueden manejar, tanto los datos que describen lo que es un objeto (atributos del objeto como el color, el tamaño y la edad) como el comportamiento que determina lo que un objeto hace (métodos de objeto o funciones tales como instrucciones de dibujo, interfaces de consulta, y algoritmos de interpolación), estos pueden ser gestionados y almacenados juntos como un todo integrado. Ejemplos de ORDBMS están: IBM DB2 e Informix, Dynamic Server, Microsoft SQL Server, y Oracle.

Existen extensiones geográficas para los vendedores comerciales de DBMS. Poseen diferencias en tecnología, alcance y capacidades para estos sistemas, el enfoque de dichas extensiones es el almacenamiento, recuperación y gestión de datos, y por el contrario, no tienen capacidad real para la edición geográfica, cartográfica y/o de análisis.

Una alternativa para extender el kernel software DBMS para el manejo de los datos geográficos es construir un soporte dentro de un nivel intermedio (conocida como *middleware*), que ofrece las mismas capacidades como el núcleo de las extensiones del DBMS; este puede soportar una amplia gama de datos y funciones de procesamiento.

La solución middleware también puede ofrecer un mejor rendimiento especialmente en el caso de consultas más complejas utilizadas en las aplicaciones GIS principales, ya que tanto el DBMS como los recursos de aplicaciones del servidor-hardware pueden utilizarse en paralelo.

#### **3.2.4.2. Almacenamiento de datos en tablas de sistemas de manejo de bases de datos**

Es el nivel más bajo de interacción del usuario con el sistema de base de datos geográfico llamado clases del objeto, capa (*layer* en idioma inglés) o clase principal (en inglés *feature class*); el cual es un conjunto organizado de datos de un tema en particular. Las clases del objeto se almacenan en tablas estándar de bases de datos, estas tablas son matrices de dos dimensiones formadas por filas y columnas.

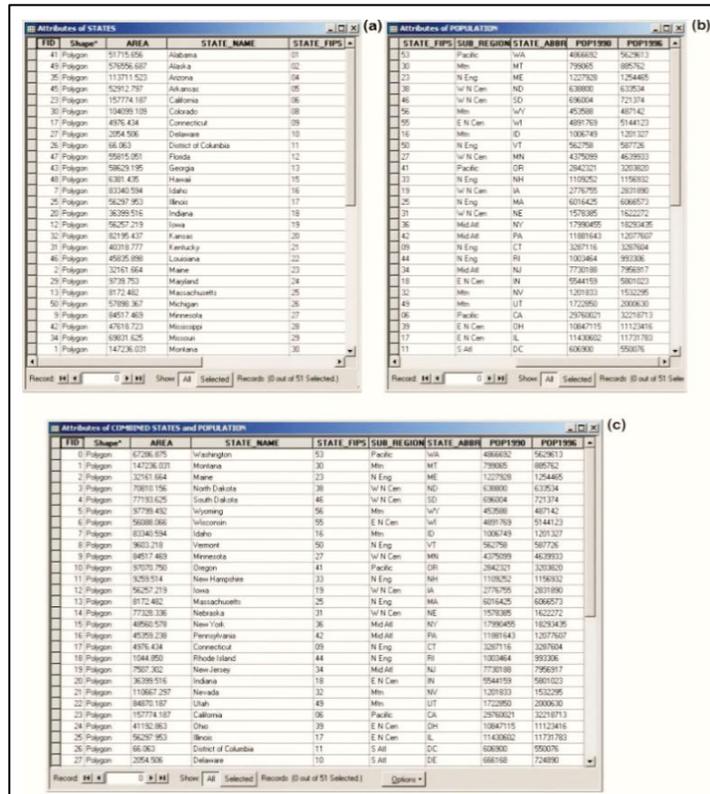
Cada clase de objeto se almacena como una única tabla de base de datos en un DBMS, donde cada fila contiene un único objeto y las columnas poseen los atributos o propiedades de dicho objeto con que son llamados frecuentemente. Los datos almacenados en cada una de las celdas individuales en donde se intersectan una fila y una columna específica usualmente son llamados valores.

La diferencia entre las tablas geográficas y las no geográficas es que las geográficas poseen una columna geométrica, también llamada a veces como columna de perfil (*shape column* en idioma inglés). Para salvar la información y para mejorar el desempeño las actuales coordenadas de valores pueden almacenarse de forma binaria altamente comprimida.

Para una mejor relación de las bases de datos hechas de una forma simple, las tablas estables deben seguir cinco principios:

- Un valor único por celda
- Los valores de una columna deben tener el mismo sujeto
- Cada fila es única, no pueden existir registros repetidos
- No hay ninguna secuencia de columnas
- No hay ninguna secuencia de filas

Figura 33. Uso de tablas con bases de datos GIS



(a) Tabla inicial; (b) tabla secundaria o de propiedades; (c) Unión de ambas tablas

Fuente: LONGLEY, P. Goodchild, Maguire, y Rhind. *Geographical information systems and science*. Figura: 10.2, p. 222 y 226.

### **3.2.4.3. Lenguaje estándar de consulta de bases de datos (SQL)**

Las bases de datos estándar trabajan con un lenguaje para la consulta de datos, el más conocido y trabajado es el lenguaje de consulta estándar estructurado de bases de datos o SQL (*structure query language* en idioma inglés). El lenguaje SQL es un conjunto de lenguajes de programación diseñado para recuperar conjuntos de datos de las tablas. Puede ser utilizado de dos formas, por vía directa por medio una interface interactiva de comandos de línea compilando en un lenguaje de programación de propósito general como C/C++/C#, Java, o Visual Basic; o puede ser embebido en una interface gráfica, como la interface GUI (*graphical user interface* por sus siglas en inglés).

Existen tres tipos de estados del SQL: el lenguaje de definición de datos o DDL (*data definition language* por sus siglas en inglés), el lenguaje de manipulación de datos o DML (*data manipulation language* por sus siglas en inglés), y el lenguaje de control de datos o DCL (*data control language* por sus siglas en inglés) (ver 5.1.3.6).

### **3.2.5. Despliegue y distribución de la información**

Cuando se refiere al despliegue y distribución de la información, hay que dejar en claro que es totalmente distinto al despliegue de datos que se tratará en la sección 5.1.3.2; el despliegue de datos se trata de la manera en que el usuario tiene acceso a la información, utilizando los diversos medios a su disposición (acceso a servidores, internet, mapotecas, etc.), la distribución se refiere a la disponibilidad que el usuario tiene de la información.

La mejor forma de verlo es la distribución del GIS mismo, o sea de sus componentes, esto implica que las cinco partes de las que se compone no necesariamente deben encontrarse físicamente juntas. Por ejemplo: las bases de datos adquiridas por proveedores externos si bien forma la parte de los datos de un GIS, estos se encuentran fuera del alcance de los usuarios finales; de la misma manera los usuarios del sistema muchas veces emplean accesos remotos al mismo, un ejemplo de esto son los GIS por internet (ver 3.2.1.1).

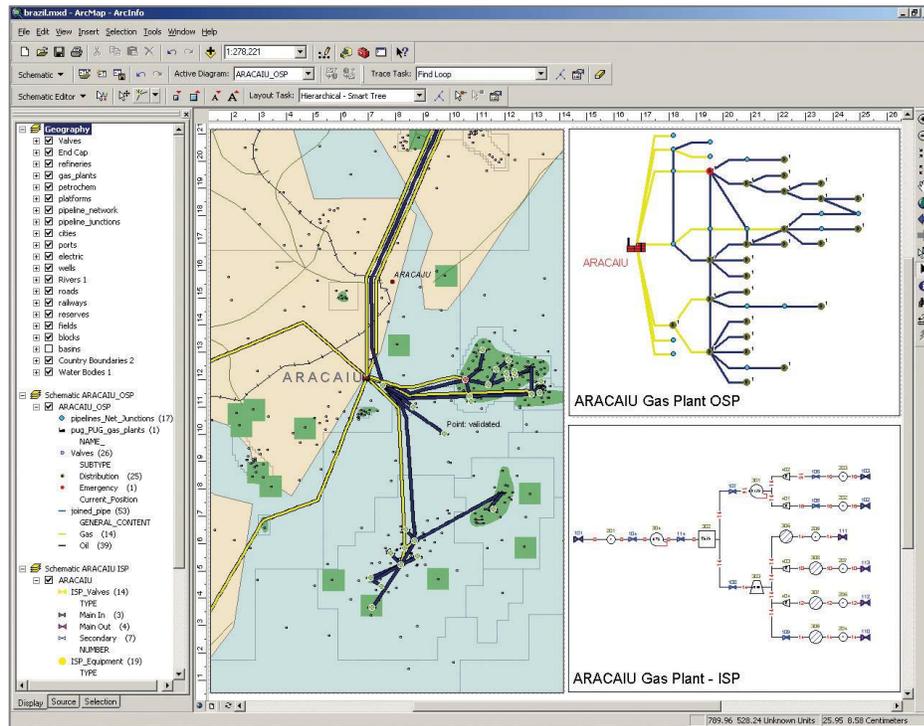
De hecho algunos autores colocan a las redes como un sexto elemento de los GIS, ya que actualmente la mayoría de los sistemas de información utiliza redes de manera que se pueda operar el sistema desde cualquier lugar, descentralizando el espacio físico, mejorando el rendimiento y bajando costos de operación.

### **3.3. Análisis y modelos geográficos**

Gran parte del éxito de los sistemas de información geográfica es la capacidad que poseen para reproducir los fenómenos geográficos que se presentan de forma lógica y ordenada de manera que se puedan realizar la correcta toma de decisiones. De ahí también, que la exigencia sobre los softwares de realizar el procesamiento de la información, el análisis y la realización de los modelos pertinentes.

El análisis que llevan a cabo los softwares se realiza con base en los datos y modelos conceptuales que se le ingresen por lo que es muy importante la exactitud de los mismos de manera que la información que salga sea lo más confiable posible. Los modelos que salen de este análisis son modelos lógicos (diagramas esquemáticos, gráficos, mapas, etc.) y físicos (hojas cartográficas, estadísticas y proporciones, etc.) que sirven para la interpretación final.

Figura 34. Ejemplo del uso de mapas y modelos geográficos visualizados con un software GIS



Fuente: LONGLEY, P. Goodchild, Maguire, y Rhind. *Geographical information systems and science*. Figura: 12.20, p. 285.

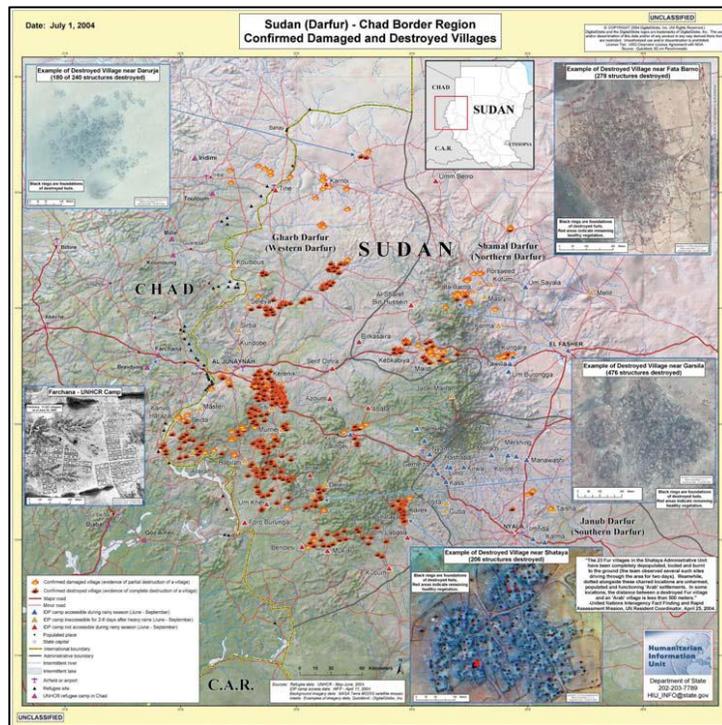
### 3.3.1. Cartografía y producción de mapas

La producción cartográfica y de mapas (ver 1.2.2) es uno de los mayores productos exigidos por los clientes de los sistemas de información geográfica. De hecho muchos de los usuarios de los GIS son clientes relacionados a la gestión territorial y ambiental (catastro, medioambiente, control agrícola y forestal, y control municipal), así como agencias e instituciones de investigación geográfica.

Los productos físicos de un GIS van desde mapas cartográficos, topológicos, geológicos-topográficos, temáticos de todo tipo; hasta productos digitales e interactivos como ubicación de infraestructura o de navegación para GPS, mapas interactivos, etc.

Los mapas ya sean físicos, interactivos o digitales son una herramienta importante para la comunicación y la toma de decisiones, ya que poseen un gran almacén gráfico de información para su interpretación.

Figura 35. **Mapa para ayuda humanitaria en Sudán realizado con software de GIS**



Fuente: LONGLEY, P. Goodchild, Maguire, y Rhind. *Geographical information systems and science*. Figura: 12.3, p. 266.

### **3.3.1.1. Principios para el diseño de mapas**

El diseño de mapas es un proceso creativo cuya razón de ser es transmitir el mensaje que el mapa tiene por objetivo transmitir. El proceso tiene dos objetivos importantes que deben tenerse muy en cuenta cuando se realicen los mapas: el primero es diseñar un mapa que pueda transmitir la información de manera adecuada, resaltar los procesos y modelos, e ilustrar los resultados. El segundo es crear una imagen agradable e interesante sin que eso signifique sacrificar la fidelidad de la realidad que representa y entre en conflicto con el primer objetivo.

Se han definido siete principios para el diseño de mapas de manera que pueda cumplir con su función de transmitir la información, y a su vez, sea muy atractivo, estos son:

- **Propósito:** se refiere a la finalidad que tendrá el mapa, acá se trata de determinar cuál será la información que llevará dicho mapa. Pueden haber mapas multipropósito o mapas con áreas temáticas de un solo propósito, con los GIS se pueden crear mapas digitales o interactivos con un solo propósito.
- **Realidad:** se refiere al fenómeno geográfico que es para el cual se construye el mapa.
- **Datos disponibles:** las características específicas de los datos necesarios que pueden afectar el diseño, datos venidos en formatos vector o ráster, continuo o discreto, etc.
- **Escala del mapa:** es la escala en la que se realiza el mapa, una hoja puede contener varias escalas, ya que puede contener varios mapas en una misma hoja.

- Lectores: son aquellos a quienes va dirigida la información para que pueda ser interpretada.
- Condiciones de uso: las condiciones de uso en las que el mapa será utilizado condicionan la construcción del mismo, condiciones de penumbra o de mucha iluminación, así como las condiciones ambientales del lugar.
- Limitantes técnicas: son aquellas que puedan presentarse dependiendo de la presentación (física o digital) cada uno de los productos cartográficos de un GIS es pensado para ser accedido por el usuario según su situación. Un mapa físico es muy conveniente y fácil de adquirir, pero no se puede ingresar nueva información sobre el sin alterarlo, y ocupa más espacio físico y de transporte; un mapa digital por el contrario es muy versátil, permite ser modificado, ocupa menos espacio físico de almacenaje y es más fácil de transportar, pero es necesario contar con el equipo que para poder acceder a la información lo que resulta en un gasto económico y tecnológico.

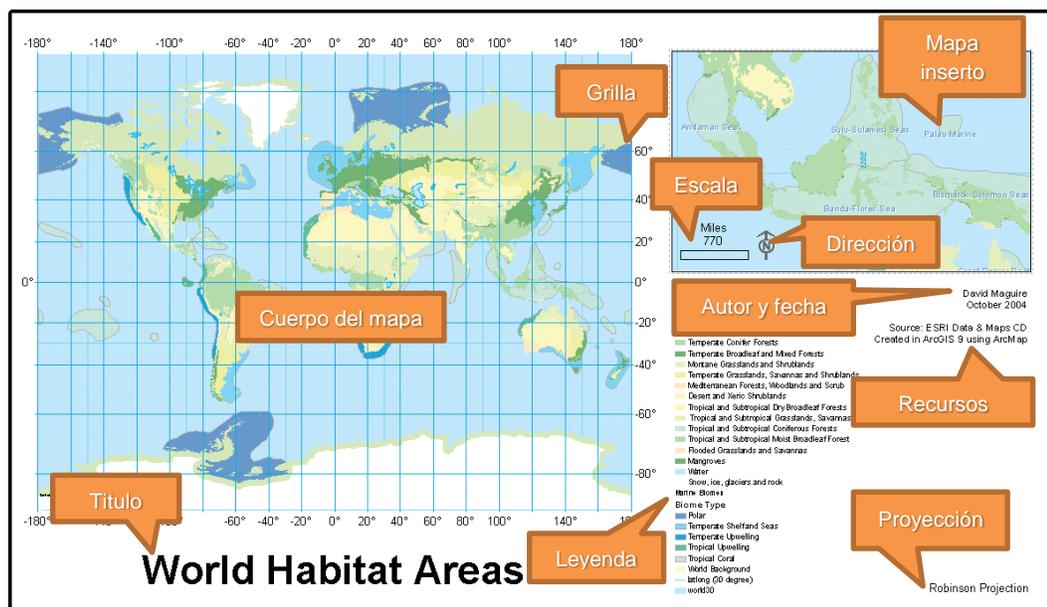
### **3.3.1.2. Composición de los mapas**

Existen elementos que todos los mapas contienen, estos elementos son (ver figura 36):

- Cuerpo del mapa: es la representación de la proyección a la cual está dedicado el mapa, es el punto central de toda la hoja y el que lleva toda la atención.
- Mapa inserto y/o general: es un mapa de menor tamaño inserto que brinda una imagen general del área, se utiliza para poner en contexto la proyección.
- Título: identifica al mapa y el tema que trata

- Escala: indica la escala en la que se realiza cada mapa
- Leyenda: es una lista de detalles que ayudan a la interpretación de la información contenida en el mapa.
- Indicador de la dirección: es un símbolo que indica la dirección a la cual se orientada el mapa dependiendo del hemisferio.
- Grillas: son una red de líneas ortogonales paralelas y perpendiculares entre si formando un cuadrícula superpuestas sobre el mapa, las cuales representan las líneas imaginarias de división del globo terrestre (latitud, longitud o coordenadas UTM).
- Referencias: son los que brindan la información acerca del mapa y su elaboración como el autor y la fecha, la proyección utilizada y los recursos de datos utilizados.

Figura 36. Composición de un mapa



Fuente: LONGLEY, P. Goodchild, Maguire, y Rhind. *Geographical information systems and science*. Figura: 12.8, p. 272.

### **3.3.1.1. Simbolización de los mapas**

Para la interpretación de la información contenida en los mapas, los diseñadores se valen de símbolos para representar los datos que desean transmitir. Para desarrollar la simbología se utilizan formas, imágenes, colores, texturas. También se deben de tomar en cuenta las convenciones técnicas para el desarrollo de las simbologías. Con los programas de GIS la capacidad de representación es mucho mayor, a una línea pueden añadirse muchos atributos o bien una superficie puede trabajarse con más información; el trabajar con capas permite un mayor orden y eficiencia a la hora atribuir propiedades a la simbología.

#### **3.3.1.1.1. Transformación y representación de atributos**

Los atributos son todas las características, propiedades y cualidades que se le asignan a un objeto. Para ello los diseñadores de mapas se valen de texturas, colores y formas. En un mapa es fácil ver muchas texturas de diferentes colores y tonalidades al igual que líneas de distintos grosores y texturas, también de polígonos de distintas formas que representan objetos con determinada información.

En mapas físicos el significado se encuentra en la leyenda, en un mapa digital el diseñador con ayuda de un software GIS asigna los atributos y características a cada objeto desde la base de datos diferenciándose gráficamente entre sí. El software GIS puede relacionar un objeto con un elemento geográfico específico, como una línea con una carretera, y puede atribuirle una serie de datos que en un mapa físico sería el adicional de muchas hojas (ubicación, distancia, referencia geográfica, clasificación, etc.). De la

misma manera el software pueden diferenciar entre objetos similares y brindarles características gráficas idénticas (todas las carreteras con algún valor en común, como su clasificación, puede identificarse con un línea con ciertas características como el grosor, el color y la textura).

De la misma manera, el programa de GIS puede reconocer entre diferentes elementos geométricos (puntos, líneas, áreas y superficies) de manera que asignar datos y analizarlos sea más fácil, ya que el mismo software puede definir las características de cada atributo de forma automática (siempre llevando una convención asumida con anterioridad por el usuario). Por ejemplo, en un mapa pueden demarcarse los límites administrativos de un país, el área es reconocida por el programa como el territorio administrativo (una comuna) y utilizando capas es posible relacionar dicha área con datos pertenecientes a ese territorio. El programa brindará toda la información de manera gráfica como censos o estadísticas de todo tipo, de hecho cada una de las capas muchas veces corresponde a un mapa físico.

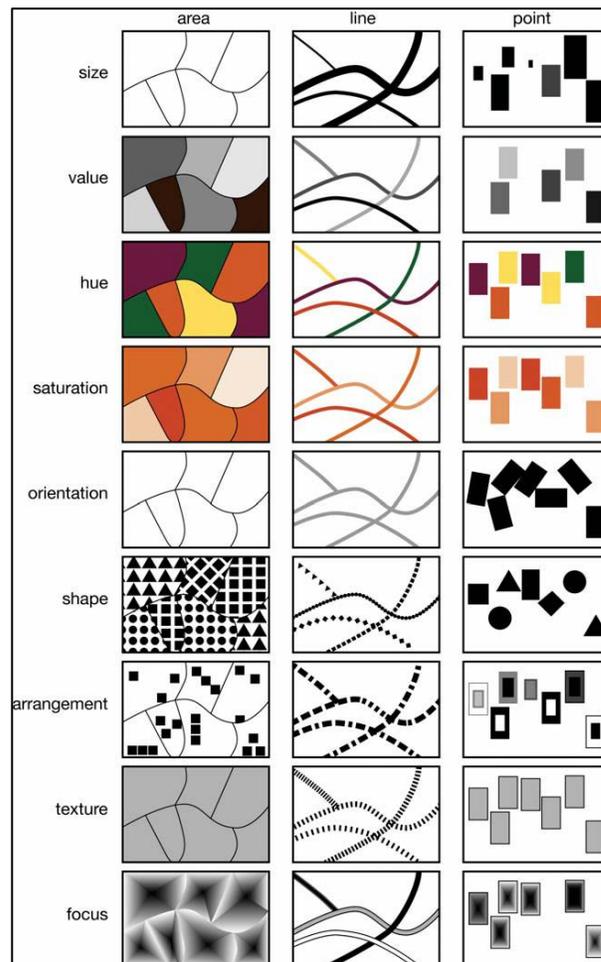
#### **3.3.1.1.2. Mapas multivariable**

Son mapas que poseen información de más de tres variables distintas para compararlas entre sí. La mayoría de mapas están diseñados para presentar los datos de un tema específico, es decir solo una variable; tanto los mapas cartográficos como los mapas temáticos responden a una sola variable y que en general es el tema del que tratan, como los mapas de población o los mapas topográficos.

Los mapas de más de una variable poseen temas que, si bien pudiesen gráficamente en hojas diferentes sin problema, es interés del usuario tener toda la información en una misma hoja, y la mayoría veces, esto obedece a que la

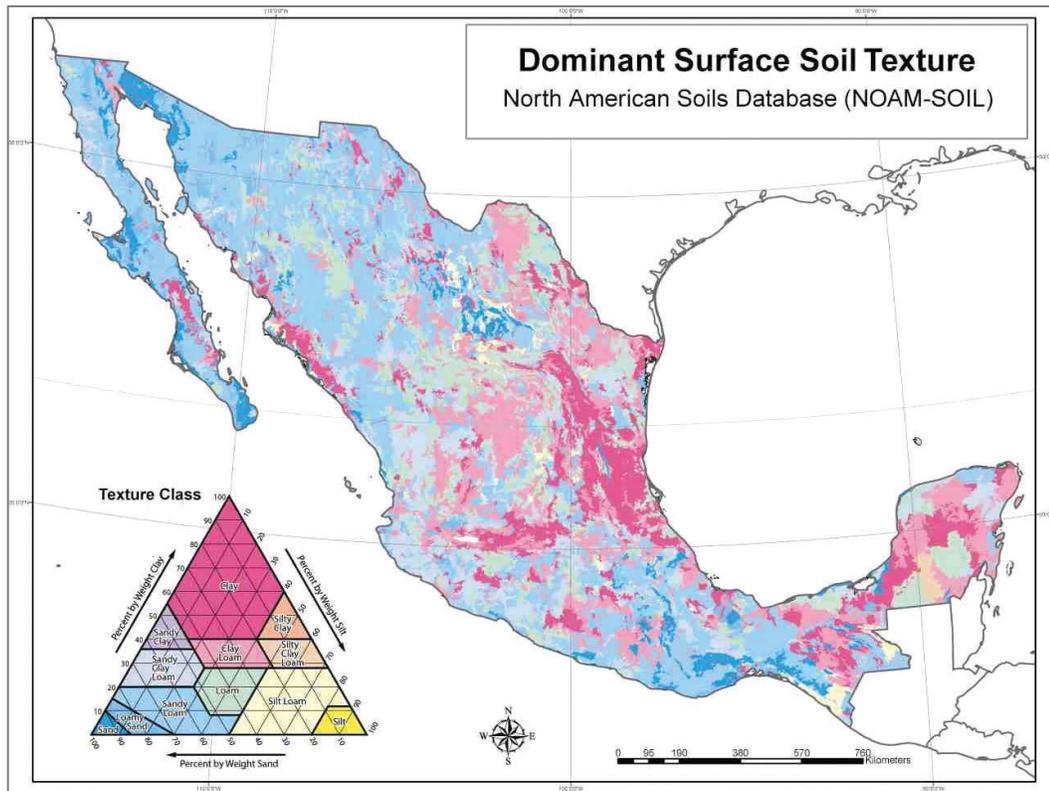
información de varios mapas distintos está relacionada de alguna forma. Mapas como estos son utilizados por organismos especializados, como los mapas de manejo de suelos los cuales no solo muestra a qué tipo de cultivo se dedica la tierra, definiéndose más de un tipo de cultivo y representándose de manera distinta y con sus propios datos.

Figura 37. **Texturas y atributos reconocidas por los softwares de GIS (primitivas gráficas de Bertin)**



Fuente: LONGLEY, P. Goodchild, Maguire, y Rhind. *Geographical information systems and science*. Figura: 12.9, p. 274.

Figura 38. **Mapa multivariable de tipos de suelo (mapa de clasificación de suelo de México)**



Fuente: LONGLEY, P. Goodchild, Maguire, y Rhind. *Geographical information systems and science*. Figura: 12.14, p. 279.

### 3.3.1.2. Mapas en serie

Cuando se diseñan mapas, muchas veces estos se realizan para pertenecer a un álbum, ya sea en forma de atlas o en series. La cantidad de información geográfica en estos casos es vasta, lo que lleva a que físicamente sean una gran cantidad de hojas, por ejemplo, los atlas mundiales.

Los softwares de GIS pueden manejar toda esa información y de una manera más fácil y ordenada. Una base de datos puede contener la información de varios mapas y varias bases de datos brindar la información geográfica suficiente para formar una serie de mapas. Para realizar el trabajo de diseño y consulta de los mapas se utilizan estaciones de trabajo que pueden ser los equipos que se conecten a la red y que tengan la característica de poder administrar las mismas.

El corazón de la producción de mapas mediante un GIS es realizar una base de datos geográfica que cubra las capas tanto de toda la zona estudiada como de datos de interés de la misma. Los modelos hechos con la data geográfica a menudo se llaman modelos digitales de paisaje o DLM (*Digital landscape model* por sus siglas en inglés), porque su rol es representar el paisaje en un GIS independientemente de cualquier producción de mapas, estos se almacenan en una base de datos también. Los DLM llevan toda la información guardada en los mapas que serán sobrepuestos a modo de capas de manera que sin importar el mapa que se ejecute en el programa siempre se podrá trabajar la información correspondiente a otros mapas y seguir trabajando.

Un ejemplo es el trabajo en las oficinas municipales, de planificación y/o catastro; en las cuales se sobreponen los mapas del casco urbano, de manera que se trabaja la información de drenajes superpuesta la de agua potable, transporte, información catastral, y así sucesivamente.

Mientras si se trabajara con mapas físicos, toda esa información estaría contenida en distintas hojas y haría más difícil poder trabajar con toda esa información.

Figura 39. **Mapa en serie GIS calles urbanas y carreteras estatales en EE.UU.**



Fuente: LONGLEY, P. Goodchild, Maguire, y Rhind. *Geographical information systems and science*. Figura: 12, p. 284.

### 3.3.2. Geovisualización

La visualización de la información geográfica o geovisualización se refiere a la creación y uso de representaciones visuales que facilitan la comprensión, el análisis y el conocimiento del entorno físico y humano con la medición de escalas geográficas; la geovisualización es inherente a los sistemas de información geográfica y es la razón principal del diseño de mapas, ya que la finalidad de los mapas es comunicar.

Originalmente la mayoría de la información estaba dada en papel, actualmente los GIS no solo han mejorado y revolucionado la forma en que se visualiza la información sino también la consulta. Esto es vital para la toma de decisiones, todas las representaciones hechas mediante GIS requieren que los mensajes sean fácilmente interpretables en la mente de los que toman decisiones.

### **3.3.2.1. Consulta espacial**

Una geovisualización efectiva hecha por un GIS depende de cómo los seres humanos comprenden el entorno espacio-tiempo en el cual habitan y el medio ambiente que los rodea, y que a su vez se representa en una computadora de manera digital.

Las convenciones para la producción de mapas son el soporte central para la interpretación de los mapas; de la misma manera, los GIS permiten una mayor flexibilidad y personalización en el proceso de diseño de mapa por lo que la geovisualización desarrolla y extiende estas convenciones de nuevas e innovadoras formas.

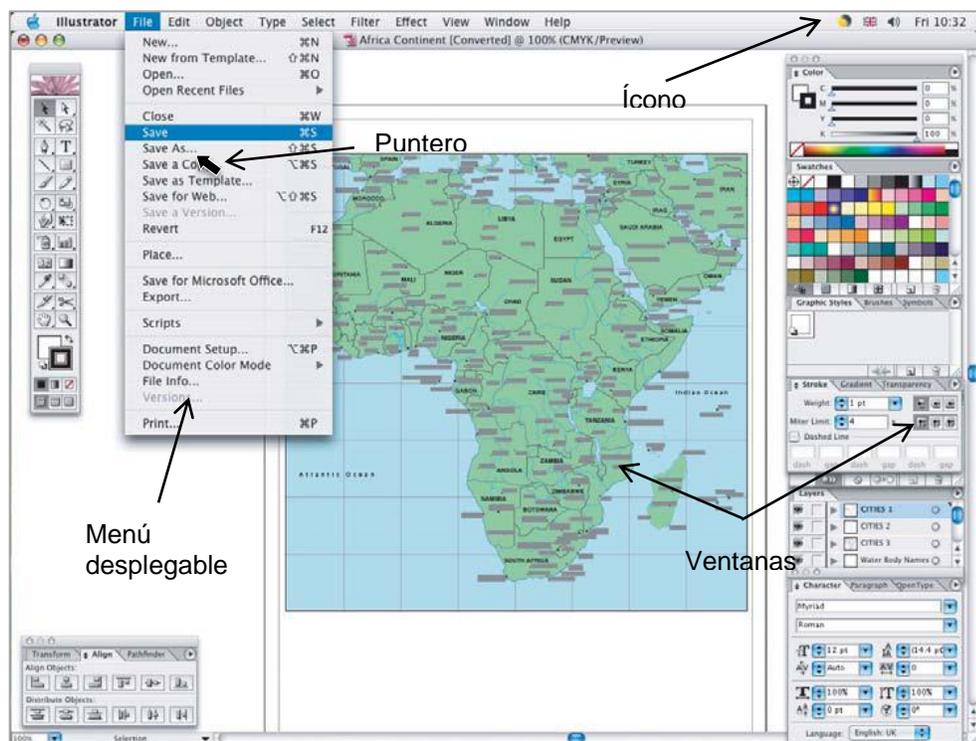
Debido a estas capacidades, se basó a la geovisualización en cuatro propósitos principales:

- Exploración: la medida en que un mensaje de un conjunto de datos es sensible a la salida o entrada de un ciertos elementos de datos particulares.
- Síntesis: presentar la gama, la complejidad y el detalle de uno o más conjuntos de datos en una forman que estos sean asimilados fácilmente por el usuario.

- Presentación: comunicar el mensaje en general de una representación en una forma fácilmente comprensible que permita al usuario entender la calidad de la representación en su totalidad global.
- Análisis: proveer de un medio de soporte a la gama de métodos y técnicas de análisis espacial.

Para ello se utilizan una interface gráfica de usuario GUI, que a su vez permita interactuar con él, este paradigma es llamado WIMP que significa ventanas, íconos, menús y punteros (*window, icons, menus and pointers* en inglés). Es la forma en que la mayoría de programas interactúa con el usuario.

Figura 40. Sistema WIMP



Fuente: LONGLEY, P. Goodchild, Maguire, y Rhind. *Geographical information systems and science*. Figura: 13.7, p. 296.

### **3.3.2.2. Transformación de mapas**

Los mapas muchas veces son punto de partida para otro tipo de representaciones que ayudan comprender mejor los fenómenos geográficos, esta es una ventaja que proporcionan los GIS, que al ser flexibles permiten la transformación de mapas.

La transformación de mapas se realiza cuando la información estadística que contiene el mapa es, en cierta manera, de mayor importancia que el contenido cartográfico, por lo que es necesario resaltar de alguna forma la información que el mapa contiene; eso significa algunas veces, modificar el mapa para hacer notar las diferencias en él.

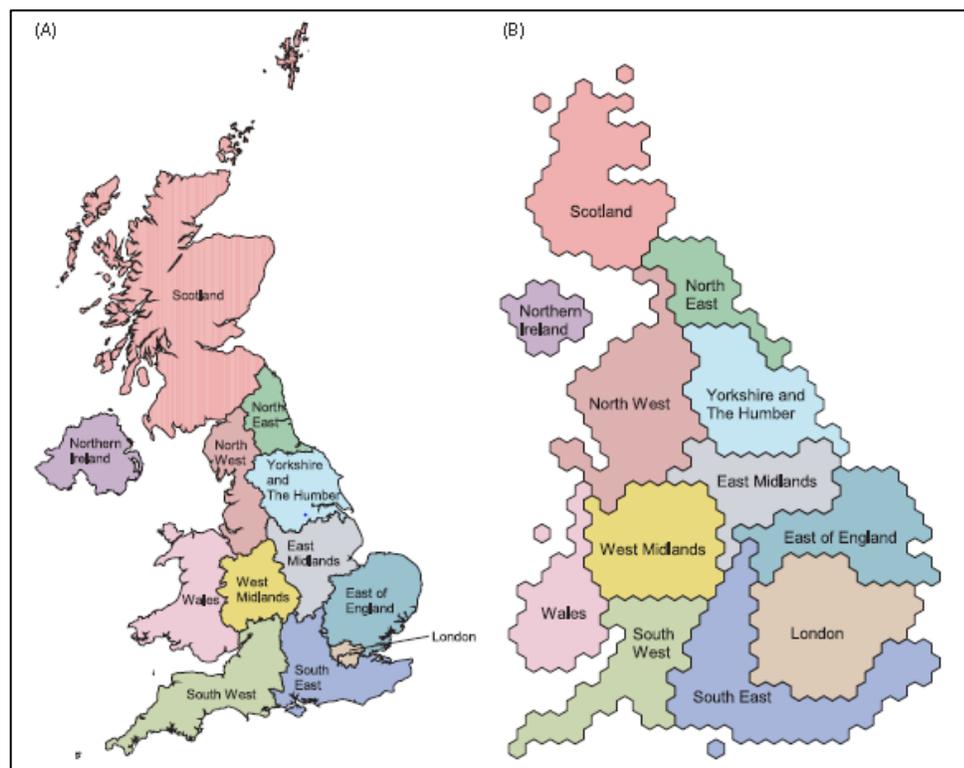
#### **3.3.2.2.1. Cartogramas y mapas dasimétricos**

Los cartogramas con mapas transformados en los que se distorsiona un área a manera de resaltar algún interés específico. Estos son distorsiones de proyecciones planimetrías que se realizan en función de otro tipo de información la cual, en ocasiones, no es posible apreciar con el nivel de detalle deseado en una mapa temático; por ejemplo, en un mapa de densidad poblacional lo normal es que se utilicen coropletas en las que se colorean las regiones de distintas formas según la densidad predominante en la misma.

En la mayoría de situaciones, en este tipo de mapa la mayor concentración sucede en lugares geográficamente más chicos como en las ciudades. Los cartogramas distorsionan cada una de esas regiones de manera que las que poseen mayor cantidad de habitantes sean las de mayor tamaño.

El dasimétrico es un mapa de corraletas en el cual las áreas estadísticas se subdividen por su relativa similitud basándose en datos complementarios. Los mapas dasimétricos utilizan la intersección de dos grupos de datos o dos capas del mismo grupo de datos obteniendo una estimación mucho más precisa de la distribución del fenómeno geográfico estudiado, se puede decir que estos mapas son un re-modelado de distribución espacial, siendo la mayor utilización en los estudios de densidades de población (ver figura 42).

Figura 41. **Mapa distrital del Reino Unido y cartograma de población**

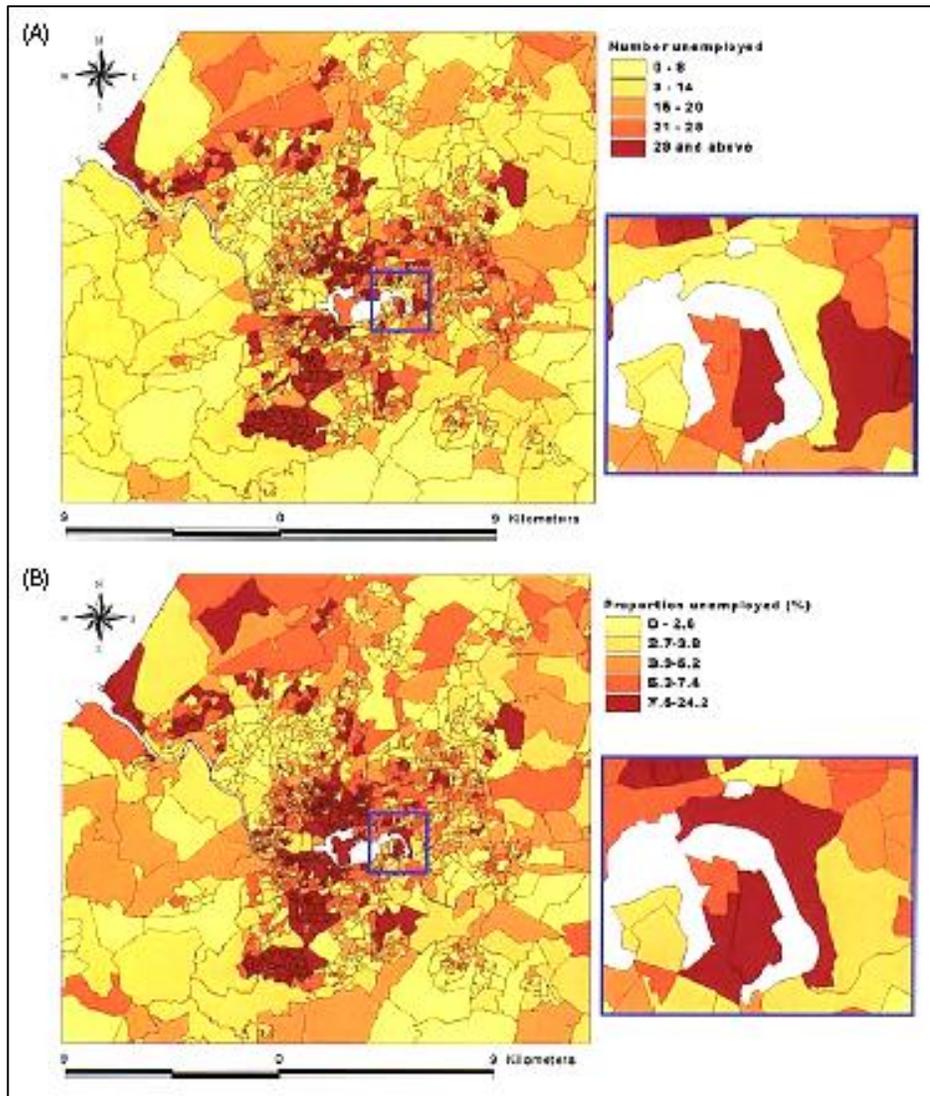


(A) Mapa poblacional

(B) Cartograma poblacional

Fuente: LONGLEY, P. Goodchild, Maguire, y Rhind. *Geographical information systems and science*. Figura: 13.7, p. 310.

Figura 42. **Mapa dasimétrico de desempleo de la ciudad de Bristol, Reino Unido**



(A) Cantidad de empleados en censo distrital;  
(B) Proporción de desempleados usando la misma geografía

Fuente: LONGLEY, P. Goodchild, Maguire, y Rhind. *Geographical information systems and science*. Figura: 13.13, p. 310.

### **3.3.2.3. Inmersión interactiva y sistemas de realidad virtual**

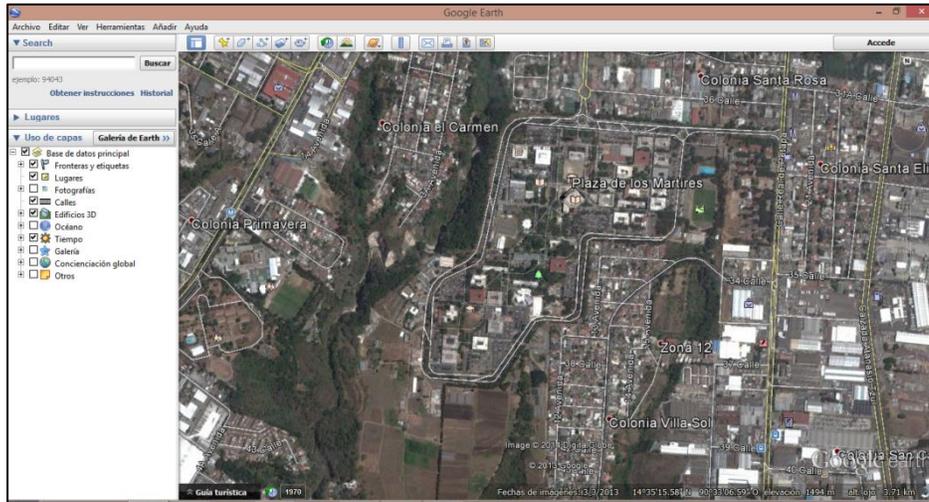
Otra manera de geovisualización que realizan los GIS es de manera interactiva, es decir, en modelos de tercera dimensión, mapas interactivos y los sistemas de realidad virtual.

Este tipo de geovisualizaciones es muy común en sistemas de información geográfica y uno de los mayores ejemplos es el GIS gratuito Google Earth, los cuales muestran una variedad de mapas y fotografías aéreas las cuales permiten tener una modelos de mayor comprensión, también periten realizar algunos tipos de análisis como mediciones, colocar puntos referenciados etc.

El único inconveniente es su limitada capacidad de análisis debido a que es un software más recreativo, adicionalmente necesita estar conectado a internet para poder visualizar, existe una versión más completa, pero es de licencia cerrada.

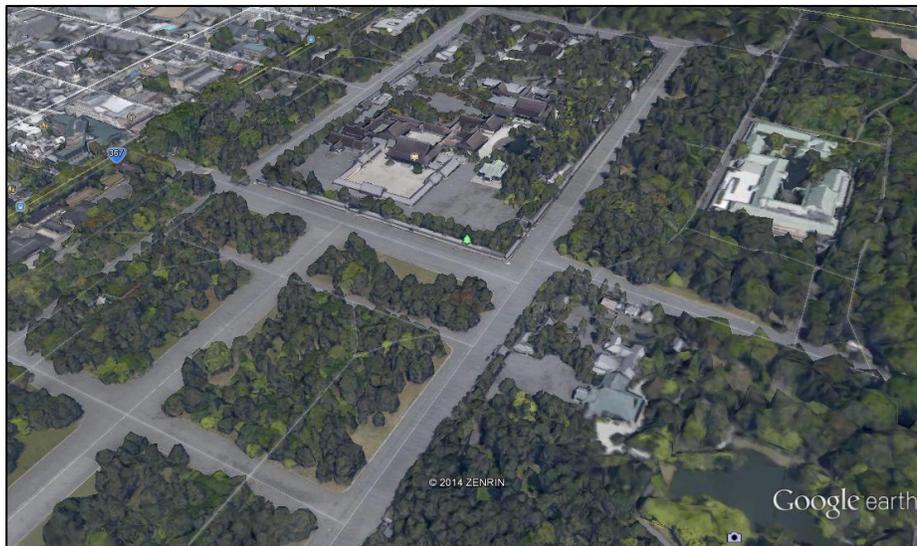
Adicionalmente, los GIS en general tiene la capacidad de generar sistemas de realidad virtual que permiten ver, no solo en vista de pájaro y todo el espectro de vistas en perspectiva, sino que también permite explorar el modelo y adecuarlo al tiempo real, gracias a la ayuda de información meteorológica que puede actualizarse conforme se encuentre disponible la información.

Figura 43. Ciudad Universitaria vista con Google Earth



Fuente: Google Earth© con imagen de Digital Globe©.

Figura 44. Modelo de tercera dimensión elaborado con un software GIS



Fuente: Google Earth© con imagen de DZENRIN©.

### **3.3.3. Análisis espacial**

El análisis espacial se refiere a la interpretación de la información que brindan los mapas y las representaciones, como también los datos almacenados en las bases de datos, transfórmalos en información útil. Para ellos los softwares de GIS proporcionan una amplia gama de herramientas que permiten realizar los análisis de los modelos con mayor rapidez y exactitud; aun así sigue siendo la capacidad del usuario de discernir la información proveniente del análisis la que realmente hará eficiente el sistema y no la capacidad del computador.

El análisis espacial depende mucho del fenómeno geográfico del cual se estudia con lo cual se da por sentado que no puede haber dos análisis iguales, ya que no existen dos fenómenos iguales y por ende dos procesos iguales. Tomando lo anterior en cuenta se puede decir que el análisis espacial es un conjunto de métodos cuyos resultados son variables bajo cambios en la ubicación donde se analizan los objetos y como consecuencia los resultados del análisis del fenómeno cambian, si bien existen muchos métodos de análisis espacial que dependen mucho del diseño del sistema de información por parte de sus diseñadores. Los GIS trabajan con seis métodos existentes los cuales son: las consultas, el dimensionamiento, las transformaciones, los resúmenes descriptivos, la optimización y la verificación de hipótesis.

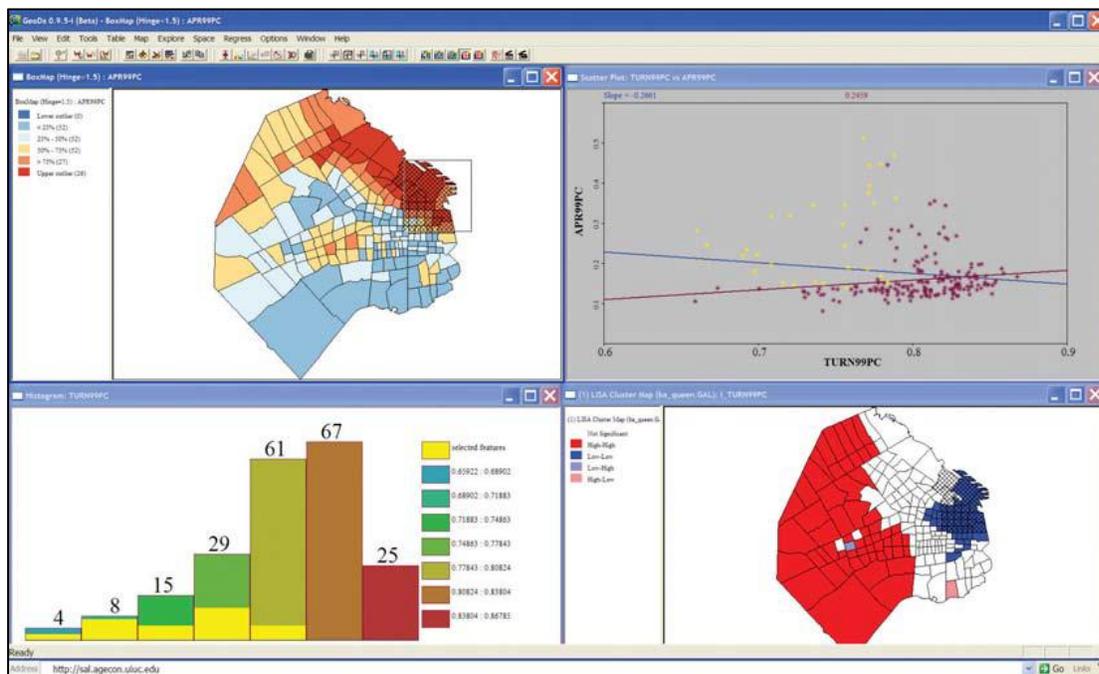
#### **3.3.3.1. La consulta**

Es la forma más básica de operación de análisis, en donde el software GIS es usado solamente para la respuesta a cuestiones dispuestas por el usuario; en estas acciones no existen operaciones entre datos de una base de datos y por lo tanto no se producen nuevos datos ni se modifican los mismos.

Los usuarios pueden interactuar de distintas maneras con las bases de datos cuando se realiza una operación de consulta en un GIS, ya sea con catálogos y menús de la data disponibles o por cuadros de diálogo en funciones adicionales.

Las consultas se presentan con mapas cartográficos y/o temáticos que muestran un grupo de datos, por tablas de datos y con gráficos que impliquen únicamente la comprensión de la información existente (gráficos de barras, de pastel, etc.).

Figura 45. **Análisis por consulta en GIS**



Fuente: LONGLEY, P. Goodchild, Maguire, y Rhind. *Geographical information systems and science*. Figura: 14.8, p. 310.

### **3.3.3.2. Mediciones**

Las mediciones son valores numéricos que describen simplemente aspectos de la data geográfica, también se incluye la medición de propiedades de simples objetos, así como longitud, forma y área; además de la medición de la relación entre pares de objetos, como los son la distancia y/o la dirección.

La medición sobre mapas es más bien un cálculo que una toma de medición como tal debido, principalmente al problema fundamental de la cartografía, la Tierra es un esferoide y el mapa es plano (ver 1.2.2.2). Esto significa que si se traza una línea que conecte dos puntos geográficos distantes en el esferoide, en un mapa esta línea se vería más bien como una curva, y por lo tanto la distancia será mucho mayor. Para ello los GIS calculan el perímetro de dicha curva.

En distancias menores de los treinta kilómetros, la línea se conserva casi como una recta por lo que los GIS la calculan como tal. Se puede decir que los GIS miden el área y los volúmenes de los objetos en el mapa. Los programas GIS también pueden medir la forma de los objetos, esto es muy útil cuando se determinar la compacidad de una cuenca hidrológica o se determinar la correcta división geopolítica.

### **3.3.3.3. Transformaciones**

Son un método de análisis espacial que consiste en cambiar un grupo de datos, combinándolos o comparándolos, de esta manera se obtienen nuevos grupos de datos.

Las transformaciones utilizan reglas geométricas, aritméticas o lógicas simples, e incluyen operaciones que convierten los datos de mapa de bits en datos vectoriales o a la inversa. También se pueden crear campos de grupos de objetos, o detectar grupos de objetos en los campos.

El primero de estos análisis de transformación es el *buffering* o almacenamiento limitado, se basa en poner entre limitantes (o *buffer* en idioma inglés) a un grupo de datos entre los que pueden estar líneas o puntos. Esta técnica de análisis construye un nuevo objeto u objetos mediante la identificación de todas las áreas que se encuentran dentro de una cierta distancia específica de los objetos originales. Un ejemplo es el derecho de vía de una carretera, en donde el ancho de la sección típica (ancho de la carretera) es un campo y es limitado por la distancia de separación legal a cada lado siendo estos, carretera y derecho de vía, campos distintos.

Otra transformación es el punto en un polígono, es una operación que se utiliza para determinar si un punto se encuentra dentro o fuera de un polígono. Para graficarlo mejor puede pensarse en un punto como un poste de transmisión eléctrica y el polígono como parcelas de terreno en donde, la tarea será identificar a cada dueño de cada parcela y determinar si la empresa dueña de los postes tiene la capacidad para cubrir dicha zona. De esta manera, el punto representa un objeto el cual no pertenece a los objetos dentro del polígono y que no tiene relación a los mismos, por lo que no son vinculantes entre sí, la relación de ambos debido al problema planteado (el servicio a cada parcela) propone la generación de nueva información a partir del análisis. De la misma forma se pueden superponer dos polígonos y extraer nueva información de los datos de ambos, como por ejemplo realizar el estudio de impacto de zonas de urbanas libres de impuestos cuya área es distinta a la que ocupa geopolíticamente u ocupa una diversidad áreas de distinta ocupación.

La transformación, también engloba las interpolaciones espaciales, en estas se encuentran los diagramas de Voronoi o también llamados polígonos de Thiessen, ponderación inverso-distancia, variaciones y estimaciones de densidad. Estos son utilizados para evaluar el alcance de medidas sobre las poblaciones, como el alcance en la ubicación de centros de votación.

#### **3.3.3.4. Resúmenes descriptivos**

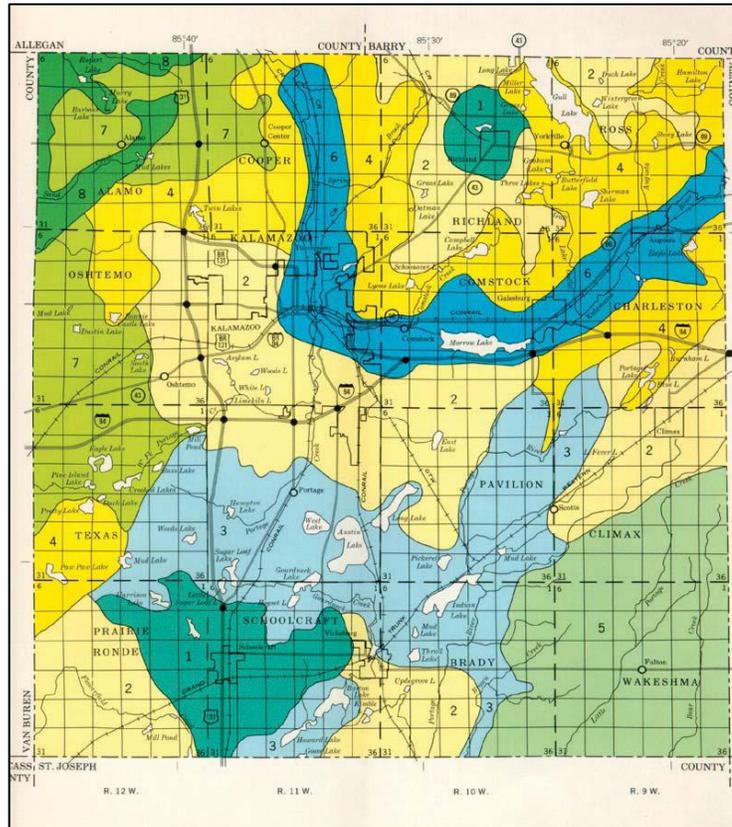
Los resúmenes o sumarios descriptivos son básicamente el equivalente espacial de la estadística descriptiva y son comúnmente utilizados en el análisis estadístico. Por ello que muchas veces son llamados como estadística espacial, la finalidad de los resúmenes es determinar la naturaleza entre dos conjuntos de datos en uno o dos números.

Los sumarios utilizan todas las técnicas de la estadística descriptiva para brindar nueva información con base en los datos que se presenten, sin embargo debido a que los análisis espaciales muchas veces son otro tipo de análisis, se establecen los resúmenes descriptivos siguientes:

- Centros o media espacial: esta técnica es el equivalente en dos dimensiones a la media estadística y se usa para resumir las posiciones de un número determinado de puntos. Se calcula como una media aritmética pero además se toma la distancia al mínimo o sea la suma de la diferencia de un número  $n$  al cuadrado y en donde  $n$  es la media aritmética, por lo tanto la media o centro es el punto sobre el que el conjunto de los números se equilibraría. Un centroide sería una forma de ver la media espacial, pero a este centroide confluye la media estadística. Esta no debe de confundirse con la técnica de centro de gravedad para determinar el tiempo de viaje más corto entre puntos.

- **Dispersión:** al igual que en la dispersión estadística la finalidad es determinar qué tan distanciados están los valores de la media, solo que, en este caso, será cuan alejados estén del centro. La distancia media desde el centroide es un buen parámetro resumen de dispersión espacial.
- **Mediciones del patrón:** existen un sinnúmero de técnicas para establecer el resumen de las propiedades de un patrón, la mayoría se han desarrollado para los puntos y se han extendido a líneas y áreas; lamentablemente esto es muy complicado, por lo que el trabajo se resume solo a puntos.
- **Fragmentación y dimensiones fractales:** las estadísticas de fragmentación han sido diseñadas para proporcionar la base numérica para situaciones en las que existen patrones distintos, pertenecientes a un mismo sistema, mediante la medición de las propiedades relevantes de los conjuntos de datos (ver figura 46). Cada fragmento en los que se divide un área se llama parche, un área puede subdividirse de un determinado número de parches o en un gran número de fragmentos de muchas formas distintas. Una medida de la fragmentación es simplemente el número de parches, aunque también, la distribución del tamaño de los mismos es un indicador muy útil para determinar la fragmentación, ya que muchas veces es muy difícil establecer a cada parche debido a que raramente poseen unidades bien definidas. La dimensión fractal es un resumen descriptivo para la complejidad de objetos geográficos y permite realizar mediciones de los fractales (líneas lindero); es un número real que generaliza el concepto de dimensión ordinaria para objetos geométricos que no admiten espacio tangente.

Figura 46. **Ejemplo de área fragmentada (mapa de suelos del condado de Kalamazoo, Michigan, EE.UU.)**



Fuente: LONGLEY, P. Goodchild, Maguire, y Rhind. *Geographical information systems and science*. Figura: 15.13, p. 352.

### 3.3.3.5. Optimizaciones

Estas técnicas están diseñadas para seleccionar la localización ideal de objetos que poseen criterios autodefinidos. La optimización se diferencia de las otras técnicas de análisis espaciales, vistas hasta el momento, en que estas únicamente analizan los patrones sin evaluar la información ni los datos obtenidos, de manera que no es posible detectar las anomalías.

Entre sus objetivos se encuentran la minimización de tiempo de viaje, el costo de construcción de nuevos desarrollos entre otros en que prima el criterio de la mejor localización.

Las optimizaciones se llevan a cabo por métodos normativos o también llamados métodos de desarrollo por aplicaciones para la solución práctica de problemas de diseño, de hecho la optimización es una técnica normativa por naturaleza; los métodos normativos implementan un componente del sistema que constituye el soporte para la toma de decisiones llamado sistema de soporte de decisiones espaciales o SDSS (spatial-decision support system por sus siglas en inglés). El SDSS, especialmente implementado en los GIS, provee una retroalimentación instantánea sobre las implicaciones de varias proposiciones y evaluaciones de escenarios *what-if* (equivalente a la expresión: que pasaría sí).

Si bien las situaciones en que la optimización es usada son de lo más variadas, todas poseen características comunes, lo que permite que se puedan dar respuestas u optimizaciones de dichas situaciones, se pueden agrupar de la siguiente manera:

- Localización puntual: como su nombre lo indica, es determinar la localización de un punto de importancia de manera más eficiente. Los problemas de localización óptima pueden resolverse tanto en espacios discretos o en continuos dependiendo de la longitud y de la escala, de esta misma manera la localización involucra dos tipos de decisiones sobre donde ubicar y cómo distribuir la demanda de servicios. Un ejemplo de este tipo de optimización es la ubicación de las estaciones de bomberos en las que es necesario tener el mejor punto de ubicación para la eficiencia del servicio a prestar.

- Problemas de ruta óptima: una vez establecido el punto de localización queda el problema de cómo llegar a dicho punto, problema que muchas veces se torna más complejo debido a que se parte de puntos que no han sido optimizados. Para estos casos los GIS pueden ser muy eficaces en la resolución de problemas de ruta óptima, ya que son capaces de examinar un gran número de posibles soluciones de forma rápida. Las compañías de entrega o paquetería ofrecen un buen ejemplo, ya que planifican sus rutas de entrega de manera que se puedan repartir la mayor cantidad de paquetes con la menor cantidad de recursos (tiempo y combustible).
- Trayectorias óptimas: se refiere a la trayectoria que genere la menor pérdida de recursos de una manera eficiente. Se diferencian de las rutas óptimas en sus objetivos principales, estas rutas buscan el camino que permita trazar un recorrido óptimo utilizando obligatoriamente un cronograma de visita. En cambio las trayectorias óptimas buscan la ruta que permita llegar a un punto determinado sin considerar un cronograma obligatorio. Los GIS puede determinar la trayectoria óptima para una gran variedad de situaciones como la ruta óptima en una línea eléctrica, una carretera, de las rutas aéreas y marítimas contra los vientos o corrientes oceánicas dominantes. Las soluciones de rutas óptimas son muy usadas por las empresas de entrega rápida, ya que les permite entrenar a su personal y establecer lugares estratégicos para cumplir con los requisitos de entrega.

#### **3.3.3.6. Verificación de hipótesis o inferencia**

Es el proceso de razonamiento a partir de los resultados de una muestra limitada de manera de hacer generalizaciones sobre toda una población, la prueba de hipótesis es la base de la estadística inferencial y se encuentra en el

centro del análisis estadístico, pero su uso con datos espaciales es mucho más complicado debido a que los métodos de inferencia geográfica trabajan la información sobre una muestra de datos general de una población más grande.

Un proyecto de GIS a menudo analiza todos los datos en un área determinada en lugar de una muestra, a eso hay que añadirle la heterogeneidad de la superficie terrestre, lo que dificulta la toma de muestras que sean verdaderamente representativas de una región grande. Por esa razón las pruebas aleatorias se adaptan de forma única a pruebas de hipótesis sobre patrones espaciales.

#### **3.3.4. Modelos espaciales**

Un modelo espacial es aquél en el que un objeto representado tiene una dimensión espacial. La aplicación de modelos junto con el análisis espacial son la razón por la cual el uso de sistemas de información geográfica se ha vuelto una herramienta indispensable para aquellos clientes que su mayor reto es la toma de decisiones (ingenieros, urbanistas, planificadores, gerentes, administradores, etc.). Los modelos espaciales son usados en diferentes situaciones, para la evaluación de la planificación de escenarios, para la elaboración de indicadores de vulnerabilidad, simulaciones de trabajo global, etc.

Los modelos tratados en esta sección son distintos a los de datos discutidos en la sección 3.2.2, estos son una representación del mundo real en el cual no presentan cambios ni situaciones y solo existe un escenario fijo como los modelos hidrológicos-geológicos o los cartográficos-topográficos.

En cambio los modelos espaciales cubren la representación de la realidad del espacio, es decir, que toman en cuenta las variaciones que suceden dentro del espacio geográfico y dan como resultado el fenómeno geográfico, tienen la capacidad recrear los cambios sucedidos en el paisaje, crear y evaluar escenarios que incluye los futuros alternos y crear modelaciones de simulación dinámica; algunos ejemplos son los modelos desarrollados para las migraciones de algunas especies animales o el movimiento de las corrientes oceánicas.

Las simulaciones que realizan los modelos espaciales son tareas distintas a las que realizan los análisis espaciales, ya que el objetivo de los análisis es evaluar los escenarios y mostrar los resultados, mientras que los modelos son los que crean la simulación, la tabla XII ilustra mejor las diferencias entre el análisis y los modelos.

Por último, para considerar a un modelo espacial como tal, se deben cumplir con dos requisitos principales:

- Debe existir una variación en todo el espacio que está siendo manipulado por el modelo (un requisito esencial de todas las aplicaciones de los GIS).
- Los resultados del modelo cambian cuando las ubicaciones de los objetos cambian.

Tabla XII. **Cuadro comparativo entre análisis espacial y modelo espacial**

<b>Análisis espacial</b>	<b>Modelo espacial</b>
Enfoque estático, representación de una etapa en un momento en el tiempo.	Enfoque dinámico, Múltiples etapas representando diferentes momentos.
Búsqueda de patrones o anomalías que lleva a nuevas ideas e hipótesis.	Implementación de ideas e hipótesis.
Manipulación de datos para revelar lo que de otro modo sería invisible.	Experimentación con las opciones de políticas y escenarios.

Fuente: elaboración propia, con información de, LONGLEY, P. Goodchild, Maguire, y Rhind. *Geographical information systems and science*. p. 369.

### **3.3.4.1. Tipos de modelos espaciales**

Al igual que en los modelos de datos, los modelos espaciales pueden tener una cantidad de aplicaciones tan variadas como particulares, aunque la mayoría de problemas tiene ciertas características que conllevan a que existan algunas analogías entre la formulación de los modelos resultantes.

De la analogía de los casos y modelos resultantes se llega a una tipología de los modelos espaciales, quedando la siguiente clasificación:

- **Indicadores y modelos estáticos:** un modelo estático representa un sistema en un punto particular en el tiempo, el nombre estático no implica que este modelo sea la excepción a la regla sino que es el cambio que se busca es instantáneo o específico en el tiempo, como los modelos de erosión de suelo. Los modelos tienen una gran cantidad de entradas y salidas de información, usadas extensivamente, y aunque en estos

modelos no existen un lapso de tiempo prolongado, los resultados sirven como indicadores que permiten la interpretación de la información bajo ciertos parámetros.

- Modelos individuales y agregados: los modelos individuales son aquellos que se tratan de modelar para estudiar y predecir el comportamiento de las unidades atómicas como en el análisis de tráfico en el que se desea determinar el comportamiento de los automovilistas. En la mayoría de los casos es muy difícil realizar modelos individuales, esto es porque los modelos físicos se conforman de una infinidad de partes distintas (el tránsito es básicamente solo automóviles). Cuando es imposible para modelar el comportamiento de cada elemento individual en un sistema de utilizan los enfoque agregados (que conllevan realizar agregación temporal) de ahí el nombre de modelos agregados.
- Modelos celulares: los modelos celulares representan la superficie terrestre como un mapa de bits (como sucede en las modelos tipo ráster), cada célula que tiene un número de estados o atributos asignados que se cambian en cada iteración de la ejecución de las normas o asignaciones del usuario, estos modelos tiene varias aplicaciones interesantes que han sido identificadas. Particularmente son notables los esfuerzos para aplicarlos a la simulación del crecimiento urbano. Un modelo celular (al igual que la mayoría de modelos espaciales) debe ser calibrado con datos reales para determinar los valores apropiados de los parámetros, y para asegurar que sus normas son válidas.
- Modelado cartográfico y álgebra de mapas: básicamente consiste en la combinación de muchas etapas de transformación y manipulación en un único todo y con un solo propósito. Las transformaciones en se clasifican cuatro clases básicas, las operaciones locales que examinan células por célula, comparando el valor de cada celda en una capa con los valores

en la misma célula en otras capas; las operaciones focales que comparan el valor de cada celda con los valores de sus células vecinas, mínimo con ocho de sus vecinos próximos; las operaciones globales que producen resultados que son verdaderos para toda la capa, como su valor medio; y por último las operaciones zonales que son resultados de cálculo para los bloques de celdas contiguas que comparten el mismo valor, como el cálculo de la forma de áreas contiguas de la misma utilización de espacio y adjuntan los resultados a todas las células de cada bloque contiguo. El álgebra de mapas proporciona un lenguaje sencillo que expresa un modelo como un script (archivo de procesamiento por lotes).

#### **3.3.4.2. Prueba de modelos**

Los modelos espaciales son estructuras complejas y sus salidas son a menudo las previsiones de escenarios futuros, aun así las previsiones futuras desarrolladas por los modelos no están exentas de falibilidad. Los resultados de los ordenadores pueden parecer llevar una autoridad innata, pero la realidad es que ningún ordenador ni ningún software pueden realizar modelos que determinen una situación cien por ciento acertada. Por esa razón cualquier pronóstico modelo debe ir acompañado de una medida realista de la incertidumbre.

El usuario debe conocer o al menos tener alguna idea, de lo que requiere del modelo para determinar la veracidad de la información que el modelo arroja. Con base en esta prerrogativa, los resultados de los modelos siempre deben tomarse con conocimiento de lo que está sucediendo, teniendo en cuenta varios argumentos importantes:

- Un modelo puede reflejar el comportamiento en circunstancias ideales y por lo tanto proporcionar una norma contra la cual comparar la realidad. Por ejemplo, en muchos modelos económicos se piensa que se tiene toda la información respecto al fenómeno y se asume como perfectamente informado, por lo que se llega a concluir que se toman decisiones racionales; de manera contraria los seres humanos rara vez se comportan de esta manera.
- Un modelo no debería medirse en qué tan cerrados son sus resultados correspondientes a la realidad, sino por la cantidad en que reduce la incertidumbre sobre el futuro. Si un modelo puede reducir la cantidad de opciones a futuro, entonces es útil. Por esta razón se señala que cualquier pronóstico también debe ir acompañado de una medida realista de la incertidumbre.
- Un modelo es un mecanismo para el montaje de conocimiento a partir de una serie de fuentes y la presentación de sus conclusiones sobre la base de ese conocimiento en una forma fácilmente utilizada. El objetivo no es realizar una forma de descubrir cómo funciona el mundo, sino como una forma de presentar los conocimientos actuales en una manera útil para quienes toman las decisiones.
- Un modelo a menudo ofrece un único marco analítico, sólido y transparente más probable para competir con los objetivos e intereses entre quienes toman las decisiones.



## **4. PROPUESTA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO**

### **4.1. Enfoque de docencia**

La exigencia actual en que se desarrollan la topografía, la cartografía y la geodesia va cada más allá de la aplicación del conocimiento simplemente métodos manuales-conceptuales. Ahora cada vez con mayor rapidez se enfoca hacia el aprendizaje y el manejo de automatizados como el manejo de programas de software especializado, herramientas de campo digitales y/o automatizadas y el uso de redes (especialmente internet). Como resultado la docencia modifica su enfoque hacia las nuevas tecnologías, sin olvidar el conocimiento teórico, práctico y de campo.

Parte de este nuevo enfoque corresponde el brindar las herramientas necesarias a los estudiantes, esto incluye la inmersión a los softwares de topografía, cartografía y geodesia; para ello existen los programas de CAD como Autodesk AutoCAD y los programas de GIS como ESRI ArcGIS o el paquete versión libre QGIS elaborado por el Proyecto QGIS.

#### **4.1.1. Requerimientos del estudiante dentro de la formación académica**

Para responder a las exigencias planteadas en el ámbito académico como en el mundo laboral, se necesita que el estudiante posea las herramientas adecuadas para su desempeño posterior; hay que recordar que la educación y la tecnificación constantes son deber de todo ingeniero sin importar su etapa de formación dentro del estudio de la ingeniería en cualquiera de sus ramas.

En el campo específico de la topografía y la geodesia, la necesidad de manejar las nuevas tecnologías se vuelve imperante ya que estas se han vuelto indispensables para el desarrollo del país, no solo en la instrumentación (teodolitos digitales, GPS y estaciones totales) sino que también en las herramientas informáticas (CAD y GIS). Por otro lado, los GIS son utilizados en otras ramas de la ingeniería y en otras disciplinas totalmente distintas, por lo que se necesita que el estudiante pueda desempeñarse en los GIS aunque sea de manera básica.

La naturaleza del curso de Topografía 3, así como del contenido y los objetivos del mismo, hace necesario que el estudiante tenga algún conocimiento sobre el manejo de paquetes de software de GIS de manera que puedan aplicarse los contenidos de las prácticas.

#### **4.1.2. Requerimientos del profesional y del medio laboral**

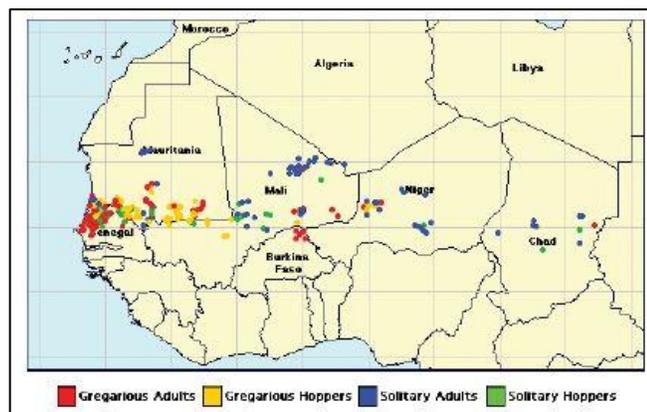
Los sistemas de información geográfica cada vez son más utilizados en la mayoría de las ramas de la ingeniería y por consecuencia son muy usados en muchos campos de la ingeniería civil, debido a su versatilidad en la que se pueden manejar datos y asignarlos a objetos geográficamente referenciados. Esto los ha convertido en una herramienta informática esencial para la planificación, la infraestructura y el urbanismo, entre otras.

El profesional de ingeniería no solo tiene que ser capaz de dominar las bases de la ingeniería, el pensamiento abstracto, lógico y racional; sino que además tiene que ser capaz de manejar las distintas herramientas informáticas, los GIS como una de ellas debe ser conocido como mínimo en su forma más básica.

Para el profesional de la ingeniería civil, principalmente los dedicados a la planificación e infraestructura deben manejar alguno de los distintos softwares de GIS del mercado. Esto es por la exigencia que el medio laboral ha tenido durante estos últimos años, principalmente, que los GIS pueden analizar información geográfica y crear predicciones a futuro. Como por ejemplo el crecimiento de poblaciones a veinticinco años. Los profesionales que conocen de GIS pueden realizar trabajos de catastro y de auditoría y control de infraestructura, por mencionar algunos (ver figura 48).

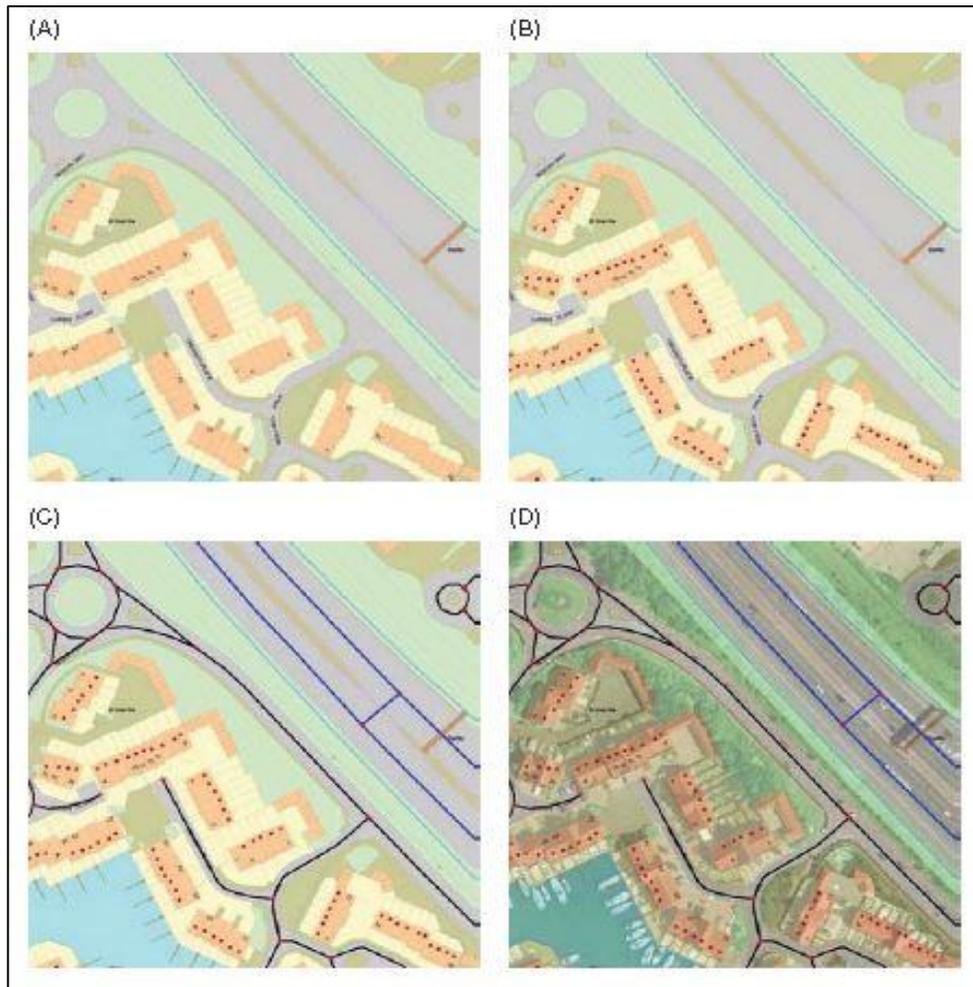
Actualmente, los sistemas de información geográfica son empleados por muchas disciplinas ajenas a la ingeniería (ver figura 47) como las ciencias sociales, la gerencia y administración y la medicina métrica entre otras; en proyectos como la identificación de zonas de riesgo, estudios de mercadeo, registro y muestreo de epidemias; auditoria de bosques y proyectos ambientales, etc. Por lo que, el profesional que conozca GIS tendrá mayores oportunidades en el medio laboral, profesional y académico.

Figura 47. **Mapa de langostas (saltamontes) en el África Occidental**



Fuente: LONGLEY, P. Goodchild, Maguire, y Rhind. Geographical information systems and science. Figura: 19.7, p. 438.

Figura 48. **Ejemplo del uso de GIS para un plan maestro de ordenamiento municipal**



(A) Mapa topográfico de los lotes, (B) Mapa topográfico con direcciones, (C) Sistema integrado con información de vías de acceso, y (D) Ortofoto integrada al sistema georreferenciado.

Fuente: LONGLEY, P. Goodchild, Maguire, y Rhind. *Geographical information systems and science*. Figura: 19.7, p. 438.

## **4.2. Objetivos, expectativas y metodología**

La práctica de laboratorio de GIS se engloba dentro de la cátedra de Topografía 3, siendo dicho laboratorio, en primer lugar, un auxiliar de la clase teórica; especialmente el capítulo dedicado a las tecnologías afines (ver sección 1.2.4).

El laboratorio también brindará al estudiante las herramientas básicas para el manejo de un paquete informático para GIS y que a su vez sirva para complementar las prácticas de campo. De manera que el estudiante no solo podrá poner en práctica lo visto en clase, sino que además aprenderá, de manera básica, una nueva herramienta indispensable en la práctica de la ingeniería. Además, el laboratorio de GIS también podrá serles de utilidad a los estudiantes de ingeniería ambiental para cursos posteriores.

Para ello las prácticas de laboratorio de GIS se realizarán tomando como guía las prácticas de laboratorio de los cursos de topografía 1 y topografía 2, demarcándolo a las exigencias propias de la cátedra y su programa de actividades, desarrollando sus propios objetivos y su propia metodología.

### **4.2.1. Objetivos a alcanzar**

La práctica de laboratorio de GIS tiene como su principal objetivo el reforzar en el estudiante el contenido del curso; tanto en los temas vistos en clase, como en los contenidos de las prácticas de campo. Así también, y no menos importante, que el estudiante obtenga los conocimientos básicos necesarios para poder utilizar un software GIS.

De esta manera se establecen los siguientes objetivos (general y específicos) que gobernarán el proceso de aprendizaje y que guiarán la metodología a seguir, los cuales son de orden general, lo que significa que podrán ser aplicados a cualquier programa independientemente de qué paquete de software GIS se desee implementar, siendo estos:

- Objetivo general: proporcionar al estudiante los conocimientos básicos necesarios que le permitan utilizar un paquete de software de GIS, de manera que pueda reforzar los temas vistos en clase y pueda hacer uso de una herramienta informática indispensable en el campo de la ingeniería civil.
  
- Objetivos específicos:
  - Reforzar en el estudiante los conocimientos vistos en clase
  - Adentrar al estudiante al ambiente del programa de software
  - Introducir al estudiante en el manejo y manipulación de datos y tablas de datos.
  - Enseñar al estudiante a georreferenciar objetos
  - Iniciar al estudiante en la producción de mapas con software GIS
  - Proporciona al estudiante los conocimientos básicos sobre bases de datos geográficas (Geodatabase).
  - Introducir al estudiante en el análisis espacial y construcción de modelos espaciales.

#### **4.2.2. Expectativas respecto al curso**

Se espera que el estudiante haga uso del paquete información geográfica de manera elemental, que conozca sus funciones básicas y se familiarice con el ambiente de trabajo, que conozca los principios fundamentales del uso y

manipulación de datos geográficos y bases de datos geográficas, que pueda realizar trabajos básicos de producción de mapas y otros productos geográficos; y que comprenda los principios de georreferenciación, de proyección modelos espaciales y la realización del análisis espacial.

Se espera también que el estudiante pueda poner en práctica lo visto en las clases magistrales, así como comprender mejor el contenido del curso; especialmente el capítulo dedicado a las tecnologías afines. Para los estudiantes de la carrera de ingeniería ambiental se pretende que el laboratorio sirva como introducción a los GIS para el curso de Taller de Sistemas de Información Geográfica.

Por último, se espera incentivar al estudiante a seguir con el proceso de aprendizaje del paquete de software GIS, y estimular el interés en el estudiante para continuar con su educación de ingeniería en: geomática, geodesia y/o cartografía.

#### **4.2.3. Metodología general**

El laboratorio de GIS para el curso de Topografía 3 estará constituido de clases teóricoprácticas en donde se desarrollará el tema de cada práctica con explicaciones, ejemplos de aplicación, ejercicios y resolución de dudas. Las clases deben llevarse a cabo en laboratorios informáticos con computadores que tengan instalado el software respectivo, preferiblemente en salones específicos para Geomática y con conexión a internet. Solo puede estar un estudiante por máquina.

Las prácticas de laboratorios no pueden cruzarse con las prácticas de campo ni con las clases magistrales del curso, debiendo planificarse el espacio para el desarrollo de las prácticas de laboratorio por parte del cuerpo docente de la cátedra (profesores titulares, profesores auxiliares, y catedráticos instructores) y las autoridades encargadas de los laboratorios de cómputo, equipo y demás instalaciones.

La bibliografía que se escoja debe ser acorde a los objetivos del laboratorio y al nivel de aprendizaje de los estudiantes, este trabajo puede utilizarse como tal; de la misma manera serán seleccionados los ejemplos los cuales debe ser también concordantes con el contenido de cada práctica (ver la sección 4.3). La bibliografía serán libros, revistas y/o páginas electrónicas.

El curso de laboratorio se aprueba con una nota mínima de sesenta y un (61) puntos y una nota máxima de aprobación de cien (100) puntos, según el Normativo de evaluación y promoción de los estudiantes de pregrado de la Facultad de Ingeniería, artículo 52, inciso (b), título XII. La evaluación se compondrá de la siguiente manera: de un cien por ciento de nota total, un cincuenta por ciento serán de tareas o proyectos que el instructor encargado asigne y evalúe, veinticinco por ciento de exámenes cortos y comprobaciones de lectura, y una prueba final también del veinticinco por ciento. Las comprobaciones de lectura pueden ser de la literatura de la bibliografía del curso o sobre recursos adicionales que el instructor encargado asigne. Por ser laboratorio no posee exámenes de recuperación, reposición o retrasada.

La metodología propuesta en este trabajo puede ser modificada teniendo en cuenta las exigencias de la cátedra, la necesidad de aprendizaje por parte del estudiante y por las normativas que rijan para tal efecto. Se recomienda que sea llevada a cabo por el cuerpo docente de la cátedra y los instructores del

laboratorio, así también sea llevada a cabo una evaluación periódica del laboratorio por parte del cuerpo docente del curso para medir los avances, logros y necesidades que puedan llegar a surgir.

#### **4.2.3.1. Tiempo y duración de clase**

La duración y el tiempo del curso de la práctica de laboratorio dependerá de la disponibilidad de las instalaciones y el equipo de cómputo, debido a que existen otros cursos que también usan la mismas instalaciones; las prácticas deben contar con su propio período de clase independiente de los otros componentes de la cátedra.

El tiempo recomendado con que cuente cada curso debe ser de entre veinte (20) y cuarenta (40) horas de clase. Se propone en el presente trabajo que el tiempo para desarrollar el curso de laboratorio sea de treinta (30) horas hábiles de clase, tomando sesiones de dos horas de duración cada una, dos veces por semana; o cuatro horas una vez por semana (de preferencia fines de semana), alternándose con las prácticas de campo. Estas estipulaciones están sujetas a las consideraciones anteriormente descritas, así como a las siguientes observaciones: la calendarización semestral que la facultad publique, al tiempo que dure el semestre académico (generalmente de cuatro meses), a los asuetos que puedan coincidir con los días hábiles de clase y las eventualidades que puedan surgir durante el ciclo lectivo (cierres forzados de las instalaciones, paros estudiantiles, etc.).

Se recomienda también, que cada sesión se organice de la siguiente manera: diez minutos para evaluaciones y exámenes, de veinticinco a cincuenta minutos de explicación y ejemplificación; y de cincuenta minutos a una hora para la realización de ejercicios. La organización de cada sesión queda

supeditada al desarrollo y contenido de la práctica de manera y al criterio del instructor, de forma que todo tenga una duración total de una hora con cincuenta minutos como mínimo.

Para cursos de cuatro horas, pueden tomarse como dos sesiones cortas de dos horas. Si se utilizara algún período de descanso este debe ser de entre diez y quince minutos por sesión.

#### **4.2.3.2. Desarrollo de las prácticas**

El desarrollo propuesto para cada sesión de clase consta de tres períodos constituidos de la siguiente manera: uno de evaluación, uno de explicación o parte teórica y uno de ejecución de ejercicios o parte práctica.

El período de evaluación será el tiempo otorgado al estudiante para la resolución de exámenes cortos y/o compresiones de lectura, se recomienda que sea al principio o al final de la práctica y debe realizarse solamente uno por clase. La primera sesión será la única sesión que no esté obligada a contar con período de evaluación; en su lugar se presentará el curso, se explicará el cometido y los objetivos de las prácticas, el contenido general, la metodología de clase y la metodología de evaluación.

El período de explicación o parte teórica es el tiempo que el instructor del laboratorio dedica a explicar el tema a desarrollar en la práctica. Esta debe contener la teoría de la práctica y su respectiva explicación, debe ser acompañada por ejemplos realizados por parte del instructor; también debe contar con un espacio para resolución de dudas que se generen en el estudiante. El período de ejecución de ejercicios o parte práctica estará dedicado a la realización de ejercicios por parte del estudiante en el cual ponga

en práctica lo estipulado en el período anterior, será un tiempo dedicado a la supervisión de la realización de los ejercicios y de resolución de dudas por parte del instructor. En las sesiones de clase de cuatro horas se recomienda dejar un período de descanso. En las sesiones de dos horas queda a discreción del instructor. La duración recomendada para cada período queda estipulada en la sección anterior.

### **4.3. Contenido de las prácticas**

El laboratorio estará dividido en ocho prácticas siguiendo los parámetros trazados por los objetivos, las expectativas y la metodología general; a continuación se explicaran cada una de estas prácticas, se brindaran los temas que incluye cada una, los objetivos operacionales a alcanzar (describen las habilidades y competencias que se esperan que el estudiante adquiera al terminar cada una de las prácticas) y los recursos necesarios para llevar a cabo la práctica. Se recomienda que el contenido de las prácticas sea revisado constantemente de manera de mantenerlo actualizado.

La duración recomendada para cada práctica es de cuatro horas siguiendo lo estipulado en la sección 4.2.3.1. Aunque puede variar según sea requerido por parte del instructor. El programa de GIS a utilizar se describe en el capítulo siguiente, ya que los temas contenidos en cada práctica deben ser los mismos sin importar el paquete que se implemente.

#### **4.3.1. Práctica 1. Introducción al programa, notaciones y etiquetas (ambiente de trabajo, capas y simbología)**

La primera práctica introduce al estudiante al entorno de trabajo, dígase la interface del programa y los componentes del mismo (barras, ícono, menús, etc. Además se desarrolla el manejo de las herramientas básicas, así como el manejo de notaciones y etiquetas, la administración de capas (crear y editar capas) y simbología por parte del usuario.

##### **4.3.1.1. Temas de la práctica**

Los temas pertenecientes a la práctica, los cuales se deben cubrir los siguientes:

- Reconocimiento del entorno de trabajo del programa (menús, iconos y barras de herramientas).
- Administración de capas
- Personalización de simbología
- Etiquetas y notaciones

##### **4.3.1.2. Objetivos operacionales**

Se espera que al finalizar la práctica el estudiante esté en capacidad de:

- Relacionarse con el ambiente de trabajo del programa
- Reconocer e identificar las herramientas del software
- Personalizar la simbología de un proyecto
- Realizar etiquetas y notaciones

#### **4.3.1.3. Recursos necesarios**

Para el desarrollo de la práctica se requiere de los siguientes recursos:

- Equipo de cómputo con el software GIS instalado
- Cañonera y pantalla de proyección o monitor TV
- Memoria USB (por parte del estudiante)

#### **4.3.2. Práctica 2. Despliegue de datos, búsqueda y edición de datos**

Esta práctica tiene por finalidad desarrollar los temas de consulta, selección, edición (polígono, línea y otras) y la asignación de datos; sin tomar en cuenta el trabajo con bases de datos geográficos.

##### **4.3.2.1. Temas de la práctica**

Los temas que la práctica deben cubrir son los siguientes:

- Consulta y selección de datos
- Asignación de datos
- Edición de datos (líneas y polígonos)
- Hipervínculos

##### **4.3.2.2. Objetivos operacionales**

Se espera que al finalizar la práctica el estudiante esté en capacidad de:

- Asignar y selección de datos a un objeto

- Realizar consultas
- Editar la información contenida en los objetos
- Realizar hipervínculos

#### **4.3.2.3. Recursos necesarios**

Para el desarrollo de la práctica se requiere de los siguientes recursos:

- Equipo de cómputo con el software GIS instalado
- Cañonera y pantalla de proyección o monitor TV
- Memoria USB (por parte del estudiante)

#### **4.3.3. Práctica 3. Ajuste espacial y georreferenciación**

En esta práctica se tratarán los temas referentes a la georreferenciación y el ajuste de datos utilizando un programa de GIS, utilizando proyecciones existentes y creando una proyección personalizada.

##### **4.3.3.1. Temas de la práctica**

Los temas pertenecientes a la práctica, los cuales se deben cubrir, son los siguientes:

- Asignación y cambio de proyección
- Personalización de sistemas de proyección
- Georreferenciación de capas de un proyecto

#### **4.3.3.2. Objetivos operacionales**

Se espera que al finalizar la práctica el estudiante esté en la capacidad de:

- Asignar un sistema de coordenadas a un proyecto o capa específica
- Crear un sistema de coordenadas personalizado
- Georreferenciar una capa ráster

#### **4.3.3.3. Recursos necesarios**

Para el desarrollo de la práctica se necesita:

- Equipo de cómputo con el software GIS instalado
- Cañonera y pantalla de proyección o monitor TV
- Memoria USB (por parte del estudiante)

#### **4.3.4. Práctica 4. Representación de datos y producción de mapas**

Esta práctica está dedicada a la construcción de mapas utilizando un programa de GIS con las capas creadas en un proyecto, de manera que puedan ser publicadas por cualquier medio.

##### **4.3.4.1. Temas de la práctica**

En la práctica se deben cubrir los siguientes temas:

- Establecimiento de formatos e inserción de mapas

- Inserción de escalas gráficas y otros elementos
- Crear armado de impresión

#### **4.3.4.2. Objetivos operacionales**

Se espera que al finalizar la práctica el estudiante esté en la capacidad de:

- Crear visitas de composición de mapas
- Configurar formatos cartográficos
- Fijar y asignar escalas y otros elementos gráficos a un mapa
- Publicar los mapas creados (excepto de forma Web)

#### **4.3.4.3. Recursos necesarios**

Para el desarrollo de la práctica se necesita:

- Equipo de cómputo con el software GIS instalado
- Cañonera y pantalla de proyección o monitor TV
- Memoria USB (por parte del estudiante)

#### **4.3.5. Práctica 5. Bases de datos geográficos (introducción al lenguaje de bases de datos)**

La práctica No, 5 es la única práctica que no se desarrollará con el paquete de GIS, ya que su finalidad es explicar sobre los principios fundamentales de las bases de datos, el lenguaje SQL y los DBMS.

#### **4.3.5.1. Temas de la práctica**

La práctica debe cubrir los siguientes temas:

- Introducción a las bases de datos y bases de datos geográficas
- Lenguaje SQL

#### **4.3.5.2. Objetivos operacionales**

Se espera que al finalizar la práctica el estudiante esté en la capacidad de:

- Comprender los principios fundamentales de las bases de datos, el lenguaje SQL y las bases de datos geográficas.
- Desarrollar la habilidad de reconocer los distintos tipos de DBMS que el programa puede manejar.

#### **4.3.5.3. Recursos necesarios**

Para el desarrollo de la práctica se necesita:

- Equipo de cómputo con el software GIS instalado
- Cañonera y pantalla de proyección o monitor TV
- Memoria USB (por parte del estudiante)

#### **4.3.6. Práctica 6. Bases de datos geográficos (geodatabase)**

Esta práctica es la continuación de la práctica anterior, en donde se enseñaran las herramientas que el programa posee para trabajar la información de las bases de datos.

#### **4.3.6.1. Temas de la práctica**

La práctica debe cubrir los siguientes temas:

- Añadir información a una base de datos geográfica a un proyecto
- Cargar información a una base de datos
- Descargar capas desde un servidor Web

#### **4.3.6.2. Objetivos operacionales**

Se espera que al finalizar la práctica el estudiante esté en la capacidad de:

- Crear una base de datos geográfica desde el programa
- Importar información desde una base de datos geográfica
- Crear una base de datos a partir de una tabla
- Descargar capas desde un servidor Web

#### **4.3.6.3. Recursos necesarios**

Para el desarrollo de la práctica se necesita:

- Equipo de cómputo con el software GIS y MS Access (este último es opcional y depende de la disposición que se tenga).
- Cañonera y pantalla de proyección o monitor TV
- Memoria USB (por parte del estudiante)

#### **4.3.7. Práctica 7. Trabajo con tablas de datos**

Esta práctica tiene como finalidad la consulta, edición y despliegue de tablas, así como el trabajo con la información contenida (cálculo y operacionalidad), manejo de atributos y el trabajo de campos.

##### **4.3.7.1. Temas de la práctica**

Los temas a cubrir en la práctica son los siguientes:

- Edición de tablas
- Cálculos y operaciones con tablas
- Unión y relación de tablas
- Consulta de datos en una tablas

##### **4.3.7.2. Objetivos operacionales**

Se espera que al finalizar la práctica el estudiante esté en la capacidad de:

- Editar los datos contenidos en una tabla
- Realizar operaciones (cálculos) con los datos de una tabla
- Unir dos tablas y relacionar tablas y campos
- Realizar consultas e informes con tablas

##### **4.3.7.3. Recursos necesarios**

Para el desarrollo de la práctica se necesita:

- Equipo de cómputo con el software GIS instalado

- Cañonera y pantalla de proyección o monitor TV
- Memoria USB (por parte del estudiante)

#### **4.3.8. Práctica 8. Análisis espacial y construcción de modelos**

La práctica final está dedicada a ver cómo funciona cada una de las herramientas que los softwares utilizan para realizar al análisis espacial y las herramientas para la construcción de modelos (ver secciones 3.3.3. y 3.3.4), es necesario que el estudiante tenga nociones de estadística descriptiva.

##### **4.3.8.1. Temas de la práctica**

La práctica debe cubrir los siguientes temas:

- Herramientas de análisis espacial
- Desarrollo de MDT y curvas de nivel
- Construcción de modelos espaciales

##### **4.3.8.2. Objetivos operacionales**

Se espera que al finalizar la práctica el estudiante esté en la capacidad de:

- Comprender el procedimiento para un análisis espacial
- Realizar un modelo digital del terreno MDT
- Comprender el procedimiento para realizar de una manera básica la construcción de modelos espaciales.

#### **4.3.8.3. Recursos necesarios**

Para el desarrollo de la práctica se necesita:

- Equipo de cómputo con el software GIS instalado
- Cañonera y pantalla de proyección o monitor TV
- Memoria USB (por parte del estudiante)



## **5. DESARROLLO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DE RESULTADO**

### **5.1. Modelo experimental**

El último capítulo tiene como objetivo desarrollar un Manual de Prácticas para el manejo del programa de GIS, el cual pueda servir guía tanto a instructores como a estudiantes del laboratorio. Para ello fue necesario:

- Desarrollar las generalidades de los GIS (capítulo 2)
- Establecer el funcionamiento de los programas de software de GIS (capítulo 3).
- Establecer las generalidades del curso de Topografía 3 (capítulo 1), y con base en todo lo anterior, realizar la propuesta de laboratorio (capítulo 4).

El modelo experimental es, por tanto, resultado de todo lo visto hasta el momento, en el cual se desarrolla el manejo del programa basándose en el contenido de cada una de las prácticas descritas en el capítulo anterior, de manera que puedan ser de utilidad tanto para el estudiante como para el instructor, quedando, como se refirió anteriormente, como una instructivo de laboratorio y una guía de prácticas para el laboratorio. Es importante que sea el estudiante quien desarrolle habilidades de autoaprendizaje y descubrimiento por lo que cada una de las sesiones el instructor actuará como guía únicamente, el cual tiene la tarea de presentar las funciones del programa y el ejemplo a realizar será de alguna manera la explicación para cada práctica en la que tratará de integrar al estudiante lo más que se pueda.

### **5.1.1. Planteamiento del problema y diseño experimental**

El material que tanto el estudiante como el instructor utilicen debe ser, sino el mismo, al menos concordante, esto se vuelve muy complicado cuando se trata de cursos en los que no se puede establecer una bibliografía definida como lo son los cursos que contemplan programas informáticos los cuales van actualizándose y evolucionando cada día.

También se debe tomar en cuenta las muchas opciones en software de GIS que existen, por lo que el programa que se implemente debe ser en lo mejor posible, la mejor opción tanto para el estudiante como para la institución.

#### **5.1.1.1. Planteamiento del problema**

La dificultad inicial radica en que se dispone de muy poca o casi nula bibliografía para el desarrollar el laboratorio y que generalmente obliga a los instructores a dar clases sin un material de apoyo que les ayude a guiar al estudiante y el cual, el mismo estudiante pueda utilizar cuando lo necesite.

Para el estudiante muchas veces es muy difícil prestar atención a la clase o escribir las indicaciones del instructor. A eso hay que sumarle que el instructor muchas veces tiene el tiempo limitado, por lo que dar en una sesión la información necesaria se hace muy complicado.

Adicionalmente, hay que tomar en cuenta que la mayoría de programas que se utilizan comercialmente solo pueden ser utilizados por el estudiante en el laboratorio debido a que la licencia de dichos programas es demasiado cara, igualmente a las instituciones educativas les resulta muchas veces muy oneroso no solo obtener los softwares sino que darles mantenimiento y

actualizarlos. Aunque en la actualidad muchas compañías desarrollan versiones educativas, no poseen la gran cantidad de aplicaciones que sus pares comerciales. Como resultado de esto se propicia que se desarrolle la piratería exponiendo la integridad de los equipos y, en el caso de las instituciones educativas, la credibilidad institucional.

### **5.1.1.2. Diseño experimental**

El problema planteado anteriormente requiere de un material de apoyo que tenga los temas esenciales de cada una de las prácticas planteadas en la sección 4.3, que explique el funcionamiento y características del programa y sus herramientas, y que muestre al estudiante como emplearlas; de manera que el instructor saque el mejor provecho del tiempo que dure cada sesión y le permita preparar los ejemplos y demostraciones.

Para realizar los laboratorios se prefirió utilizar el software libre, que es un programa GNU y en consecuencia no necesita licencia de instalación. Este tipo de software tiene ciertas ventajas sobre sus similares comerciales, una de ellas es que su licencia permite el libre intercambio del programa. Esto genera menos costes de adquisición tanto para individuos como para instituciones, lo que permite que mayor cantidad de personas lo obtenga sin necesidad de arriesgarse a los problemas señalados en la sección anterior. También al ser de código libre permite que el usuario tenga acceso a su código mejorándolo y adecuándolo a sus propias necesidades, esto lleva a que las mejoras al programa se hagan dentro de una gran comunidad de usuarios que terminan haciendo al mejor que sus pares comerciales. El único inconveniente es que para tener acceso a las mejoras hechas por la comunidad de usuarios es necesaria una conexión a internet. QGIS, en su forma básica, trabaja bastante bien, pero varias aplicaciones extras necesitan internet.

### **5.1.2. Características iniciales**

El programa de GIS a utilizar es la versión más reciente de QGIS (antes llamado QuantumGIS), QGIS 2.2.0 Valmiera. Se iniciará suponiendo que el estudiante poseerá un equipo completo individual (ver sección 5.3), acceso a internet y todos los softwares necesarios descritos en cada uno de los contenidos de práctica.

El software está disponible en el sitio del proyecto QGIS, puede encontrarse la versión a utilizar en este trabajo y versiones anteriores del programa, así también se encuentra documentación referencial y material de entrenamiento para el usuario. La inserción de cualquier contenido o información adicional que no se encuentre en la guía, queda a discreción del instructor encargado de prácticas.

### **5.1.3. Solución del problema propuesto con base en la metodología y el contenido**

La solución es la realización de una guía general para utilizar el programa de software libre QGIS; este estará dividido en siete módulos correspondientes a cada una de las prácticas estipuladas en la sección 4.3, a excepción las prácticas 5 y 6, que por su naturaleza se tratan simultáneamente.

De igual manera cada módulo se constituye de una parte explicativa o de generalidades y una parte de aplicación o de desarrollo. En las generalidades se explican los temas de cada práctica de forma general, el desarrollo comprende la aplicación y utilización de las herramientas que ofrece el programa. Es importante recordar que dicho instructivo solo es una guía que tiene por objetivo ayudar a los usuarios en su primer contacto con el programa.

## **5.2. Guía para el desarrollo de las prácticas de laboratorio**

Se procede de la manera estipulada en la sección 5.1.3; la práctica a la que corresponde cada módulo se encuentra entre paréntesis. Las secciones de generalidades y resoluciones se desarrollan respecto a la práctica (las practicas 5 y 6 se desarrollan de manera simultánea).

### **5.2.1. Módulo 1 (práctica 1): introducción al programa y sus funciones principales (uso y administración de capas)**

En la primera práctica se debe procurar que el estudiante se relacione con el programa lo más que pueda. Por lo que se recomienda que el usuario fraternice con el programa, de manera que no solo conozca el software sino que también le resulte atractivo.

#### **5.2.1.1. Generalidades de la práctica 1**

QGIS es un programa que interacciona con el usuario por medio del modelo de trabajo WIMP (ver sección 3.2.1), utilizando menús desplegables, íconos, y ventanas. El programa QGIS trabaja con dos módulos distintos a diferencia del ArcGIS de ESRI que trabaja con tres (*ArcCatalog*, *ArcMap* y *ArcToolbox*), estos son: los catálogos *QGIS Browser*, y el escritorio e interface principal *QGIS Desktop* (que posee funciones de *Arc Map* y *ArcToolbox*).

Aunque el programa maneja los proyectos trabajados con su propio formato (.qgs), también puede trabajar archivos tipo SHAPE (.shp) y otros tipos de formatos que maneja ArcGIS, lo que permite trabajar con usuarios que posean software de ESRI.

#### 5.2.1.1.1. Escritorio de QGIS (*QGIS Desktop*)

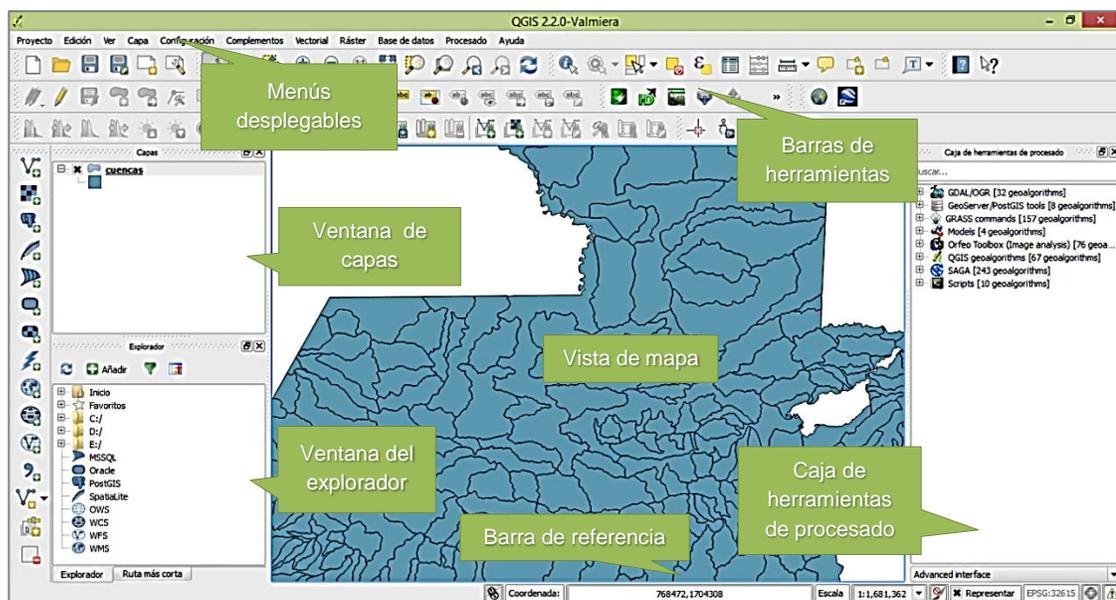
Es el módulo principal de QGIS que permite visualizar, ingresar datos, modificar, analizar y trabajar la información. El entorno del escritorio posee una interface gráfica parecida a los programas de CAD, dividido en barras de herramientas (*toolbars*), menús desplegables y ventana de trabajo. La capacidad de QGIS es que la mayoría de funciones para el trabajo de la información se muestra en forma de barras de herramientas.

Cada una de las partes del escritorio de QGIS se explica a continuación: (ver figura 49):

- Vista de mapa: es la ventana en donde se visualizan los modelos y mapas, es decir el área de trabajo.
- Menús desplegables: muestran las funciones necesarias para trabajar con modelos geográficos, como su nombre lo indica, se despliegan al pasar el cursor sobre ellos (ver tabla XIII y figura 50).
- Barras de herramientas: son barras, con íconos, posicionadas por debajo de la barra de menús o un lado de la pantalla (según las ordene el usuario).
- Ventanas de control y consulta: son las ventanas que generalmente se encuentran al lado derecho de la pantalla (izquierdo del usuario), aunque el programa posee varia ventanas, hay unas que el programa muestra desde el inicio:
  - Ventana de capas: tiene por función mostrar las capas que se visualizan en la vista de mapas.

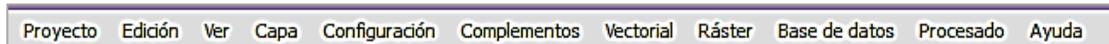
- Ventana Explorador: se encuentra en forma de pestaña en la parte baja de la ventana, sirve para realizar la búsqueda de archivos. No se debe confundir con un catálogo.
- Ruta más corta: se encuentra en forma de pestaña en la parte baja de la ventana, sirve para realizar el análisis de distancia y tiempo (rutas).
- Barra de estado: contiene todos los datos respecto a la capa en el que se esté trabajando (coordenadas, ubicación, escala, representación y datum).

Figura 49. Interface de QGIS Desktop



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 50. **Menús desplegables**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Tabla XIII. **Descripción de los menús del QGIS Desktop**

Menú	Descripción
<b>Proyecto</b>	Posee las funciones de abrir y guardar archivos, modificar las propiedades del proyecto, exportar archivos y manejar la impresión de los mismos. Es el equivalente al menú “archivo” en otros programas.
<b>Edición</b>	Se encuentran las funciones correspondientes a la edición de capas como la inserción, modificación y supresión de objetos.
<b>Ver</b>	Posee las funciones de acercar o alejar imagen (zoom), actualizar, insertar y modificar marcadores y notas, medir, agregar o quitar ventanas (paletas) y barras de herramientas.
<b>Capa</b>	Contiene las funciones de: añadir capa (ráster, vector, WFS/WMS, entre otras), crear una nueva capa, añadir y modificar atributos y trabajar con tablas.
<b>Configuración</b>	Posee las funciones de personalización de estilos, personalización del SRC, y las opciones del programa.
<b>Complementos</b>	Contiene al Administrador e instalador de complementos y la consola Python, además de los complementos que el usuario instale.
<b>Vectorial</b>	Este menú posee las funciones para el trabajo y el análisis con modelos vectoriales.
<b>Ráster</b>	Al igual que el menú Vectorial, el menú Ráster posee las funciones para el trabajo y el análisis con modelos tipo ráster.

Continuación tabla XIII.

<b>Bases de datos</b>	Es la parte del programa dedicada a las bases de datos y manejo servidores; contempla el manejo de bases de datos BBDD, eVis y SQL (MSSQL, Oracle SQL y PostgreSQL)
<b>Procesado</b>	Contiene todas las herramientas y funciones para el procesado de modelos (modelos espaciales): modelador gráfico, caja de herramientas, configuración y opciones de modelado, visor de resultados y comandos.
<b>Ayuda</b>	Es el menú encargado de ayudar y dar apoyo al usuario.

Fuente: elaboración propia.

#### **5.2.1.1.2. Caja de herramientas de procesado**

Tiene las herramientas necesarias para el procesado y modelado de la información, la Caja de herramientas de procesado de QGIS tiene cierto parecido con el *ArcToolbox* de ESRI pero con ciertas diferencias; principalmente que muchas de las funciones del programa son aplicaciones de otros software GIS que lo complementan. Son softwares creados por otras personas que participan del Proyecto QGIS o de la fundación OSGeo.

Esta es una de las ventajas del programa, lo que lo hace más versátil, y en cierta forma su talón de Aquiles, ya que requiere de conexión a internet para instalar los programas; pensando en ello los creadores brindan dichos programas instalándolos por defecto con el programa principal, estos programas libres son: GRASS (o GrassGIS), GeoServer, R, Orfeo, SAGA GIS, entre otros.

Para programas, aplicaciones y complementos que pueden ser de gran ayuda, el programa realiza la búsqueda y los proporciona al usuario; pudiendo ser instalados desde la herramienta Administrador e instalador de complementos.

#### **5.2.1.1.3. Catalogo QGIS Brower**

Es un módulo de QGIS que cumple la función de administrar los archivos del GIS. Su interface permite la visualización y la administración de los datos geográficos; posibilitando realizar tareas de renombrar, borrar y copiar hojas y exportar los archivos GIS, es el equivalente del explorador de los sistemas operativos para archivos geográficos.

El escritorio posee una ventana de exploración que permite la búsqueda y acceso de archivos pero no puede realizar las funciones del catálogo, organizar y administrar archivos, esta es la diferencia del *QGIS Browser* con las ventanas del explorador y capas del *QGIS Desktop*.

La interface del QGIS Browser cuenta con cuatro botones en la parte superior izquierda, colocados de forma muy parecida a las barras de herramientas del escritorio (ver figura 51), estos botones son:

- Refrescar (*Refresh*): sirve para actualizar la información
- Administrador WMS (*Manage WMS*): es el administrador de capas remotas WMS (*Web Map Service* por sus siglas en inglés) de otros servidores en internet.
- Nuevo archivo tipo SHAPE (*New Shapefile*): sirve para añadir un nuevo archivo SHAPE a la selección de archivo que haya hecho.

- Cargar una capa CRS (Set layer CRS): como su nombre lo indica, carga capas con un sistema de coordenadas o CRS (*Coordinate Reference System* por sus siglas en inglés). Básicamente permite colocar a una capa ya sea ráster o vector sobre una proyección.

La herramienta permite ver la información de los archivos de tres maneras distintas: por medio de los metadatos, por los atributos o por una visualización previa (previsualización).

- Pestaña de metadatos: (figura 52. a) son la información adicional encriptada que pertenece a los datos del archivo. El módulo de los metadatos proporciona el tipo de capa, el formato de las capas, la referencia de las capas, entre otros.
- Pestaña de previsualización: (figura 52. b) permite ver el archivo de forma gráfica como se vería en el escritorio.
- Pestaña de atributos: (figura 52. c) permite ver la información contenida en las tablas de cada uno de los archivos seleccionados.

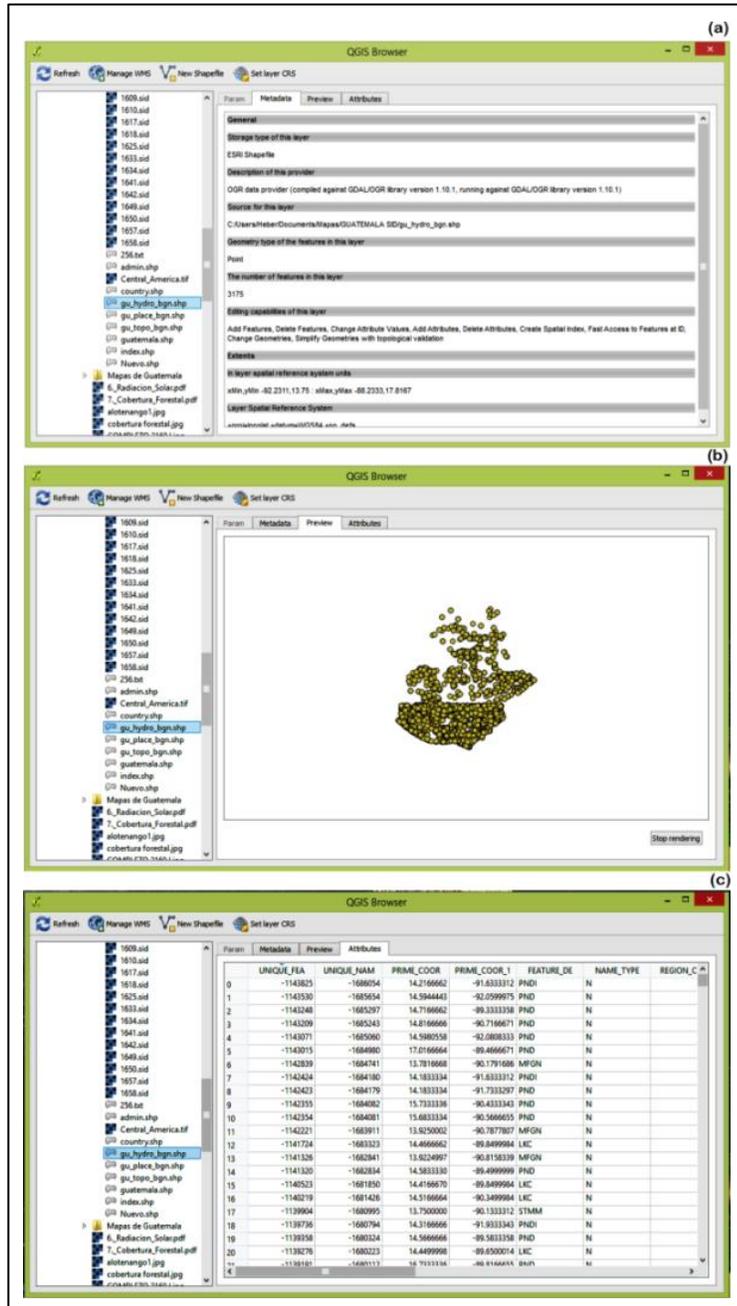
La pestaña parámetros (Param) es lo que podría llamarse una ventana de inicio, y básicamente muestra el contenido de carpetas o subcarpetas o contenidos en línea

Figura 51. **Botones superiores del catálogo QGIS Browser**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 52. Interface del catálogo QGIS Browser



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

#### **5.2.1.1.4. Capas**

Las capas o *layers* son modelos independientes los cuales pueden ser superpuestos de manera que el usuario puede poner varios escenarios con alguna relación entre sí en un mismo campo de trabajo. La forma en que se presentan, en términos generales, se parece a la de un CAD, pero con marcadas diferencias. Los GIS trabajan las capas con varios tipos de representación geográfica las cuales carga como modelos tipo ráster o tipo vector, ya sea como un archivo o desde una base de datos; a diferencia de los CAD que manejan un solo modelo (un dibujo CAD) sin importar la capa. De hecho un GIS siempre se necesita cargar una capa para trabajar, aun cuando es un archivo nuevo, ya que cada capa es una característica de la realidad geográfica (ver sección 2.2.1.).

Las capas se pueden modificar, especialmente el tipo vector, se puede convertir un formato ráster a vector y viceversa. QGIS trabaja las capas por medio del menú con el mismo nombre o con la barra de herramientas llamada Administrar capas, ambas formas permiten añadir capas tipo ráster y tipo vector, también se pueden añadir capas desde otros servidores como las capas WFS/WMS o desde bases de datos SQL (PostSQL y MSSQL).

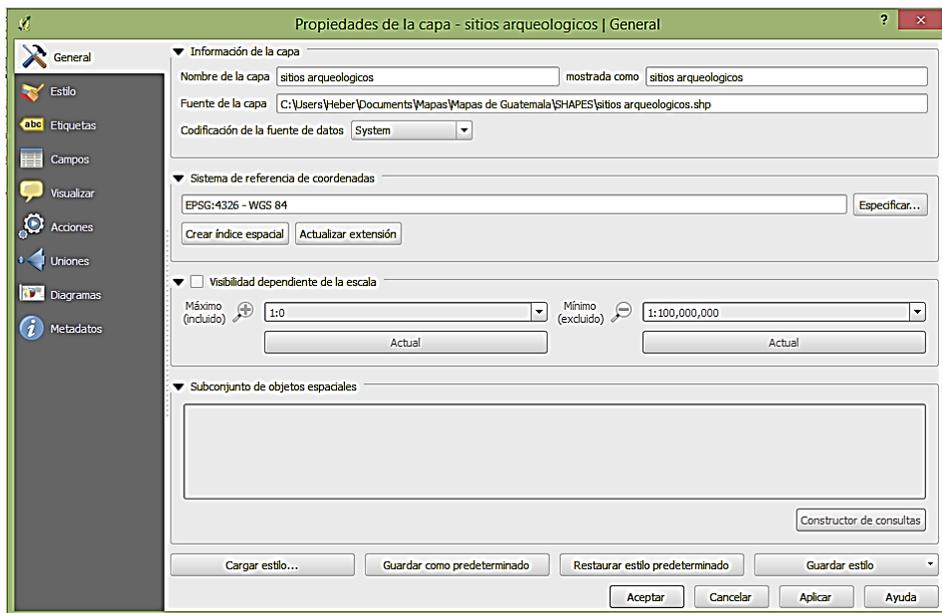
#### **5.2.1.1.5. Propiedades de la capa**

Permite administrar las propiedades de la capa, este permite colocar etiquetas, editar simbología, modificar apariencia y/o estilos, administrar campos, realizar acciones con capas y trabajar los metadatos (ver figura 52). De igual manera algunas de estas funciones poseen un ícono en alguna paleta de herramientas o se encuentran en algún menú, por lo que cada una de las funciones de las propiedades se irá explicando conforme se utilicen.

### 5.2.1.1.6. Complementos y consola Python

Los complementos son parte importante del programa porque permiten al usuario hacerse de herramientas sin necesidad de actualizaciones constantes del software completo, siendo la mayor ventaja que el usuario puede escoger qué herramientas instalar. Esto tiene como consecuencia que no exista dos versiones iguales del programa y adapta al mismo al usuario y no a la inversa. La consola Python es una herramienta que permite desarrollar complementos propios, esta consola tiene la ventaja de trabajar junto con la ventana principal del escritorio. Debe conocerse de programación con lenguaje Python para utilizar la consola.

Figura 53. Herramienta Propiedades de la capa



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

### **5.2.1.2. Desarrollo de la práctica 1**

Para trabajar esta práctica se necesita contar con algunos archivos tipo vector, así como con algunas imágenes para que el estudiante aprenda a añadir capas ráster y vectoriales; así también se recomienda contar con la aplicación *Freehand editing* para realizar polígonos con formas irregulares.

#### **5.2.1.2.1. Abriendo el programa y personalizando el escritorio**

Primero, el usuario debe asegurarse de tener el programa instalado y que sea la versión que se indica o superior. Para comenzar un nuevo proyecto abra la aplicación QGIS Desktop desde el ícono en el escritorio o desde el menú principal (esto varía según el sistema operativo), con esto el programa presenta una ventana parecida a la de la figura 49.

La primera vez que se utiliza el programa, el escritorio del QGIS solo mostrara algunas barras de herramientas y la ventana de capas, se puede añadir las barras de la siguiente forma:

- a. Seleccionar el menú Ver, en la barra de menús
- b. Seleccionar la opción Paletas, y escoja ventana que desea ver
- c. Escoger la opción Barras de herramientas, y escoja las barras que desea colocar en el escritorio.

Otra forma de añadir las ventanas y barras es: haga clic con el botón secundario del ratón sobre cualquier barra o menú en el escritorio, saldrá un nuevo menú donde podrá escoger la barra o ventana que desea colocar.

#### **5.2.1.2.2. Abriendo un proyecto existente, iniciar un nuevo proyecto, y guardar cambios**

Cuando se inicia el programa, este automáticamente comienza un proyecto nuevo, si se desea cargar un proyecto existente se escoge el menú Proyecto y se selecciona la opción Abrir, o se selecciona el ícono con el mismo nombre en la barra Archivo (ver figura 54); inmediatamente se abrirá el cuadro de dialogo Guardar, con tres opciones de las cuales se escoge la que mejor convenga, estas son:

- Guardar: guarda los cambios del proyecto que esté trabajando
- Descartar: carga un nuevo proyecto sin guardar los cambios
- Cancelar: cancela cualquier acción y cierra el cuadro de dialogo

Para un nuevo proyecto se realiza el procedimiento siguiente:

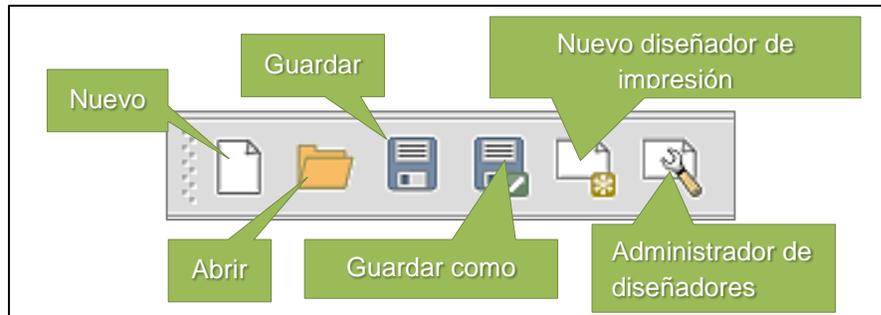
- a. Seleccionar la opción Nuevo, en el menú Proyecto o con el ícono Archivo, en la barra del mismo nombre.
- b. Escoger la opción que más convenga en el cuadro Guardar y presionar la opción Aceptar.

Para guardar el trabajo realizado se hace de la siguiente manera:

- a. Seleccionar la opción Guardar o Guardar como, en el menú Proyecto, o el ícono del mismo nombre en la barra Archivo.
- b. Determinar la ubicación del archivo en la nueva ventana (ver figura 54)
- d. Ingresar el nombre del nuevo proyecto en el campo Nombre
- e. Seleccionar la opción Aceptar para terminar

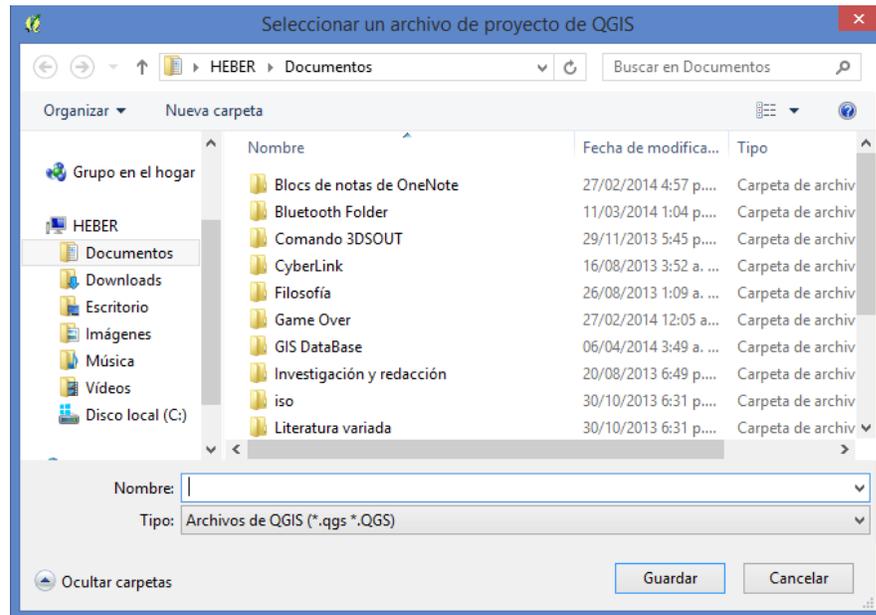
QGIS no cuenta con la opción de autoguardado por lo que es importante guardar los cambios periódicamente.

Figura 54. **Barra Archivo**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 55. **Ventana de guardado**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

### **5.2.1.2.3. Añadiendo una capa a un proyecto**

Existen dos maneras distintas de añadir una capa, siendo el procedimiento similar en ambos casos (ráster y vector); pueden añadirse con el menú desplazable o desde las barras de herramientas.

Para agregar una capa ráster o vector a un proyecto desde el menú desplegable debe realizarse de la siguiente manera:

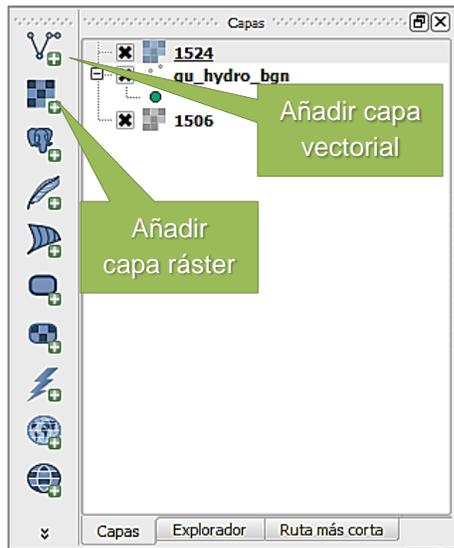
- a. Seleccionar el menú Capas, en la barra de menús
- b. Seleccionar la opción Añadir capa ráster (para añadir capa vectorial se debe escoger la opción Añadir capa vectorial).
- c. Ingresar el nombre de la nueva capa y presionar la opción Aceptar

Y para añadir una capa ráster o vector desde las barras de herramientas, se realiza de la siguiente forma:

- a. Ubicar la barra Capas (su ubicación depende de donde la sitúe el usuario, el programa por defecto la pone a la izquierda de la pantalla).
- b. Escoger el ícono Añadir capa ráster (para el caso de una capa vectorial escoger Añadir capa vectorial).
- c. Ingresar el nombre de la nueva capa y seleccionar la opción Aceptar

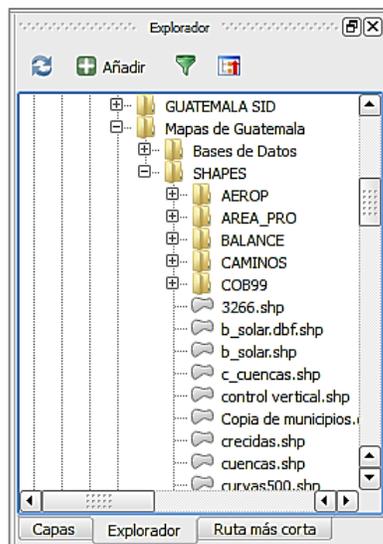
Para añadir una capa sea ráster o vector se puede utilizar el explorador (ver sección 5.2.1.1.1), simplemente se escoge el archivo de la carpeta que lo contenga de forma similar como se realiza en el navegador del sistema operativo (ej. El panel de navegación en Microsoft Windows).

Figura 56. **Barra Capas y ventana de capas**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 57. **Ventana del explorador**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

#### **5.2.1.2.4. Creando una nueva capa vectorial**

Para crear nuevas capas el programa ofrece una forma bastante fácil y ordenada de hacerlo, para ello debe seguirse el siguiente procedimiento:

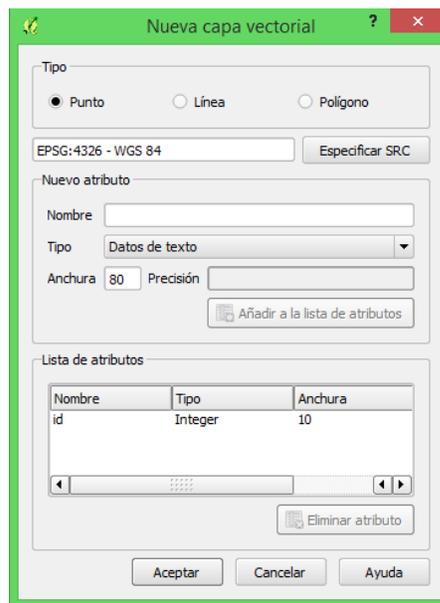
- a. Escoger la opción Nueva, en el menú: Capa, o teclear Crtl+N
- b. Seleccionar la opción Crear una nueva capa de archivo shape
- c. Determinar el tipo de elemento a trabajar (punto, línea o polígono) en la ventana emergente Nueva capa vectorial (ver figura 58).
- d. Introducir el nombre del atributo en el cuadro Nombre de la ventana Nueva capa vectorial y el tipo de dato en el menú desplegable Tipo.
- e. Añadir el atributo a la capa presionado la opción Añadir a la lista de atributos y una vez terminado seleccionar la opción Aceptar para terminar.

Para colocar los objetos dentro de la capa se realiza de la siguiente manera:

- a. Seleccionar la capa a trabajar en el cuadro Ventana de menús
- b. Seleccionar la opción Conmutar edición, ya sea en la barra de herramientas Vectorial o en el menú Capa.
- c. Activar la herramienta Añadir objeto espacial, en la barra Vectorial o en el menú Complementos.
- d. Dibujar el objeto (para capas puntuales, los puntos solo se colocan)
- e. Dar clic con el botón secundario para terminar de dibujar
- f. Llenar el formulario con los datos correspondientes al objeto
- g. Seleccionar la opción Aceptar para terminar el llenado

- h. Escoger la herramienta Ediciones actuales, en la barra Vectorial
- i. Seleccionar la opción: Guardar para la capa(s) seleccionada(s), para guardar el trabajo hecho a la capa.

Figura 58. **Ventana Nueva capa vectorial**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Dependiendo de la capa a trabajar (puntos o líneas y polígonos), el programa activa el respectivo icono (ver figura 59). Para realizar polígonos o líneas irregulares se utiliza el complemento Freehand editing, esta herramienta evita hacer una complicada maniobra para realizar las poligonales irregulares. Solo se debe escoger dicha herramienta en lugar de la que se presenta en el paso 3 (ver figura 59. b). Si se desea crear una nueva capa a partir de un archivo en formato DXF (no reconoce formatos DWG), debe añadir como una capa vectorial (sección 5.2.1.2.3) pero en la ventana emergente de búsqueda se debe seleccionar el formato para ser reconocido (ver figura 60).

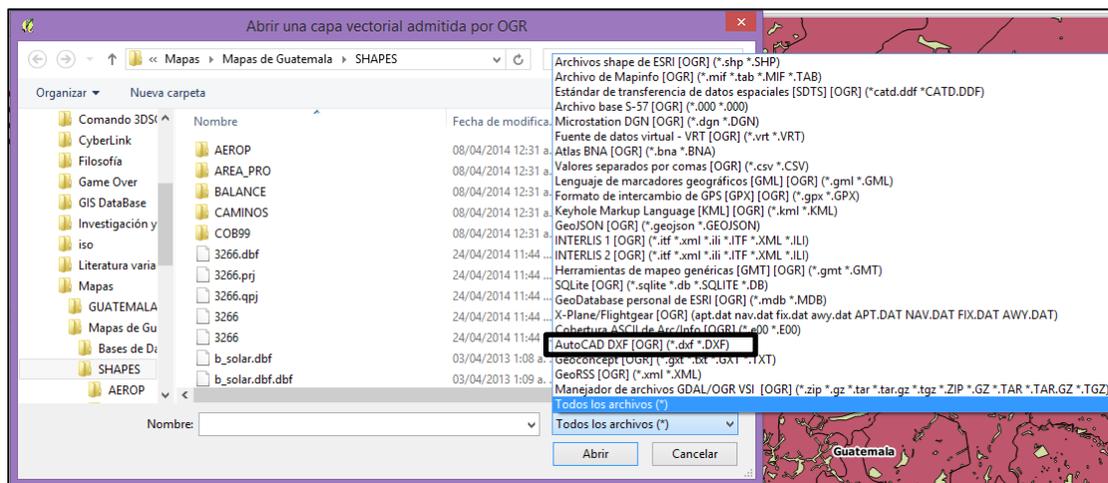
Figura 59. Barra Vectorial



(a) Barra con ícono para añadir objetos puntuales; (b) barra con ícono para añadir líneas y polígonos

Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 60. Ventana de búsqueda (abriendo un archivo DXF)



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

### **5.2.1.2.5. Incorporando estilos y etiquetas**

El programa QGIS trabaja los estilos de la capa con la herramienta Propiedades de la capa, descrita en la sección 5.2.1.1. Los estilos varían obviamente conforme la capa, es decir que el color, la línea, los símbolos son únicamente para los vectores; para los ráster son las bandas de color, la carga de valores, el rederizado del color y el remuestreo.

Para obtener el cuadro Propiedades de la capa, únicamente se debe dar doble clic sobre el nombre de la capa que se desea trabajar en el cuadro Ventana de capas, o desde el menú Capas eligiendo la opción: Propiedades, siempre escogiendo la capa a utilizar antes.

Para editar los estilos se escoge el menú Estilo, en la herramienta Propiedades de la capa, y se hará únicamente para las capas vectoriales.

El procedimiento para editar el estilo de una capa vectorial es el siguiente:

- a. Escoger la capa a trabajar
- b. Abrir el cuadro Propiedades de Capa
- c. Escoge la opción Estilo, en el menú lateral
- d. Escoger la simbología que se necesita
- e. Modificar el símbolo, escogiendo una de las siguientes opciones que presenta el menú desplegable:
  - Símbolo único: un color para todo el símbolo)
  - Categorizado: color por categoría definido por el usuario
  - Graduado: coropleta gradual
- f. Seleccionar la opción Aceptar para terminar

La simbología varía dependiendo del tipo de capa vectorial (puntual, líneas o polígonos), el programa utiliza una simbología puntual básica para capas de puntos, y para polígonos y/o líneas un color al azar (ver figura 61).

Desde la herramienta Propiedades de la capa, se pueden colocar etiquetas a una capa y básicamente solo se pueden etiquetar las capas vectoriales.

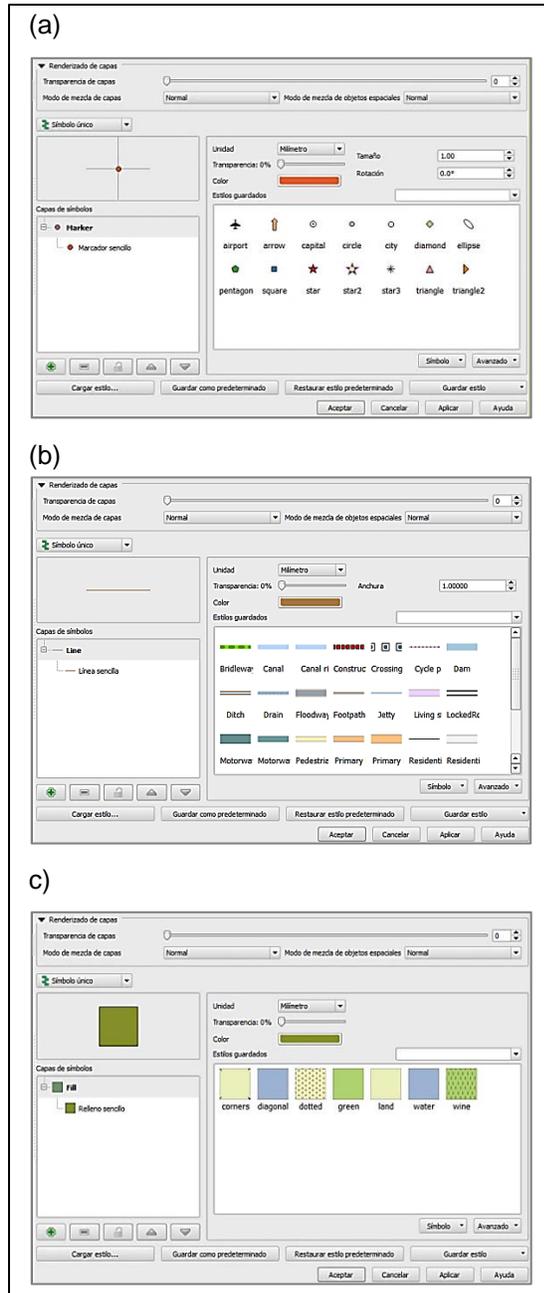
Las etiquetas son textos que permiten mostrar la información contenida en los atributos para que sean visibles a quien debe interpretar la información; la ventaja de la etiquetas es que la información acompaña al objeto, por lo que se puede asociar más fácilmente dicha información al elemento situado dentro del mapa.

Para etiquetar una capa vectorial se realiza de la siguiente manera:

- a. Abrir la herramienta Propiedades de la capa
- b. Escoger la opción Etiquetas, en el menú lateral de las propiedades
- c. Activar la casilla Etiquetar esta capa con, y escoger el parámetro de la lista de atributos.
- d. Modificar las propiedades (texto, color sombra, etc.) utilizando el menú secundario en la parte inferior izquierda (ver figura 63).
- e. Aplicar los cambios y seleccionar la opción Aceptar

Las etiquetas también pueden tomarse desde el ícono Opciones de etiquetado de capa, en la barra Etiqueta; siempre escogiendo primero la capa. O también, puede realizarse desde el menú Capas, escogiendo directamente la opción Etiqueta.

Figura 61. Menú Estilos



(a) Estilo para capa de puntos; (b) estilo para líneas; y (c) estilo para polígonos

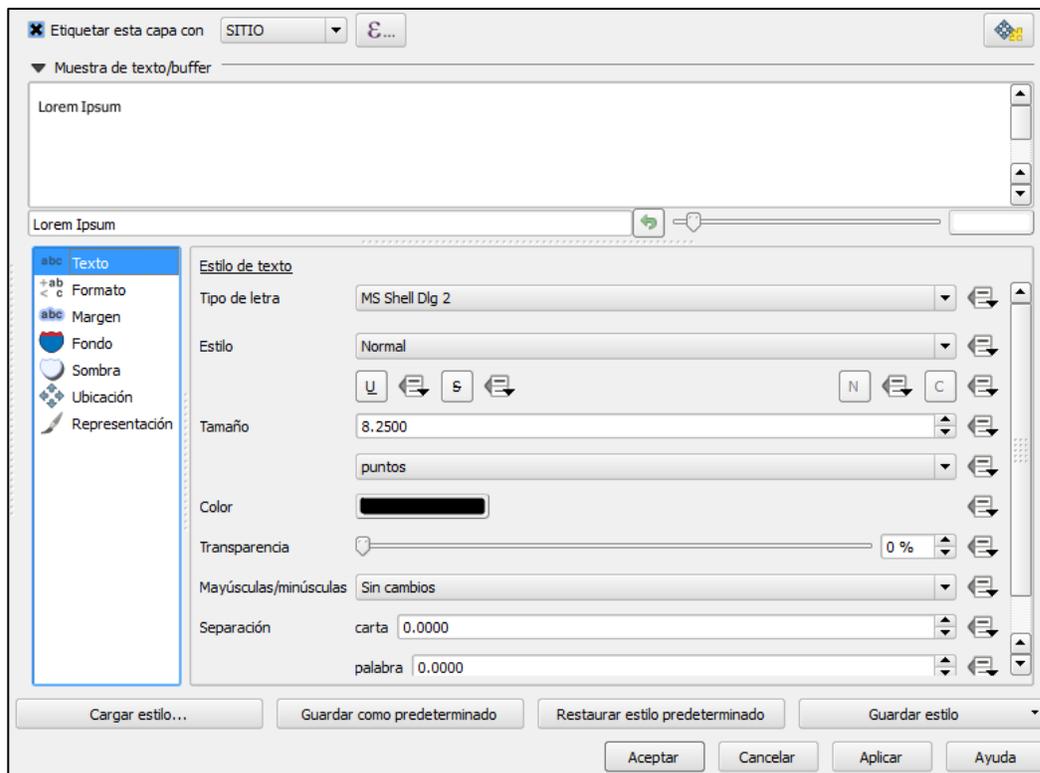
Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 62. Barra Etiqueta



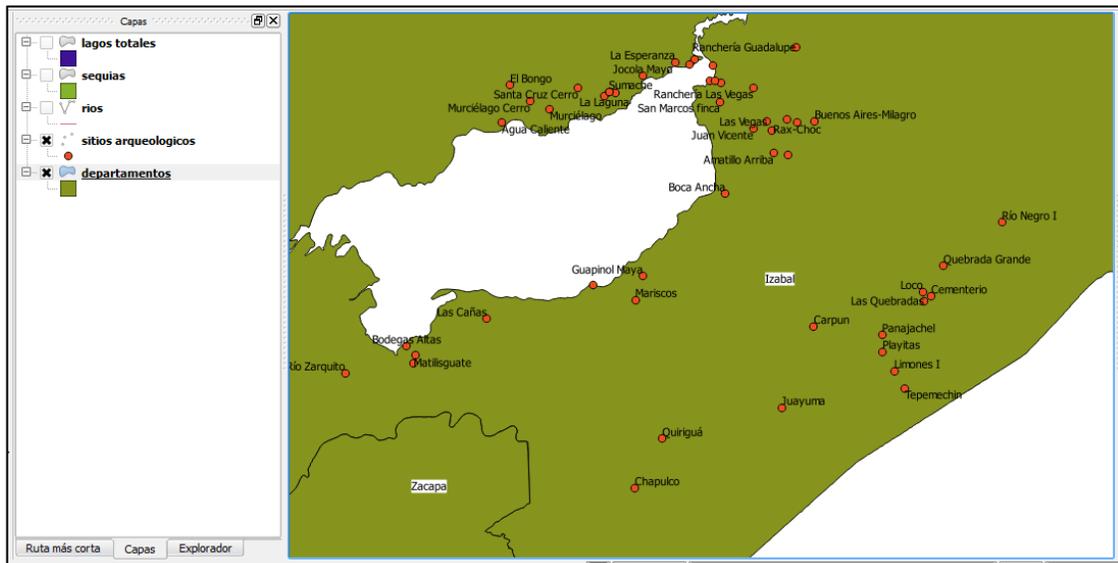
Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 63. Vista del menú Etiqueta, herramienta Propiedades de la capa



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 64. Proyecto con etiquetas en QGIS



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

#### 5.2.1.2.6. Personalizando la simbología

En la sección anterior se mostró como cambiar estilos en una capa vectorial, escogiendo un estilo determinado de simbología de las que se encuentran en la biblioteca de simbología. Ahora se mostrará como personalizar la simbología a manera de adecuarla a las necesidades del usuario final.

Para realizar el personalizado de la simbología (independientemente del tipo de elemento):

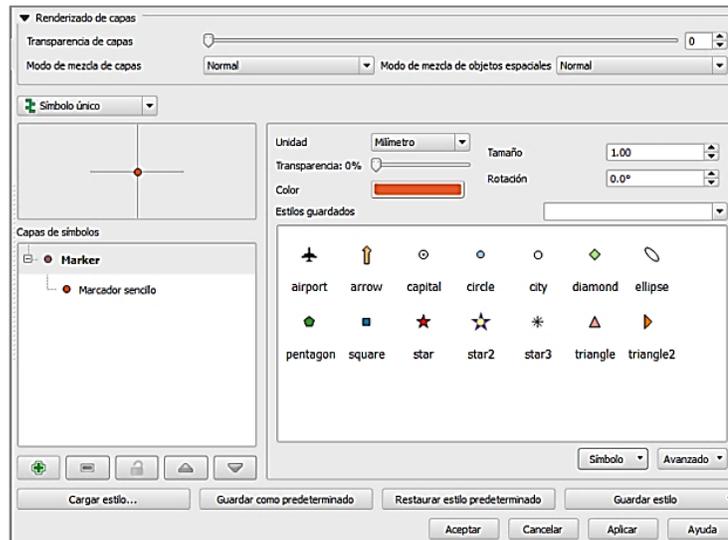
- a. Abrir la herramienta Propiedades de la capa
- b. Escoger la opción Estilo, en el menú lateral de las propiedades

- c. Abrir el menú desplegable Símbolo, en la parte derecha inferior de la ventana.
- d. Escoger la herramienta Administrador de estilos, en el menú desplegable, aparecerá toda la ventada del administrador de estilos.
- e. Seleccionar el símbolo que se desea editar en el administrador de estilos y escoger la opción Editar.
- f. Editar el símbolo en la ventana llamada Selector de símbolos, que se abrirá automáticamente.
- g. Nombrar el nuevo marcador una vez terminado y presionar la opción Aceptar para terminar.
- h. Cerrar la ventana de la herramienta
- i. Seleccionar la opción Aplicar, y la opción Aceptar, en el cuadro Estilo, de la herramienta Propiedades de capa, para concluir.

Si se desea crear una nueva biblioteca de símbolos antes de aplicar el mismo se abre el menú Símbolo, y se escoge la opción: Guardar nueva biblioteca de símbolos; para que la biblioteca creada se abra automáticamente, al iniciar se selecciona la opción: Guardar como predeterminado, en el cuadro: Estilo, en la herramienta Propiedades de capa, antes de cerrar el cuadro. Para restaurar los valores anteriores solo basta con seleccionar la opción: Restaurar estilo predeterminado, en el mismo cuadro.

Para representar cualquier objeto geográfico es necesario recordar lo determinado en la sección 3.3.1.3; los símbolos en un mapa por lo general son nomenclaturas universales, por lo que el programa presenta por defecto la mayoría de símbolos aceptados. Para cargar una simbología que no ha sido guardada como predeterminada, basta con ir a la opción Cargar estilo, en el cuadro Estilo, en la herramienta Propiedades de capa, y buscar la biblioteca creada.

Figura 65. **Menú Estilos**, en la herramienta **Propiedades de la capa**



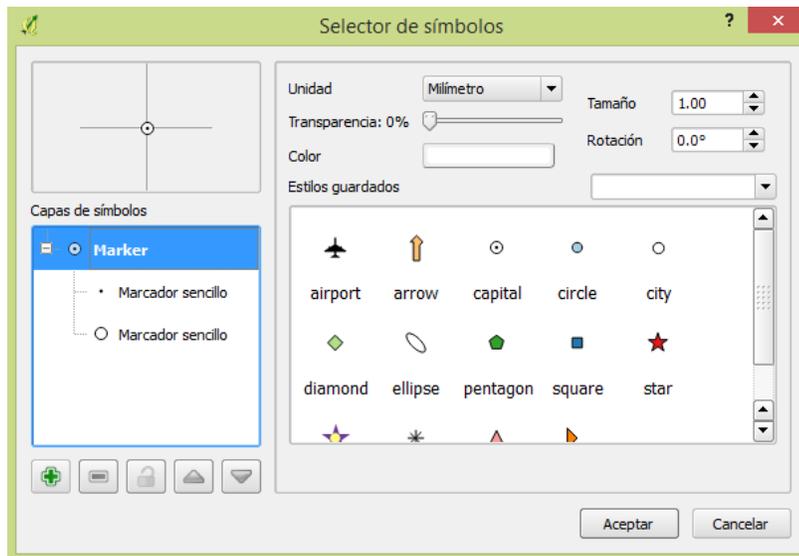
Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 66. **Administrador de estilos**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 67. **Selector de símbolos**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

#### 5.2.1.2.7. **Incorporando notaciones**

Para añadir una notación se selecciona el ícono Anotación, en la barra Atributos (ver figura 68), este ícono posee un menú desplegable con las siguientes funciones:

- Anotación de texto: notación de texto sencillo
- Anotación de formulario: utiliza el formulario de los atributos
- Anotación SVG: para una notación tipo SVG
- Anotación HTML: para notaciones con vínculos Web
- Mover anotación: para mover la notación de lugar

Para eliminar una nota simplemente es necesario escoger la notación y eliminar con el teclado presionando *delete* o *supr* según el teclado que se utilice.

Figura 68. **Ícono Anotaciones y barra Atributos**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

### 5.2.1.2.8. **Administrar complementos**

Para administrar los complementos se utiliza la herramienta Administrador de complementos, en la opción Administrar e instalar complementos, en el menú Complementos.

Para instalar un nuevo complemento se realiza el procedimiento siguiente:

- a. Abrir la herramienta Administrador de complementos (ver figura 69)
- b. Seleccionar la opción Instalar
- c. Escoger el complemento y dar clic en la opción instalar complemento
- d. Cerrar el administrador para terminar

Para activar el complemento instalado se realiza de la manera siguiente:

- a. Abrir el Administrador de complementos
- b. Seleccionar la opción Todos
- c. Activar la casilla del complemento a utilizar y cerrar para terminar

Figura 69. **Administrador de complementos**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

## 5.2.2. Módulo 2 (práctica 2): administración de datos geográficos

El módulo 2 correspondiente con la práctica del mismo numeral pretende mostrar cómo administrar los datos contenidos en los objetos (consulta, edición y/o modificación), pero sin entrar al manejo de tablas de datos; y aunque si se hará mención de la herramienta de tablas de atributos que servirá para algunos de los temas que se desarrollan en el módulo, el trabajo con tablas es tema de módulos posteriores.

### **5.2.2.1. Generalidades de la práctica 2**

Los datos que trabajan el software GIS comprenden toda la información asignada a los modelos de representación (ver sección 3.2) que los ubica en un lugar en el mundo real con características propias (atributos). Los datos pueden estar almacenados directamente en un archivo de QGIS (guardados como proyectos), o compilados en bases de datos. Los datos almacenados en bases de datos son temas que se tratarán más adelante.

#### **5.2.2.1.1. Selección de objetos**

Bajo el concepto anterior, el escoger y reconocer estos objetos, y realizar la consulta de los datos contenidos en dichos objetos es muy distinto a como se realiza en un CAD. Para ello los programas de GIS tienen una función específica para la selección de objetos.

En QGIS esta herramienta de selección se encuentra en la barra Atributos, en el ícono de Selección de objetos, dicha herramienta permite al usuario escoger los objetos de la manera más conveniente.

El ícono también despliega un menú con varias modalidades de selección (ver figura 70). Las opciones de estos tipos de selección son las siguientes:

- Seleccionar objetos espaciales individuales: selecciona cada objeto espacial por separado.
- Seleccionar objetos espaciales por rectángulo: selecciona los objetos dentro de un área formada por un rectángulo.
- Seleccionar objetos espaciales por polígono: selecciona los objetos dentro de un área marcada pero de forma poligonal.

- Seleccionar objetos espaciales a mano alzada: similar a la selección poligonal, pero en un área irregular.
- Seleccionar objetos espaciales por radio: selección de objetos en un área circular definida por el radio.

Existe otra forma de seleccionar los datos que no se encuentra en este menú y es con base en criterios que el usuario asuma, para ello se utiliza la opción Seleccionar objetos espaciales usando una expresión, en el ícono del mismo nombre, situado en la barra Atributos (ver figura 70).

Este tipo de selección de objetos contempla una selección por expresiones lógicas (funciones), cuenta con un menú donde se puede escoger desde operadores matemáticos hasta funciones específicas de selección como las búsquedas por color, por fecha, conversiones, etc. (ver figura 71); para este tipo de selección es conveniente contar con conocimientos básicos sobre algoritmos y lenguajes de programación.

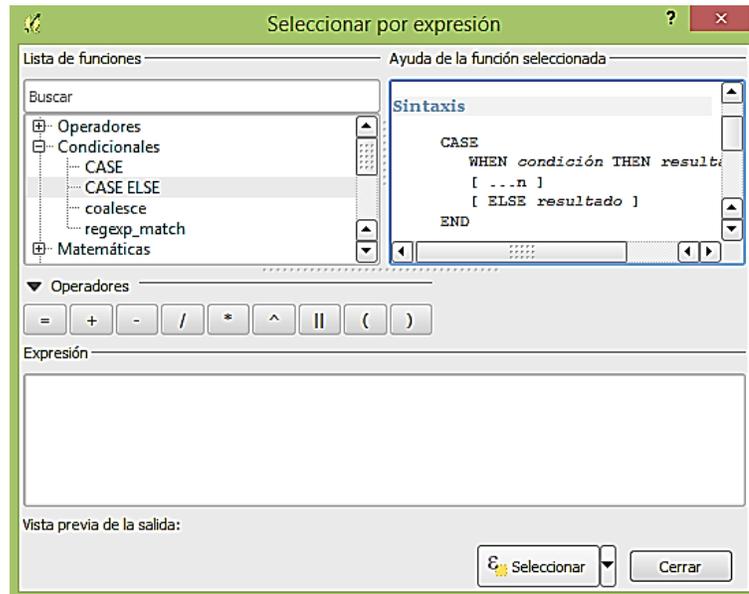
También se puede utilizar la herramienta: Selección por localización, que se encuentra en la opción Herramientas de investigación, en el menú Vectorial; esta opción permite seleccionar los elementos de dos campos que se intersectan en dos capas distintas, por ejemplo: se pueden seleccionar las ciudades que se encuentran dentro de un departamento o estado.

Figura 70. **Íconos para seleccionar objetos, barra Atributos**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 71. **Ventana de Seleccionar por expresión**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

#### **5.2.2.1.2. Consulta de datos**

La consulta de datos, como se explica en la sección 3.3.3.1, son únicamente la visualización de la información contenida en los objetos, pero de manera que el usuario pueda identificarla. Existe una gran diferencia de estas con las etiquetas y las selecciones. La diferencia es que las consultas permiten ver la información contenida en cada una de las celdas y muestran únicamente la información que se desea ver

La primera de las formas y la más sencilla es utilizando la herramienta: Identificar objetos espaciales, en la barra Atributos, esta herramienta muestra al usuario la información específica del objeto contenida en las celdas de los atributos que lo identifican. También se puede acceder a ella en el menú Ver, en la opción con el mismo nombre.

La consulta implica generalmente realizar mediciones, QGIS posee la herramienta Medir, localizada en la barra Atributos, esta barra posee un menú desplegable y ofrece las opciones para medir distancias, áreas y/o ángulos (ver figura 72).

El programa también puede realizar gráficos superpuestos de la información en los atributos y así el usuario puede comparar la información de las celdas de cada objeto, únicamente escogiendo los parámetros o atributos para graficar. Por ejemplo, se puede pedir al programa que realice un histograma de poblaciones o un diagrama tipo pastel (o tipo queso para el programa). Estos no deben confundirse con los diagramas estadísticos de los análisis, para ello es necesario realizar el modelo. Esta opción se encuentra en la herramienta Propiedades de la capa; se encuentra dentro de la opción Diagramas, en el menú lateral de dicha herramienta.

También se encuentra la herramienta Visualizar, que permite ver la información al pasar el cursor sobre el objeto, para ello se selecciona el atributo que se desea ver en los objetos en el menú con el mismo nombre, en la herramienta Propiedades de la capa (ver figura 74); se debe activar la herramienta en la barra Atributos como se muestra en la figura 72. La ventaja de esta herramienta es que muestra el dato que le interesa al usuario.

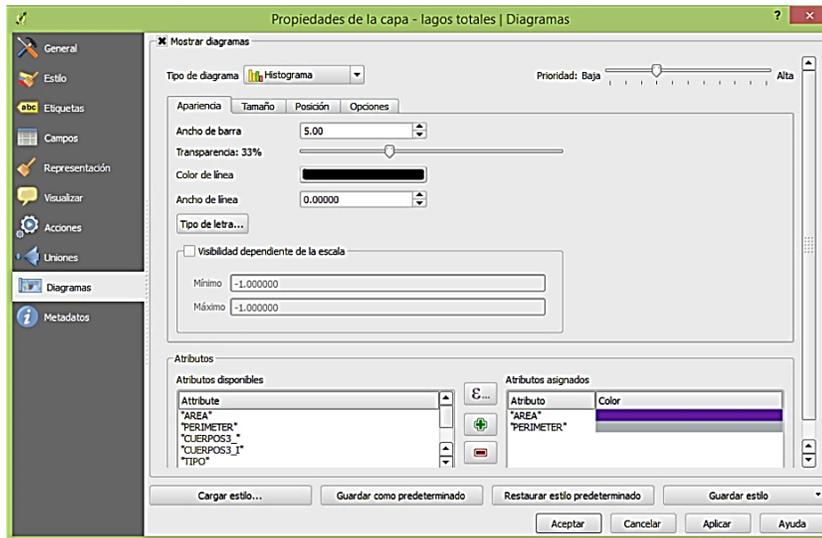
La consulta como tal conlleva el utilizar expresiones como las de la herramienta Seleccionar objetos por expresión, y se realiza con la herramienta Constructor de consultas. Dicho seleccionador, permite ver únicamente los objetos que entran dentro de los límites planteados en la expresión (ver figura 75). Aunque como inconveniente se puede decir que no se verá ningún otro objeto sino se elimina la expresión, debido a esta situación tampoco deja conmutar la edición para modificar los objetos.

Figura 72. **Íconos para seleccionar objetos**



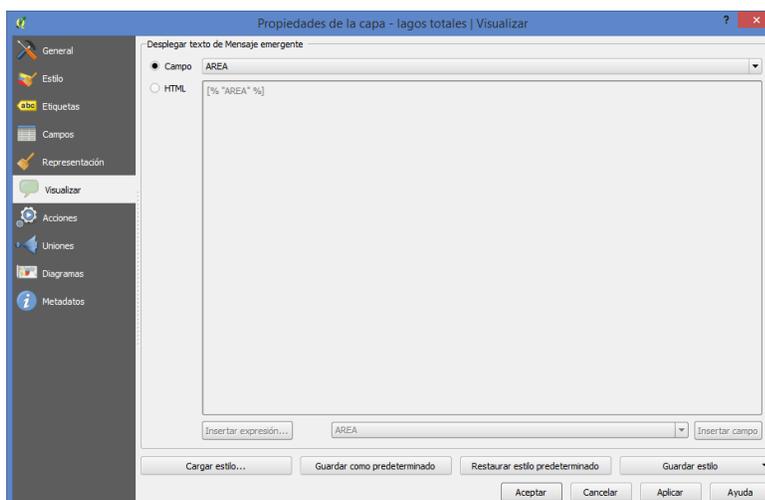
Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 73. Vista del menú Diagramas, herramienta Propiedades de la capa



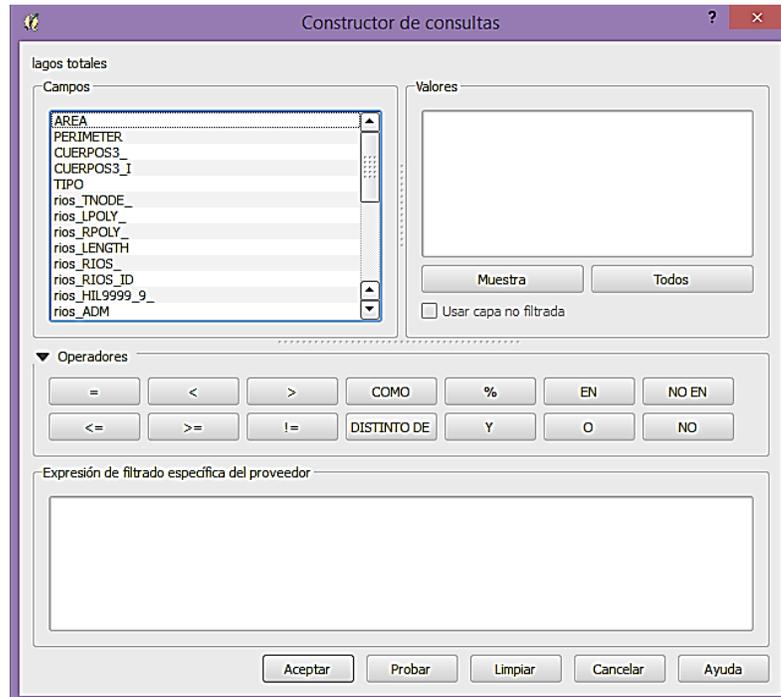
Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 74. Vista del menú Visualizar en las Propiedades de la capa



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 75. **Constructor de consultas**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

### 5.2.2.1.3. **Edición de objetos**

Para editar un objeto dentro de una capa vectorial se utiliza la herramienta llamada Herramienta de nodos, en la barra Vectorial (ver figura 59). Esta permite mover cada uno de los nodos de la manera más conveniente. Para mover los objetos de un lugar a otro se selecciona el ícono: Mover objetos espaciales, en la misma barra (ver figura 59). Para las capas vectoriales de puntos si bien se activa el ícono Herramienta de nodos, esta no puede realizar ninguna acción.

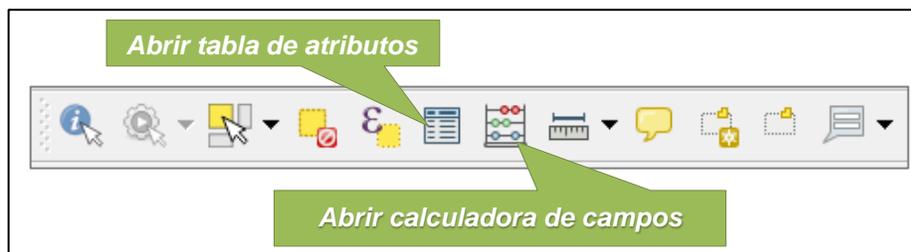
#### **5.2.2.1.4. Edición y asignación de nuevos datos**

A los objetos existentes en una capa se le puede agregar nuevos datos, esto quiere decir agregar nuevos atributos, para ello solo es necesario agregar una nueva columna. Un atributo es la unión de filas y columnas (ver sección 3.2.4.2). Incluir un nuevo atributo se realiza con el menú Campos, en la herramienta Propiedades de la capa; también se puede realizar con la herramienta Tabla de atributos, agregando una nueva columna, aunque la manera de ingresar los datos a la columna es la misma.

Cuando se realiza un nuevo objeto a una capa no es necesario incluir los atributos, ya que como se ve en la sección 5.2.1.2.4., esto es parte del procedimiento cuando se crea el objeto y por obviedad se debe de llenar el formulario del mismo. Si se desea editar los atributos de un objeto es necesario ir a la tabla de atributos y editarlos desde ahí.

Para esto se debe dirigir al menú Capa, y se selecciona la opción: Abrir tabla de atributos (ver figura 76), o se selecciona el ícono con el mismo nombre en la barra Atributos; esta herramienta se tratará en profundidad en la sección 5.2.3. También se puede hacer desde el formulario mismo seleccionando la opción: Vista de formulario, en la herramienta Tabla de atributos, que permite, como su nombre lo indica, editar el formulario.

Figura 76. **Barra Atributos**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

#### 5.2.2.1.5. **Hipervínculos**

Muchas veces se desea incluir algunos documentos o imágenes anexadas a la información que se está trabajando; para ello QGIS permite realizar hipervínculos que permiten ver esta información.

El programa maneja el enlace como una acción, por lo que se utiliza la herramienta Acciones, y se encuentra dentro de las Propiedades de la capa. La ventana de dicha herramienta, se divide en dos secciones, una superior llamada Lista de acciones y una inferior llamada Propiedades de acciones.

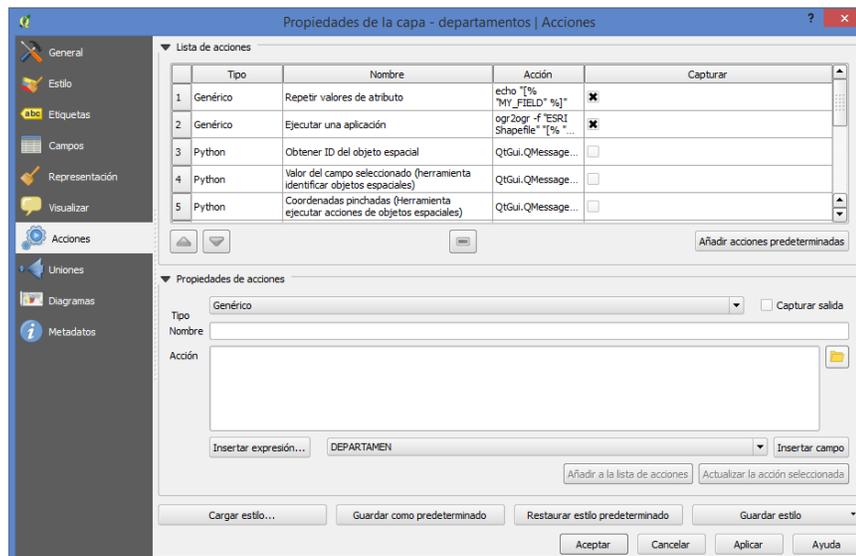
Las Listas de acciones son todas aquellas acciones que queremos que el programa ejecute. Estas acciones son definidas en las Propiedades de acciones, específicamente en el campo Tipo, acá se determina la condición en que se llevará la acción.

Los tipos de acciones que el programa puede generar son las siguientes:

- Genérico: es utilizado para acciones dentro del mismo programa
- Python: para trabajar con la consola Python
- Mac: para trabajar en el sistema operativo Apple Macintosh
- Windows: para trabajar en el sistema operativo Microsoft Windows
- Unix: para trabajar en cualquier sistema operativo de base Unix
- Abrir: abre cualquier archivo desde el programa

Un hipervínculo se puede crear como una acción de Windows o como la acción Abrir. La segunda es la forma más fácil y segura, ya que una acción Windows solo se recomienda para realizar acciones que dependen de aplicaciones o programas muy específicos, como por ejemplo: un enlace a un editor de imágenes como el programa MS Paint.

Figura 77. Menú Acciones

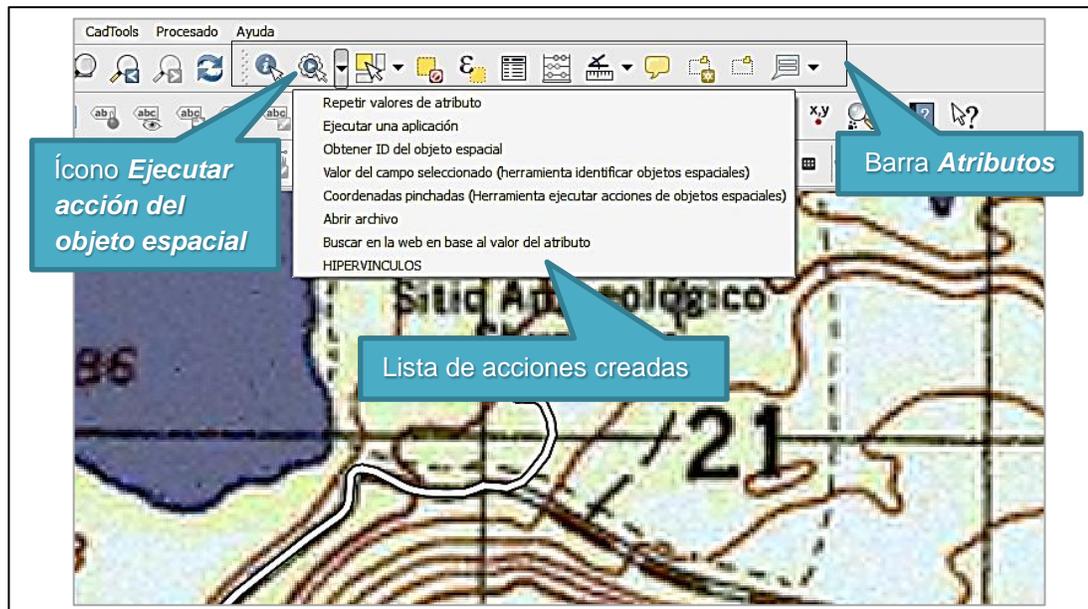


Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Para correr los hipervínculos, una vez hechas todas las acciones creadas, se realiza de dos formas: la primera es desde la información que se muestra cuando se realiza una consulta de los atributos con herramienta Identificar objetos espaciales, se debe buscar la opción Acciones y escoger la acción que corresponde al hipervínculo creado.

La segunda es usar la herramienta Ejecutar acción del objeto espacial, esta permite correr cualquier hipervínculo sin necesidad realizar una consulta de los atributos. Se encuentra localizada a la par del identificador de objetos en la barra Atributos, cuenta con un menú desplegable al igual que las herramientas para seleccionar objetos, medir y colocar notaciones, pero con la diferencia que las opciones que ofrece no son modalidades para su uso sino que son las acciones que se han creado (véase figura 78).

Figura 78. **Ícono Ejecutar acción, barra Atributos**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

### **5.2.2.2. Resolución de la práctica 2**

Para la realización de las siguientes actividades se recomienda recordar lo aprendido en el módulo 1, ya que muchas de las herramientas ya vistas se vuelven a utilizar. Así también llevar el conocimiento de las generalidades presentadas anteriormente para evitar el uso desmedido del tiempo en la explicación de las herramientas.

#### **5.2.2.2.1. Seleccionando objetos en una capa**

La herramienta Selección de objetos, se encuentra por defecto en la opción Seleccionar objetos espaciales individuales, para ver el menú desplegable con el resto de opciones es necesario presionar el botón lateral.

Para seleccionar un objeto puntual de una capa se debe realizar de la siguiente manera:

- a. Escoger la modalidad de selección que se desea utilizar
- b. Seleccionar objetos espaciales individuales (ver figura 70)
- c. Elegir el elemento deseado

Para visualizar mejor la selección se selecciona el ícono de la herramienta Desplazar mapa a la selección, en la barra Navegación de mapas (ver figura 79). Se pueden seleccionar otros objetos en distintas capas, solo es necesario seleccionar la capa en la herramienta Ventana de capas, y seguir el procedimiento descrito, sin necesidad de perder la selección que se tiene. Las capas vectoriales son las únicas que poseen objetos y, por lo tanto, las únicas que pueden ser seleccionadas.

Para seleccionar varios objetos de una capa se debe de seguir el siguiente procedimiento:

- a. Seleccionar la herramienta Selección de objetos
- b. Escoger la modalidad de selección que se desea utilizar (por rectángulo, por polígono, a mano alzada o por radio).
- c. Elegir un punto para comenzar la selección
- d. Arrastrar el puntero hasta cubrir todos los objetos
- e. Seleccionar el ícono de la herramienta Zum a la selección<sup>3</sup>, en la barra Navegación de mapas, para visualizar toda la selección (ver figura 79).

La selección por rectángulo es muy parecida a la selección por rectángulo de AutoCAD de Autodesk; la selección por radio el punto de comienzo es el centro y se arrastra el puntero hacia afuera de este punto, la selección por polígono, se dibuja el polígono y se da clic con el botón secundario para terminar. La selección a mano alzada es similar al dibujo de objetos con la herramienta Freehand editor.

Para seleccionar varios objetos siguiendo una instrucción determinada se realiza de la manera siguiente:

- a. Seleccionar la herramienta Seleccionar objetos espaciales usando una expresión.
- b. Escribir la expresión en el campo Expresión del cuadro Seleccionar por expresión (ver figura 71).
- c. Dar clic en el botón Seleccionar

---

<sup>3</sup> A la herramienta de acercamiento el programa la nombra "zum" y no *zoom* como generalmente se conoce.

- d. Seleccionar el ícono de la herramienta Zum a la selección, en la barra Navegación de mapas, para visualizar toda la selección (ver figura 79).

Para deseleccionar los objetos en una misma capa se da clic izquierdo en cualquier parte del mapa; para deseleccionar los objetos de varias capas se utiliza la herramienta Deseleccionar objetos espaciales de todas las capas, en la barra Atributos (ver figura 70).

Figura 79. **Barra Navegación de mapas**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

#### 5.2.2.2.2. **Identificando objetos espaciales**

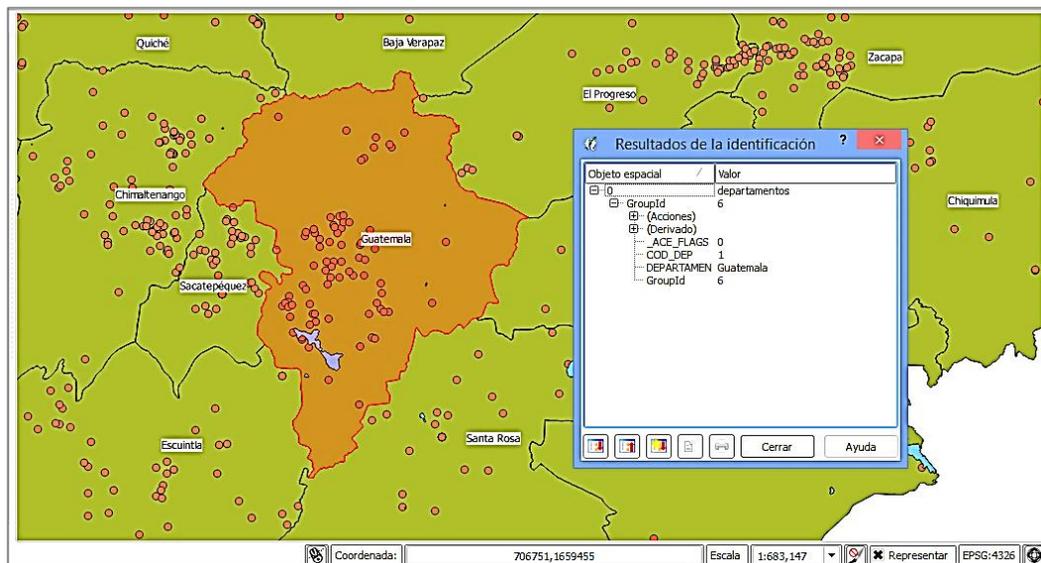
Cuando se identifica un objeto con la herramienta Identificar objetos espaciales, se muestra inmediatamente una ventana con toda la información contenida en el formulario únicamente, dicha información no puede modificarse.

Para ver la información de un objeto se realizar de la manera siguiente:

- a. Seleccionar la herramienta Identificar objetos espaciales (ver figura 80)
- b. Seleccionar el objeto a ver
- c. Cerrar el cuadro para terminar

Si se desea ver la información contenida en una tabla es mejor utilizar la herramienta Abrir tabla de atributos, la cual se describe en la sección 5.2.2.1.3; ya ofrece una mejor descripción que la herramienta de identificación.

Figura 80. **Ventana Resultados de identificación**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Para identificar objetos con la herramienta Visualizar, se realiza de la siguiente manera:

- Abrir las Propiedades de la capa
- Seleccionar la opción Visualizar, en el menú lateral
- Activar la casilla campo
- Escoger el atributo a visualizar en el menú desplegable
- Aceptar para cerrar el cuadro
- Activar la herramienta Visualizar, en la barra de atributos

Una vez hecho el procedimiento marcado bastará con pasar el cursor por encima del objeto sin necesidad de seleccionarlo, únicamente tiene que estar seleccionada la capa en la Ventana de capas.

#### **5.2.2.2.3. Realizar mediciones**

Al igual que la herramienta Seleccionar objeto, la herramienta Medir se encuentra por defecto en la opción Medir línea, para ver el menú desplegable con el resto de opciones es necesario presionar el botón lateral.

Las mediciones en una línea poligonal abierta (o medición por tramos) se realiza de la manera siguiente:

- a. Seleccionar la herramienta Medir línea
- b. Tocar el punto de inicio de la medición
- c. Tocar (dar clic izquierdo) al primer vértice sobre la línea
- d. Seguir tocando cada uno de los puntos de vértice de cada tramo
- e. Para finalizar dar clic con el botón secundario

Cuando se realiza un medición automáticamente aparece un cuadro de nombre Medir en donde se muestra la medición, en el caso de la medición de distancias lineales, se pueden realizar varias mediciones que el programa irá mostrando cada una de las mediciones y su sumatoria total (ver figura 81). Para los ángulos y las áreas es una medición única (ver figura 82).

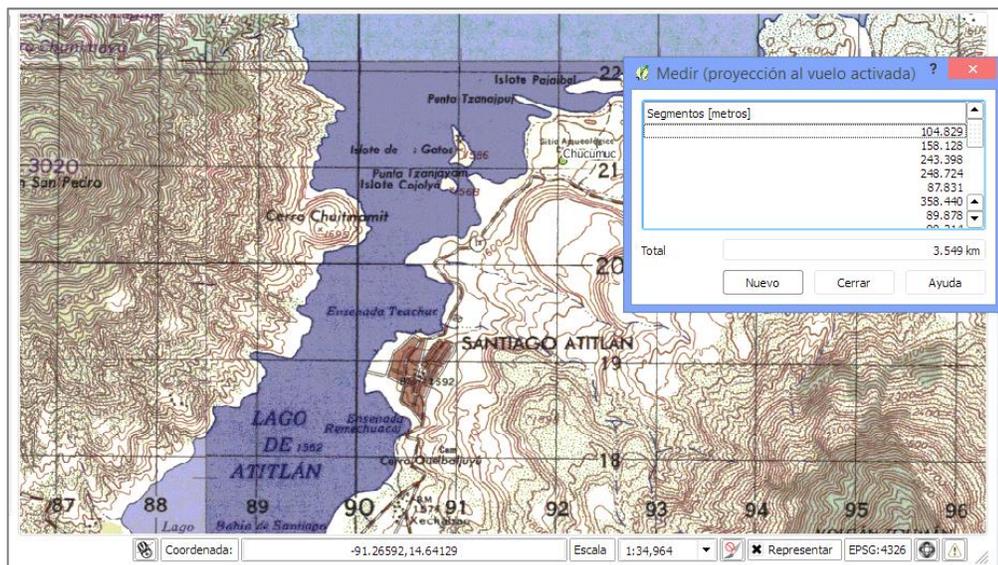
Para realizar las mediciones de área se procede de la manera siguiente:

- a. Seleccionar la herramienta Medir
- b. Selecciona la opción Medir área

- c. Dibujar la figura como si se dibujase el objeto nuevamente
- d. Para finalizar dar clic con el botón secundario

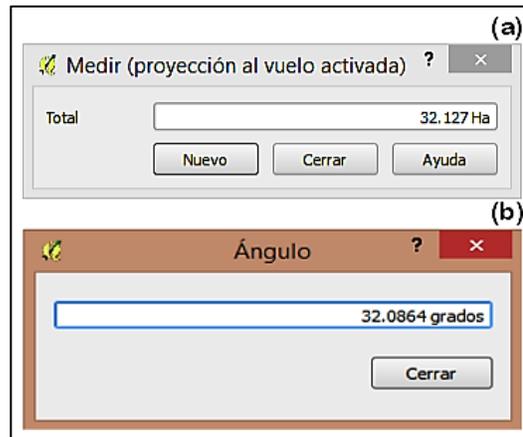
La herramienta entrega las mediciones en metros cuadrados, hectáreas o kilómetros cuadrados según el área a cubrir.

Figura 81. **Cuadro Medir (medición por tramos de la carretera de Santiago Atitlán hasta el sitio arqueológico de Chucumuc)**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 82. **Cuadro Medir (medición de área y ángulo)**



(a) Medición de áreas; (b) medición de ángulos;

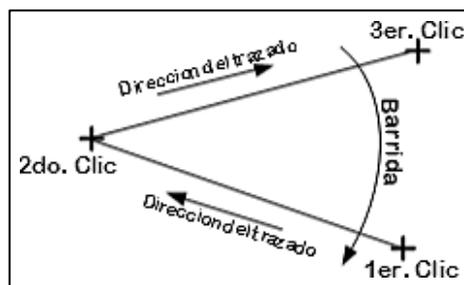
Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Para las mediciones de ángulos se realizan de la siguiente forma:

- a. Seleccionar la herramienta Medir
- b. Selecciona la opción Medir ángulo
- c. Trazar la línea sobre uno de sus lados comenzando desde el extremo y finalizando en el vértice, debe darse un clic en cada punto.
- d. Trazar otra línea sobre el siguiente lado que conforma el ángulo comenzando en el vértice hasta el extremo final, dar clic únicamente al finalizar (ver figura 83).
- e. Barrer desde el extremo marcado en el paso anterior hasta el extremo del lado opuesto, cubriendo toda la amplitud del ángulo (ver figura 83).
- f. Para finalizar dar clic con el botón secundario

Las mediciones deben hacerse en mismo sistema coordenado que se esté realizado el mapa; es decir que si el mapa es fue desarrollado en coordenadas proyectadas (la proyección Mercator por ejemplo), la configuración del proyecto en el programa debe estar en la misma proyección o la medición no será la correcta. Muchas veces se maneja por defecto mapas en proyección Mercator por lo que a veces el usuario no se percata que no todos los mapas vienen en esta proyección.

Figura 83. **Procedimiento para medir ángulos en QGIS**



Fuente: elaboración propia, con el programa MS Visio 2010.

#### 5.2.2.2.4. **Superponer diagramas**

Los diagramas pueden variar de tamaño conforme varia el tamaño del objeto, para una mejor visual de los mismos, el usuario debe personalizar el tamaño de presentación.

Para superponer un diagrama a una capa se debe realizar de la siguiente manera:

- a. Escoger la capa a trabajar
- b. Abrir el cuadro Propiedades de Capa

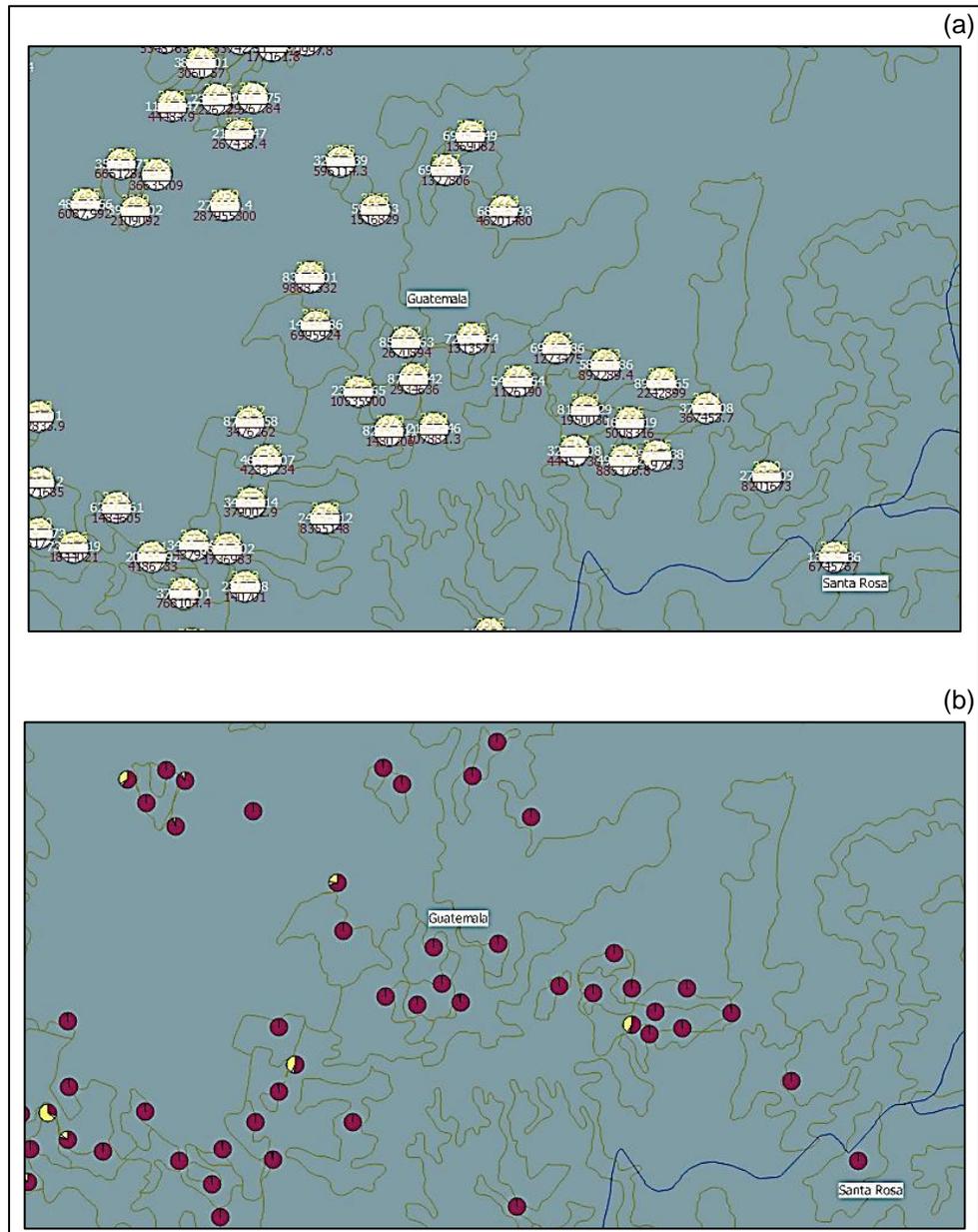
- c. Escoger la opción Diagramas, en el menú lateral
- d. Habilitar la opción en la casilla Mostrar diagramas (ver figura 73)
- e. Escoger el tipo de diagrama en la menú Tipo de diagrama
- f. Seleccionar los atributos a ver en las gráficas en el campo Atributos, disponibles (ver figura73).
- g. Seleccionar la opción Aceptar para finalizar

Figura 84. **Diagramas superpuestos de Qgis (diagramas de barras)**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 85. **Diagramas superpuestos de Qgis (diagramas circulares y diagramas tipo pastel)**



(a) Histograma; (b) diagramas tipo pastel

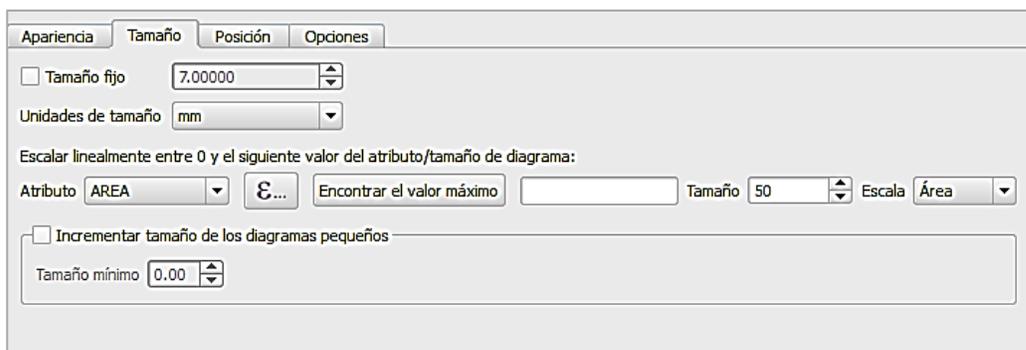
Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Para personalizar el tamaño se debe escoger la pestaña Tamaño, aunque este depende mucho del usuario hay dos opciones (ver gráfica 86): cuando se activa el tamaño fijo, se debe colocar el tamaño que se desea; esto significa que no importa cuánto se aleje o se acerque la imagen del mapa la gráfica mantendrá el mismo tamaño.

Si se mantiene desactivado cada gráfica tendrá el tamaño de elemento que acompaña, por ejemplo: si se hiciese una gráfica del departamento de Petén y una del departamento de Guatemala, la gráfica que acompaña al primero sería visualmente más grande que la del segundo (ver figura 87).

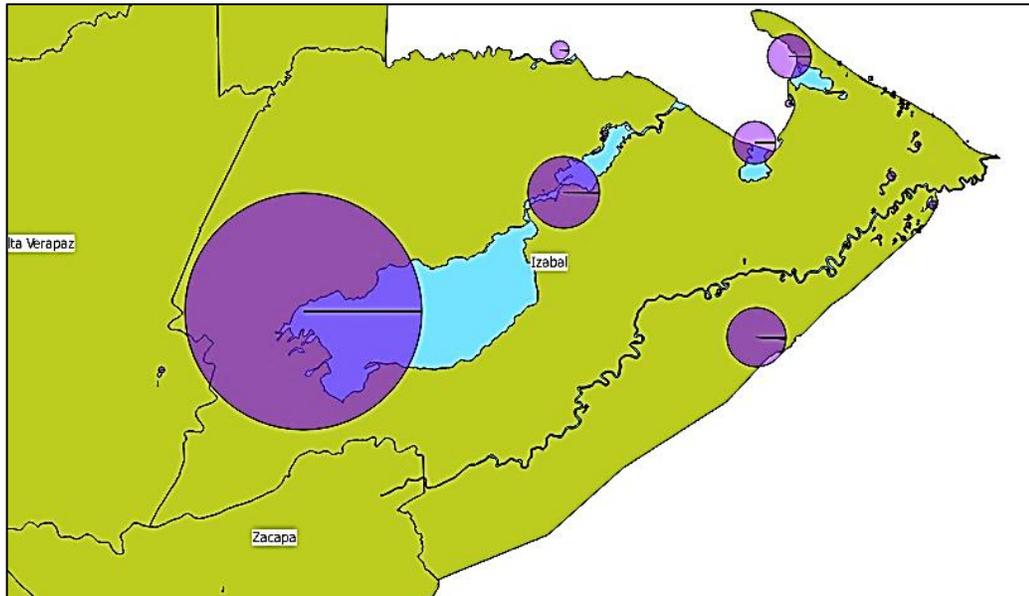
Esto se puede evitar dándole a la gráfica una escala de compensación en el cuadro Incrementar el tamaño de los diagramas pequeños, activando la casilla lateral, y luego determinar el tamaño. El problema viene a que es casi una cuestión de prueba y error hasta llegar a un tamaño proporcional.

Figura 86. **Pestaña Tamaño, submenú Diagramas**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 87. **Diferencia de tamaño de gráficos (evaluación de los cuerpos de agua del departamento de Izabal)**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

#### 5.2.2.2.5. Realizando consultas

Para la realización de consultas es indispensable que se determine con anterioridad la expresión y mantenerla presente, ya que una vez realizada se tiene que limpiar el cuadro para poder ver la capa completa y conmutar.

Para realizar una consulta de un objeto se procede de la siguiente manera:

- a. Seleccionar la capa a trabajar
- b. Seleccionar la opción Consulta, en el menú Capa
- c. Escoger el campo de atributos que brindara los valores de consulta

- d. Introducir la expresión
- e. Presionar el botón Probar, para realizar la prueba a la expresión
- f. Presionar el botón Aceptar, para ver los objetos que responden al argumento de la expresión.

Una vez realizada la consulta y se resuelve quitarla, el limpiado se realiza de la siguiente manera:

- 1. Seleccionar la opción Consulta, en el menú Capa
- 2. Presionar el botón Limpiar, para borrar la expresión del cuadro
- 3. Presionar el botón Aceptar, para volver la capa a la normalidad

Una consulta no necesariamente debe ser una expresión, por ejemplo: si el campo es de tipo texto, y se desea ver los objetos que responden a un palabra específica (como la clasificación de una carretera) únicamente se ingresa la palabra en lugar de la expresión.

#### **5.2.2.2.6. Editando objetos**

La edición es válida únicamente para líneas y polígonos vectoriales, en un punto solo se pueden modificar sus atributos y en una capa ráster no modifica su forma.

Para editar un objeto en una capa vectorial se procede de la forma siguiente:

- a. Seleccionar la capa a trabajar
- b. Activar la herramienta Conmutar edición

- c. Seleccionar el ícono de Herramienta de nodos, en la barra Vectorial (ver figura 59).
- d. Escoger el objeto (dar clic izquierdo sobre el)
- e. Mover cada uno de los nodos a la posición deseada
- f. Desactivar el conmutador de edición

Si se desea mover un objeto en una capa vectorial se realiza de la siguiente manera:

- a. Seleccionar la capa a trabajar
- b. Activar la herramienta Conmutar edición
- c. Seleccionar el ícono Mover objetos espaciales, en la barra Vectorial (ver figura 59).
- d. Escoger el objeto (dar clic sobre el)
- e. Mover el objeto a la nueva posición
- f. Desactivar el conmutador de edición
- g. Guardar los cambios realizados

Para guardar los datos solo es necesario desactivar el conmutador y el programa automáticamente preguntará si se desean guardar los cambios.

#### **5.2.2.2.7. Editando datos y asignando nueva data**

El procedimiento para añadir nuevos datos a un objeto de una capa vectorial se realizará como se explicó en la sección 5.2.2.1, desde la herramienta Tabla de atributos, y desde la herramienta Propiedades de la capa.

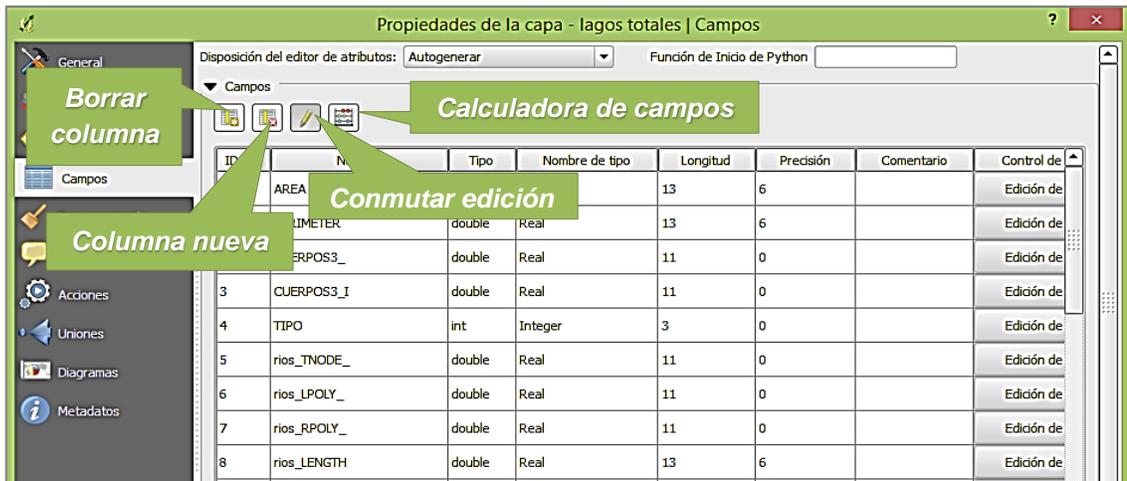
Para asignar un nuevo atributo (nuevos datos) se realiza de la siguiente manera:

- a. Abrir la herramienta Propiedades de la Capa
- b. Seleccionar la opción Campos, en el menú lateral
- c. Activar el conmutador de edición seleccionando el ícono Conmutar edición, que se encuentra en la ventana de la herramienta (Ver figura 88)
- d. Seleccionar el botón Columna nueva.
- e. Ingresar los datos de la nueva columna (ver figura 89)
- f. Desactivar el conmutador de edición para finalizar
- g. Cerrar la herramienta

El procedimiento para eliminar una columna es parecido y se realiza de la siguiente forma:

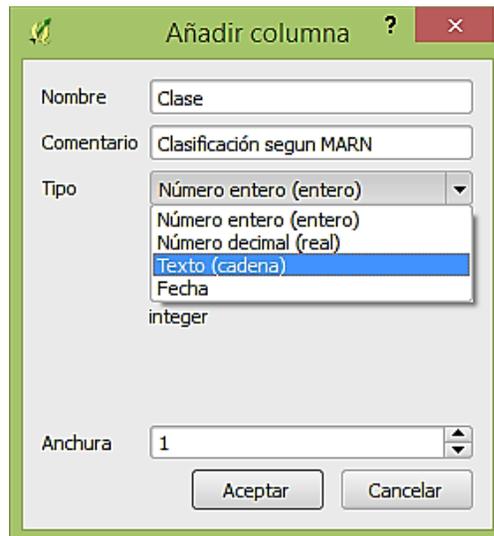
- a. Abrir la herramienta Propiedades de la capa
- b. Seleccionar la opción Campos
- c. Activar el conmutador de edición seleccionando el ícono Conmutar edición, que se encuentra en la ventana de la herramienta.
- d. Seleccionar el botón Borrar Columna
- e. Seleccionar la columna o campo a eliminar
- f. Eliminar el campo seleccionado
- g. Desactivar el conmutador de edición para finalizar
- h. Cerrar la Tabla de atributos

Figura 88. Menú Campos, Propiedades de la capa



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 89. Añadir columna



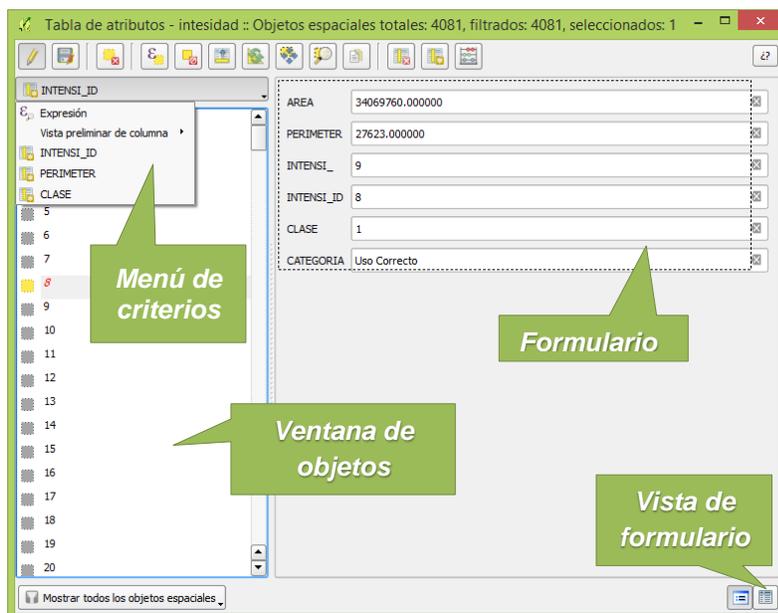
Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Los datos contenidos en una tabla se pueden editar de igual manera con la opción Vista de formulario, ubicada en la parte inferior de la ventana de la herramienta Tabla de atributos.

Para editar datos desde el formulario se realiza de la manera siguiente:

- a. Escoger la capa a trabajar
- b. Abrir la herramienta Tabla de atributos
- c. Seleccionar el icono del conmutador de ediciones
- d. Seleccionar la pestaña Vista de formulario (ver figura 90)
- e. Escoger el criterio de búsqueda (columna) en el opción Menú de criterios
- f. Escoger el objeto en la ventana de objetos
- g. Editar los atributos deseados y guardar (Ctrl+G)

Figura 90. **Menú Campos, herramienta Tabla de atributos**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

#### 5.2.2.2.8. Creando hipervínculos

Para crear hipervínculos se debe tener en cuenta que para cualquier documento contenido en el ordenador con el que se desee formar un enlace (hipervínculo local), se debe contar con el programa para ejecutarlo; si es un hipervínculo de una página Web se debe de contar con acceso a internet.

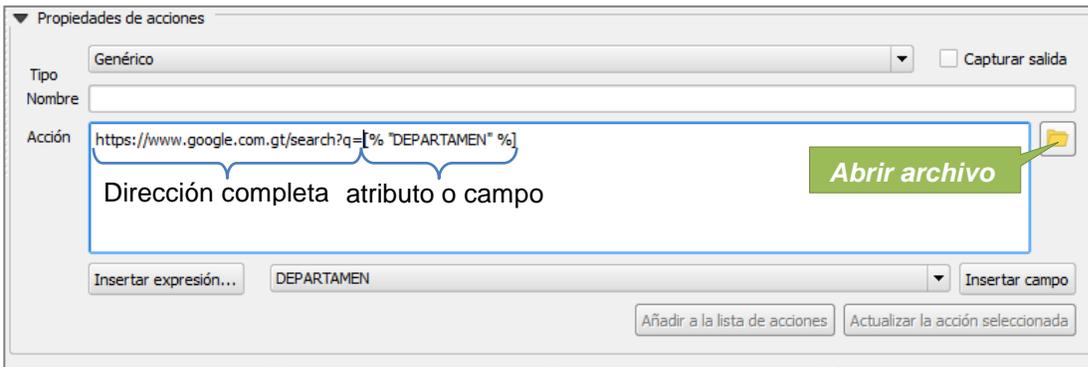
Para crear un hipervínculo de un archivo de la siguiente manera:

- a. Abrir la herramienta Propiedades de la capa
- b. Seleccionar en menú lateral la opción Acciones
- c. Escoger la opción Abrir, en el campo desplegable Propiedades de acciones (ver figura 91).
- d. Buscar el archivo que se necesita en el cuadro de búsqueda
- e. Dar doble clic en el archivo que se desea enlazar y cuya dirección quedara registrada en el campo Acción.
- f. Añadir el enlace a la lista de acciones presionando el botón Añadir a la lista de acciones.
- g. Seleccionar la opción Aceptar para finalizar

Para crear un hipervínculo de un sitio Web se debe escribir la dirección del documento o página Web en el campo Acción, en lugar de realizar pasos descritos en los incisos d y e.

Si el hipervínculo es para realizar una búsqueda del atributo en internet, por ejemplo: realizar una búsqueda sobre cada uno de los departamentos de Guatemala, se escribe la dirección completa del buscador en el campo Acción y antes de añadir a la lista se incluye el nombre del atributo con la opción Insertar campo, dentro del campo Propiedades de acciones (ver figura 91).

Figura 91. **Propiedades de acciones**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

#### 5.2.2.2.9. **Abriendo los hipervínculos creados**

Como se dejó planteado en la sección 5.2.2.1.5, existen dos formas de abrir o correr un hipervínculo: con el cuadro Resultados de identificación, de la herramienta Identificar objetos espaciales, o directamente desde la herramienta Ejecutar acción del objeto espacial. La ventaja de esta última sobre la primera es que una vez seleccionada la acción en el menú desplegable, ya no hay que seleccionarla de nuevo para utilizarla con los demás objetos. En esta sección se tratarán ambos métodos.

Para correr un hipervínculo desde la consulta se realiza de la siguiente manera:

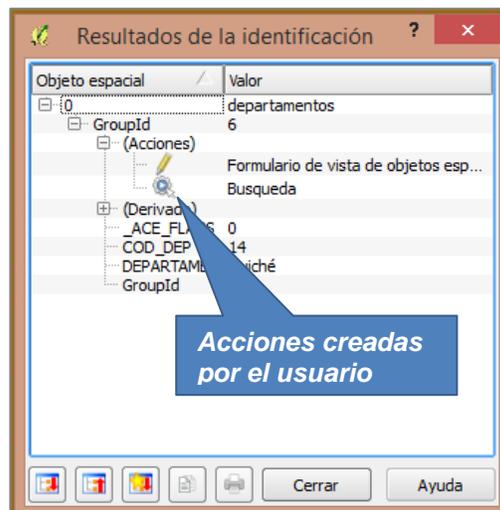
- a. Escoger la capa a trabajar
- b. Seleccionar la herramienta Identificar objetos espaciales, en la barra Atributos.

- c. Seleccionar el objeto que se desea consultar
- d. Desplegar el campo Acciones (ver figura 92)
- e. Seleccionar la acción creada
- f. Repetir los inicios c y d para cada uno de los objetos a consultar

Para correr un hipervínculo directamente se realiza de la siguiente manera:

1. Escoger la capa a trabajar
2. Seleccionar la herramienta Ejecutar acción del objeto espacial, en la barra Atributos (ver figura 76).
3. Seleccionar la acción creada
4. Seleccionar el objeto deseado
5. Repetir el paso anterior para cada objeto a consultar

Figura 92. **Cuadro Resultados de la identificación**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

### **5.2.3. Módulo 3 (práctica 3): ajuste espacial y georreferenciación**

La herramienta necesaria para realizar las actividades de esta sección, el Georreferenciador, es un complemento que se instala por defecto en el programa, si no se encuentra instalado, puede buscarlo en la herramienta Administrador de complementos, para que pueda ser agregado.

#### **5.2.3.1. Generalidades de la práctica 3**

Los GIS tienen la capacidad de referenciar geográficamente la información que se le ingrese (ver sección 3.1.3), aunque muchas veces, cuando se trabajan capas vectoriales hechas por otros usuarios, estas ya poseen referencia geográfica, a veces es necesario cambiar de datum para trabajarlo.

En el caso de las capas ráster (y todo lo que el trabajo implica) es necesario georreferenciarlas, ya que a veces no poseen los metadatos que proporcionen su ubicación. A continuación se describen las herramientas que el programa posee para llevar a cabo el ajuste y la georreferenciación.

##### **5.2.3.1.1. Herramientas SRC**

Esta es una herramienta utilizada por el programa para determinar en una capa, un sistema de referencia de coordenadas o SRC. (Ver sección 1.2.2.5). La herramienta SRC de QGIS permite establecer el sistema de proyecciones, un elipsoide y un datum de una larga lista de sistemas utilizados a nivel mundial.

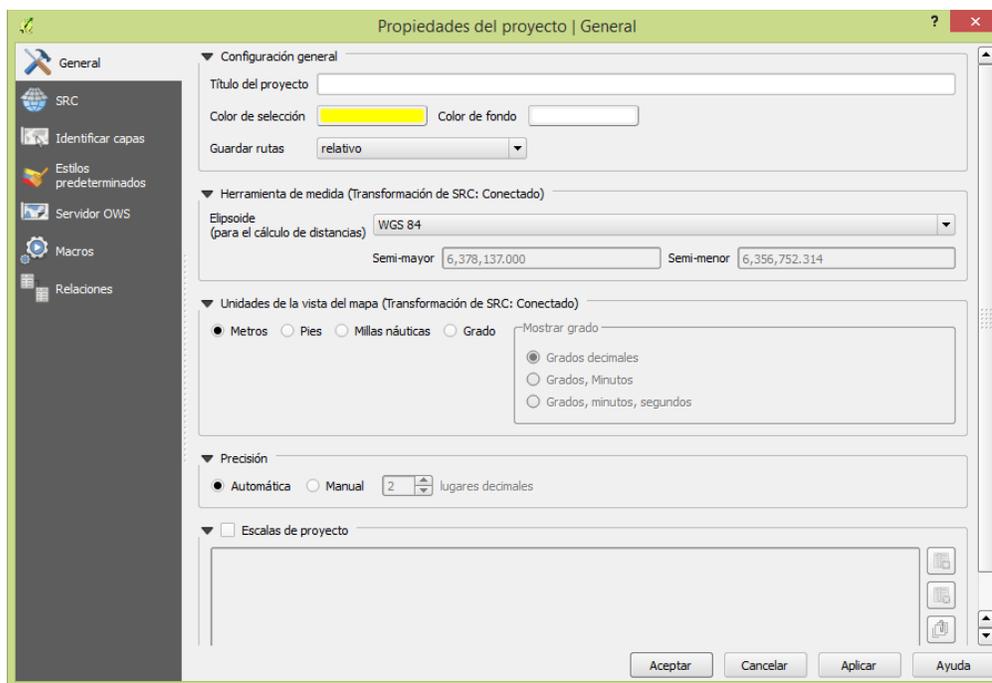
También permite crear los propios SRC, permitiendo basarse en uno de los sistemas existentes, o uno totalmente distinto. Para ello solamente se necesita ingresar el tipo de proyección, los datos del elipsoide y el datum (ver sección 1.2.3).

La herramienta, al contrario de las demás vistas hasta ahora, no se encuentra en una aplicación como tal, sino que divide sus funciones en varias herramientas dentro del programa, dichas herramientas son:

- Propiedades del proyecto: como su nombre lo indica, se encarga de administrar las propiedades del proyecto. La ventana es igual a la de la herramienta Propiedades de la capa, que se encuentra en el menú Proyecto, las funciones que interesan para esta sección (ver figura 93) son:
  - Herramienta de medida: acá se define el elipsoide (aunque se actualiza automáticamente cuando se determina el SRC).
  - Unidades de medida de la vista del mapa: proporcionan las unidades de proyección del mapa.
- Personalizador de SRC: se encuentra en el menú Configuración, en la opción SRC personalizado; en esta opción se puede ingresar la información necesaria para realizar SRC determinados por el usuario.
- Selector de SRC: es donde se encuentran registrados todos los sistemas de referencia de coordenadas para que el usuario haga uso de ellos (ver figura 94). Se encuentra en la herramienta Propiedades del proyecto, en la ventana Opciones, en el menú Configuración; o dado un clic secundario sobre la capa y escogiendo la opción Seleccionar SRC de la capa.

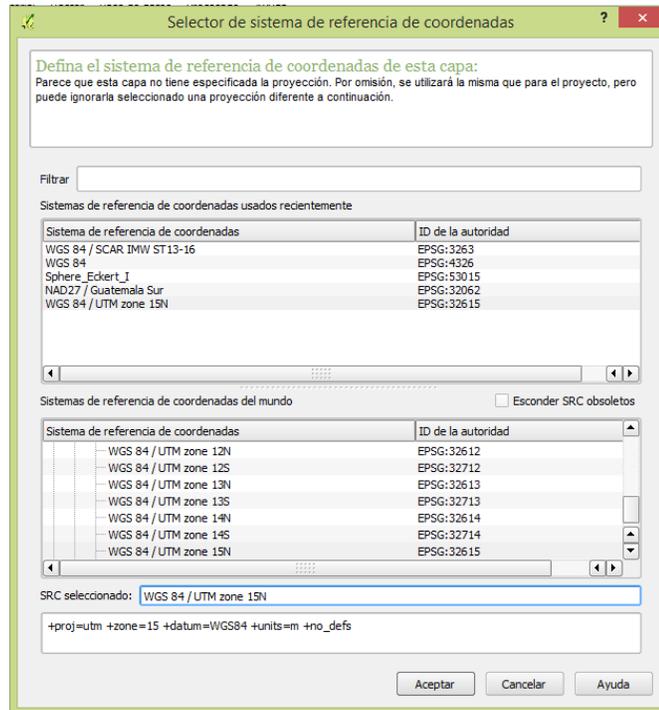
Aunque el programa permite ver todas las proyecciones, algunas de estas se pueden considerar obsoletas, ya sea porque el elipsoide dejó de ser utilizado o porque se cambia de datum (como el caso de Guatemala, donde se está cambiando el datum NAD27 por el WGS84), el programa permite evitar las obsoletas activando en el selector el cuadro Esconder SRC obsoletas.

Figura 93. **Menú General, herramienta Propiedades del proyecto**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 94. **Selector de SRC (para capas)**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

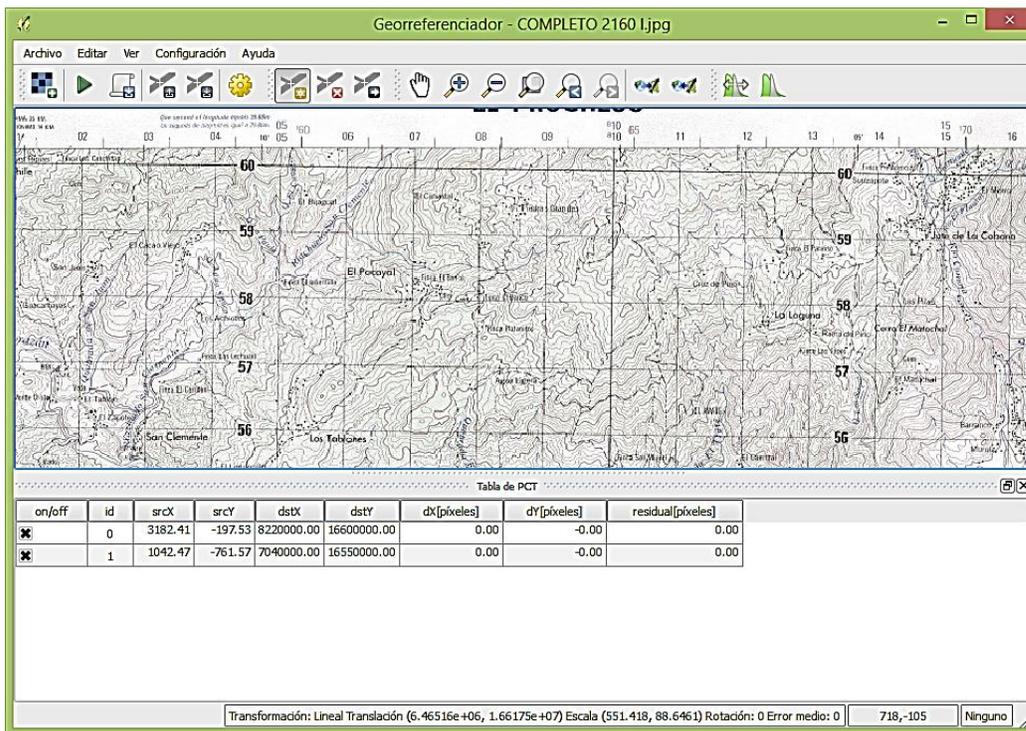
### 5.2.3.1.2. Georreferenciador

Es una herramienta que permite georreferenciar capas tipo ráster, se encuentra en el menú Ráster, en la opción Georreferenciador. Y en la barra Ráster, en el ícono con mismo nombre de la herramienta.

Una vez escogida la opción, se abre la interface de la herramienta, esta posee características similares a las del escritorio; posee una barra de menú, una barra de herramientas y ventana del mapa. Adicionalmente cuenta con una ventana adicional llamada Tabla de PCT que lleva la información de los puntos de referencia.

Cada una de las barras corresponde a los menús en la barra superior (ver figura 95). Aunque existe la excepción del menú Configuración, el cual se encuentra incluido en la barra Archivo, y la barra llamada Barra de herramientas (aunque técnicamente todas son barras de herramientas, esta se llama así dado que utiliza herramientas propias de la barra Ráster, en el escritorio de QGIS).

Figura 95. Georreferenciador (vista de la interface)



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

A continuación se describe brevemente cada una de las barras, tomando como referencia la figura 96, estas son:

- Barra Archivo: tiene las funciones de administrar los archivos y correr la georreferenciación, generar script GDAL y cargar y borrar puntos PCT (Puntos de coordenadas tangenciales). Adicionalmente cuenta con el ícono Configuración de la transformación, que permite configurar el tipo de transformación, remuestreo y las condiciones de salida.
- Barra Editar: básicamente la edición es incluir, borrar y editar los puntos PCT.
- Barra Ver: contiene todas las herramientas utilizadas para mejorar la apreciación del gráfico como el zoom.
- Barra de herramientas: utiliza las herramientas para modificar histograma de la barra ráster.

Los métodos para georreferenciar se basan en la transformación del espacio vectorial (métodos de transformación y de remuestreo), en el presente trabajo solo se demostrará como utilizar las herramientas de georreferenciación y no así toda la ciencia que implica realizarla, ya que esto representaría un nuevo trabajo. La georreferenciación es un proceso por demás complejo, pero con la ayuda del programa, se puede realizar de una manera más sencilla.

Figura 96. **Barra superior de la interface del georreferenciador**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

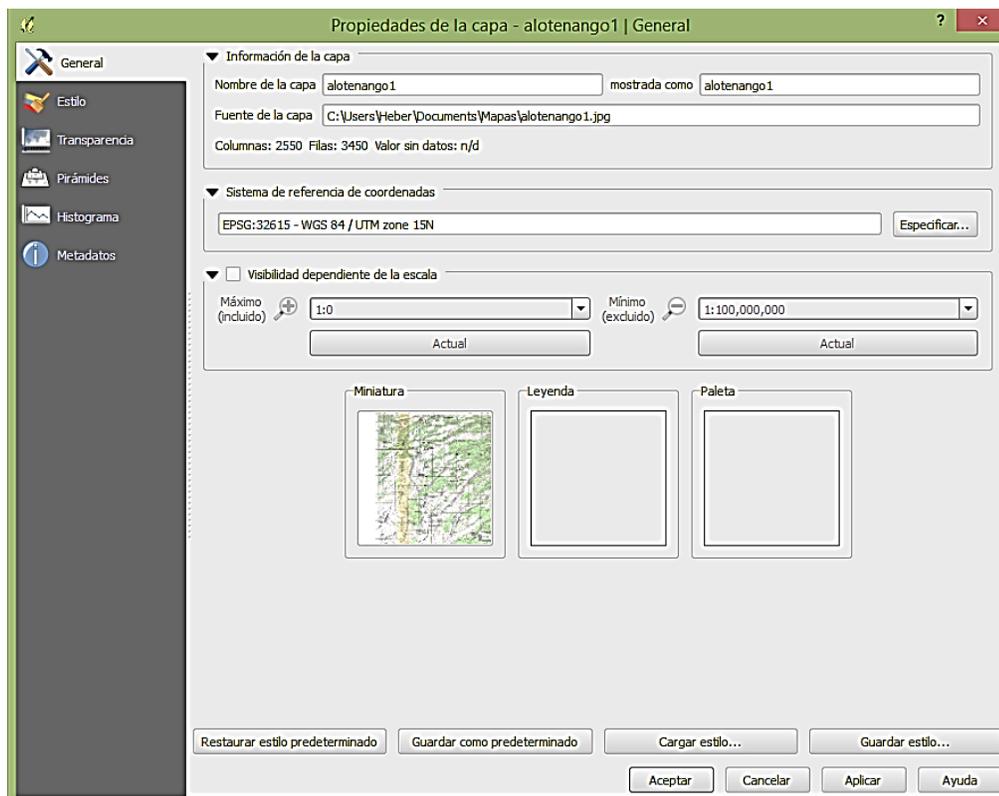
### **5.2.3.1.3. Propiedades de las capas tipo ráster**

Las capas tipo ráster, al igual que las capas vectoriales, es posible cambiar sus propiedades, pero a diferencia de los vectores, los archivos tipo ráster no poseen simbología; las propiedades hacen referencia a la transparencia, la tonalidad del color, la saturación de banda, etc. (ver figura 97). Es bueno tener ciertos conocimientos en fotografía, en imagen digital y otros softwares de edición y diseño de imagen (como Gimp, Inkscape, Adobe Photoshop e Illustrator, entre otros). Para obtener el cuadro de las propiedades el procedimiento es exactamente igual a como se explicó en la sección 5.2.3.1, ya que el programa reconoce automáticamente que tipo capa es.

La herramienta Propiedades de la capa ráster, se componen de las siguientes opciones o menús:

- Estilos: son totalmente distintos a los de las capas vectoriales; ya que los estilos de los ráster son por calidad de bandas de color (rojo, verde y azul), propiedades de la imagen (saturación, brillo, contraste y matiz) y el remuestreo.
- Transparencia: permite transparentar la imagen, ya sea de manera total o por bandas, muy útil al sobreponer imágenes.
- Pirámides: dividen la imagen en una serie de planos ordenados en niveles paralelos uno sobre otro con vistas que se van acrecentando conforme se acerca al plano más alejado, conformando una pirámide. Una vez hecha la pirámide no se puede reconfigurar la imagen, por lo que es muy importante hacer una copia de la imagen original antes.
- Histogramas: estos histogramas representan la frecuencia de los niveles de cada banda de color, enfrentan la frecuencia con el valor de pixeles.

Figura 97. **Selector de SRC, Propiedades de la capa**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

### 5.2.3.2. Resolución de la práctica 3

Esta sección está enfocada en brindar al usuario del programa el conocimiento esencial para utilizar las herramientas presentadas para realizar el proceso de ajuste espacial y georreferenciación, y dado que la finalidad de este capítulo es de servir de guía para la manejo del software; se considera que los conocimientos adicionales al mismo son poseídos por el estudiante o no son relevantes (como material de apoyo puede consultarse los capítulos del 1 al 3).

#### **5.2.3.2.1. Estableciendo un sistema de referencia de coordenadas para un proyecto**

En general se puede establecer el sistema de referencia al iniciar un proyecto ya avanzado, pero sería recomendable que se establezca al inicio del proyecto.

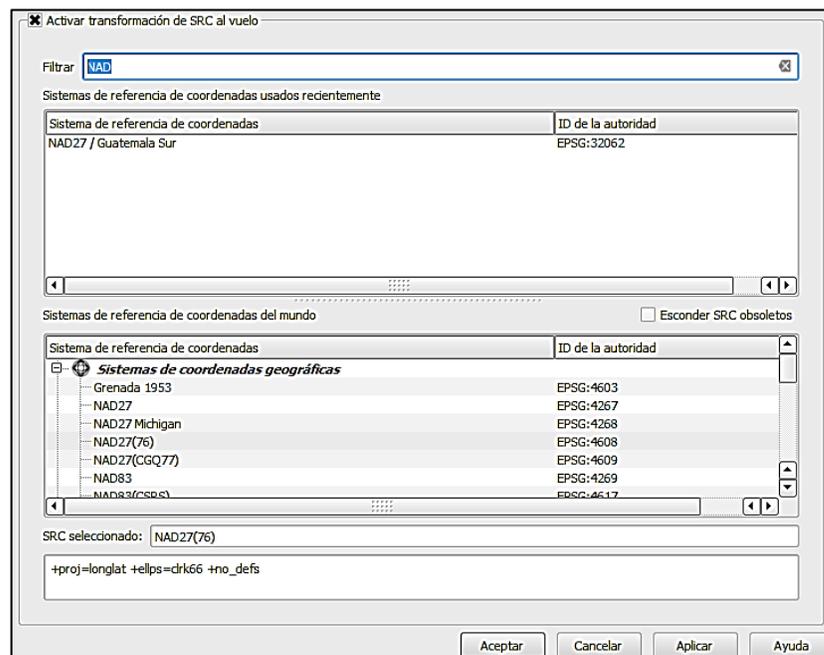
Para establecer un SRC en un proyecto se debe proseguir de la siguiente manera:

- a. Abrir la herramienta Propiedades del proyecto en el menú Proyecto
- b. Escoger la opción SRC (se puede abrir directamente desde el cuadro Opciones, en el menú Configuración).
- c. Conectar la herramienta Transformación de SRC, en la casilla Activar la transformación SRC al vuelo (esto activa el Selector de SRC).
- d. Escribir el sistema que se desea en el campo Filtrar (ver figura 98)
- e. Escoger el sistema filtrado de la casilla Sistemas de referencia de coordenadas del mundo.
- f. Dar clic en el botón Aceptar para terminar

Cuando se filtra un sistema el SRC que se va utilizar, se agrega alguna referencia, por ejemplo, se puede escribir NAD27 para que el programa encuentre todas las opciones NAD27, entre más específica sea la entrada más rápido se dará con el sistema de referencia. Si ya se ha abierto un SRC anteriormente el programa lo reconoce automáticamente, por lo que puede buscarse en el cuadro Sistemas de referencia de coordenadas de usados recientemente, en lugar del cuadro que se describe en el paso c.

De hecho el programa reconoce a cada SRC del mundo con un número de identificación o ID de la autoridad (ver figura 98), al escribir esto en el filtro se encuentra automáticamente y se puede omitir el paso del inciso e.

Figura 98. Transformación de SRC al vuelo



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

#### 5.2.3.2.2. Estableciendo un sistema de referencia para una capa

El procedimiento es básicamente el mismo que en el ejercicio anterior con la única diferencia que la función del Selector SRC es distinta. Debido a esto no es necesario activar la Transformación de SRC. Esto aplica para capas ráster y vectoriales.

Para establecer un SRC en una sola capa se debe seguir de la siguiente manera:

- a. Dar clic izquierdo sobre la capa deseada
- b. Escoger la opción Establecer SRC de la capa
- c. Seguir los pasos del inciso c al f del proceso de la sección 5.2.3.2.1.

Como se puede observar en la casilla de transformación de vuelo no se encuentra (comparar figura 94 con figura 98), pero si se brinda un mensaje en el que informa que si no se establece un sistema de referencia de coordenadas por defecto se usará el sistema determinado para el proyecto.

#### **5.2.3.2.3. Determinando elipsoide y unidades de medida**

El programa permite establecer un elipsoide y definir las unidades de medida para cualquier proyecto, aunque cuando ambas variables se establecen al determinar el sistema de referencia de coordenadas. Esto debe realizarse preferentemente antes de realizar una medición o cualquier otro tipo de consulta, cálculo o análisis.

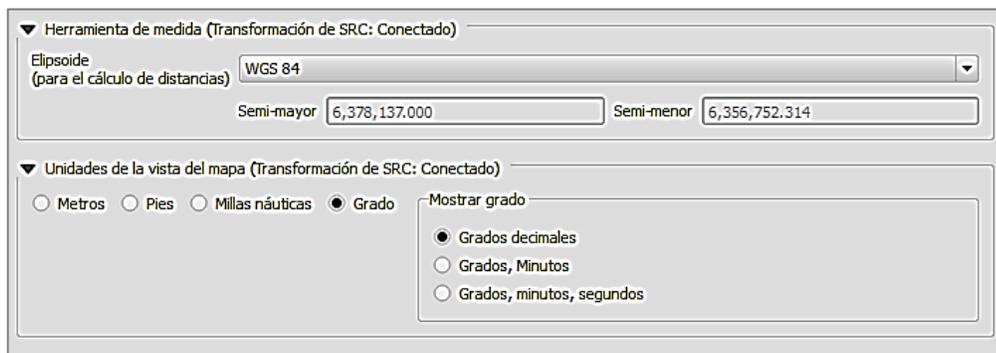
Para determinar el elipsoide y las unidades de medida de un proyecto se debe seguir de la siguiente manera:

- a. Abrir la herramienta Propiedades del proyecto
- b. Escoger la opción General
- c. Seleccionar el elipsoide del menú desplegable Elipsoide, en la opción Herramienta de medida (debe estar activada la casilla de transformación de SRC).

- d. Seleccionar el sistema de medida en la opción Unidades de medida de la vista mapa (si se escoge como unidad de medida los grados, se puede escoger la forma de vista en el cuadro Mostrar grado).
- e. Dar clic en el botón Aceptar para terminar

Si no se activa la transformación el programa automáticamente determina al elipsoide como planimétrico (*None/Planimetric*), generando que las mediciones sean erróneas cuando el mapa está en otra proyección.

Figura 99. **Vista de las herramientas: Herramienta de medida y Unidades de la vista del mapa**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

#### 5.2.3.2.4. **Creando un nuevo sistema de referencia de coordenadas**

Existen algunos casos en los que se necesita trabajar de otros tipos de SRC que le programa no reconoce, ya sea porque estos son relativamente nuevos y aun no tienen reconocimiento internacional (como el caso de la proyección GTM) o porque el usuario necesita uno personalizado.

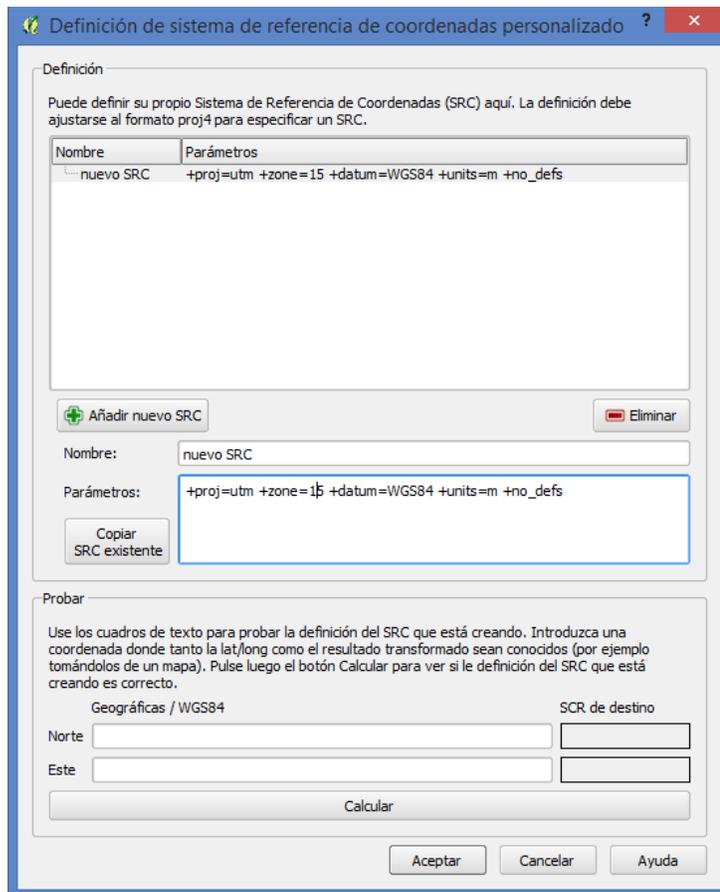
Para ingresar un nuevo sistema de referencia de coordenadas, se realiza de la siguiente forma:

- a. Abrir la herramienta Personalizador de SRC, en el menú Configuración en la opción SRC personalizado.
- b. Ingresar el nombre en la casilla Nombre
- c. Añadir dando clic en el botón Añadir nuevo SRC.
- d. Ingresar los parámetros en la casilla Parámetros (utiliza la nomenclatura PROJ. 4).
- e. Dar clic en el botón Aceptar para terminar

Antes de cerrar la ventana (realizar el paso 5) es recomendable primero hacer una prueba del nuevo sistema colocando dos coordenadas, una X y una Y, en los espacio de la opción Probar, dando un clic en el botón Calcular (ver figura 100).

En el paso descrito en el inciso c, al ingresar los parámetros, siempre se puede ayudar con la configuración de otro sistema y modificarlo. Utilizando la función Copiar SRC existente, en el que aparecerá el Selector de SRC, se puede buscar el sistema más parecido al que se desea llegar para luego cambiarle los parámetros necesarios. Para el sistema de proyección GTM véase el anexo A.

Figura 100. Personalizador de SRC



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

### 5.2.3.2.5. Editando una capa ráster

La capas ráster muchas veces necesitan ser mejoradas para apreciar mejor el detalle, especialmente cuando son fotografías satelitales. A las imágenes se les puede modificar el color a manera de resaltar detalles que con su constitución normal no se verían.

Para editar una capa raster se realiza de la siguiente forma:

- a. Abrir la herramienta Propiedades de la capa
- b. Seleccionar el menú Estilo en la banda lateral
- c. Seleccionar el tipo de renderizado, (color de banda, en paleta, unibanda gris y unibanda pseudocolor).
- d. Modificar el valor del nivel de las bandas de color (o de nivel de gris según sea el caso).
- e. Determinar las cualidades del color (saturación, matiz, brillo y/o contraste).
- f. Determinar el sobremuestreo (calidad de la imagen con respecto a la realidad en la que se basa).
- g. Seleccionar la opción Aceptar para terminar

También se puede editar una imagen utilizando la barra “Ráster” (ver figura 101), y modificar el contraste y brillo.

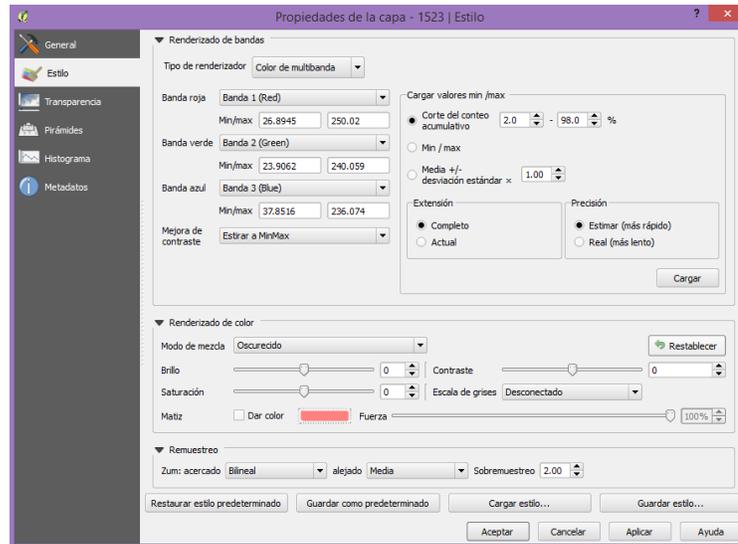
El programa permite mejorar la nitidez y suavidad de una imagen, modificar la luz, quitar el ruido y realizar otras mejoras (ver figura 102). De hecho, es posible reconstituir la imagen, pero solo es aconsejable sí se tiene alguna noción de fotografía, por esa razón siempre se recomienda al usuario expandir sus conocimientos de fotografía y la imagen digital.

Figura 101. **Barra Ráster**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 102. Cuadro de propiedades para una capa ráster



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

### 5.2.3.2.6. Georreferenciando una capa ráster

Para georreferenciar cualquier capa, primero se debe mejorar la misma ya que esto brinda una mejor apreciación al detalle y permite realizar el proceso con una mayor exactitud.

Antes de comenzar el proceso de georreferenciación es necesario prestar atención a ciertos detalles: primeramente se debe tener en cuenta que para georreferenciar es necesario utilizar puntos de referencia del lugar al que se presenta en la imagen dado que esa es la base para que el programa lo ubique dentro del globo terráqueo. De esta cuenta viene el segundo detalle y es saber con cuanta información se cuenta, ya que de esto depende, no solo la cantidad de puntos sino qué tipo de transformación usar.

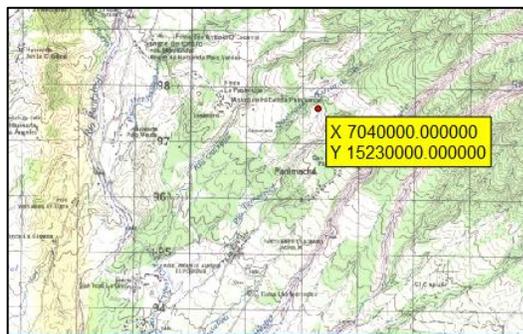
Los métodos de transformación del espacio vectorial requieren una cantidad de puntos de referencia distintos, por ejemplo el método lineal solo necesitas dos puntos, el primer método polinomial tres y el proyectivo cuatro.

De esta manera, el procedimiento para georreferenciar una capa ráster es el siguiente (para referencia de las funciones ver sección 5.2.3.1.2):

- g. Abrir el georreferenciador
- h. Cargar la capa ráster que necesita georreferenciar con la función Abrir capa ráster, en la barra Archivo.
- i. Seleccionar la herramienta Añadir punto, en la barra Editar
- j. Marcar los puntos exactos de referencia dentro de la imagen (ver figura 103).
- k. Abrir la configuración del georreferenciador con la función Configuración de la transformación.
- l. Seleccionar el tipo de transformación (ver figura 104)
- m. Seleccionar el método de muestreo
- n. Seleccionar la capa ráster de salida (utilizar el botón a lado derecho de la opción Ráster de salida).
- o. Establecer SRC de salida (utilizar el botón a lado derecho de la opción SRC de destino).
- p. Presionar Aceptar para cargar y cerrar la configuración
- q. Seleccionar el botón de Comenzar georreferenciado, en la barra Archivo (situado a la derecha del botón "Abrir capa ráster").
- r. Cerrar el georreferenciador
- s. Cargar la capa ráster georreferenciada en el escritorio para trabajar

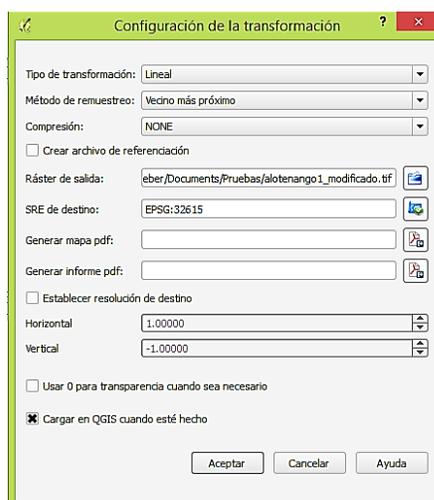
Para no tener que buscar la capa georreferenciada una vez terminado el proceso, pero antes de guardar los cambios (inciso j) se puede activar la opción Cargar en QGIS; Una vez termine de cargar la georreferencia, la herramienta cerrará automáticamente y cargará la capa en el escritorio.

Figura 103. Punto de referencia



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 104. Ventana de Configuración de la transformación



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

#### **5.2.4. Módulo 4 (práctica 4): diseño y publicación de mapas**

En esta sección se explica el proceso de diseño y publicación de mapas con QGIS, el orden en el que se expone cada sección del contenido es el recomendado a seguir para el diseño (ver sección 3.3.1).

##### **5.2.4.1. Generalidades de la práctica 4**

Para realizar hojas cartográficas, mapas y demás productos geográficos, anteriormente mucho tiempo y recursos (ver capítulo 1). Con el advenimiento de los programas de CAD, se logró automatizar el proceso de dibujo pero aun así el diseño de mapas y análisis de datos geográficos para plasmarlos en mapas era analógico; con el desarrollo de los GIS el procedimiento total se automatizó y se hizo más eficiente logrando realizar desde el análisis hasta el desarrollo de productos geográficos (ver capítulo 2).

Hablando específicamente del programa QGIS, para realizar este tipo de trabajo utiliza una interface propia llamada Diseñador de mapas o simplemente Diseñador, que al igual que el Georreferenciador tiene sus propias herramientas aunque esta herramienta es mucho más compleja.

##### **5.2.4.1.1. Diseñador de mapas**

Esta herramienta se encuentra dentro del escritorio y se puede acceder a él desde el menú Proyecto, en la opción Nuevo diseñador de impresión, o simplemente con la llave Ctrl+P; si se desea cargar un diseño que se está trabajando se selecciona la opción Administrador de diseñadores. Ambas funciones también se encuentran en la barra de herramientas Archivo, con sus respectivos nombres (ver figura 105).

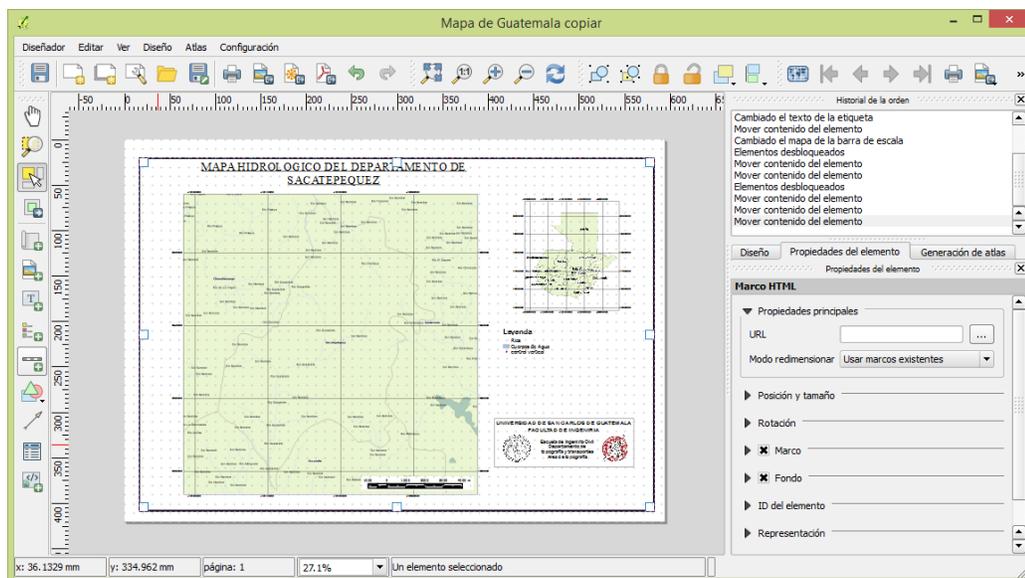
El Diseñador se conforma de la misma manera que el escritorio de QGIS, posee menús desplegables, barras de herramientas y ventanas laterales (ver figura 106). Se puede decir que es un programa dentro de otro, aunque utilice la estructura y la arquitectura del Escritorio.

Figura 105. **Íconos del Diseñador de mapas en la barra Archivo del escritorio**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 106. **Diseñador de mapas**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

#### **5.2.4.1.2. Menús desplegables del Diseñador de mapas**

Al igual que sucede en el escritorio, las herramientas que se encuentran en los menús desplegables están contenidas en su mayoría por las barras de herramientas y se pueden abrir de la misma forma (ver sección 5.2.1); a continuación se explicará cada uno de los menús desplegables:

- Diseñador: es el símil del menú Proyecto, en el escritorio de QGIS, en este menú se encuentran todas las herramienta necesarias para la administración de los diseños.
- Editar: como su nombre lo indica, posee todas las herramientas para la edición de mapas (únicamente las vistas que se tomen, no las capas).
- Ver: posee las herramientas que permiten apreciar el diseño de distintas formas, como los zoom.
- Diseño: acá se encuentran las funciones que permiten al usuario insertar y colocar todos los elementos necesarios para realizar un mapa.
- Atlas: son una serie de herramientas que permiten realizar un compendio de mapas (un atlas) del proyecto que se esté trabajando.
- Configuración: únicamente contiene las opciones de configuración

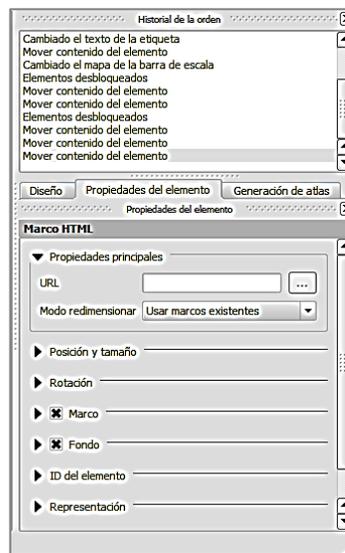
Las funciones y herramientas, que también se encuentran en las barras de herramientas, se irán explicando conforme se utilicen en la sección perteneciente a la resolución de la práctica de este módulo.

### 5.2.4.1.3. Ventanas de trabajo del Diseñador de mapas

El Diseñador posee cuatro ventanas que, al igual que en el escritorio, ayudan a visualizar la información de los objetos trabajados. Estas ventanas son:

- Historial de la orden: lleva el historial de las acciones que se realizan
- Diseño: en esta ventana se encuentran todos los datos del diseño en general (dimensiones, número de páginas, orientación, etc.).
- Propiedades del elemento: muestra las propiedades de cada elemento mostrado, estas cambian cuando se escoge el elemento.
- Generación de atlas: permite realizar un atlas del proyecto con todas las capas.

Figura 107. Historial de la orden



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

#### **5.2.4.1. Resolución de la práctica 4**

Para mostrar cómo se utiliza la herramienta Diseñador de mapas, las secciones están ordenadas de manera que sean el procedimiento general para diseñar una hoja cartográfica. Se considera que el diseñador ya fue abierto y se empezará desde dicho punto.

##### **5.2.4.1.1. Determinando el formato del mapa**

Cuando se abre la herramienta, por defecto trabaja con el mismo tamaño de hoja predeterminada del sistema (generalmente es tamaño A4). Para modificarlo se utiliza la ventana Diseño, que se abre automáticamente cuando se inicia el diseñador.

Para modificar el formato de diseño del mapa se procede de la siguiente forma:

- a. Seleccionar la ventana Diseño
- b. Elegir el tamaño de formato en las opciones de función Preestablecidos
- c. Escoger el tipo de unidad de medida del formato en Unidades de medida
- d. Determinar la orientación en la opción Orientación
- e. Activar las rejillas para guías, si se considera necesario

El mapa que se realice se puede guardar como una capa ráster, para ello solo se activa la casilla Guardar como capa ráster, y cada vez que se guarde el documento se generará un archivo GeoTIF (archivos de imágenes tipo TIF que puede almacenar información geográfica relacionada a la misma).

#### 5.2.4.1.2. Colocando un marco

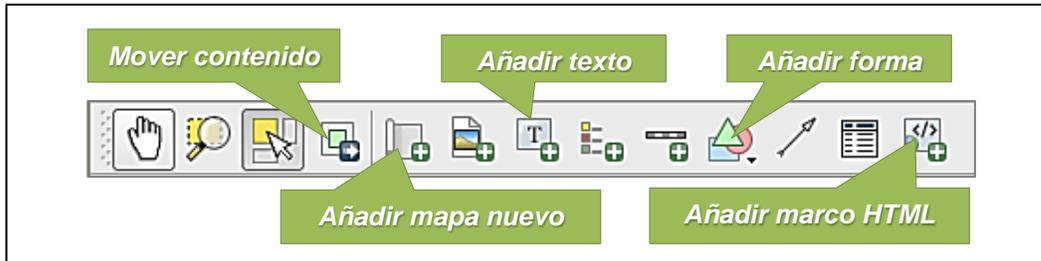
Existen dos formas de colocar un marco: con un rectángulo o con un marco HTML. Un marco HTML, es un marco el cual se puede relacionar con una dirección URL. La ventaja de este marco sobre el rectángulo es que puede servir como un marco normal para el dibujo siempre y cuando no se le ingrese ninguna dirección, y solo se determina el tamaño y la plumilla; este será el método que se demostrará.

Una vez determinadas las dimensiones del formato, se procede de la manera siguiente:

- a. Seleccionar el ícono Añadir marco HTML, en la barra Elementos del diseñador.
- b. Realizar un trazado (hacer un marco dentro de la hoja) al azar
- c. Seleccionar la casilla Marco, en la ventana Propiedades del elemento
- d. Introducir la delgadez de la plumilla (ancho de la línea)
- e. Seleccionar la opción Posición y tamaño, en la ventana Propiedades del elemento.
- f. Determinar el largo y el ancho que tendrá el área dentro de márgenes y el punto de referencia (seleccionar el punto superior izquierdo para seguir con el procedimiento).
- g. Determinar la el ancho de las bandas fuera del marco en las casillas X y Y para finalizar.

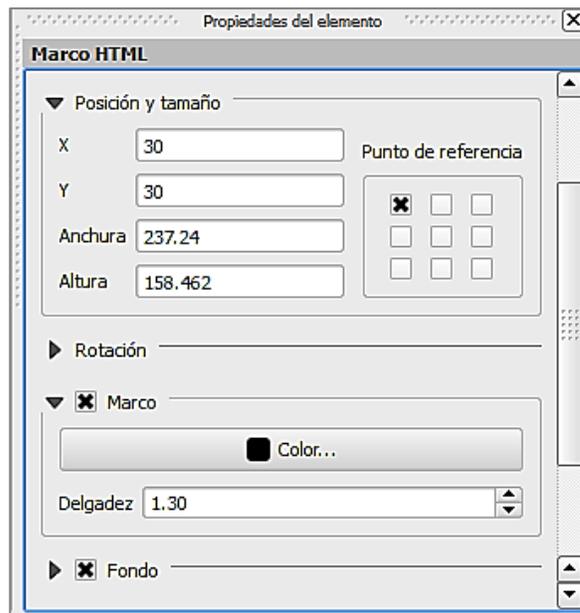
Para los pasos f y g es imperante seguir las instrucciones si se desea hacerlo de una manera ordenada; el largo y el ancho del área dentro de los márgenes son las dimensiones del formato menos los márgenes en milímetros (por ejemplo 216-30 y 279-30), X y Y será el ancho del margen (30 mm).

Figura 108. **Barra Elementos del diseñador**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 109. **Marco HTML, ventana Propiedades del elemento**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

### 5.2.4.1.3. Añadiendo un mapa

El mapa es la parte central de todo el diseño y todo girará en torno él, es por esa razón que debe tomarse muy en cuenta lo que se desea mostrar y como se hará. Debe tenerse en cuenta que también existen otros elementos que se unen a él para poder ser interpretado (ver sección 3.3.1.2).

Se deben tener abiertas en el Escritorio las capas que se desea que aparezcan, para añadir un mapa debe seguir los siguientes pasos:

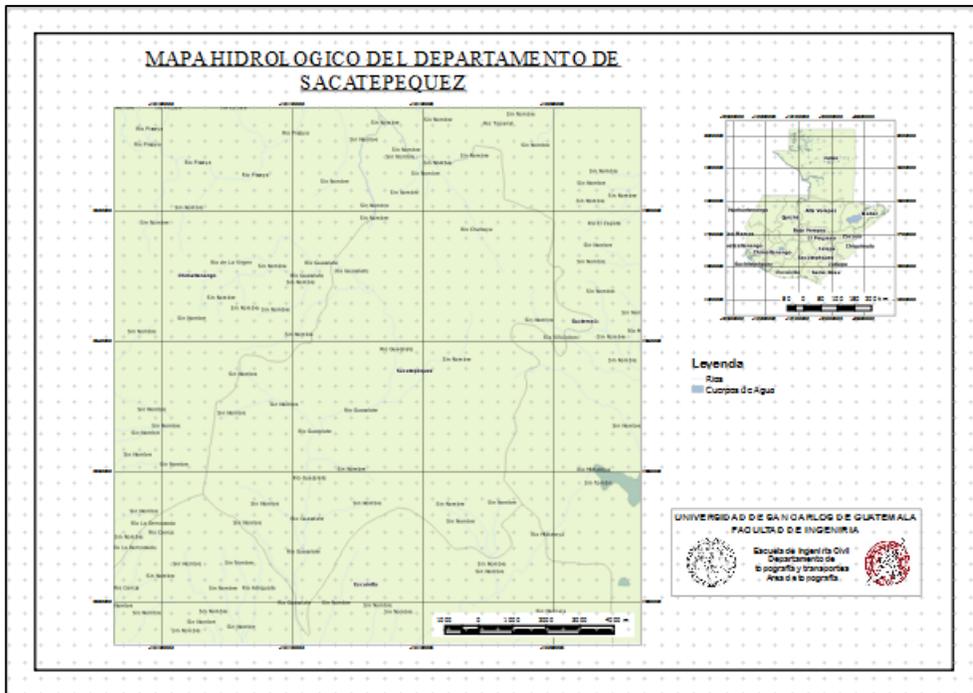
- a. Seleccionar el ícono Añadir mapa nuevo, en la barra Elementos del diseñador (ver figura 108).
- b. Realizar un trazado (hacer un rectángulo dentro de la hoja) con el área que abarcará el mapa.
- c. Colocar la escala apropiada en el campo del mismo nombre en la opción Propiedades principales, en la ventana Propiedades del elemento.
- d. Seleccionar la opción Mover contenido, en la barra Elementos del diseñador, y mover el dibujo hasta la posición que mejor muestre el contenido.
- e. Activar la casilla de la opción Mostrar cuadrícula, y determinar la escala de la cuadrícula y el desplazamiento en de la opción anterior.
- f. Activar la casilla de la opción Dibujar coordenadas, para añadir coordenadas a la cuadrícula y determinar las características.
- g. Determinar el largo, el ancho y el punto de referencia que tendrá el mapa en la opción Posición y tamaño.
- h. Habilitar la casilla Marco, para brindarle un marco al mapa

Si se trabaja un atlas en lugar de colocar la escala en las Propiedades principales, se puede colocar en la opción Controlado por atlas, y todos los

dibujos con esa opción activada tendrán la misma escala. En la mayoría de los casos la hojas llevan dos mapas, uno principal y uno auxiliar (ver figura 110); y cada uno puede llevar su propia escala y tamaño siguiendo el procedimiento anterior.

Aunque se debe tener mucha precaución ya que la vista que se genere en el mapa será la que se desarrolle en el escritorio, es decir que las capas que en ese instante estén activadas serán las que se muestren. Para realizar varios mapas con vistas distintas solo se escoge el caché en la casilla Propiedades principales, el mapa hecho no cambiará cuando se activen o desactiven las capas en el escritorio, siempre y cuando no se actualice el dibujo.

Figura 110. Hoja cartográfica con mapas incluidos



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

#### 5.2.4.1.4. Insertando textos

La forma de insertar un texto es diferente de cómo se presenta los CAD, una vez insertado el texto dentro del mapa se verá con un elemento más y para editarlo (escribir y reescribir) se necesitará de la ventana de Propiedades del elemento.

Para añadir un cuadro de texto a un mapa se debe seguir los siguientes pasos:

- a. Seleccionar el ícono Añadir etiqueta nueva, en la barra Elementos del diseñador (ver figura 108).
- b. Colocar el cuadro en donde se desea
- c. Modificar el texto en la opción Propiedades principales
- d. Determinar la alineación del texto con la opción del mismo nombre
- e. Seleccionar las demás opciones (marco, posición y tamaño, rotación, etc.) según se considere necesario.

Si se decide mover el elemento de posición una vez se hay terminado, se escoge la opción Seleccionar/Mover elemento, en la barra Elementos del diseñador; esta opción mueve el elemento a cualquier parte sin necesidad de establecer una posición con coordenadas concretas.

Cuando un mapa se publica en un formato digital (que no sea una imagen), como el PDF por ejemplo, se pueden incluir textos con enlaces URL, solo se selecciona la casilla Representar como HTML y se escribe la dirección en lugar del texto. Si se escribe una palabra, en caso se quiera como un hipervínculo, será necesario escribir una expresión que permita realizar el enlace (como en la búsqueda por expresión).

#### **5.2.4.1.5. Colocando leyendas**

Las leyendas que se colocan en la hoja del mapa son respectivamente las simbologías de cada una de las capas que se encuentran en relación del mapa mismo, si en el mapa se muestran capas vectoriales de líneas, esas líneas saldrán en la leyenda. De la misma manera saldrán los subgrupos. No se pueden agregar símbolos si estos no corresponden a alguna capa.

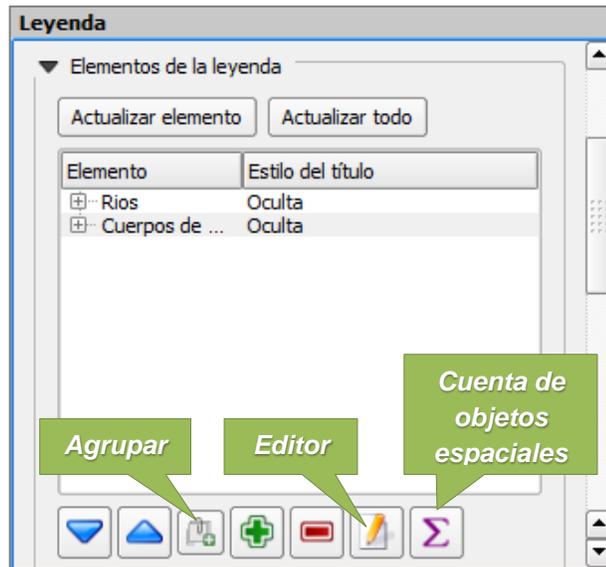
Para añadir una leyenda a un mapa se deben realizar los siguientes pasos:

- a. Seleccionar el ícono Añadir leyenda nueva, en la barra Elementos del diseñador.
- b. Colocar la leyenda en donde se desea
- c. Modificar el título en la opción Propiedades principales, en la ventana de las Propiedades del elemento (el título por defecto es Leyenda).
- d. Determinar los elementos que aparecerán en la leyenda en la opción Elementos de la leyenda, en las Propiedades del elemento.

Para añadir más campos se selecciona el signo más (+) en los Elementos de la leyenda, de la misma forma para eliminar un campo se selecciona el símbolo de menos (-). Si se desea editar los elementos se escoge el editor (ver figura 111) y se puede cambiar el nombre de los campos. Este nuevo nombre no afecta en lo más mínimo el nombre que posee la capa en el Escritorio.

Las demás características de la leyenda como poner marco cambiar tamaño de los símbolos etc. Se realiza de la misma forma que se ha determinado en los procesos anteriores y queda totalmente a la discreción del usuario.

Figura 111. **Propiedades para las leyendas**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

#### 5.2.4.1.6. **Insertando tablas**

Las tablas en el mapa, al igual que las leyendas, aparecen con base en las tablas pertenecientes a cada una de las capas mostradas. Cuando se escoge una tabla aparecen las columnas que se muestran al usuario en el escritorio de QGIS, si está en el escritorio oculta también lo estará en el mapa.

Para añadir una leyenda a un mapa se deben seguir los siguientes pasos:

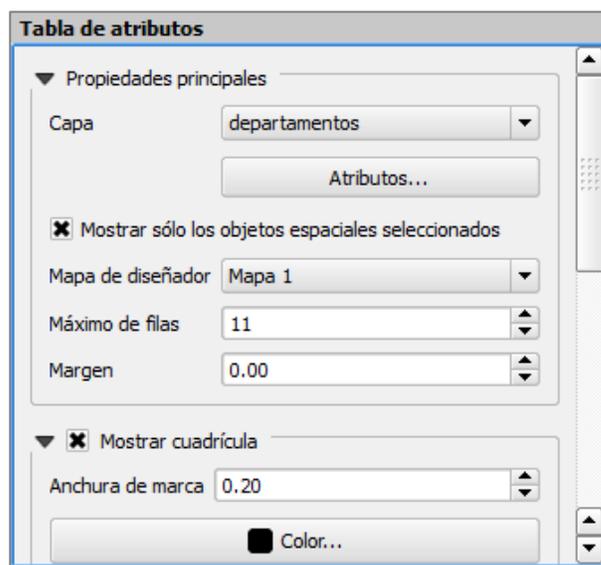
- Seleccionar el ícono Añadir tabla de atributos, en la barra Elementos del diseñador.
- Colocar la tabla en donde se desea
- Escoger la capa cuya tabla se desea mostrar en las propiedades principales en la ventana de las Propiedades del elemento.

- d. Determinar los márgenes, plumillas y cantidad de filas en la misma opción
- e. Activar la casilla Mostrar cuadrícula (a menos que se desee mostrar el cuadro como una lista, esto solo desaparece las líneas).
- f. Modificar las demás características según conveniencia

Un problema de insertar tablas es que se publican totales, es decir que se publica la tabla en toda su extensión y es prácticamente imposible partirla así que lo más recomendable es variar el tamaño y fuente del texto de la tabla.

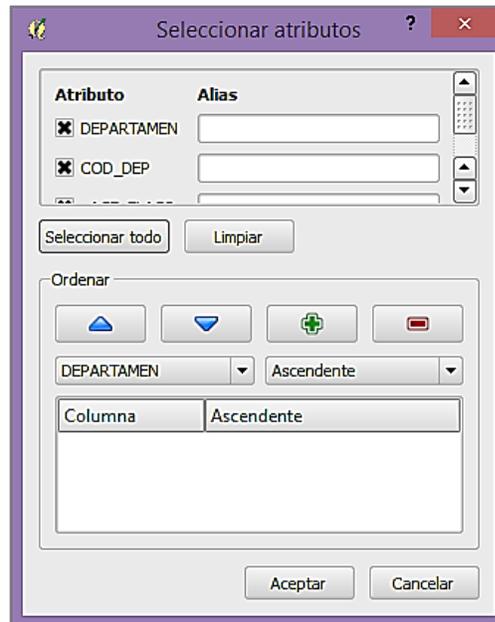
Para ordenar y editar los nombres de los campos para las tablas del mapa se selecciona la opción Atributos, en las propiedades principales (ver figura 112) y se modifican a conveniencia en el cuadro emergente (ver figura 113).

Figura 112. **Propiedades para las tablas insertadas**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 113. **Cuadro Seleccionar atributos**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

#### 5.2.4.1.7. **Añadiendo imágenes**

El procedimiento para añadir imágenes es bastante sencillo y es parecido al de insertar un mapa. Únicamente hay que tener en cuenta la resolución de la imagen antes de insertar.

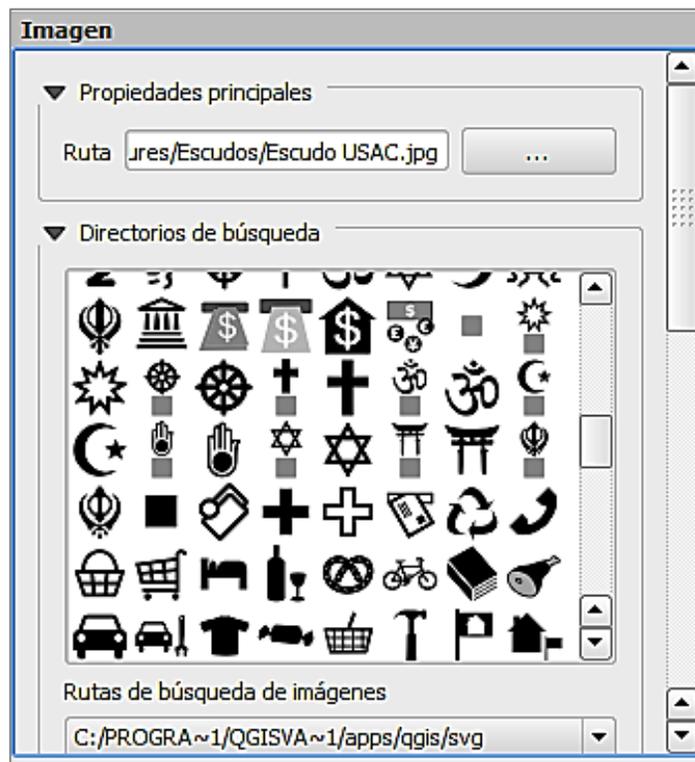
Para añadir una imagen a un mapa se debe seguir de la siguiente manera:

- Seleccionar el ícono Añadir imagen, en la barra Elementos del diseñador
- Realizar un trazado (hacer un rectángulo dentro de la hoja) con el área que abarcará la imagen insertada.
- Seleccionar la imagen a insertar en la ventana Propiedades del elemento (la ruta de la imagen).

- d. Determinar el largo, el ancho y el punto de referencia en la opción Posición y tamaño.
- e. Habilitar la casilla Marco, para brindarle un marco a la imagen

Si se desea utilizar un símbolo específico, como por ejemplo el símbolo estándar de hospital, en lugar de establecer la ruta se selecciona la opción Directorio de búsqueda y se muestran todos los símbolos que el programa posee (ver figura 114). También pueden añadirse nuevas carpetas en el directorio si así se desea.

Figura 114. **Propiedades del elemento para las imágenes**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

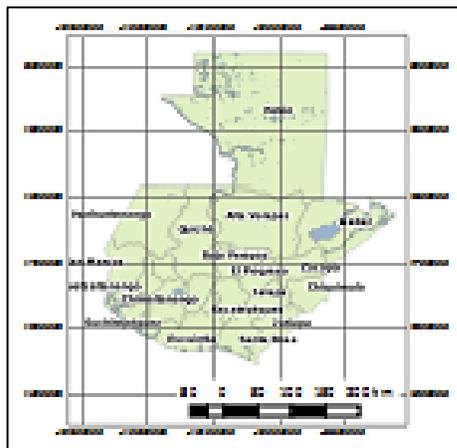
#### 5.2.4.1.8. Insertar escala gráfica

La escala gráfica es el elemento que relaciona al dibujo presentado en el mapa y la realidad que representa otorgándole dimensionalidad. El programa la reconoce como un elemento más, y al igual que los demás elementos vistos hasta ahora, para editarlo se utiliza la ventana Propiedades del elemento.

Para insertar una escala gráfica se debe realizar de la siguiente manera:

- a. Seleccionar el ícono Añadir nueva barra de escala
- b. Colocar la barra en donde se desea
- c. Seleccionar la unidad de medida, la abreviatura y la unidad de la escala (partes en que se dividirá la escala) en la opción Unidades.
- d. Determinar las propiedades de los segmentos en la opción Segmentos
- e. Modificar las propiedades de vista en la opción visualización
- f. Modificar las demás características según conveniencia

Figura 115. Mapa con escala gráfica



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

#### 5.2.4.1.9. Insertar norte

El símbolo de sentido o flecha de orientación se utiliza para situar al mapa en el globo respecto a un punto geográfico universal, se representa con una flecha y se orienta hacia el polo más cercano, norte para el caso del hemisferio superior al ecuador (ver sección 1.2.2.)

Para insertar una escala gráfica se debe realizar de la siguiente manera:

- a. Seleccionar el ícono Añadir flecha en la barra Elementos del diseñador
- b. Colocar el símbolo en el lugar deseado
- c. Cambiar el tipo de flecha a una más acorde activando la casilla SVG en la opción Marcadores de flecha (para Windows la dirección es C:/Program Files/QGIS Valmiera/apps/qgis/svg).
- d. Modificar las demás características según conveniencia

La notación de norte (N) se debe colocar como un texto y esto se debe a que, como se explicó al inicio, el sentido depende del hemisferio.

Figura 116. **Flecha de orientación norte**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

#### 5.2.4.1.10. Publicando los mapas

La publicación es el proceso de imprimir o exportar el archivo trabajado a formatos de lectura de manera de hacerlo público (documentos PDF, imágenes, documentos físicos, etc.)

Para imprimir un trabajo terminado se realiza de la siguiente manera:

- a. Seleccionar el ícono Imprimir, en la barra Diseñador
- b. Establecer las propiedades de la impresión (hojas, cantidad de copias, etc.).
- c. Activar la vista preliminar (para ver errores antes de imprimir)
- d. Seleccionar el botón Imprimir para terminar e proceso

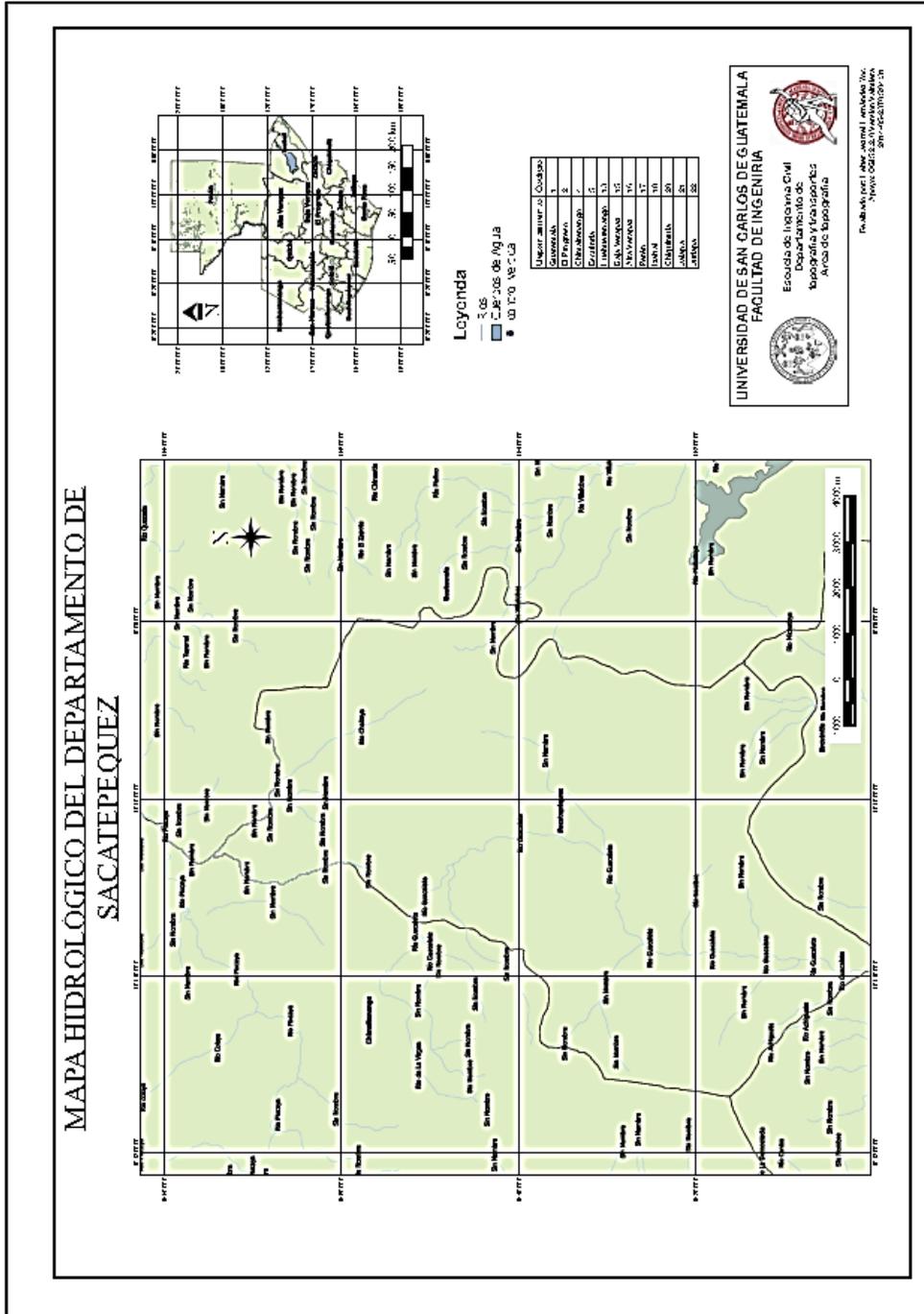
El proceso de impresión también depende del software de la impresora, el cual puede añadir ciertos pasos adicionales.

Para publicar un mapa exportándolo a otro formato se puede realizar de la siguiente forma:

- a. Seleccionar el ícono del tipo de archivo que en el que se desea importa en la barra Diseñador.
- b. Añadir el nombre del nuevo archivo
- c. Determinar el formato (solo para imágenes)
- d. Seleccionar el botón Aceptar para terminar

Ambos procesos (imprimir y exportar) se pueden llevar a cabo desde el menú Diseñador Para borrar algún elemento solo se puede hacer de una forma: seleccionando la opción Borrar, en el menú Editar y que no posea forma corta, ni en clave, tampoco se puede utilizar la función eliminar del teclado (*delete*).

Figura 117. Mapa terminado



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

### **5.2.5. Módulo 5 (Prácticas 5 y 6): bases de datos geográficos con QGIS**

La siguiente sección trata el tema de las bases de datos geográficas, pero únicamente las herramientas que el programa utiliza para trabajar con ellas. Se debe recordar que la finalidad de esta guía es la enseñar a utilizar el programa y no el diseño de bases de datos.

Se recomienda al catedrático instructor tan solo explicar el lenguaje SQL y, si se cree necesario a discreción del instructor, realizar bases de datos utilizando MS Access para ello. Esto debido a que la mayoría de estudiantes no está relacionado con lenguajes de programación y para algunos su único contacto con las bases de datos ha sido a través de Access. Para la teoría referente a bases de datos se puede consultar la sección 3.2.4.

#### **5.2.5.1. Generalidades de las prácticas 5 y 6**

QGIS es un programa que permite el trabajo de la información desde bases de datos geográficas, para ello el programa se vale de varias herramientas y complementos; uno de los más importantes es la plataforma *QGIS Server*.

De hecho el programa se divide en tres plataformas distintas: QGIS Server es el encargado del manejo de datos por medio de servidores principalmente de servicios web, el escritorio que está controlado por QGIS Desktop, y las bibliotecas que están administradas por QGIS Browser. Aunque por lo general no se hace esta separación ya que el Server se encuentra incorporado al QGIS Desktop, teniendo como entorno de trabajo el escritorio y las bibliotecas.

#### **5.2.5.1.1. Uso de bases de datos en SQL**

Para trabajar bases de datos en SQL, QGIS permiten al usuario emplear a los DBMS más utilizados en el mercado como MSSQL, MySQL, PostgreSQL y Oracle. De la misma manera el programa puede trabajar con los sistemas de administración de bases de datos geográficas Spatialite y PostGIS (una variante de PostgreSQL para bases de datos geográficas), el ODBC de Windows, base personales de ESRI y vectoriales OGD. Debido a esta variedad se cuenta con herramientas y complementos específicos para trabajar cada uno de los DBMS y encuentran en las barras y en los menús del programa (exceptuando las últimas tres). El programa también permite trabajar con tablas provenientes de MS Access lo que permite que una mayor cantidad de usuarios puedan hacer uso de QGIS.

De todos los sistemas mencionados anteriormente solo MSSQL es un software comercial el resto pertenecen a los softwares libres (de hecho Spatialite y PostGIS forman parte del proyecto OSGeo), por lo que brinda al software una gran variedad de opciones de descarga.

#### **5.2.5.1.2. Uso de los servicios web geoespaciales**

Los servicios web o WGS (*Web Geospatial Service* en inglés) son servidores en línea que permiten la descarga de información geográfica como mapas, imágenes georreferenciadas y otros productos; estos servicios se diferencian de los anteriores en que no necesitan un DBMS que administren la información, en su lugar se puede descargar la información de manera libre desde un servidor web en forma de archivo.

En muchos casos son instituciones dedicadas a la investigación y desarrollo de la cartografía las que ofrecen dichos productos. El proyecto OSGeo también posee una división dedicada al servicio Web geoespacial llamada Consorcio Abierto Geoespacial o OGC (Open Geospatial Consortium por sus siglas en inglés).

#### **5.2.5.1.3. QGIS Server**

Es la plataforma de QGIS que permite el manejo de mapas por medio de servidores OCS y realiza sus funciones a través del Escritorio. Su finalidad es permitir al usuario trabajar con la información contenida en bases de datos almacenadas en distintos servidores accedando a ellas por medio de la Web. QGIS Server ofrece la posibilidad de contar con servicios geoespaciales como los WMS/WMTS, WFS y WCS; basados en las librerías de la aplicación de escritorio. Estos en su mayoría pertenecen a organismos dedicados a la investigación cartográfica.

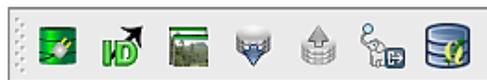
QGIS Server permite la descarga de información de archivos en extensión XML, también se pueden subir los proyectos que se trabajen a los servidores geoespaciales gracias al Servidor OWC (*Open Web Service*, por sus siglas en inglés).

#### **5.2.5.1.4. Funciones para el uso de bases de datos**

Las herramientas de QGIS para trabajar bases de datos se encuentran distribuidas en el menú Capas, en la barra de herramientas Administrar capas, dentro de la herramienta Propiedades del proyecto (Servidor OWS).

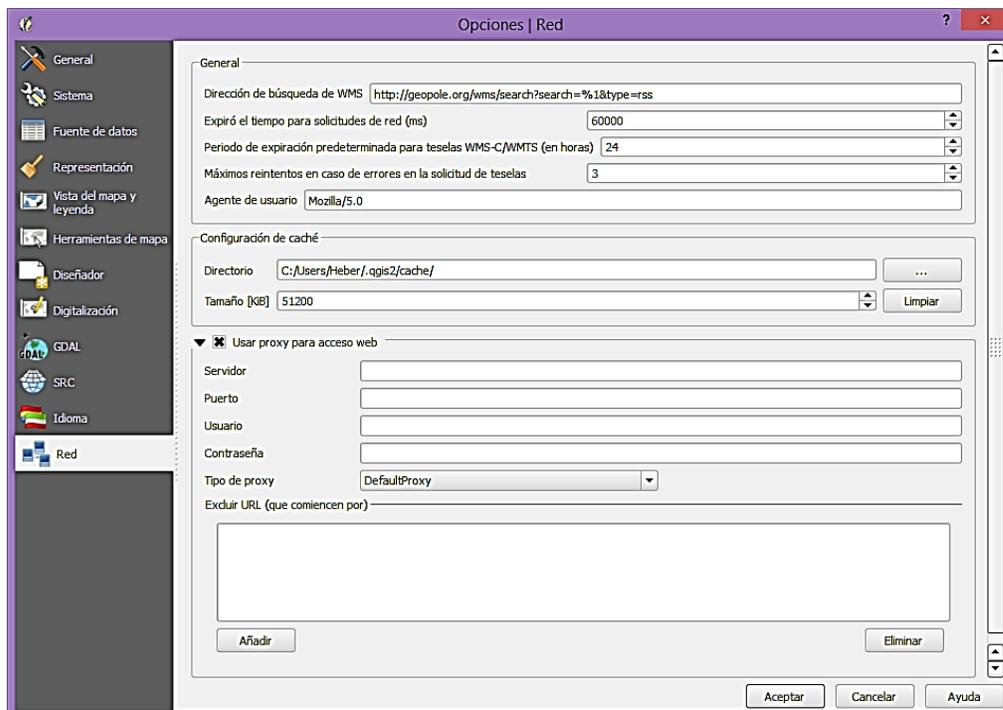
Las herramientas propias para el manejo de bases de datos se encuentran en el menú Bases de datos, o en la barra de herramientas con el mismo nombre (ver figura 118); las opciones de red que se encuentran en la cuadro Opciones (ver figura 119), en las propiedades del proyecto.

Figura 118. **Barra de herramientas Base de datos**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 119. **Opciones de Red**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Para obtener la herramienta Opciones de red, se escoge el menú Configuración, y se selecciona el vínculo al cuadro Opciones, una vez abierto se selecciona la opción Red en el menú lateral. Estas permiten configurar el acceso a al servidor y/o a la página de servicio WMS, siempre y cuando se conozcan los datos del servidor y del proveedor de servicios.

La barra de herramientas Base de datos, posee las mismas funciones del menú. De esta manera, tomando el orden de izquierda a derecha y usando como base la figura 118, se explica a continuación cada una de dichas funciones:

- Conexión a base de datos eVis: permite llamar los archivos de referencia desde una base de datos.
- Herramienta de ID de eventos eVis: cumple la misma función de la herramienta Identificar objetos espaciales, pero con los eventos de eVis.
- Explorador de eventos eVis: abre el visualizador de herramienta eVis
- Convertir proyecto fuera de línea: convierte un proyecto a una base de datos Spacialite sin estar conectado al servidor.
- Sincronizar: sincroniza los proyectos Spacialite fuera de línea
- Importar archivos shape a PostgreSQL: importa las capas que se estén trabajando a un servidor PostgreSQL.
- Administrador BBDD: abre el administrador de bases de datos geográficas Spacialite y PostGIS.

La herramienta de visualización de eventos o eVis (Event Visualization tool, en idioma inglés), creada por el Centro para la biodiversidad y la conservación del museo americano de historia natural de los Estados Unidos, y fue diseñada para asociar fotografías geocodificadas desde una base de datos.

Su función es parecida a la que realiza un hipervínculo, con la diferencia que toda la información que esta georreferenciada es automáticamente reconocida por el sistema, permitiendo al usuario visualizar toda la información sin necesidad de ejecutar acciones.

Las herramientas que se presentan en el menú Capas, y en la barra del mismo nombre, son las funciones para añadir capas descargadas desde un servidor; se pueden dividir en dos grupos (ver figura 120): el primer grupo añade capas almacenadas en lenguaje SQL de varios DBMS diferentes, el segundo grupo añade capas descargadas desde un servicio Web geoespacial (WGS).

El primer grupo de está constituido por las siguientes herramientas (ordenadas tomando como referencia la figura 120 de izquierda a derecha):

- Añadir capa PostGIS
- Añadir capa SpatialLite (extensión de SQLite)
- Añadir capa espacial MSSQL
- Añadir capa espacial de Oracle
- Añadir capa GeoRaster de Oracle
- Añadir capa SQL Anywhere

De la misma forma, las herramientas del segundo grupo son:

- Añadir capa WMS/WMTS: añade capas de un servicio web de mapas
- Añadir capa WCS: añade una capa de un servicio de cobertura web
- Añadir capa WFS: añade una capa de un servicio de entidades web

Figura 120. **Barra de herramientas Administrar capas**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Una ventaja de trabajar con servidores en SQL es que el programa trabaja de primera mano, por lo que, si se tiene una capa guardada, se puede correr como un archivo. Únicamente se selecciona la opción cargar en la ventana correspondiente que se despliega al escoger cualesquiera de las opciones y se busca el archivo correspondiente. De igual manera se pueden guardar la fuente de las capas que se descarguen para reutilizarlas más tarde. Aunque si se desea que los cambios se guarden en la base de datos es mejor dejar conectada dicha capa.

Un problema para los servidores WGS es que se necesita estar conectado a una red de internet (de ahí el nombre de servicios web), a diferencia de los anteriores que únicamente se necesita de tener acceso al servidor permitiendo trabajar fuera de línea. Si bien pueden guardarse dentro del equipo para después ser utilizadas, para descargarlas se necesita estar conectado.

#### **5.2.5.1.5. Administrador de bases de datos**

El administrador de bases de datos es muy similar al QGIS Browser, permite ver la información de la capa, la tabla y una visualización preliminar. La diferencia es que no presenta metadatos, ya que su función es únicamente la de administrar la base de datos y no el archivo.

Esta fue diseñada únicamente para administrar capas en SpatialLite y PostGIS (PostgreSQL) lo que lo limita un poco respecto a los otros DBMS, para ellos el programa se vale de otras herramientas y complementos.

Para abrir el administrador se selecciona el ícono en la barra Base de datos. Al igual que el georreferenciador y el diseñador de mapas, la herramienta administrador de Bases de datos, posee su propia interfaz pero se encuentra dentro del escritorio. También posee, como los anteriormente mencionados, barras de herramientas y menús desplegables, pero en menos cantidad; solo cuenta con dos menús y una única barra de herramientas (ver figura 121).

Las funciones de la barra, siguiendo el orden de izquierda a derecha según la figura 121, son las siguientes:

- Refrescar: carga de nuevo la información de cada una de los administradores.
- Ventana SQL: abre un editor SQL
- Importar capa/archivo: importa una capa vectorial al proyecto desde la base de datos.
- Exportar archivo: exporta una capa la base de datos

El menú Bases de datos posee las funciones para cargar (en blanco o reconectar) y refrescar las bases de datos, mientras que el menú Tablas, posee las funciones para administrar las tablas (editar, eliminar añadir) e importar capas.

Figura 121. Administrador de DDBB

	AREA	PERIMETER	INTENSI_	INTENSI_ID	
1	204055.5	3005.658	4082.0	4080.0	1
2	4492358.0	13180.35	4081.0	4079.0	3
3	3182915.0	11031.96	4080.0	4078.0	3
4	24830.5	1509.99	4079.0	4077.0	1
5	56885.27	1344.328	4078.0	4076.0	2
6	3285062.0	10788.37	4077.0	4075.0	5
7	469508.0	6637.814	4076.0	4074.0	1
8	4805861.0	17588.19	4075.0	4073.0	5
9	11940690.0	20931.77	4074.0	4072.0	2
10	247957.9	2545.478	4073.0	4071.0	3
11	16592690.0	24435.59	4072.0	4070.0	3
12	498156.8	3105.66	4071.0	4069.0	4

Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

### 5.2.5.2. Resolución de las prácticas 5 y 6

A continuación se presentará el proceso para añadir capas desde una base de datos y a la inversa. Si bien el programa permite usar varios servidores administrados por diferentes DMBS, el procedimiento para agregar una capa es muy similar, así que solo se detallarán los pasos de mayor relevancia. El complemento eVis no se tratará en esta unidad, su inclusión queda a discreción del instructor.

Para esta sección se utilizará también el programa de bases de datos MS Access, ya que se usará para exportar tablas creadas en dicho programa. Adicionalmente se recomienda tener acceso a internet y un servidor externo de ser posible.

### 5.2.5.2.1. Añadiendo una capa PostGIS

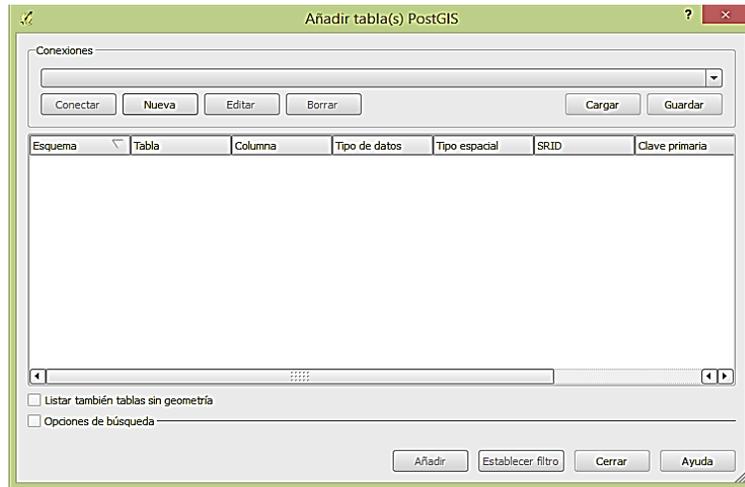
Para añadir una capa de PostgreSQL, se realiza de la manera siguiente:

- a. Seleccionar la opción Anadir capa PostGIS
- b. Escoger la opción Nueva, en el cuadro Añadir tabla(s) PostGIS (ver figura 122).
- c. Ingresar los datos del servicio y el servidor en el cuadro Crear una nueva conexión a PostGIS (ver figura 123).
- d. Seleccionar la opción Aceptar
- e. Seleccionar la conexión creada en el cuadro Añadir tabla PostGIS, y conectar con la opción Conectar.
- f. Escoger la capa y las tablas a trabajar
- g. Seleccionar la opción Añadir para terminar

Si la conexión ya ha sido utilizada o ya existe, únicamente es necesario seleccionarla de las opciones desplegadas y realizar la conexión.

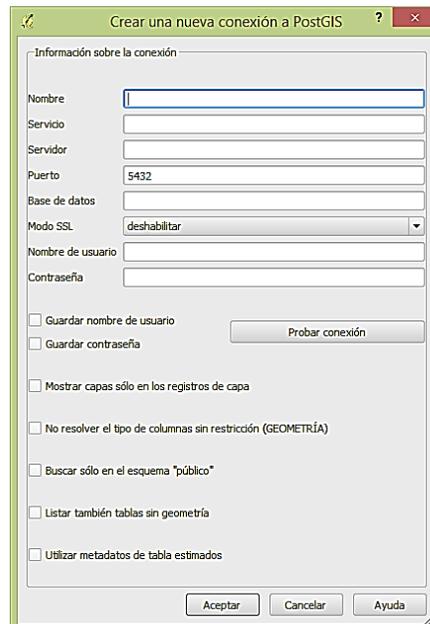
Para añadir capas desde MSSQL, una capa espacial de Oracle y cualquier otra capa SQL (excepto las capas Spatialite y las GeoRaster) tienen una forma similar de proceder, de hecho el cuadro para añadir tabla como en la figura 121 es básicamente el mismo, cambiando únicamente las referencias de la tabla. De la misma manera los datos que se piden para el servidor en resumen son los mismos también, varía en que en algunos no es necesario poner el servicio.

Figura 122. **Ventana Añadir tabla(s) PostGIS**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 123. **Crear una nueva conexión a PostGIS**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

#### **5.2.5.2.2. Añadiendo una capa SpatiaLite**

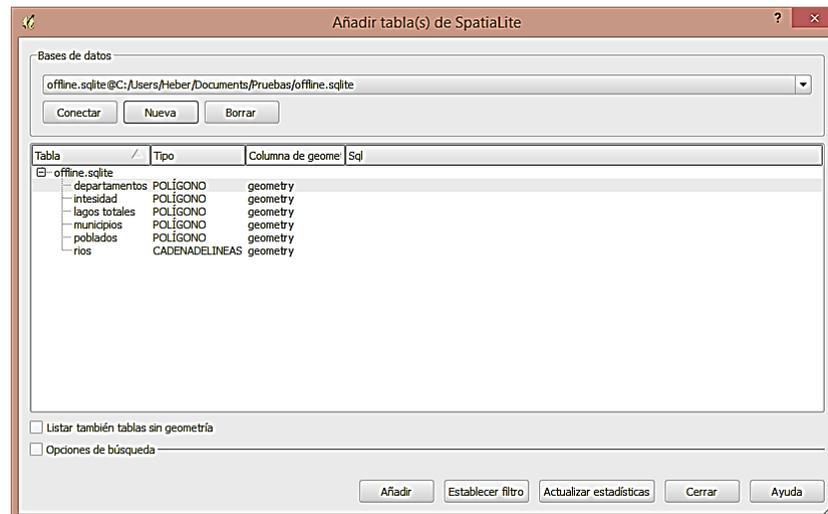
Esta es la única de las herramientas que no se puede importar directamente desde un servidor, sino que las bases de datos se depositan como archivos aunque con su propio formato.

Para añadir una capa espacial desde SpatiaLite, se realiza con el procedimiento siguiente:

- a. Seleccionar la opción Anadir capa SpatiaLite
- b. Escoger la opción Nueva, en el cuadro Añadir tabla de SpatiaLite (ver figura 124).
- c. Buscar el archivo en el equipo (.sqlite o .db)
- d. Seleccionar la opción Abrir
- e. Seleccionar la conexión creada en el cuadro Añadir tabla PostGIS, y conectar al servidor en la opción Conectar.
- f. Escoger la capa y las tablas a trabajar
- g. Seleccionar la opción Añadir

Si la tabla ha sido utilizada únicamente es necesario seleccionarla y realizar la conexión. Los archivos que abre son en formato SQLITE (y no el usual XML), así que es necesario antes pasar cualquiera de las bases de datos a este tipo de formato. Esto se tratará más adelante.

Figura 124. Abrir tablas de SpatiaLite



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

### 5.2.5.2.3. Añadiendo una capa GeoRaster

En el caso de las capas GeoRaster desde un servidor Oracle la forma en que se añaden difiere un poco del resto. En este caso no se puede guardar sino solamente cargar.

Para añadir una capa GeoRaster desde un servidor Oracle, se realiza de la siguiente forma:

- a. Seleccionar la opción Anadir capa GeoRaster de Oracle
- b. Escoger la opción Nueva, en el cuadro Seleccionar capa GeoRaster de Oracle (ver figura 125).
- c. Ingresar los datos del servidor en el cuadro Crear conexión a Oracle (ver figura 126).
- d. Seleccionar la opción Aceptar

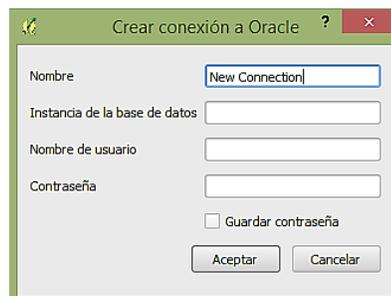
- e. Seleccionar la conexión creada en el cuadro y conectar con la opción Conectar.
- f. Escoger la capa y las tablas a trabajar
- g. Seleccionar la opción Aceptar para terminar

Figura 125. **Seleccionar capa GeoRaster de Oracle**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 126. **Crear conexión a Oracle**



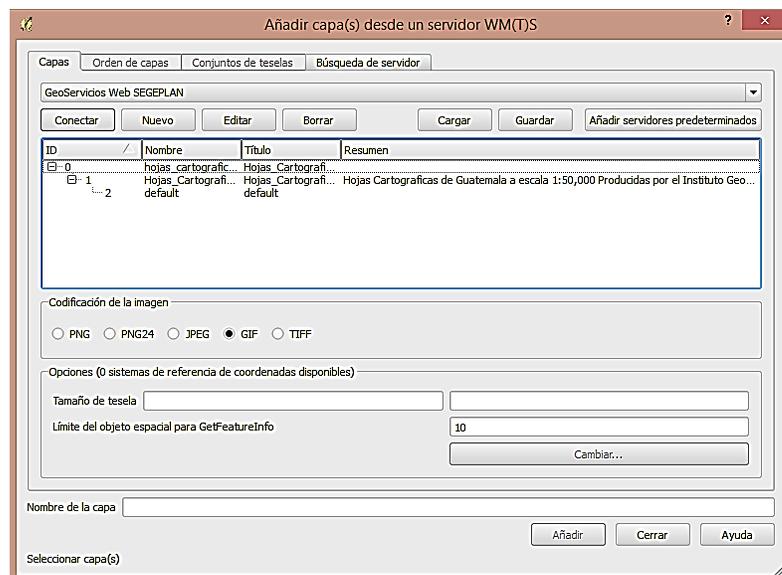
Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

#### 5.2.5.2.4. Añadiendo una capa WMS/WMTS

Para descargar capas desde este tipo de servidores es necesario tener conexión a internet para poder acceder a la dirección web que posee la base de datos. Una vez cubierto este detalle se debe seguir el procedimiento siguiente:

- Seleccionar la opción Añadir capa WMS/WMTS
- Escoger la opción Nueva, en el cuadro Añadir capas desde un servidor WM(T)S (ver figura 127).
- Ingresar los datos del servidor, en el cuadro Crear conexión WMS
- Seleccionar la conexión creada en el cuadro y conectar
- Escoger la capa y las tablas a trabajar
- Seleccionar la opción Añadir

Figura 127. Añadir capa(s) desde un servidor WM(T)S



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 128. **Crear nueva conexión WMS**

Crear una nueva conexión WMS

Detalles de la conexión

Nombre

URL

Si el servicio requiere una autenticación básica, introduzca un nombre de usuario y contraseña opcional

Nombre de usuario

Contraseña

Referente

Modo DPI

Ignorar URI GetMap/GetTile informada en las capacidades

Ignorar la URI GetFeatureInfo informada en las capacidades

Ignorar orientación de los ejes WMS 1.3/WMTS

Invertir orientación de los ejes

Transformación de mapa de píxeles suave

Aceptar Cancelar Ayuda

Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Para añadir capas WCS y WFS el procedimiento es exactamente el mismo cambiando el ícono de acceso, la ventana emergente para añadir la capa para ambos tipos de servicio es como la que se muestra en la figura 122, y el cuadro emergente es como el que se muestra en la figura 128.

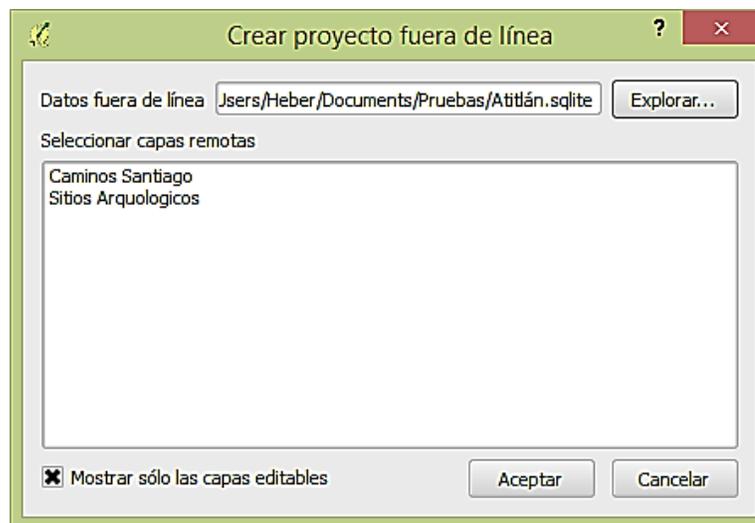
La diferencia que se tiene entre estos dos tipos y la primera es el registro que permiten llevar. Las capas WMS son ráster que presentan una imagen única como las que ofrece el servicio de Google Earth; mientras las capas WCS y WFS llevan involucrada la geometría de las mismas, (las WFS se descargan como archivos vectoriales y las WCS como archivos GeoRaster).

### 5.2.5.2.5. Convirtiendo un proyecto a una base de datos Spatialite fuera de línea

Como se comentó en la sección 5.2.5.2.2, con las capas Spatialite no es necesario estar conectado a un servidor para poder trabajar la información (fuera de línea), para convertir un proyecto que se esté trabajando a Spatialite se realiza de la siguiente manera:

- a. Seleccionar la opción Convertir proyecto fuera de línea, en la barra de herramientas de Base de datos.
- b. Escoger las capas a convertir en el cuadro Convertir proyecto fuera de línea (ver figura 129).
- c. Seleccionar la opción Aceptar para convertir

Figura 129. **Crear proyecto fuera de línea**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Una vez realizado el procedimiento las capas trabajadas se guardarán directamente en el nuevo lenguaje, dado de la capa convertida aparecerá de entre paréntesis la palabra *Offline* (fuera de línea, en idioma inglés). Para unirla al proyecto se selecciona la opción Sincronizar.

#### **5.2.5.2.6. Importando archivos vectoriales (shape) a PostgreSQL**

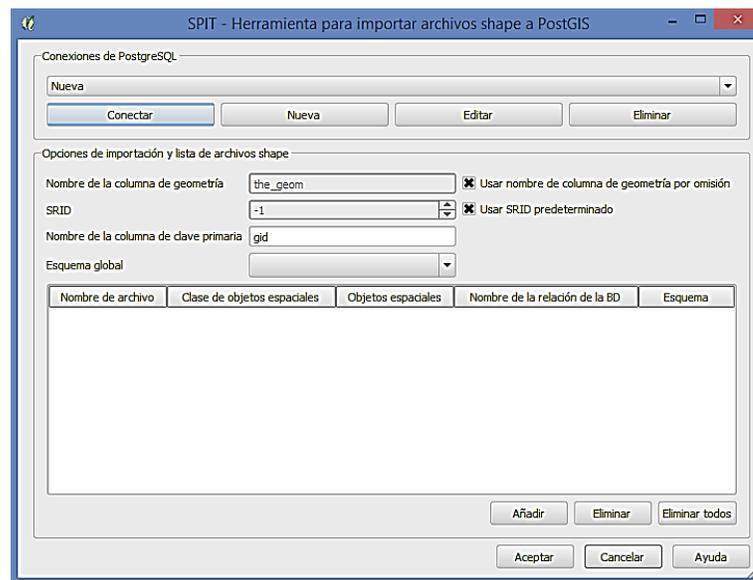
Para importar un proyecto con capas tipo shape a una base de datos SQL el programa utiliza PostgreSQL (por consiguiente PostGIS), este es un problema si no se cuenta con el DBMS para el servidor, aunque al ser un software libre puede conseguirse muy fácilmente.

El procedimiento para importar un archivo shape a Postgrade es el siguiente:

- a. Seleccionar la opción Convertir proyecto fuera de línea, en la barra Base de datos.
- b. Seleccionar la opción nueva en el cuadro Herramienta para importar archivos shape a PostGIS (ver figura 130).
- c. Introducir los datos del servidor y del servicio (el cuadro es similar al de la figura 128).
- d. Seleccionar la opción Aceptar
- e. Seleccionar la opción Conectar
- f. Seleccionar las capas a importar
- g. Seleccionar la opción Aceptar para terminar

Siempre se debe hacer la salvedad que, una vez importada la capa, es necesario contar con el servidor para realizar cualquier modificación, caso contrario no se podrá hacer uso de ella.

Figura 130. **Herramienta para importar archivos shape a PostGIS**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

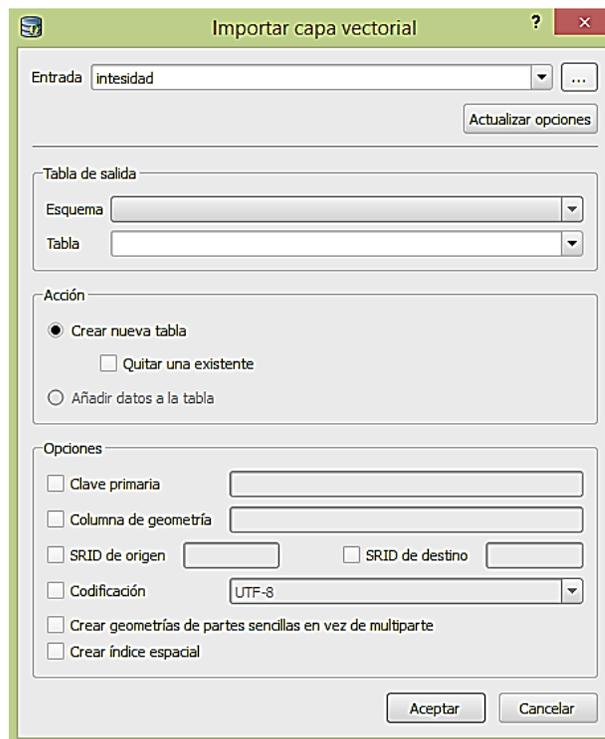
#### **5.2.5.2.7. Importando una capa vectorial utilizando la herramienta Administrador de DDBB**

Para importar una capa vectorial desde una base de datos utilizando la herramienta Administrador de DDBB, se realiza de la siguiente manera:

- a. Abrir la herramienta Administrador de DDBB, en la barra Base de datos
- b. Seleccionar el administrador de la base de datos (Spatialite o PostGIS)
- c. Escoger la capa a insertar

- d. Seleccionar la opción Importar capa/archivo
- e. Introducir los datos de la capa a importar
- f. Seleccionar la opción Aceptar para finalizar

Figura 131. **Importar capa vectorial**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

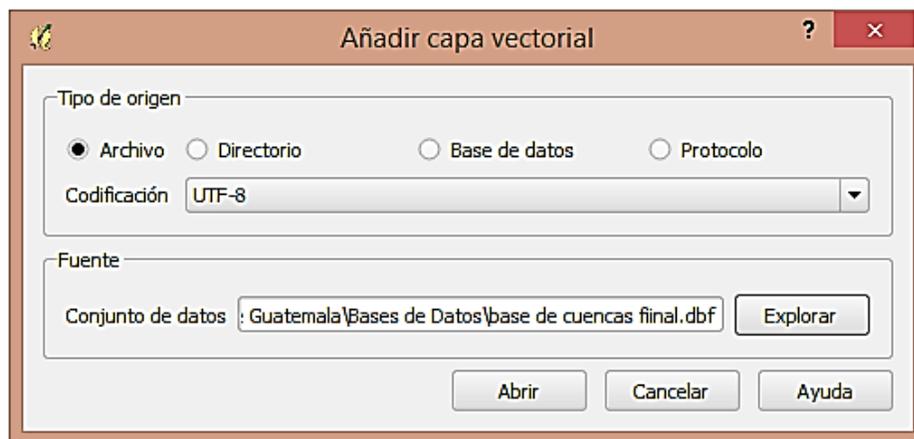
#### **5.2.5.2.8. Añadiendo tablas sin objetos**

El programa identifica los archivos DBF y los inserta como tabla sin relación de objetos presentes, además para añadir estos tipos de tablas no es necesario montar un servidor (no para QGIS), únicamente se debe exportar la tabla en formato .dbf desde MS Access (ver apéndice F).

Una vez hecho esto se procede a abrir la tabla en el programa de la siguiente forma:

- a. Seleccionar la opción Añadir capa vectorial
- b. Escoger el tipo de fuente Archivos (ver figura 131)
- c. Seleccionar el botón Explorar, en el cuadro Fuente, y buscar el archivo con extensión .dbf en la ventana emergente.
- d. Seleccionar el botón Aceptar para terminar

Figura 132. **Añadir capa vectorial**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

#### **5.2.5.2.9. Añadiendo una capa vectorial desde una base de datos usando el escritorio**

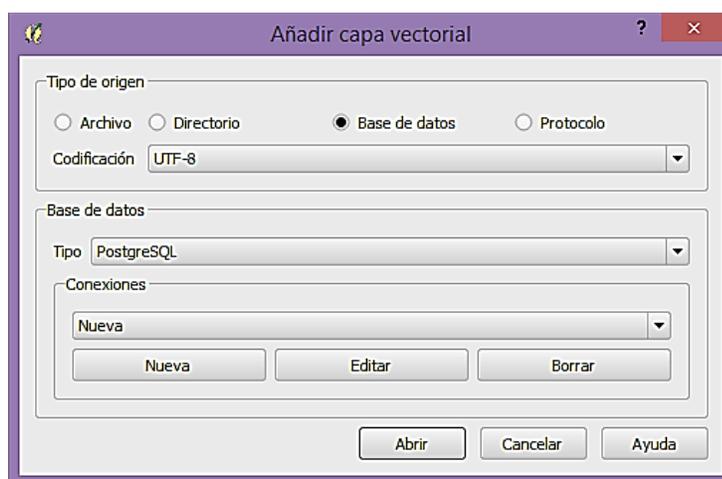
Al igual que el procedimiento anterior, las bases de datos se abren desde la herramienta Añadir capa vectorial, esta opción es propia del escritorio, por lo que no depende de ningún complemento ni del server para funcionar.

Para añadir una capa vectorial desde una base de datos se realiza de la siguiente manera:

- a. Seleccionar la opción Añadir capa vectorial
- b. Escoger el tipo de fuente Base de datos (ver figura 133)
- c. Seleccionar en Tipo de base de datos, en el cuadro Base de datos
- d. Seleccionar el botón Nueva, en el cuadro Conexiones
- e. Ingresar los datos del servidor y de la capa (ver figura 134)
- f. Seleccionar el botón Aceptar para introducir la conexión
- g. Seleccionar el botón Aceptar para terminar

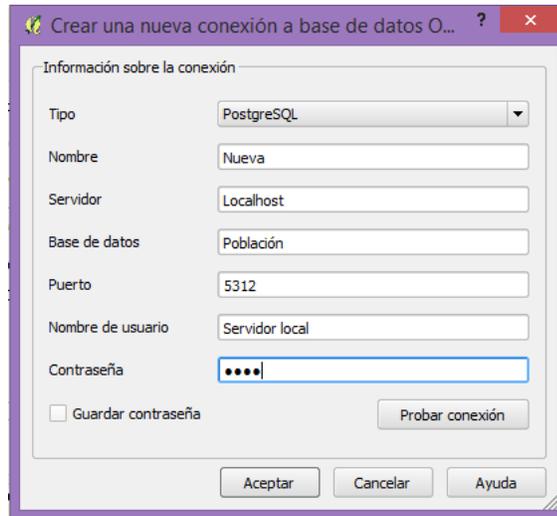
Una de las ventajas de abrir capas de esta manera es que no importa el tipo de base de datos, una vez el programa la reconozca podrá abrirla; al contrario de como sucede en las demás herramientas, que están diseñadas especialmente para un tipo.

Figura 133. **Añadir capa vectorial desde una base de datos**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 134. **Crear una nueva conexión a base de datos ORG**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

### **5.2.6. Módulo 6 (práctica 7): trabajo con tablas de datos geográficos**

Para realizar las actividades se necesita contar con los complementos Table manager y Quick Export instalados, así como MS Excel y el Block de notas de Windows Microsoft o programas similares instalados en el equipo.

#### **5.2.6.1. Generalidades de la práctica 7**

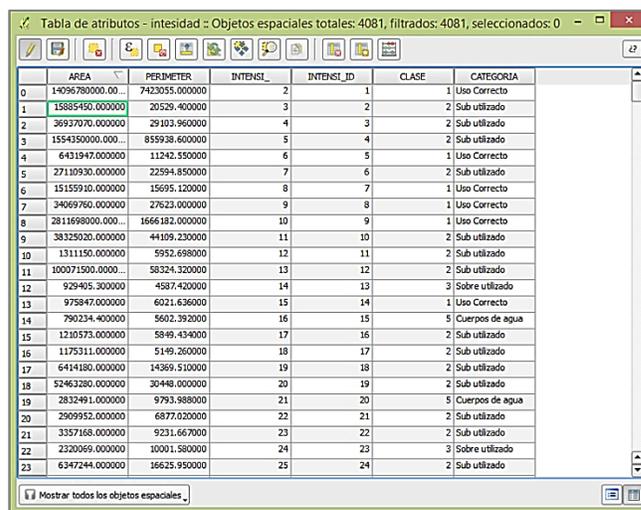
Las tablas en los GIS poseen toda la información geográfica contenida en las capas, se conforman de filas y columnas (ver sección 3.2.4.2). Cada columna en una tabla corresponde a un campo en una capa, cada fila a un objeto, y las celdas (que resultan del cruce fila-columna) es un atributo específico de un objeto. El programa utiliza varias herramientas para el manejo de tablas la cuales se explicarán en las secciones siguientes.

### 5.2.6.1.1. Tabla de atributos

Esta herramienta, mencionada en la sección 5.2.2.1.4, permite al usuario administrar las tablas de atributos y realizar operaciones de distinta naturaleza entre los datos y funciona únicamente con las capas vectoriales. Existen tres maneras distintas de acceder a la herramienta. Primero en la barra Atributos, escogiendo el ícono Abrir tabla de atributos; la segunda con el menú Capas, en la opción del mismo nombre del ícono. Por último dando clic secundario sobre la capa a trabajar y buscar la opción Abrir tabla de atributos.

La tabla de atributos se compone de tres partes (ver figura 135), la vista de la tabla donde se administran las celdas (selección y modificación de atributos), la barra de herramientas en la parte superior de la vista de la tabla, cuyas sus funciones se explican en la tabla XIV, siguiendo el orden de izquierda a derecha según la figura 136.

Figura 135. Tabla de atributos



	AREA	PERIMETER	INTENSI_	INTENSI_ID	CLASE	CATEGORIA
0	14096780000.00...	7423055.000000	2	1		1 Uso Correcto
1	15885450.000000	20529.400000	3	2		2 Sub utilizado
2	36937070.000000	29103.960000	4	3		2 Sub utilizado
3	15543500000.000...	855938.600000	5	4		2 Sub utilizado
4	6431947.000000	11242.650000	6	5		1 Uso Correcto
5	27110930.000000	22594.850000	7	6		2 Sub utilizado
6	15155910.000000	15695.120000	8	7		1 Uso Correcto
7	34069760.000000	27623.000000	9	8		1 Uso Correcto
8	28116980000.000...	1666182.000000	10	9		1 Uso Correcto
9	38325020.000000	44109.230000	11	10		2 Sub utilizado
10	1311150.000000	5952.698000	12	11		2 Sub utilizado
11	100071500.0000...	58324.320000	13	12		2 Sub utilizado
12	929495.300000	4587.420000	14	13		3 Sobre utilizado
13	975847.000000	6021.636000	15	14		1 Uso Correcto
14	790234.400000	5602.392000	16	15		5 Cuerpos de agua
15	1210573.000000	5849.434000	17	16		2 Sub utilizado
16	1175311.000000	5149.260000	18	17		2 Sub utilizado
17	6414180.000000	14369.510000	19	18		2 Sub utilizado
18	52463280.000000	30448.000000	20	19		2 Sub utilizado
19	2832491.000000	9793.988000	21	20		5 Cuerpos de agua
20	2909952.000000	6877.020000	22	21		2 Sub utilizado
21	3357168.000000	9231.667000	23	22		2 Sub utilizado
22	2320069.000000	10001.580000	24	23		3 Sobre utilizado
23	6347244.000000	16625.950000	25	24		2 Sub utilizado

Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 136. **Tabla de atributos (barra superior)**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Tabla XIV. **Descripción de las funciones de la herramienta Tabla de atributos**

<b>Función</b>	<b>Descripción</b>
Conmutar edición	Es la herramienta para conmutar las ediciones vistas en los dos módulos anteriores.
Guardar edición	Guarda los cambios hechas a la tabla.
Borrar los objetos espaciales seleccionados	Como su nombre lo indica borra el elemento espacial que se seleccione.
Seleccionar objetos espaciales utilizando una expresión	Selecciona un objeto dentro de la tabla utilizando una expresión (ver sección 5.2.2.1.1).
Deseleccionar todo	Deselecciona todos los objetos seleccionados.
Mover selección arriba del todo	Mueve la fila seleccionada arriba de la tabla (si se selecciona una celda igual sube toda la fila).
Invertir selección	Invierte la selección.
Desplazar el mapa a las filas seleccionadas	Desplaza la vista en el mapa al lugar donde se encuentran los objetos que representan los datos en las filas seleccionadas.
Acercar el mapa a las filas seleccionadas	Realiza un zoom a los objetos de las filas seleccionadas.
Copiar las filas seleccionadas al portapapeles	Copia las filas seleccionadas (Ctrl +C).

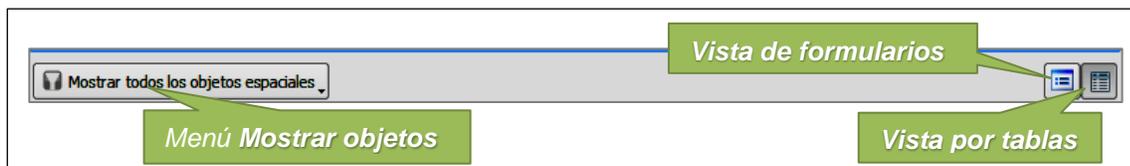
Continuación tabla XIV.

Borrar columna	Borra la columna seleccionada, es la misma herramienta que se encuentra en el menú campo.
Columna nueva	Introduce una nueva columna a la tabla, es la misma herramienta que se encuentra en el menú campo
Abrir la calculadora de campo	Abre la calculadora de campos, ver sección 5.2.6.1.2.

Fuente: elaboración propia.

Por último se encuentra la barra inferior, es donde se ubican las herramientas que permiten visualizar de distinta forma la información contenida en las tablas; se conforma del menú desplegable Mostrar objetos, y de los íconos de Vista por tablas y Vista de formularios (ver sección 5.2.2.1.4.), como se muestra en la figura 137.

Figura 137. **Tabla de atributos (barra inferior)**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

El menú Mostrar objetos, posee varias opciones que permiten ver los objetos espaciales de la tabla y en el mapa, estas son las siguientes:

- **Mostrar todos los objetos espaciales:** es la opción que ofrece al inicio por defecto, muestra todos los objetos de la tabla.

- Mostrar objetos espaciales seleccionados: muestra la fila de los objetos que estén seleccionados únicamente.
- Mostrar objetos espaciales visibles en el mapa: muestra únicamente las filas de los objetos que se marcan como visibles en la vista del mapa.
- Mostrar objetos espaciales editados y nuevos: muestra únicamente las filas de los objetos que fueron editados o :fueron añadidos a la capa.
- Filtro de columna: Permite ver únicamente los atributos (columnas) de los objetos.
- Filtro avanzado: permite escoger objetos o atributos valiéndose de expresiones.

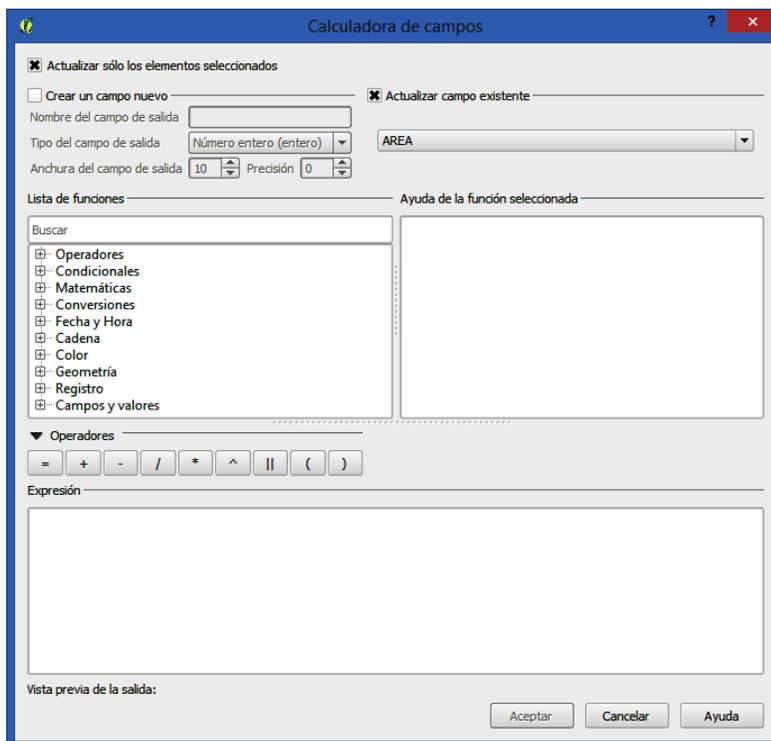
#### **5.2.6.1.2. Calculadora de campos**

Es la herramienta que permite realizar cálculos con las columnas y entre valores de varias columnas, la calculadora se presenta de manera muy similar a la ventana para ingresar expresiones que surge cuando se realizan acciones, consultas o búsquedas utilizando una expresión; como con la función Seleccionador por expresión, con la diferencia que esta permite crear nuevas columnas o campos a partir de las expresiones, también permite modificar las columnas o solamente al elemento seleccionado (ver figura 138).

A la herramienta es posible hallarla de varias maneras dentro del programa:

- En la barra Atributos, con el ícono de Abrir calculadora de campos
- Desde los campos en la herramienta Propiedades de la capa
- En la herramienta Tabla de atributos (ver sección 5.2. 3.1.2.)
- Realizando clic secundario sobre la capa en la Ventana de capas, y buscando la opción para abrir la calculadora.

Figura 138. **Calculadora de campos**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

### 5.2.6.1.3. **Administrador de campos**

El Administrador de campos no es otro que el menú “Campos” presentado en la sección 5.2.3.1.3. Su función principal, y como su nombre lo indica, es la de permitir al usuario administrar los atributos (las columnas) de cada capa.

Permite ver toda la información de cada uno de los campos que conforman la información de la capa como el tipo, el nombre, etc. (ver figura 139).

Figura 139. **Administrador de campos**

ID	Nombre	Tipo	Nombre de tipo	Longitud	Precisión	Comentario	Control de edición	Alias	WMS	V
0	AREA	double	Real	13	6		Edición de líneas		☒	☒
1	PERIMETER	double	Real	13	6		Edición de líneas		☒	☒
2	CUERPOS3_	double	Real	11	0		Edición de líneas		☒	☒
3	CUERPOS3_I	double	Real	11	0		Edición de líneas		☒	☒
4	TIPO	int	Integer	3	0		Edición de líneas		☒	☒
5	rios_TNODE_	double	Real	11	0		Edición de líneas		☒	☒
6	rios_LPOLY_	double	Real	11	0		Edición de líneas		☒	☒
7	rios_RPOLY_	double	Real	11	0		Edición de líneas		☒	☒
8	rios_LENGTH	double	Real	13	6		Edición de líneas		☒	☒
9	rios_RIOS_	double	Real	11	0		Edición de líneas		☒	☒
10	rios_RIOS_ID	double	Real	11	0		Edición de líneas		☒	☒
11	rios_HIL9999_9	double	Real	11	0		Edición de líneas		☒	☒

Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

El tipo de atributo se selecciona cuando se crea la capa, dicho atributo se encuentra determinado por la naturaleza del dato (texto, número entero, décima o fecha) el cual el programa reconocerá. Por otra parte el Control de la edición se refiere a la forma que se presentan los datos y como será reconocida por el programa, lo mejor es dejarlo en Edición de líneas ya que permite ingresar y editar los datos libremente.

Dada la naturaleza de este trabajo es únicamente de introducción al programa y no se profundizará en este tema.

#### 5.2.6.1.4. **Editor de uniones**

Se encuentra en las Propiedades de la capa, en el menú Uniones (ver figura 115), este permite hacer uniones de capas (tablas enteras), campos y tipos de una manera más sencilla que utilizando expresiones lógicas en la Calculadora de campos.

La ventana del menú posee tres campos en la parte superior y dos botones: el botón Añadir capa, identificado con el signo ( + ); y el botón Eliminar tabla, identificado con el signo ( - ), ver figura 140. Los campos o columnas que se muestran en la ventana no tienen relación alguna con los campos propios de las tablas sino que únicamente muestran el proceso de unión, estas son:

- Unir capa: muestra la capa a la que pertenece la tabla
- Unir campo: muestra el campo que estamos integrando
- Campo objetivo: el campo en la capa principal al se une la tabla

En el proceso de unión se pueden diferenciar dos tipos de capas: una capa que recibe la información y le es unida, a la que se les llamará capa principal, y otra capa o capas que brindan la información, a la que se les llamará añadidas.

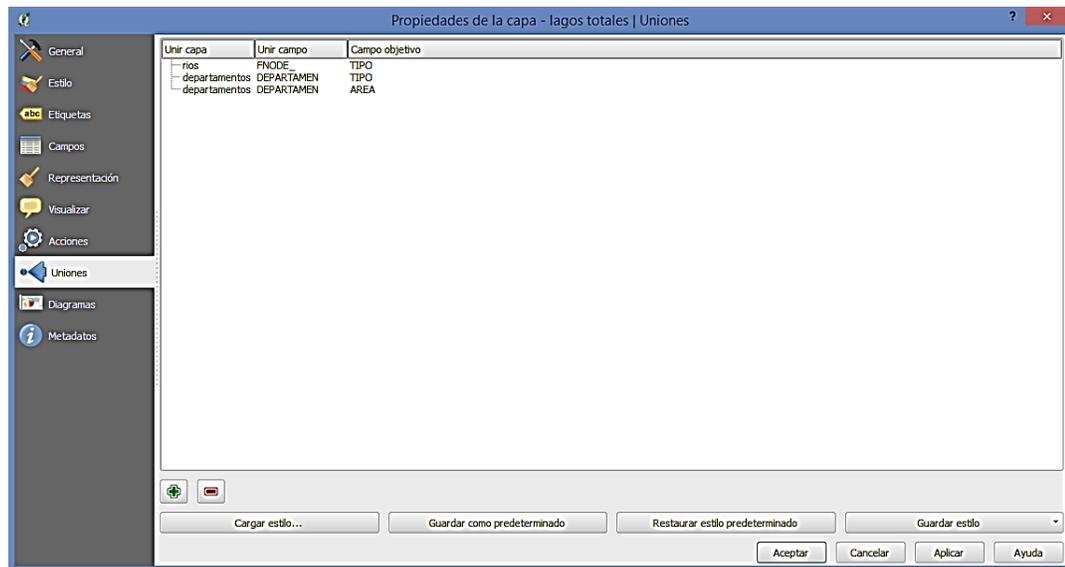
La información que posee la tabla añadida pasa a la principal sin que la información original se modifique o se altere, tampoco la información de la tabla añadida sufre cambios; de hecho solo la tabla de la capa principal mostrará cambios (tendrá más columnas) las tablas de la capas añadidas no mostrarán cambios.

Figura 140. **Botones Añadir capa y Eliminar capa**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 141. Editor de uniones

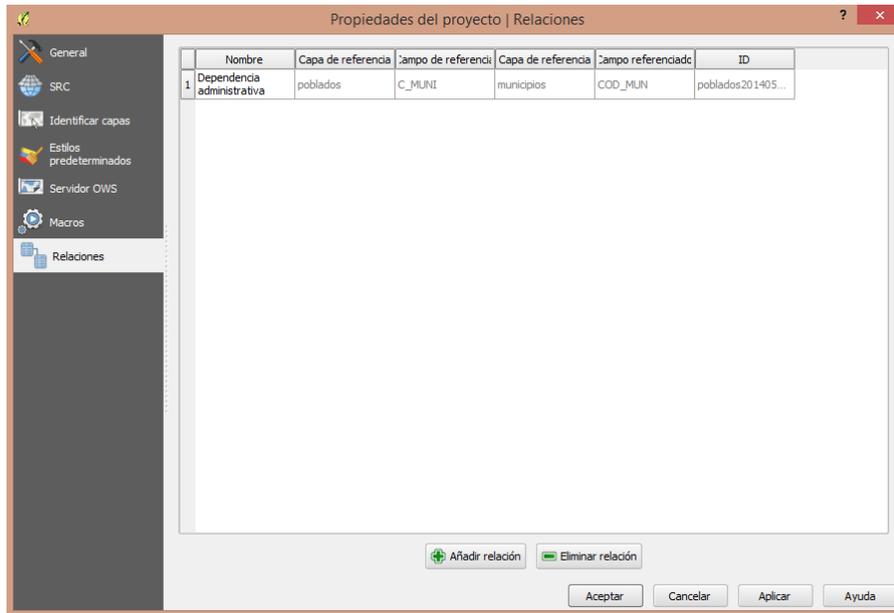


Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

### 5.2.6.1.5. Administrador de relaciones

El administrador de relaciones se encuentra en el menú Relaciones, que se encuentra la herramienta Propiedades del proyecto (ver figura 142). Se establecen una relación entre una tabla que domina o maestra (llamada Padre) y otra que está sujeta o esclava (llamada Hija); se pueden realizar una infinidad de relaciones, siempre contando con la precaución de que los datos tenga relación alguna, que sean los mismo datos aun cuando el campo en que se encuentren no sea el principal.

Figura 142. **Administrador de relaciones**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

### 5.2.6.2. Resolución de la práctica 7

En esta sección se tratarán los procedimientos más sencillos para llevar a cabo el trabajo con tablas, la complejidad más allá de lo mostrado en este trabajo es discreción del instructor.

#### 5.2.6.2.1. Editando los datos contenidos en una celda

Este método implica editar directamente la información de la tabla de manera similar a como se realiza en una hoja de cálculo, esto no significa que las celdas acepten indistintamente números o texto, solo aceptarán lo que dependa de su tipo.

Para realizar la edición de los datos contenidos por un objeto en una capa vectorial se sigue el siguiente procedimiento:

- a. Seleccionar la capa a trabajar
- b. Abrir la herramienta Tabla de atributos
- c. Activar la herramienta Conmutar edición, que se encuentra dentro de la herramienta (ver sección 5.2.6.1.1.).
- d. Seleccionar correspondiente al objeto a editar (dar doble clic sobre la fila)
- e. Modificar la información y presionar entrar (*Enter*) en el teclado para terminar con la celda.

Cuando se escoge una celda que no se quería modificar en lugar de realizar el paso 5 deber darse un clic con el botón secundario o presionar escape (Esc) en el teclado y automáticamente dejará la celda tal y como estaba.

#### **5.2.6.2.2. Añadiendo, eliminando y renombrando campos en una tabla**

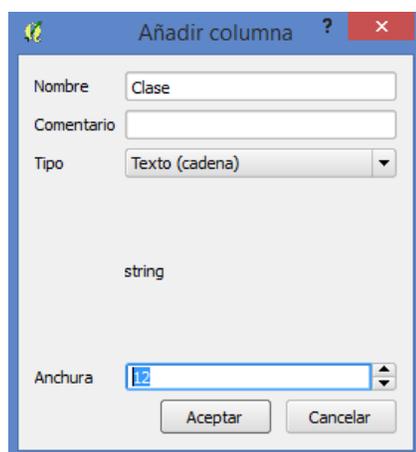
En esta sección se desarrolló todo lo necesario para la administración de tablas: añadir, eliminar y editar. Para esto último es necesario recordar que se refiere únicamente al campo y no a los atributos contenidos en el campo.

Para añadir una columna a una tabla de atributos se realiza de la siguiente manera:

- a. Seleccionar la capa a trabajar
- b. Abrir la Tabla de atributos

- c. Activar la herramienta Conmutar edición
- d. Seleccionar el ícono de Columna nueva (ver sección 5.2.6.1.1.)
- e. Ingresar los atributos del nuevo campo en la ventana emergente Nueva columna (ver figura 143).
- f. Seleccionar la opción Aceptar para cerrar ventana

Figura 143. **Ventana Añadir columna**

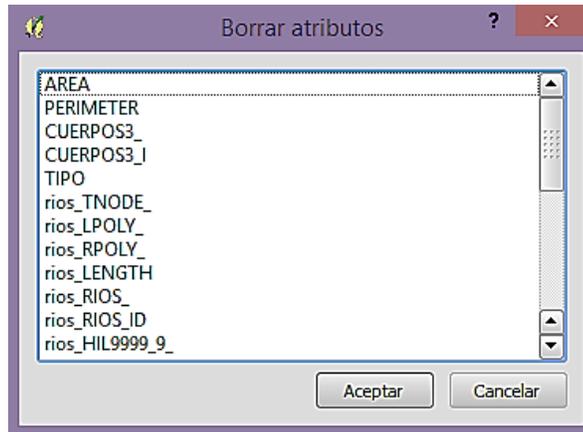


Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Para eliminar una columna a una tabla de atributos se realiza de la siguiente manera:

- a. Seleccionar la capa a trabajar
- b. Abrir la Tabla de atributos
- c. Activar la herramienta Conmutar edición
- d. Seleccionar el ícono de Borrar columna
- e. Seleccionar la columna que se desea eliminar en el cuadro emergente (ver figura 144).
- f. Seleccionar la opción Aceptar para terminar

Figura 144. **Ventana Borrar atributos**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Las columnas o campos, aunque poseen un nombre que los identifica del resto no se les puede modificar ya que, al igual que una base de datos SQL. Una vez está llena la columna la información queda registrada, en un servidor SQL, utilizando el lenguaje, puede ser cambiado el campo aunque el registro y el índice quedan, de igual manera en QGIS se necesita de una aplicación.

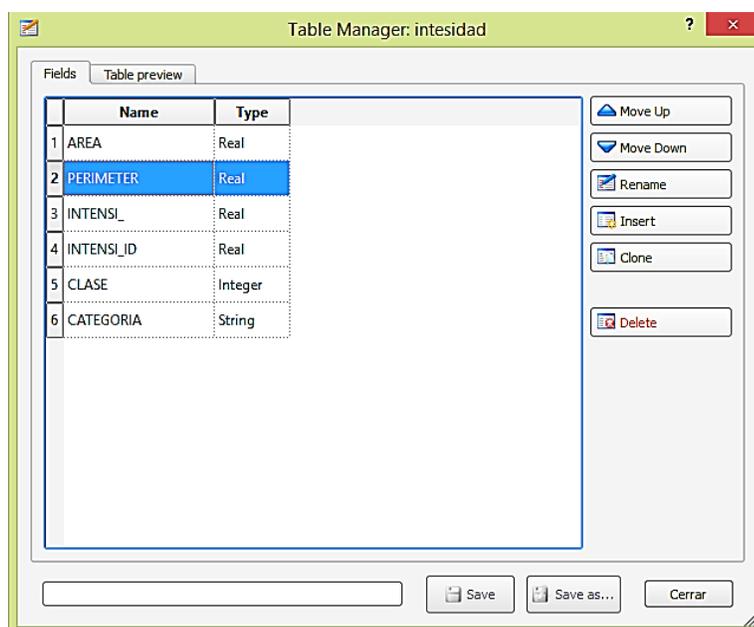
Esta aplicación se llama Table Manager, y se puede descargar fácilmente en el administrador de complementos, generalmente aparece en la barra Vectorial.

Si se desea renombrar una columna a una tabla de atributos se realiza de la siguiente manera:

- a. Seleccionar la capa a trabajar
- b. Abrir la aplicación Table Manager
- c. Seleccionar la columna a renombrar (ver figura 145)

- d. Seleccionar la opción *Rename* (Renombrar)
- e. Renombrar el campo en la ventana emergente y aceptar
- f. Guardar el resultado en la opción *Save* (Guardar)
- g. Seleccionar la opción *Cerrar* para terminar

Figura 145. **Ventana Table Manager**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

### 5.2.6.2.3. Uniendo tablas

Unir tablas significa unir la información contenida en dos o más tablas distintas, esto no significa necesariamente hacer otra tabla (o sea otra capa). Es de hacer notar que para el proceso de unir tablas no es necesario conmutar la edición ya que no se modifican los atributos

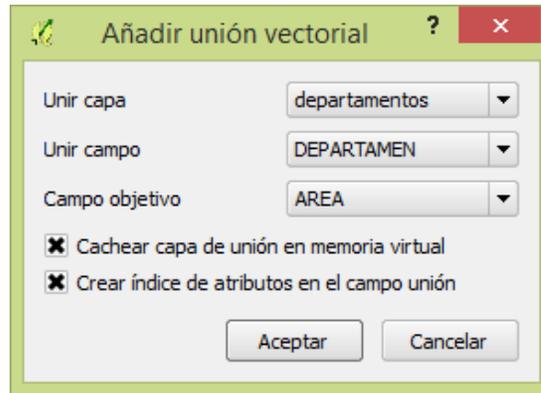
Para unir dos tablas se realiza el procedimiento siguiente:

- a. Seleccionar la capa a trabajar
- b. Abrir la herramienta Propiedades de la capa
- c. Seleccionar el menú Uniones
- d. Escoger el botón Adicionar capa
- e. Seleccionar el campo objetivo, la capa y el campo a unir en la ventana emergente (ver figura 146).
- f. Aceptar para terminar la unión y cerrar la herramienta

Una unión de dos tablas se debe realizar únicamente si estas poseen un campo en común o de lo contrario la unión no mostrará datos o se verán como nulos (*NULL*), preferiblemente con la misma extensión (cuando son tablas con campos distintos, el programa solo tomará el primer valor en relación y será el único mostrado).

En la figura 146 se muestran dos campos que se pueden activar o desactivar según se requiera. El primero es Cachear capa de unión en memoria virtual, y permite guardar en caché la unión similar a los registros temporales de los navegadores de internet; el segundo se llama Crear un índice de atributos en el campo unión, como su nombre lo indica, crea un índice del campo unión en el caché.

Figura 146. **Ventana Añadir unión vectorial**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

#### **5.2.6.2.4. Realizando operaciones con las tablas**

En esta sección se presentará el procedimiento para realizar cualquier cálculo entre campos con la herramienta Calculadora de campos. Para ver cómo se utilizan cada una de las funciones véase el cuadro Ayuda de la función seleccionada.

Para realizar cálculos entre campos con la calculadora de campos se procede de la siguiente manera:

- a. Seleccionar la capa a trabajar
- b. Conmutar la edición
- c. Abrir la herramienta Calculadora de campos
- d. Activar la casilla Crear un nuevo campo (ver figura 147)
- e. Nombrar el nuevo campo
- f. Determinar al campo de salida (queda a discreción del usuario)

- g. Escoger en la opción de las funciones para cálculos de la lista de funciones.
- h. Escoger la función (dar doble clic sobre ella) y automáticamente aparecerá la función en el cuadro de expresiones.
- i. Seleccionar la opción Aceptar para terminar

Si la capa ya posee un campo el cual solo se desea actualizar la información y no se desea realizar uno nuevo, se activa la casilla Actualizar campo existente, y se busca el campo deseado.

Aunque existen una gran variedad de cálculos todos dependen de la finalidad con que se realicen y de la atención que se preste a la sintaxis que el cuadro de Ayuda brinde. Por ejemplo, para obtener el área de un objeto simplemente se utiliza la función como tal, pero las que utilizan proposiciones lógicas como O, Y, Si, Es, o No es (*OR, AND, IF, IS* y *NOT*), necesitan de argumentos para ser usados.

Figura 147. **Opciones de campo, Calculadora de campos**

Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

#### **5.2.6.2.5. Relacionado los atributos de dos campos existentes en uno nuevo**

Relacionar los atributos de dos campos no implica una modificación de la información contenida en cada uno, ya que la finalidad es utilizar los atributos de ambos campos para relacionar la información necesaria requerida contenida en ellos a un campo nuevo.

Para relacionar dos campos de una misma tabla se realiza de la siguiente manera:

- a. Seleccionar la capa a trabajar
- b. Conmutar la edición
- c. Abrir la herramienta Calculadora de campos
- d. Activar la casilla Crear un nuevo campo
- e. Escoger la opción Condicionales, en la lista de funciones
- f. Escoger la función CASE y automáticamente aparecerá la función en el cuadro de expresiones.
- g. Ingresar las condiciones para completar la función el cuadro de expresiones.
- h. Aceptar para terminar la unión

Se debe escoger la función condicionante CASE, ya que es una forma sencilla de relacionar dos capas campos; esta utiliza la proposición lógica *when is, them* (ver apéndice E); hay que recordar que la tercera columna sale de esta proposición.

#### **5.2.6.2.6. Realizando consultas sobre tablas**

Existen dos formas para realizar las consultas: seleccionando por expresión o realizando un filtro avanzado. La primera solo marca los resultados coincidentes con la expresión y la segunda solo muestra las filas coincidentes.

Si se desea realizar una consulta seleccionando los datos por una expresión se debe seguir el procedimiento siguiente:

- a. Seleccionar la capa a trabajar
- b. Abrir la herramienta Tabla de campos
- c. Escribir la expresión el campo Expresión
- d. Seleccionar por expresión” (ver figura 71)
- e. Dar clic en el botón Seleccionar

Para realizar una consulta utilizando un filtro avanzado se debe realizar de la siguiente forma:

- a. Seleccionar la capa a trabajar
- b. Abrir la herramienta Tabla de campos
- c. Seleccionar la opción Filtro avanzado, en el menú inferior Mostrar objetos (ver figura 137).
- d. Escribir la expresión el campo Expresión, en el cuadro emergente
- e. Seleccionar el botón Aceptar

Debido a lo mencionado al inicio de la sección, se recomienda utilizar el primer método en aquellos casos donde muchas celdas coincidan con la expresión, en caso contrario más fácil usar el segundo.

### 5.2.6.2.7. Realizando reportes sobre tablas

El programa no posee herramientas propias para realizar reportes sobre tablas, sin embargo, esto no significa que no se puedan realizar. Para ello se utiliza de la aplicación *Quick Export* (ver figura 148), esta aplicación permite realizar reportes en formatos HTML y PDF. Además permite imprimir la tabla directamente desde el programa (ícono PR) o exportar las tablas en formato CSV (para Block de notas y Excel, ambos de Microsoft).

Para realizar un reporte a una tabla se procede de la siguiente manera:

- a. Seleccionar la capa a trabajar
- b. Seleccionar el formato (recomendable PDF) en la barra de la aplicación Quick Export.
- c. Nombrar el reporte y definir la dirección de guardado
- d. Dar clic en Aceptar para terminar

Figura 148. Barra Quick Export



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

El ícono O permite definir los separadores a utilizar para exportar documentos CSV (tabulaciones, espacios, coma, punto, punto y coma). Además permite escoger entre mostrar los atributos ocultos o escondidos activando la casilla *Export hidden attributes* (exportar atributos ocultos).

#### **5.2.6.2.8. Insertando tablas de textos delimitados**

El programa permite añadir una nueva tabla, ya sea para crear una nueva capa o simplemente ingresar una tabla de atributos sin objetos desde un formato CSV o TXT. Esta herramienta se encuentra en la opción Añadir capa de texto delimitado, en el menú Capa; o la barra Administrar capa, en el ícono con el mismo nombre.

Para añadir una tabla nueva se realiza de la manera siguiente:

- a. Seleccionar la opción Añadir capa de texto delimitado
- b. Buscar el archivo con el botón Explorar, en la ventana Crear una capa a partir de un archivo de texto delimitado, que se abre automáticamente (ver figura 149).
- c. Establecer el formato del archivo o establecer los delimitadores
- d. Establecer las opciones de registro (número de encabezados)
- e. Determinar las opciones de campo
- f. Definir la geometría (coordenadas del punto, WKT o Ninguna)
- g. Seleccionar la Aceptar para terminar

La opción Definición de la geometría (ver figura 150), posee tres opciones que sirven para identificar la tabla y establecerla en el mapa, estas son:

- Coordenadas del punto: se ingresa las columnas X y Y en sus respectivas casillas, si son coordenadas geométricas se activa la casilla desplegable Coordenadas GMS.

- Texto bien conocido WKT: se ingresa la columna que posee la información en la casilla desplegable y se define el tipo de geometría (detectar, punto, línea y polígono).
- Ninguna geometría: no es necesario ingresar ningún campo

Figura 149. **Crear una capa a partir de un archivo de texto delimitado**

Nombre de archivo: C:/Users/Heber/Documents/Pruebas/nuevo.csv

Nombre de la capa: nuevo

Codificación: UTF-8

Formato de archivo:
 

- CSV (valores separados por coma)
- Delimitadores personalizados
- Delimitador de expresión regular

Otros delimitadores:  Coma  Tabulador  Espacio  Dos puntos  Punto y coma

Comilla: " Escape: "

Opciones de registro:
 

- Número de líneas de encabezado a descartar: 0
- El primer registro tiene los nombres de campo

Opciones de campo:
 

- Recortar campos
- Descartar campos vacíos
- El separador decimal es la coma

Definición de geometría:
 

- Coordenadas del punto
- Texto bien conocido (WKT)
- Ninguna geometría (tabla solo de atributos)

Coordenada X: Coordenada Y:  Coordenadas GMS

Configuración de la capa:
 

- Usar índice espacial
- Usar índice de subconjuntos
- Vigilar archivo

	AREA	PERIMETER	CUERPOS3_	CUERPOS3_I	TIPO	rios_TNODE_	rios_LPOLY_	rios_RPOLY_	rios_LENGTH
1	83758.13	1074.357	2.0	1.0	1	None	None	None	None
2	56029.56	886.1044	3.0	2.0	1	None	None	None	None
3	532239.4	3564.274	4.0	3.0	1	None	None	None	None
4	732271.8	5311.562	5.0	4.0	1	None	None	None	None
5	102581.7	1209.433	6.0	5.0	1	None	None	None	None

Se deben seleccionar los nombres de los campo X e Y

Botones: Aceptar, Cancelar, Ayuda

Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 150. **Definición de geometría**

a)

Definición de geometría  Coordenadas del punto  Texto bien conocido (WKT)  Ninguna geometría (tabla solo de atributos)

Coordenada X CUERPOS3\_ Coordenada Y CUERPOS3\_I  Coordenadas GMS

b)

Definición de geometría  Coordenadas del punto  Texto bien conocido (WKT)  Ninguna geometría (tabla solo de atributos)

Campo de geometría rios\_CAPA Tipo de geometría Detectar

c)

Definición de geometría  Coordenadas del punto  Texto bien conocido (WKT)  Ninguna geometría (tabla solo de atributos)

(a) Coordenadas del punto, (b) Texto bien definido, (c) Ninguna geometría

Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

#### 5.2.6.2.9. **Relacionando tablas**

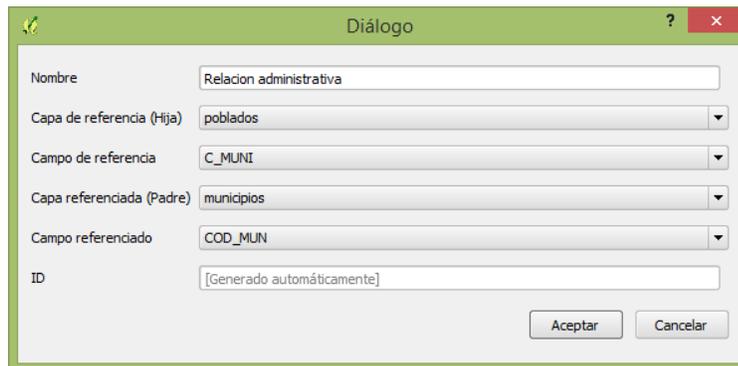
Antes de relacionar los datos se debe recordar que campo de la tabla hija tendrá los mismos datos de la tabla padre pero esto no significa que las tablas se concatenarán, únicamente compartirán los datos.

Para relacionar dos tablas se realiza de la manera siguiente:

- a. Abrir la herramienta Propiedades del proyecto
- b. Seleccionar la opción Relacionar, en el menú lateral
- c. Añadir una nueva relación con la opción Añadir relación
- d. Ingresar el nombre de la nueva relación en el cuadro de dialogo emergente (ver figura 151).
- e. Establecer la capa de referencia (Hija) y el campo de referencia
- f. Establecer la capa de referencia (Padre) y el campo referenciados

- g. Dar clic en Aceptar para cerrar el cuadro de dialogo e ingresar la relación.
- h. Seleccionar la opción Aceptar y aplicar para terminar

Figura 151. **Cuadro de diálogo de relaciones**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

### 5.2.7. **Módulo 7 (práctica 8): análisis y modelado geográficos**

En el siguiente módulo se trata de explicar los análisis y los modelos que puede realizar el programa, pero sin utilizar todas de herramientas para análisis y modelado, y la Caja de herramientas de procesado.

Esto se debe a que, si bien la cantidad de cálculos de análisis y modelos que el programa permite es lo suficientemente basto, el conocimiento relacionado a los mismos es de mucho mayor nivel, lo que implicaría una mayor cantidad de tiempo y recursos (básicamente tomar los contenidos de una carrera técnica en geomática). El contenido teórico para este módulo se encuentra en las secciones 3.3.3 y 3.3.4.

### **5.2.7.1. Generalidades de la práctica 8**

El programa QGIS cuenta con una gran variedad de opciones que van desde el uso de herramientas complementarias descargadas desde el Administrador de complementos hasta la Caja de herramientas de procesado. Esta última es una herramienta potentísima que engloba todas las funciones provenientes de los demás softwares libres que se complementan con QGIS como: GRASS, MyM, Saga, Orfeo, entre otros.

Pero a su vez es una herramienta que implica obligatoriamente conocimiento previo de estadística geográfica, geomática, bases de datos, etc. O al menos conocimientos avanzados sobre sistemas de información y, por supuesto, de QGIS. Esto no significa que un usuario de nivel inicial o intermedio no pueda realizar tareas de análisis, de modelado y hasta realiza MTD (maquetas tridimensionales).

Las herramientas para el análisis se encuentran en distintos menús dentro del escritorio del programa, estos se explicaran a continuación:

#### **5.2.7.1.1. Menú Vectorial**

Posee todas las herramientas para el análisis y modelado de la información contenida en capas vectoriales. El menú posee varios submenús que contienen todas las herramientas, estos son:

- Herramientas de análisis: posee todas las herramientas que permiten obtener datos según la relación de capas.
- Herramientas de investigación: poseen las herramientas que permiten buscar valores y datos, patrones etc.

- Herramientas de geoproceto: engloba las herramientas necesarias para la modificación de polígonos, no solo de forma geométrica sino también en las tablas de atributos.
- Herramientas de geometría: se encuentran las herramientas de análisis geométrico como los polígonos de Voronoi (Thiessen).
- Herramientas de gestión de datos: contiene las herramientas para definir la información de las capas.

La única herramienta que se utilizará en este capítulo y no se encuentra en los submenús antes mencionados es la herramienta llamada Gráficador de rutas (o Grafo de rutas), que se instalada por defecto junto con el software principal.

El gráficador de rutas es una herramienta que permita analizar rutas, tiempos y distancias. Originalmente en versiones más antiguas había que descargar el complemento, desde la versión 2.0.1 Dufour se ha vuelto parte del programa, incluso siendo parte esencial del escritorio. Para el presente trabajo esta será la única sección llevada a cabo desde la plataforma 2.0.1 y no en la 2.2.0. Esto debido a que en la versión 2.0.1, la herramienta es más confiable.<sup>4</sup>

#### **5.2.7.1.2. Menú Ráster**

Este posee las herramientas necesarias para el análisis y de modelado de capas Ráster (incluyendo la transformación de capas ráster a vectoriales y viceversa).

---

<sup>4</sup> La versión 2.2.0 presenta problemas de generación, será corregida en la versión 2.4.0 (aun no disponible al momento de realizar el presente trabajo).

El menú posee varios submenús que contienen todas las herramientas, estos son:

- Proyecciones: posee las herramientas que permite determinar una proyección sobre una imagen o mapa.
- Conversión: posee las herramientas para la conversión de las capas ráster (rasterizar, poligonizar, traducir, cambio cromático).
- Extracción: contiene las herramientas para extraer curvas de nivel.
- Análisis: contempla las herramientas de análisis de proyectos y realización de modelos MDT.
- Miscelánea: contiene una variedad de herramientas para el trabajo de capas ráster con distintos fines.
- Configuración de los GADTools: abre las configuraciones de las herramientas GDAL.

Como en el anterior menú, este también posee complementos que se instalan por defecto cuando se instala el software. Dichas herramientas también se encuentran en la barra Ráster, como son: estadísticas de zona, interpolación, el georeferenciador y el generador de mapas de calor (o *Heatmap*). Las herramientas: Calculadora ráster y el Análisis del terreno, son los dos únicos complementos que no se encuentran en la barra.

Aunque el georeferenciador se encuentra en este menú, no forma estrictamente parte del análisis; de hecho se puede trabajar imágenes sin georeferencia inicial, dependiendo del fin del análisis mismo.

### **5.2.7.1.3. Menú Procesado**

En este menú se encuentran todas las herramientas para el procesamiento de la información tanto del análisis previo como de la información contenida. Generalmente se realizan después de haber hecho el análisis espacial, ya que es esta nueva información la que se desea modelar.

Las herramientas que este menú posee son las siguientes:

- Caja de herramientas de procesado: como se refiere en la sección 5.2.1.1.2, es el administrador de varias herramientas para el procesado de la información.
- Modelador gráfico: es la herramienta que permite el modelado de la información de manera gráfica.
- Extracción: contiene las herramientas para extraer curvas de nivel
- Historial y registro: posee los registros de todos los desarrollos y errores que se desarrollan en el programa.
- Opciones y configuración: contiene la configuración de todas las herramientas de modelado.
- Comandos: abre las barras de comandos del sistema

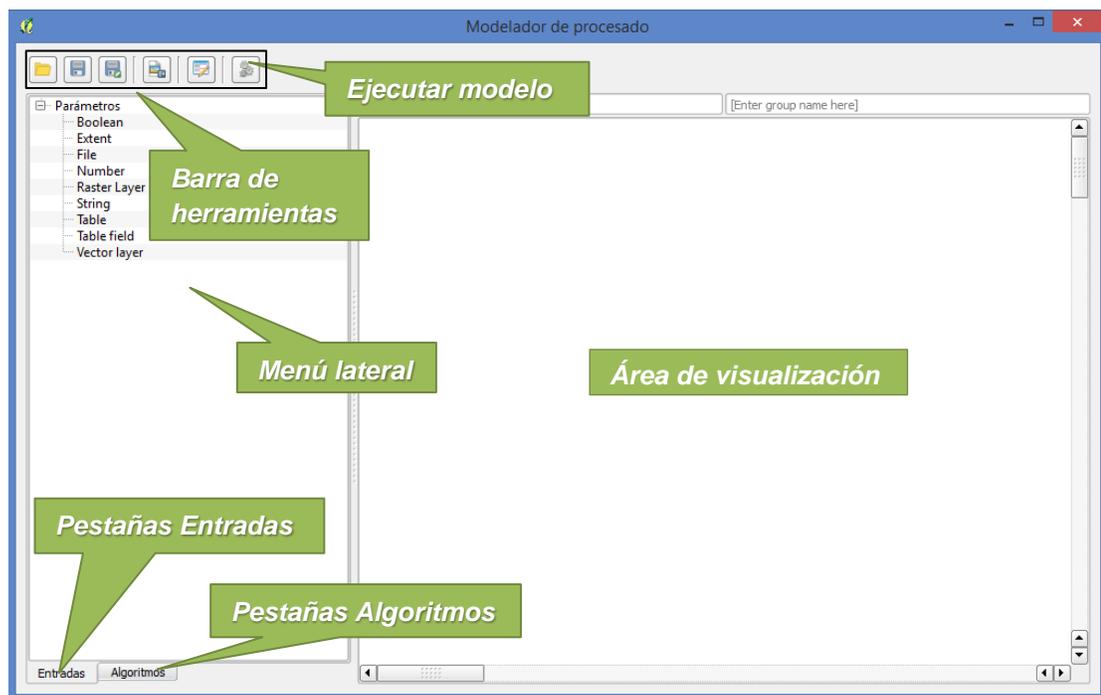
### **5.2.7.1.4. Modelador gráfico**

El modelador gráfico es una herramienta que permite realizar modelos complejos de manera sencilla, dicha herramienta posee una interface muy fácil de entender por parte del usuario y al igual que la mayoría de herramientas del programa, permite trabajar de una manera rápida y segura, aunque esta es una aplicación bastante compleja en su contenido.

Esencialmente cuenta con tres partes, como se mostrará más adelante, una barra de herramientas, un menú lateral y un área de visualización. En el menú lateral se encuentran en la parte inferior dos pestañas: una llamada Algoritmos, y otra llamada Entradas (ver figura 152).

Los algoritmos son las construcciones lógicas que se pueden utilizar, el programa posee una lista con varias opciones; las entradas son los campos que puede ser ingresado. El resto de funciones se irán explicando conforme se utilicen en la práctica.

Figura 152. **Modelador gráfico**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

### **5.2.7.1. Resolución de la práctica 8**

Los procedimientos desarrollados en esta sección tienen una metodología ligeramente modificada, a diferencia de las prácticas anteriores, en donde se trata una acción (como insertar una capa) y se explica el procedimiento a seguir para realizar dicha acción con el fin de mostrar cómo utilizar una herramienta, en la resolución de esta práctica se plantea una actividad (como realizar un MDT) y se desarrolla el procedimiento utilizando varias herramientas ya que se desea enseñar cómo llevar a cabo el análisis y no tanto como usar la herramienta; debido a la gran variedad de requerimientos de análisis se presentarán únicamente cuatro casos de análisis y uno de modelo geográfico, los cuales se considera, pueden beneficiar de mejor manera al estudiante.

#### **5.2.7.1.1. Extrayendo curvas de nivel y creando un modelo digital del terreno**

Inicialmente se debe contar con una imagen en la que se aprecien las diferencias de altura, esto debido a que el programa determina las curvas de nivel automáticamente. Se recomienda utilizar fotos satelitales (preferiblemente en Unibanda gris o multicolor), ya que en un mapa cartográfico los colores representan texturas del terreno y no alturas; el problema con utilizar imágenes de hojas cartográficas es que, si bien muchas de las isolíneas se transformarán en curvas de nivel, habrá muchas que no lo serán (como las grillas) y el programa las transforma en curvas.

El problema con el color suscita debido a que el programa hace una diferenciación del mismo para determinar las alturas y al no existir el usuario deberá ingresar las alturas manualmente, algo difícil tomando en cuenta que la

cantidad de curvas es demasiado grande y que en la mayoría de los casos, para unir una tabla se tendría que saber el orden exacto en el que el programa determinó las curvas. Para extraer curvas de nivel y un MTD de un terreno se debe seguir el procedimiento descrito a continuación, siempre tratando de respetar cada uno de los pasos.

Antes realizar dichos procedimientos es necesario realizar un recorte del ráster en que le que se va a trabajar (si no se realiza el programa extraerá las curvas de todo el dibujo), esto se realiza de la siguiente manera:

- a. Abrir la capa ráster a utilizar
- b. Seleccionar la opción Clip, en el submenú Extracción, dentro del menú Ráster.
- c. Ingresar el nombre y la dirección en la casilla Archivo de salida, en la ventana Clipper (ver figura 153).
- d. Ingresar las dos aristas del área del recorte en la opción Modo de corte (deben ser aristas contrarias entre sí por la diagonal).
- e. Seleccionar el botón Aceptar para generar el recorte y el botón Cerrar para terminar con el proceso.

Una vez obtenida la imagen recortada de procedimiento anterior, se procede entonces, a realizar la extracción de curvas de nivel de la siguiente manera:

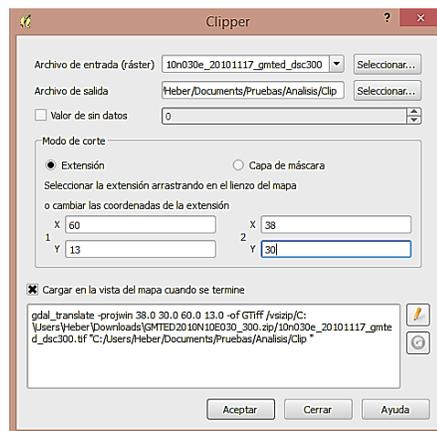
- a. Seleccionar la opción Curvas de nivel, en el submenú “Extracción” dentro del menú Ráster.
- b. Ingresar el nombre y dirección en la casilla Archivo de salida para curvas de nivel (ver figura 154).

- c. Determinar el intervalo de curvas en la opción Intervalos entre curvas de nivel.
- d. Activar la casilla Nombre de atributo, para crear el atributo de alturas (cambiar el nombre si se requiere).
- e. Seleccionar el botón Aceptar para generar el recorte y el botón Cerrar para terminar el proceso.

Con las curvas de nivel obtenidas se puede realizar el modelo digital de terreno (MDT), de la siguiente manera:

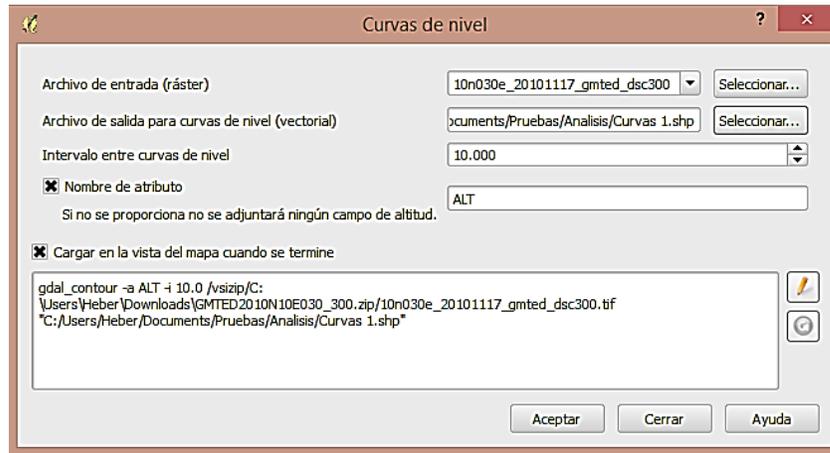
- a. Seleccionar la opción MDT en el, submenú Extracción, siempre en el menú Ráster.
- b. Ingresar el nombre y la dirección en la casilla Archivo de salida, en la ventana MDT (ver figura 156).
- c. Seleccionar los botones Aceptar y Cerrar una vez terminado todo el procedimiento (ver figura 157).

Figura 153. **Ventana Clipper**



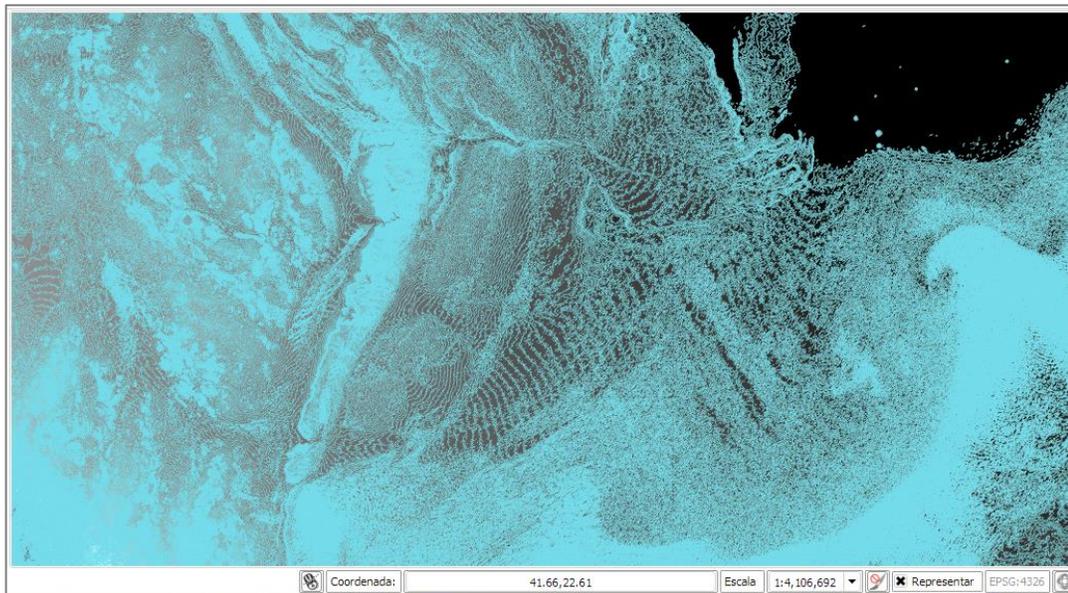
Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 154. Ventana Curvas de nivel



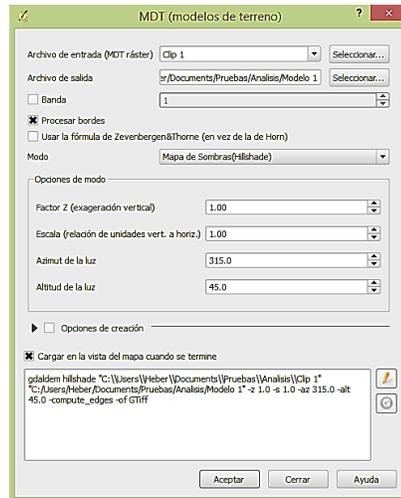
Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 155. Curvas de nivel generada por QGIS



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 156. Ventana MDT



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 157. Modelo digital del terreno generado por QGIS



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

### **5.2.7.1.2. Realizando un análisis del vecino más cercano**

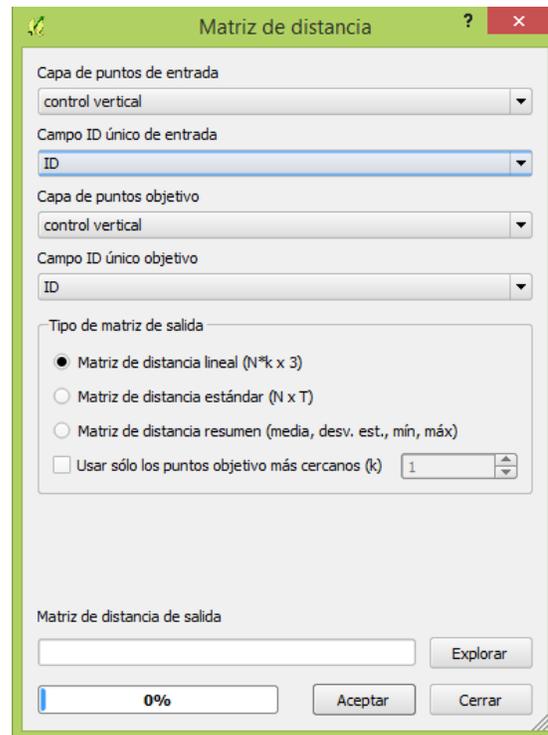
Este es uno de los análisis más solicitados para los usuarios de los sistemas de información geográfica, QGIS permite realizar este tipo de análisis de una forma sencilla sin generar capas adicionales.

Para realizar el análisis al vecino más cercano y un MTD se procede de la siguiente manera:

- a. Abrir las capas vectoriales a utilizar (deben ser dos capas puntuales)
- b. Seleccionar la opción Matriz de distancia, en el submenú “Herramientas de análisis, dentro del menú Vectorial.
- c. Seleccionar la capa y los campos únicos de entrada en la ventana Matriz de distancia (ver figura 158).
- d. Seleccionar la capa y campo únicos objetivos
- e. Seleccionar el tipo de matriz de salida y el valor de puntos objetivos K (se recomienda utilizar como valor de entrada  $k = 1$ ).
- f. Ingresar el nombre y dirección en la casilla Matriz de distancia de salida
- g. Seleccionar el botón Aceptar y el botón Cerrar para terminar (la herramienta crea una tabla automáticamente).

A pesar de ser un proceso corto y sencillo se debe tener en cuenta que a una mayor cantidad de puntos, el proceso toma una mayor cantidad de tiempo, con lo cual es indispensable que el equipo de cómputo esté en las mejores condiciones de trabajo y no sobrecargar el sistema para mejorar el rendimiento.

Figura 158. **Ventana Matriz de distancia**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

### **5.2.7.1.3. Analizando áreas de influencia por extensión de área y teselas de Voronoi**

Estos tipos de análisis son muy utilizados en la planificación urbana para la toma de decisiones, se utilizan para observar posibles zonas de conflicto o alcance de elementos geográficos de interés y la forma real de dicho alcance. El método de área extendida es la realización de un buffer del elemento, mientras que las teselas de Voronoi o llamados también polígonos de Thiesen.

Para llevar a cabo el siguiente procedimiento se utilizarán cuatro capas distintas (únicamente para que se entienda mejor el mismo), una capa poligonal a la que se le denominará capa A, una capa lineal denominada capa B y dos capas puntales denominadas capa C y capa D respectivamente.

Para realizar un análisis por áreas de influencia por el método de extensión de área se procede se debe realizar un buffer del área o áreas de la cuales se quiera analizar.

Para obtener el buffer ser realiza de la siguiente manera:

- a. Abrir las capas vectoriales a utilizar (capas A y B)
- b. Seleccionar la opción Buffer(s), en el submenú Herramientas de geoproceto, dentro del menú Vectorial.
- c. Seleccionar la capa para realizar el buffer (escoger capa B) en la opción Capa vectorial de entrada de la ventana Buffer(s) (ver figura 159).
- d. Seleccionar los segmentos a aproximar y la distancia del buffer (el programa toma la distancia desde el centro hacia afuera y se encuentra en metros).
- e. Ingresar el nombre y dirección en la casilla Archivo de salida
- f. Seleccionar el botón Aceptar y una vez terminado el proceso seleccionar el botón Cerrar.

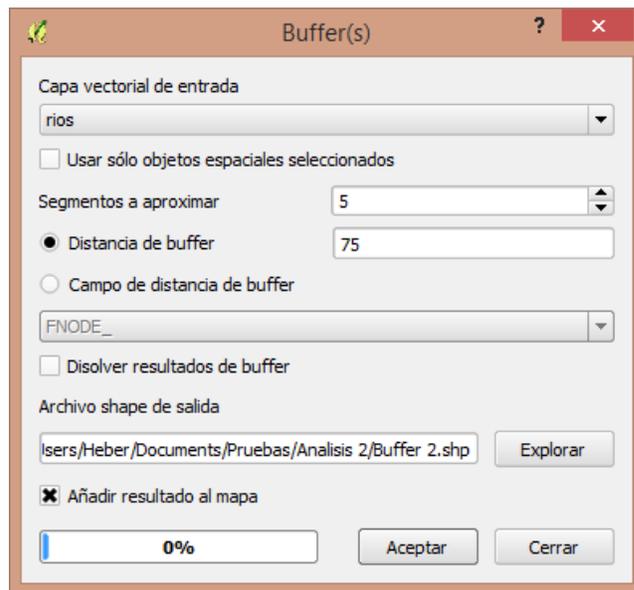
Una vez terminado el buffer se procede a realizar el análisis de la siguiente manera:

- a. Seleccionar la opción Consulta espacial, en el menú Vectorial
- b. Seleccionar la capa de origen (capa A) en la opción
- c. Seleccionar objetos espaciales de origen (ver figura 160)

- d. Seleccionar la capa de referencia en la opción (capa Buffer) Objetos espaciales de referencia.
- e. Seleccionar el botón Aplicar para correr los resultados
- f. Seleccionar la opción Intervalos entre curvas de nivel
- g. Seleccionar el botón Cerrar

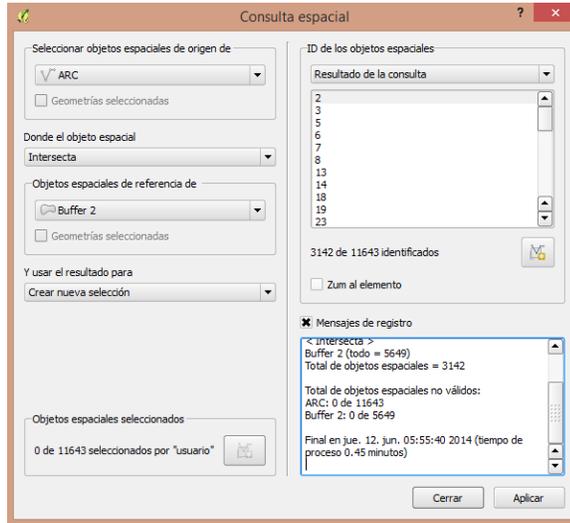
Si se desea hacer una nueva capa de los elementos que selecciona la consulta la opción Añadir nueva capa con los elementos seleccionados, o la opción Añadir nueva capa con la lista de elementos.

Figura 159. **Ventana Buffer(s)**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 160. Ventana Consulta espacial



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Para realizar un análisis por áreas de influencia por el método de los polígonos de Voronoi, el procedimiento es más complejo que el anterior, este se describe en la figura 161.

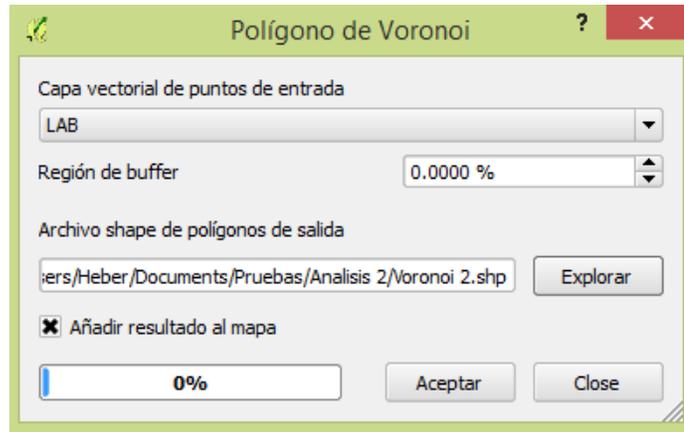
Este procedimiento menciona dos ventanas que generadas por el programa conforme se desarrolla el análisis (Polígonos y Contar puntos en polígono), estas se colocaron en las figura 162 y 163 respectivamente.

**Figura 161. Procedimiento para análisis de áreas de influencia por polígonos de Voronoi**

1. Abrir las capas vectoriales a utilizar (capas C, D y las capas A o B)
2. Seleccionar la opción Polígonos de Voronoi en el submenú “Herramientas de geometría” dentro del menú Vectorial.
3. Realice los polígonos Voronoi de la siguiente manera:
  - 3.1. Seleccionar la capa puntual (capa C) en la opción Capa vectorial de puntos de entrada de la ventana Polígonos de Voronoi.
  - 3.2. Seleccionar la región del buffer (si se desea incluir)
  - 3.3. Ingresar el nombre y dirección en la casilla Archivo shape de polígonos de salida.
  - 3.4. Seleccionar el botón Aceptar y una vez terminado el proceso seleccionar el botón Cerrar.
4. Seleccionar la opción Consulta espacial en menú Vectorial y realizar la consulta.
5. Seleccionar la opción Puntos en polígono, en el submenú Herramientas de análisis, dentro del menú Vectorial, y realizar el análisis de la siguiente forma:
  - 5.1. Seleccionar la capa de Voronoi en la opción Capa vectorial de polígonos de entrada de la ventana Contar puntos en polígonos.
  - 5.2. Seleccionar la capa puntual (capa D) en la opción Capa vectorial de puntos de entrada
  - 5.3. Ingresar el nombre y dirección en la casilla Archivo shape de salida.
  - 5.4. Seleccionar el botón Aceptar y una vez terminado el proceso seleccionar el botón Cerrar

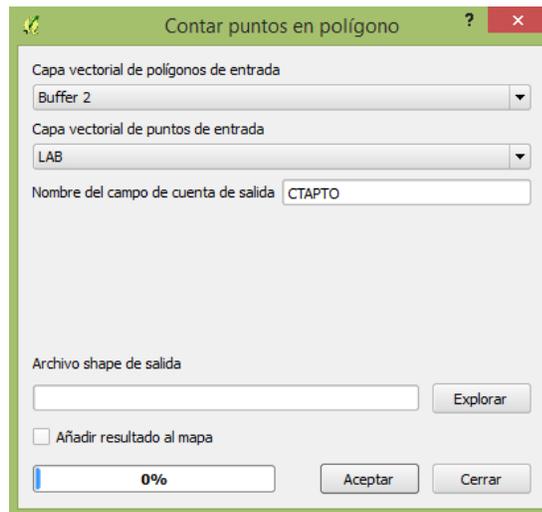
Fuente: elaboración propia.

Figura 162. **Polígonos de Voronoi**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 163. **Ventana, Contar puntos en polígono**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

#### **5.2.7.1.4. Realizando análisis de ruta más corta**

Para realizar este ejercicio se utilizará la herramienta Gráficador de Ruta, en la versión 2.0.1 cómo se plantea en la sección 5.2.7.1.1. Este procedimiento no necesita generar capas adicionales (únicamente si el usuario lo desea).

Ante de realizar el análisis de ruta, se debe configurar la herramienta, realizando el procedimiento siguiente:

- a. Abrir la capa vectorial a utilizar
- b. Seleccionar la opción Configuración, en el menú Vectorial, dentro del submenú Grafo de ruta.
- c. Seleccionar la unidad de tiempo, de distancia y tolerancia en la ventana Configuración del complemento Grafos de ruta (ver figura 164).
- d. Seleccionar la capa y campo únicos objetivos
- e. Seleccionar la capa y los campos de sentido y de velocidad en la pestaña Capa de transporte (a menos se realicen varias mediciones en una misma, se recomienda dejar los valores de sentido en blanco).
- f. Seleccionar el sentido y la velocidad predeterminadas en la pestaña Configuración predeterminada (ver figura 16).
- g. Seleccionar el botón Aceptar para terminar

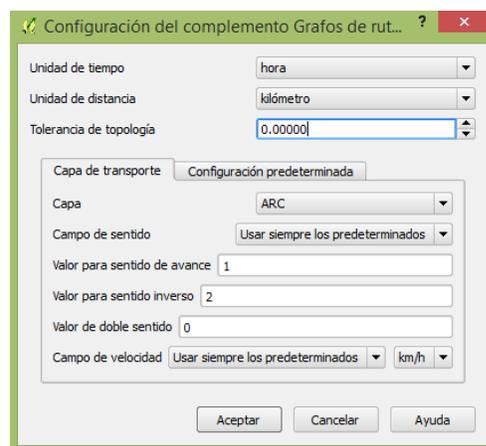
Para realizar el análisis de la ruta más corta se procede de la siguiente manera:

- a. Dar clic secundario sobre la barra de menús desplegable y seleccionar el complemento Ruta más corta.

- b. Seleccionar el botón de punto de inicio en la casilla de cruz en la opción Inicio (ver figura 166).
- c. Escoger el punto de inicio de la ruta y dar un clic sobre él para ingresar su posición.
- d. Seleccionar el botón de punto de final como el inciso b en la opción Final
- e. Escoger el punto final de la misma manera que el paso del inciso c.
- f. Seleccionar la opción Calcular, para realizar el análisis (ver figura 167).
- g. Seleccionar la opción Exportar, para realizar la capa.
- h. Seleccionar la capa para exportar y dar clic en aceptar.

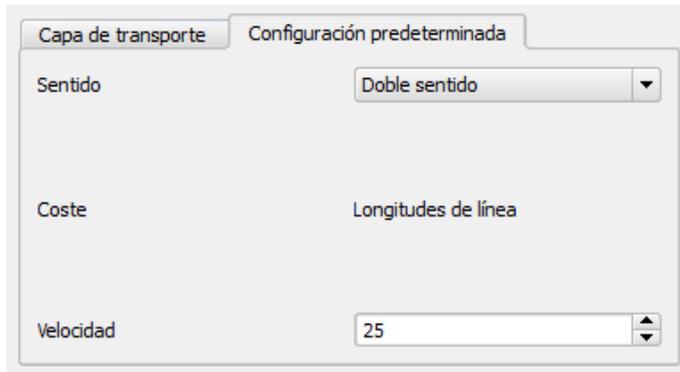
Para realizar otro cálculo de distancia solo es necesario ingresar nuevos los puntos ya que la aplicación automáticamente reconoce el nuevo recorrido. Si se desea únicamente borrar la información generada, lo único que se necesita es escoger la opción limpiar. Exportar el resultado es opcional, realiza únicamente si se desea pasar la ruta a una capa distinta.

Figura 164. **Configuración del complemento Grafos de ruta**



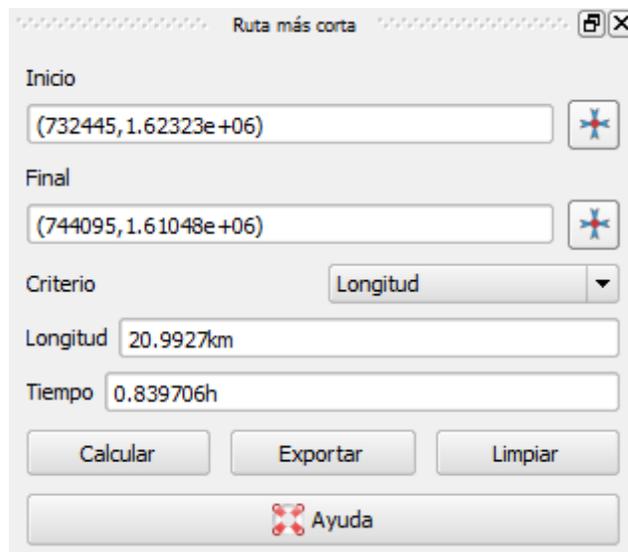
Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 165. **Pestaña configuración predeterminada**



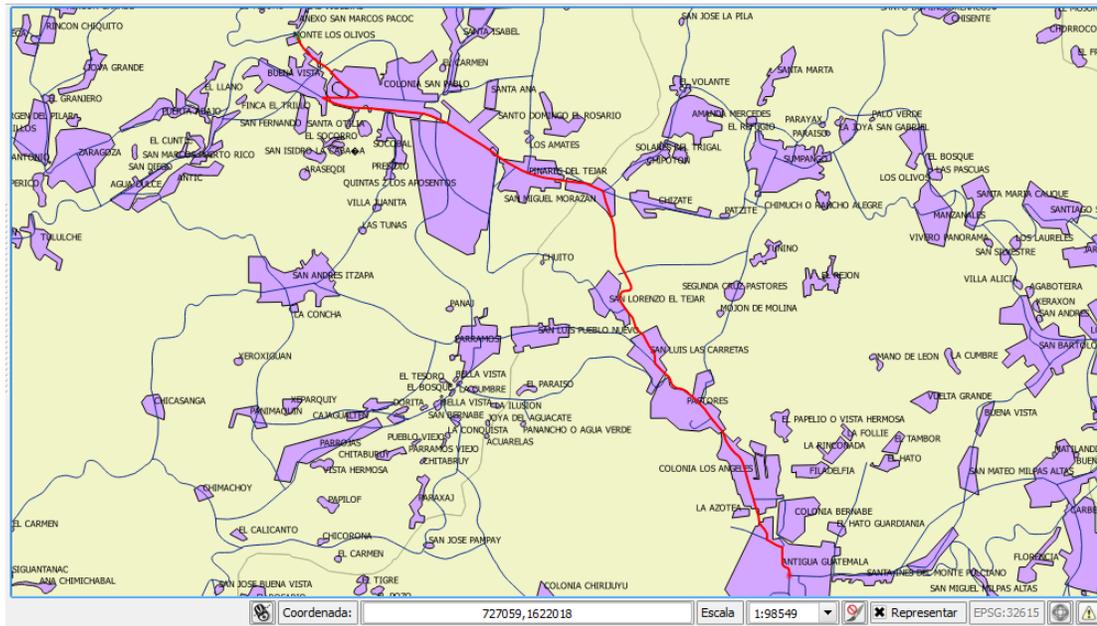
Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 166. **Ventana, Ruta más corta**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 167. Vista de la ruta propuesta por la aplicación



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

### 5.2.7.1.5. Realizando un modelo geográfico

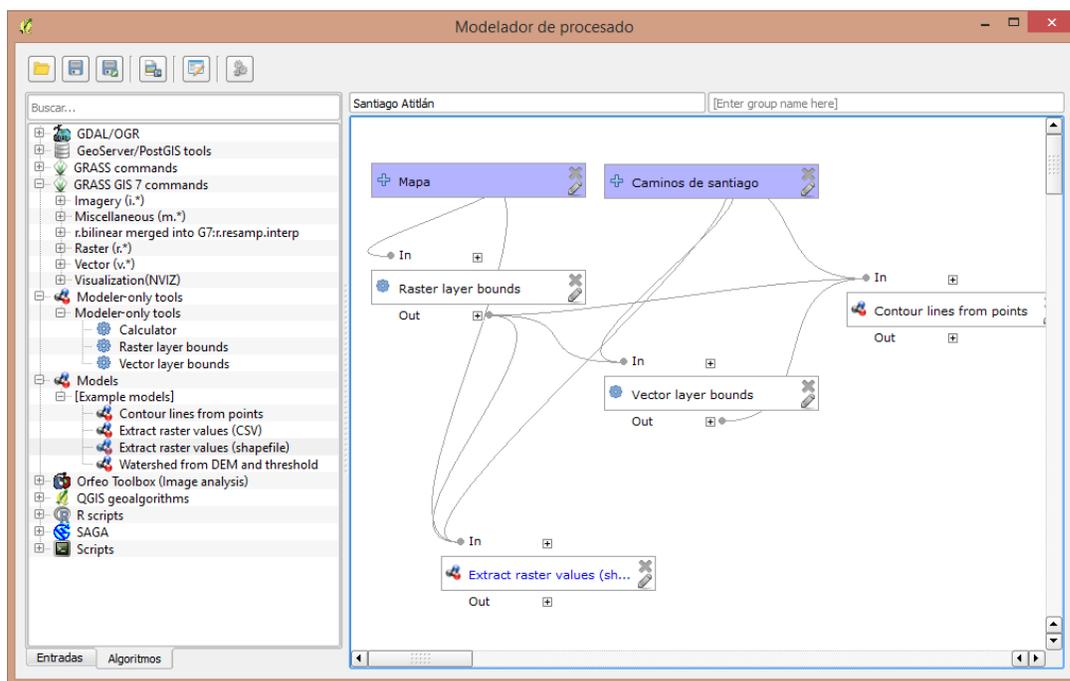
Para la realización de modelos geográficos (no confundir con los MDT ni los modelos geométricos TIN) como los expuestos en la sección 3.3.4. QGIS se vale de la herramienta llamada Modelador gráfico, vista en la sección 5.2.7.1.4., aunque no es la única herramienta de modelado que el programa posee es la una de las mejores y más fáciles de usar.

En esta sección únicamente se mostrará cómo utilizar el modelador (figura 169), esto se debe a la complejidad que conlleva el realizar los modelos. El desarrollo de modelos eficaces depende de los conocimientos que el usuario

(conocimientos como la geoestadísticas y la lógica de modelos), así como de la experiencia que el mismo posea. Y si bien no existen dos fenómenos geográficos iguales por lo que no hay dos modelos iguales., ambas cualidades permiten dilucidar mejor las características de los problemas que se lleguen a plantear y, en consecuencia, dar la mejor solución al mismo (ver figura 168).

El procedimiento para utilizar el modelador se muestran en la figura 169, como se mencionó al inicio de la sección, es una herramienta fácil de utilizar, solo es necesario que el usuario tenga claro el algoritmo que desea manejar para trasladarlo al programa.

Figura 168. **Vista del modelador con un diagrama trabajado**



Fuente: elaboración propia, con base en el programa QGIS 2.2.0 Valmiera.

Figura 169. **Procedimiento para el uso del modelador gráfico**

1. Seleccionar la opción Modelador gráfico, en el menú Procesado.
2. Seleccionar los parámetros de entrada en la pestaña Entradas (en pestaña inferior izquierda) de la siguiente manera:
  - 2.1. Seleccionar el parámetro *Raster layer* (capa ráster)
  - 2.2. Ingresar el nombre del parámetro y escoger su requerimiento (si es requerida aparecerá en el diagrama).
  - 2.3. Ingresar el parámetro *Vector layer* (capa vectorial) e ingresar el nombre del parámetro y su requerimiento
  - 2.4. Ingresar los parámetros necesarios (estos los determinan las necesidades del proyecto)
3. Seleccionar los algoritmos para el diseño del modelo en la pestaña Logaritmos (en pestaña inferior derecha) de la siguiente manera:
  - 3.1. Seleccionar la opción *Modeler only tools* (herramientas solamente para modelado).
  - 3.2. Seleccionar la opción *Ráster layer bounds* (Límites de la capa ráster).
  - 3.3. Seleccionar la opción y la relación con las capas generadas.
  - 3.4. Seleccionar la opción *Vector layer bounds* (Límites de la capa vectorial).
  - 3.5. Seleccionar la opción y la relación con las capas generadas.
  - 3.6. Seleccionar la opción Calculator (Calculadora) que permitirá realizar las acciones que se deseen
4. Ingresar los logaritmos necesarios para determinar el modelo
5. Correr el modelo en con la función Ejecutar modelo
6. Guardar el modelo con la opción guardar.

Fuente: elaboración propia.

### 5.3. Consideraciones finales

Para llevar a cabo las prácticas de la mejor manera se brindan a continuación una serie de consideraciones necesarias tanto para el espacio físico, el equipo completo, como a los requerimientos mínimos del sistema.

Las condiciones mínimas de espacio físico y equipamiento de clase son:

- Espacio suficiente para que quepa el equipo completo y el usuario (uno para cada estudiante y uno para el instructor).
- Buena iluminación natural y artificial
- Cañonera con pantalla y/o monitores (televisores) que cumplan con la función.
- Acceso a internet (recomendado 10 MB)

Equipo completo se refiere al conjunto de elementos de hardware mínimos que cada estudiante tendrá a su disposición, estos elementos son:

- Unidades de procesamiento que cuente con las especificaciones mínimas del software.
- Pantalla de 17" de tamaño diagonal (recomendado 21")
- Teclado y ratón (mouse)
- Unidades externas de almacenamiento (USB y CD)

Los requerimientos mínimos exigidos para el hardware son:

- 2GB de memoria RAM
- 4GB de disco duro
- Procesador Intel Pentium 4, Intel Core Duo o AMD Athlon 64

- Tarjeta gráfica de 64MB (recomendado 256MB)
- Tarjeta de red

Los programas de software mínimos para cada equipo son:

- Sistema operativo Microsoft Windows 8 de 64bits (o uno no menor a Windows XP), Macintosh X o Linux
- QGIS Valmiera 2.2.0 (se recomienda añadir ArcGIS 10)
- Paquete MS Office (con MS Access)
- Software CAD (AutoCAD o similar)
- Windows Server 2008 R2 de 64 bits o similar
- Navegador de internet (Internet Explorer, Google Chrome o Mozilla Firefox).

La Facultad de Ingeniería actualmente posee un salón de computación llamado laboratorio de Geomática, aunque este no cuenta con algunos de los requerimientos planteados, principalmente los requerimientos mínimos de hardware y software. Se considera incluir entre las consideraciones del equipamiento de clase algunas tablas digitalizadoras y un espacio físico con aire acondicionado para los servidores y, que estos sean únicos y exclusivamente de la sala (laboratorio); siempre y cuando sea viable para la facultad.



## CONCLUSIONES

1. Los conocimientos necesarios para el dominio básico y esencial de un software de GIS son: el conocimiento sobre los principios de cualquier programa de GIS, el conocimiento de sus herramientas principales, el manejo de tablas y administración de datos geográficos, el manejo de bases de datos geográficas desde el programa, la realización de mapas, la georreferenciación y, los principios de análisis y modelado geográfico.
2. Las prioridades del laboratorio respecto al curso titular son: reforzar en el estudiante los conocimientos vistos en clase, aplicar dicho conocimiento en el desarrollo de las prácticas y brindar una mejor comprensión de los temas de clase aplicados al campo real de la ingeniería.
3. Los objetivos y fines del curso de laboratorio como tal, se resumen en proporcionar al estudiante los conocimientos básicos necesarios que le permitan utilizar un programa de software de GIS (QGIS 2.2.0 en este caso), de esta forma el estudiante podrá reforzar los temas de la cátedra principal y podrá hacer uso de esta herramienta aplicándola a la cartografía y la geodesia dentro del campo de la ingeniería civil.
4. Los sistemas de información geográfica (GIS) son la integración de varios elementos (software, hardware, datos, métodos y usuarios) cuya función es capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar la información geográficamente referenciada; se utiliza para dar solución a problemas complejos sobre fenómenos geográficos ayudando a la toma de decisiones por medio del análisis y el modelaje geográficos, siendo de

gran ayuda para la ingeniería civil en campos como el urbanismo, la planificación, la topografía y el catastro; y en campos totalmente distintos como la medicina, la economía o el *marketing*.

5. El contenido que cubre el curso para el manejo básico de QGIS es: introducción al programa, notaciones y etiquetas; despliegue, búsqueda y edición de datos; ajuste espacial y georreferenciación; representación y realización de mapas; manejo de bases de datos geográficas con el programa; y el análisis y modelado geográficos.
6. La guía con que se dota al estudiante se divide en siete módulos cubriendo los temas correspondientes a las ocho prácticas descritas anteriormente (las prácticas 5 y 6 se toman juntas); cada una cuenta con los procedimientos a seguir para utilizar cada una de las herramientas que posee el programa para desarrollar las actividades recomendadas.
7. Para promover el uso del software libre se realizó el trabajo utilizando el programa QGIS Valmiera 2.2.0, cuya base es el lenguaje C++ y que puede ser descargado con facilidad desde el sitio del proyecto QGIS sin ningún problema; este programa cuenta con una gran cantidad de complementos que permiten añadir los que el usuario necesite, además, que al ser software libre permite que el usuario pueda realizar cambios y modificaciones al programa para adecuarlo a sus necesidades.

## RECOMENDACIONES

1. Implementar las prácticas de laboratorio como parte esencial del curso de Topografía 3 de la misma forma en que se establece en los cursos predecesores, siguiendo los parámetros determinados en el presente trabajo.
2. Exigir como requisito al laboratorio que el estudiante apruebe cursos de manejo de los programas como MS Excel y MS Access (acompañado programación básica y manejo de bases de datos preferentemente), ya que el manejo de dichos programas son esenciales para el laboratorio.
3. Estudiar la posibilidad de establecer como obligatorio un curso donde se implementen los principios de programación y bases de datos, con ayuda de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas.
4. Dotar a la Facultad con un espacio físico que sea únicamente para geomática junto con un sistema de servidores físicos en la Facultad de Ingeniería beneficiándose con ello, no solo a los estudiantes de las carreras de Ingeniería Civil e Ingeniería Ambiental, sino también, en gran medida, a los estudiantes de la Maestría en Geomática.
5. Implementar un servicio geográfico (o un departamento dedicado exclusivamente a la Geografía, la Cartografía y la Geodesia) dentro de la Facultad de Ingeniería de manera que pueda ser usado por estudiantes y profesionales por igual, de esta forma de beneficiar a los estudiantes de ingeniería y a la población en general.

6. Implementar actividades conjuntas entre la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos, el Instituto Geográfico Nacional y el Servicio Geográfico Militar del Ministerio de la Defensa a manera de mejorar los servicios geográficos del país y avanzar en la investigación y el desarrollo de la cartografía y la geodesia.

## BIBLIOGRAFÍA

1. *Apuntes de clase del curso de Topografía 3, impartidas por el Ing. Juan Ordóñez Hernández.* Guatemala, 2012. 312 p.
2. CANEDO Rojas, Karla Ximena. Elbio Ricardo Lazcano Laredo. *Modernización de la enseñanza y aprendizaje en la asignatura de 'Geodesia y Fotogrametría CIV 215'.* Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias y Tecnología, 2006. 439 p.
3. CARMONA, Álvaro. Jhon Jairo Monsalve. *Sistemas de información geográfica* [en línea]. Documento libre, 1999. 105 p. <[http://dds.cepal.org/infancia/guia-para-estimar-la-pobreza-infantil/bibliografia/capitulo-IV/Carmona%20Alvaro%20y%20Monsalve%20Jhon%20\(1999\)%20Sistemas%20de%20informacion%20geografica.pdf](http://dds.cepal.org/infancia/guia-para-estimar-la-pobreza-infantil/bibliografia/capitulo-IV/Carmona%20Alvaro%20y%20Monsalve%20Jhon%20(1999)%20Sistemas%20de%20informacion%20geografica.pdf)> [Consulta: 7 septiembre de 2013.]
4. DÍAZ Carrera, Gerson Amílcar. *Metodologías para la implementación del Catastro Urbano con Sistemas de Información Geográfica.* Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 133 p.

5. *Fundamentos de la teledetección: La Tierra a vista de satélite, Introducción a la Teledetección.* [en línea] <<http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad1/index.htm>> Consulta: 20 de noviembre de 2013.
6. FRANCO Rey, Jorge. *Nociones de topografía, geodesia y cartografía.* España: Servicio de Publicaciones, Universidad de Extremadura, 1999. 164 p.
7. GANDHI, Ujaval. *QGIS Tutorials and Tips.* [en línea]. [ref. junio, 2014]. Disponible en Web: <<http://www.qgistutorials.com/>>
8. Instituto Geográfico Nacional del Perú. *Proyecto de normas de levantamiento geodésico.* Dirección de geodesia. Perú: IGN, 2005. 417 p.
9. LONGLEY, Paul A. Michael F. Goodchild, David J. Maguire, David W. Rhind. *Geographical information systems and science.* 2a ed. Reino Unido: John Wiley & Sons Ltd., 2005. 517 p.
10. Proyecto QGIS. *QGIS Training Manual, Publicación 2.2.* QGIS [en línea]. Project, 2014. 547 p. [ref. 18 de junio de 2014]. Disponible en Web: <<http://www.qgis.org/en/docs/>>
11. Proyecto QGIS. *QGIS User Guide, Release 2.0.* [en línea]. QGIS Project, 2014. 305 p. [ref. 18 de junio de 2014]. Disponible en Web: <<http://www.qgis.org/en/docs/>>

12. REYES Arreaga, *Sergio Iván. Guía teórica y práctica del curso de Topografía 3*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 217 p.
13. SIG y Teledetección en la Universidad de Murcia. *Teledetección* [en línea]. Murcia, España: SIGMUR, 2003. 118 p. <<http://www.um.es/geograf/sigmur/>> [Consulta: 20 de noviembre de 2013.]



## APÉNDICES

### Apéndice A:

---

#### Avance tecnológico de la fotogrametría

<b>Fotogrametría Óptica</b>	Antes de la invención del aeroplano. Utilizaba las relaciones geométricas entre los objetos tomados en las fotografías del terreno. También llamada fotogrametría de plancheta.
<b>Fotogrametría análoga</b>	Utilizó instrumentos ópticos o mecánicos para reconstruir la geometría tridimensional de dos fotografías traslapada. El principal producto de esta fase fueron los mapas topográficos.
<b>Fotogrametría analítica</b>	Reemplazó algunos componentes ópticos y mecánicos con computadores; los instrumentos resultantes fueron híbridos análogo/digitales, la aerotriangulación analítica, los restituidores analíticos y los proyectores de ortofotos.
<b>Fotogrametría digital</b>	Utiliza imágenes digitales almacenadas y procesadas en un computador. Las imágenes digitales pueden ser escaneadas o ser capturadas con cámaras digitales.  La fotogrametría digital se puede integrar más fácilmente con la teledetección y los GIS. También llamada fotogrametría de copia blanda,

Fuente: elaboración propia, con información de, CANEDO, Karla. *Modernización de la enseñanza y aprendizaje en la asignatura de 'geodesia y fotogrametría civ 215'* p. 147-148.

Apéndice B:

**Deformaciones cartográficas**

Tipo	Relación	Definición
Deformación lineal	$m = \frac{L}{L'}$	Razón entre la longitud descrita (L) y la longitud proyectada (L')
Deformación superficial	$s = \frac{S}{S'}$	Módulo entre la superficie tomada (S) y la proyectada (S')
Deformación angular	$\Delta\alpha_{ang} = \alpha_i - \alpha'$	Diferencia entre el ángulo del terreno ( $\alpha_0$ ) y el ángulo de la proyección ( $\alpha'$ ).

Fuente: elaboración propia.

Apéndice C:

**Fórmulas para el cálculo de diseño de un plan de vuelo**

Elemento	Ecuación
Número de líneas de vuelo.	$L_v = \frac{\text{ancho} + 2 * (\text{margen})}{\text{avance lateral}}$
Número de fotografías por línea.	$F_l = \frac{\text{longitud}}{\text{avance longitudinal}} + 5$
Número de total de fotografías.	$N_f = F_l * L_v$
La altura de vuelo puede obtenerse de las ecuaciones 1 y 2 de la sección 1.2.1.2.3, tomando a la altura de terreno y la escala como datos conocidos.	

Fuente: elaboración propia, con información de, *Apuntes de clase del curso de Topografía 3, impartidas por el Ing. Juan Ordóñez Hernández.*

Apéndice D:

**Fórmulas para la transformación de coordenadas geográficas a UTM y viceversa**

Uso	Ecuación	Observaciones
Conversión de Geográficas a UTM	$N = (I) + (II)p^2 + (III)p^4 + A_6$	Coordenada Norte.
	$N = 10\,000\,000 - (I) + (II)p_2 + (III)p_4 + A_6$	Ecuación para las coordenadas al sur del ecuador.
	$E' = E \mp ((IV)p + (V)p^3 + B_5)$	Coordenada Este. <sup>1</sup>
	$p = 0,0001 \Delta\lambda$	$\Delta\lambda$ es la diferencia entre el meridiano central y la coordenada a convertir. <sup>2</sup>
	$C = (XII)p + (XIII)p^3 + C_5$	Valor de convergencia.
Conversión de UTM a geográficas	$\phi = \phi' - (VII)q^2 + (VIII)q^4 - D_6$	Coordenada a latitud.
	$\Delta\lambda = (IX)q - (X)q^3 + B_5$	Coordenada a longitud.
	$q = 0,000001 x'$	$X'$ es diferencia entre la coordenada este y la falsa abscisa.
	$C = (XV)q - (XVI)q^3 + B_5$	Valor de convergencia.
	$k = k_o(1 + (II)q^2 + (III)q^4)$	Factor de escala.
<p>1. E es valor de la falsa abscisa igual a 500 000, 000.</p> <p>2. <math>\Delta\lambda</math> es negativo la ecuación de la coordenada toma el signo negativo ser negativa.</p>		

Fuente: elaboración propia, con información de, QUIÑONEZ, Aldo. *Proyecciones cartográficas*. p. 75-81.

### Utilización de la función CASE

La función condicionante CASE es la proposición lógica: si, entonces es (*when is, them*, en idioma inglés). Esta tiene por finalidad en valuar un argumento condicionante y del cual se desprende un resultado que puede ser cierto o no, en todo caso de no ser cierta toda la proposición carece de sentido y se vuelve un error.

La forma en que se presenta en el programa es la siguiente:

```
CASE  
WHEN Condicion THEN resultado  
END
```

Para relacionar dos valores con base en una condición mutuamente excluyente se procede de la siguiente forma:

```
CASE  
WHEN Columna A Valor c THEN C  
WHEN Columna B Valor d THEN 'NULL'  
END
```

Si se desea realizar la operación con la información en una sola columna, simplemente se repite el valor de la Columna A en lugar del valor de la Columna B, y el valor permitido de la siguiente forma:

```
CASE
WHEN Columna A Valor c THEN C
WHEN Columna A Valor d THEN D
END
```

Esta forma se puede complicar mucho si se posee una gran cantidad de variables o si se poseen demasiados valores que no se desean incluir. Para ello se recomienda que se realice el argumento condicionante entre dominios que determinen el alcance, o también, se pueden colocar otras proposiciones como argumentos condicionantes.

Por ejemplo:

```
CASE
WHEN Columna A 0 > C > 10000 THEN C
WHEN Columna B D = (Columna B * $area) / $perimeter < C THEN D
END
```

### **Convertir una tabla a un archivo DBF en MS Access**

El procedimiento siguiente está dirigido a realizarse MS Access versión 2010, si se desea trabajar con una versión anterior o posterior del programa se recomienda chequear las funciones a las que se hace referencia en los contenidos de ayuda del programa (tecla F1).

Para convertir una tabla trabaja en MS Access a un archivo DBF se realiza el procedimiento siguiente:

- a. Seleccionar la tabla a convertir.
- b. Escoger el menú Datos externos, en la paleta superior.
- c. Escoger el campo desplegable Mas, en la sección Exportar.
- d. Seleccionar la opción Archivo de dBASE.
- e. Introducir la dirección y el nombre del archivo.
- f. Seleccionar el formato de destino.
- g. Seleccionar el botón Aceptar para terminar el procedimiento.

## ANEXOS

Anexo A:

---

### Normativa para determinar la proyección *Guatemala Transverse Mercator* GTM (Resolución Normativa IGN-01/99)

#### **GUATEMALA TRANSVERSE MERCATOR RESOLUCION NORMATIVA IGN-01/99**

He aquí la decisión del consejo técnico del Instituto Geográfico Nacional adoptar una proyección local, modificando la proyección en uso actualmente con las especificaciones siguientes:

- PROYECCIÓN: Transversa de Mercator (tipo Gauss Kruger) en una zona única local.
- ELIPSOIDE: WGS84.
- LONGITUD DE ORIGEN: 90°30' (meridiano central de proyección).
- LATITUD DE ORIGEN: 0° (el Ecuador).
- UNIDADES: Metros.
- FALSO NORTE: 0 metros.
- FALSO ESTE: 500,000 metros en el meridiano central.
- FACTOR DE ESCALA EN EL MERIDIANO CENTRAL: 0.9998
- NUMERACION DE LAS ZONAS: No está dentro de la numeración normal de zonas UTM. Se le puede llamar zona 15.5.
- NUEVO SISTEMA DE REFERENCIA GEODÉSICO: WGS84 preciso, basado en ITRF94 época 1997.5 parámetros del elipsoide:
  - semieje mayor: 6378137.0 metros
  - semieje menor: 6356752.3142,
  - achatamiento: 1/298.257223563.

Fuente: Instituto Geográfico Nacional. *Resolución Normativa IGN-01/99.*

**Características:**

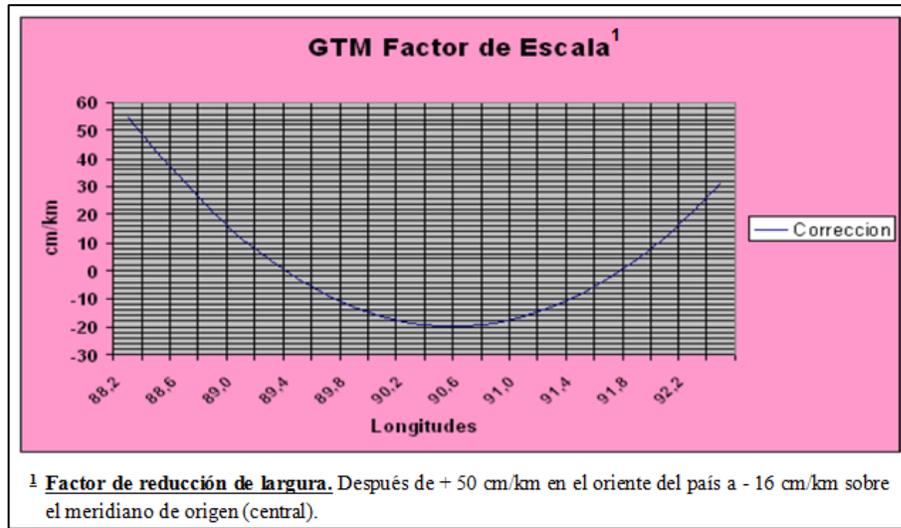
- **Zona geográfica.** El territorio está cubierto sobre 400 km. Este-Oeste y 400 km. Norte-Sur
- **Elipsoide: IAG-GRS80.** Este elipsoide se utiliza en las nuevas referencias del mundo, en el GPS y en las realizaciones cartográficas (GIS),
- **Meridianos (escala conservada o automecoicos).** La elección del factor de escala en el meridiano central  $90^{\circ}30'W$  como  $k_0 = 0.9998$  pone los dos meridianos automecoicos a  $89^{\circ}20' W$  y  $91^{\circ}40' W$ . Eso permite tener valores casi-redondas y guardar una reducción bastante pequeña (ver Factor de escala GTM)
- **Origen / coordenadas de origen.** Se ha elegido constantes de la proyección para evitar todos los riesgos de confundir con la antigua Lambert NAD27 y la UTM (15 y 16), por lo menos con los X que van a tener una diferencia gigante con los X del UTM ( $\sim 250$  km).  
Con  $X_0 = 500\ 000$  m,  $Y_0 = 0$  m, todos los puntos tienen coordenadas planas positivas, con  $75\ 000 < E < 330\ 000$

$$35\ 000 < N < 170\ 000$$

Fuente: Instituto Geográfico Nacional. *Resolución Normativa IGN-01/99.*

Anexo B:

**Gráfica de factor de escala GTM**



Fuente: Instituto Geográfico Nacional. *Resolución Normativa IGN-01/99.*

