

UNIVERSITAT OBERTA DE CATALUNYA

Construcción de un SIG para la Gestión de
Explotación de Recursos del Subsuelo

Miguel Ramírez Jiménez
Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas
Consultor: Jordi Marturia Alavedra
Curso 2007-2008 - Primer Semestre

Índice

1 Agradecimientos.....	4
2 Memoria.....	5
2.1 Introducción.....	5
2.2 Objetivos.....	6
2.3 Planificación del Trabajo final de carrera.....	6
2.4 Diagrama de Gantt.....	8
3 Características fundamentales de un SIG.....	9
3.1 ¿Qué es un SIG?.....	9
3.2 Componentes de un SIG.....	10
3.3 Funciones de los SIG.....	11
3.4 Los datos geográficos.....	12
3.4.1 Representación digital de los datos geográficos.....	13
3.4.2 Representación Vectorial.....	14
3.4.3 Representación Raster.....	16
3.4.4 Comparación Vectorial y Raster.....	18
3.4.5 Origen de datos.....	19
3.4.5.1 Infraestructuras de Datos Espaciales.....	19
3.4.5.2 Teledetección.....	20
3.4.6 Modelos digitales del terreno (MDT).....	21
4 Conceptos de Geodesia y Cartografía.....	22
4.1 Geodesia.....	22
4.2 Cartografía.....	23
4.2.1 Sistemas de coordenadas.....	24
4.2.1.1 Coordenadas geográficas.....	24
4.2.1.2 Proyecciones cartográficas.....	26
5 Características de los SIG gvSIG y Sextante.....	27
5.1 gvSIG.....	27
5.1.1 Introducción.....	27
5.1.2 ¿Qué es gvSIG?.....	28
5.1.3 Descripción del entorno de usuario.....	29
5.1.3.1 Vistas.....	30
5.1.3.2 Tablas.....	31
5.1.3.3 Mapas.....	33
5.1.4 Accesibilidad a los datos.....	34
5.1.4.1 Tablas.....	34
5.1.4.2 Capas.....	35
5.1.5 Extensiones – Herramientas de Geoprocesamiento.....	35
5.2 Sextante para gvSIG.....	36
6 Parte Práctica.....	37
6.1 Introducción.....	37
6.2 Caso práctico – Solución SIG.....	37
6.2.1 Preparación de los datos.....	37
6.2.2 Creación de los MDT.....	42
6.2.3 Cálculo del volumen del material a explotar.....	44
6.2.4 Resultados.....	46
7 Valoración gvSIG.....	51
8 Conclusiones.....	55
9 Glosario.....	57

10 Bibliografía.....	60
----------------------	----

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de Gantt.....	11
Figura 2. Componentes de un SIG.....	12
Figura 3. Componentes de los datos geográficos.....	14
Figura 4. Representación topología vectorial Arco-Nodo.....	18
Figura 5. Representación modelo de datos <i>raster</i>	19
Figura 6. Representación vectorial.....	21
Figura 7. Representación <i>raster</i>	21
Figura 8. Imagen espectral de la Bahía de Santander.....	23
Figura 9. Representación MDT del Volcán Domuyo.....	25
Figura 10. Representación Elipsoide y Geoide.....	26
Figura 11. Representación meridianos y paralelos.....	27
Figura 12. Coordenadas UTM.....	30
Figura 13. Documento Vista gvSIG.....	37
Figura 14. Tabla de atributos de un objeto espacial.....	38
Figura 15. Documento Mapa gvSIG.....	40
Figura 16. Imagen rasterizada.....	57
Figura 17. Mapa del volumen de tierra a extraer.....	60
Figura 18. Representación <i>raster</i> de la capa Tierra Vegetal.....	60
Figura 19. Mapa del volumen del material a explotar.....	61
Figura 20. Representación <i>raster</i> de la capa Material a explotar.....	61
Figura 21. Esquema con la metodología del cálculo de volumen.....	63

1 Agradecimientos

Dedico el Trabajo Final de Carrera a mi familia,
en especial a mi mujer y a mis padres, que sin
su apoyo nunca hubiera podido acabar estos estudios.

2 Memoria

2.1 Introducción

Un sistema de información geográfica (SIG, o GIS en su acrónimo inglés) es un sistema informático capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar información con referencias geográficas. De forma más genérica, se trata de una herramienta a partir de la cual los usuarios pueden hacer consultas interactivas (búsquedas definidas por el usuario), analizar la información espacial y editar los datos.

Los sistemas de información geográfica pueden utilizarse en investigación, gestión de recursos, planificación de gastos, evaluación del impacto ambiental, planes de desarrollo, cartografía o planificación de rutas.

Este Trabajo final de carrera (TFC) es una implantación de una solución SIG, cuyo objetivo es ayudar a tomar decisiones en la explotación de recursos del subsuelo, dicho de otra manera, una herramienta de apoyo para valorar cuales son las parcelas del terreno óptimas para iniciar su explotación.

El Trabajo se divide en dos partes, una teórica y otra práctica. La parte teórica consiste en el estudio de las características fundamentales de un SIG, además de un estudio práctico de los aspectos generales del programa gvSIG.

La parte práctica consiste en el desarrollo de una solución SIG con la finalidad de dar respuesta a los objetivos propuestos en éste Trabajo final de carrera.

Finalmente, se presentará una valoración de los aspectos y funcionalidades del programa gvSIG, programa utilizado en el desarrollo de éste TFC.

2.2 Objetivos

Los objetivos principales que se quieren conseguir con la realización del Trabajo final de carrera son:

1. Conocer las características fundamentales de los Sistemas de Información Geográfica.
2. Conocer el funcionamiento del programa gvSIG.
3. Saber plantear un proyecto SIG.
4. Saber utilizar las herramientas que nos proporcionan los SIG para resolver un problema concreto.
5. Aprender a realizar una aplicación SIG en gvSIG.
6. Aprender a realizar el análisis y explotación de los datos.

2.3 Planificación del Trabajo final de carrera

A continuación se muestra la relación de las tareas que se va a llevar a cabo en el desarrollo del TFC, con sus correspondientes fechas de actuación y junto a los acontecimientos de mayor relevancia producidos durante su transcurso. Dicha estructuración se ha definido en función de las entregas de las PACs y la Memoria.

En el momento de realizar la planificación se prevee una dedicación semanal de quince horas, por lo tanto, si la duración para realizar el TFC son dieciséis semanas se le podrá dedicar unas 240 horas aproximadamente.

Semana	Fecha	Actividad	Acontecimiento
1	(19/09 – 25/09)	Definir los objetivos del proyecto y su abasto	
2	(26/09 – 02/10)	Definir tareas y realizar planificación	
		Entrega provisional Plan de Trabajo	
			Entrega Plan de Trabajo – PAC1: 2 de Octubre

Semana	Fecha	Actividad	Acontecimiento
3	(03/10 - 09/10)	Búsqueda información SIG	
		Búsqueda información gvSIG	
		Búsqueda información Sextante para gvSIG	Trobada presencial: 6 de Octubre
4	(10/10 - 16/10)	Instalación programa gvSIG	
		Instalación Sextante para gvSIG	
		Instalación servidor de datos Oracle	
		Redacción 'Características fundamentales de un SIG'	
		Objetivo 1	
5	(17/10 - 23/10)	Aprendizaje gvSIG y Sextante	
		Pruebas con gvSIG y Sextante	
6	(24/10 - 30/10)	Aprendizaje gvSIG y Sextante (continuación)	
		Redacción 'Programas SIG'	
		Entrega provisional parte teórica - PAC2	
7	(31/10 - 06/11)	Aprendizaje gvSIG y Sextante (continuación)	
		Pruebas con gvSIG y Sextante (continuación)	
		Objetivo 2	
			Entrega parte teórica - PAC2: 6 de Noviembre
8	(07/11 - 13/11)	Aprender a estructurar, analizar e implementar modelos de datos	
		Búsqueda origen datos	
		Insertar datos	
9	(14/11 - 20/11)	Búsqueda e Insertar datos (continuación)	
		Redacción 'Construcción del SIG'	
		Objetivos 3 y 4	
10	(21/11 - 27/11)	Desarrollar 'Cálculo del volumen de tierras'	
11	(28/11 - 04/12)	Desarrollar 'Cálculo del volumen de tierras' (continuación)	
		Objetivo 5	
12	(05/12 - 11/12)	Redacción 'Construcción del SIG' (continuación)	
		Entrega provisional parte práctica - PAC3	
13	(12/12 - 18/12)	Test de funcionalidades gvSIG	
		Objetivo 6	
			Entrega parte práctica - PAC3: 18 de Diciembre
14	(19/12 - 25/12)	Test de funcionalidades gvSIG (continuación)	
		Redacción 'Valoración gvSIG'	
		Entrega provisional 'Valoración gvSIG'	
15	(26/12 - 01/01)	Redacción 'Glosario', 'Bibliografía'	
		Redacción 'Conclusiones'	
		Redacción Memoria y Presentación TFC	

Semana	Fecha	Actividad	Acontecimiento
		Entrega provisional 'Glosario', 'Bibliografía'	
		Entrega provisional 'Conclusiones'	
		Entrega provisional y Presentación TFC	
16	(02/01 - 08/01)		Entrega Memoria y Presentación TFC: 7 de Enero
17	(09/01 - 15/01)		
18	(16/01 - 22/01)	Debate virtual	Inicio Debate virtual: 21 de Enero
19	(23/01 - 29/01)	Debate virtual	
			Finalización Debate virtual: 25 de Enero

2.4 Diagrama de Gantt

A continuación se presenta la relación de las tareas según el orden en que se ejecutan, el tiempo de dedicación y las tareas que le preceden:

Id.	Tarea	Duración (días)	Precedentes
A	Definir los objetivos del proyecto y su abasto	7	-
B	Definir tareas y realizar planificación	7	A
C	Búsqueda información SIG, gvSIG, Sextante	7	B
D	Instalación gvSIG, Sextante y Oracle	2	-
E	Redacción 'Características fundamentales de un SIG'	5	C
F	Aprendizaje gvSIG y Sextante	17	D
G	Redacción 'Programas SIG'	4	F
H	Aprender a estructurar, analizar e implementar modelos de datos	7	F
I	Búsqueda e Insertar datos	10	F,H
J	Desarrollar 'Cálculo del volumen de tierras'	14	F,H,I
K	Redacción 'Construcción del SIG'	4	F,H,I,J
L	Test de funcionalidades gvSIG	10	K
M	Redacción 'Valoración gvSIG'	4	L
N	Redacción 'Glosario', 'Bibliografía'	1	M
O	Redacción 'Conclusiones'	2	N
P	Redacción Memoria y Presentación TFC	4	O

A partir de la planificación de tareas descritas en el apartado anterior se ha elaborado el correspondiente diagrama de Gantt:

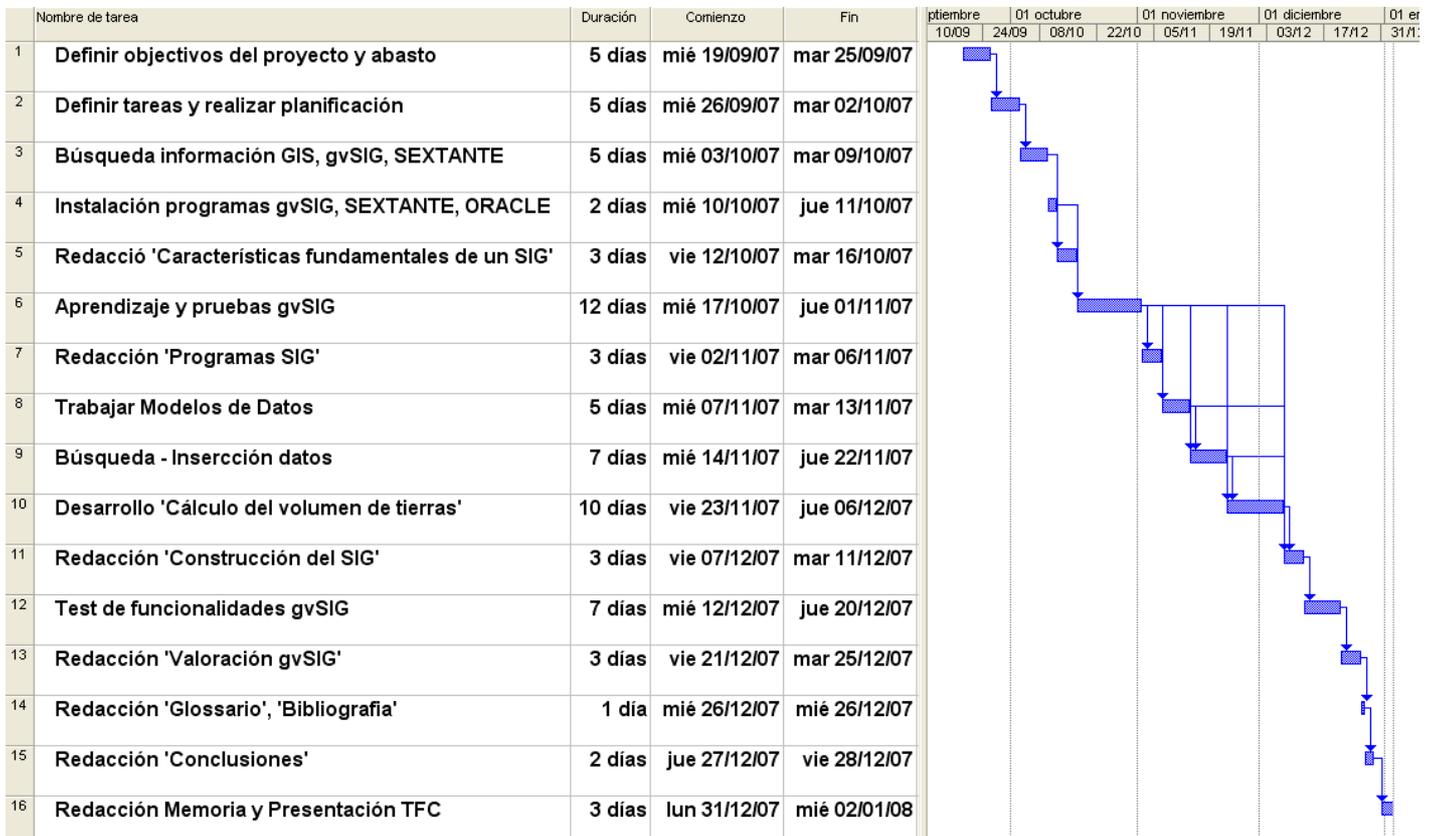


Figura 1. Diagrama de Gantt

3 Características fundamentales de un SIG

3.1 ¿Qué es un SIG?

Podemos encontrar diversas definiciones de lo que es un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS por su siglas inglesas), algunas son: “Base de datos computerizada que contiene información espacial” (Cebrián y Mark, 1986) o también “Un conjunto de herramientas para reunir, introducir, almacenar, recuperar, transformar y cartografiar datos espaciales sobre el mundo real para un conjunto particular de objetivos” (Burrough, 1988).

Entre las diversas definiciones cabe destacar la realizada por Joaquín Bosque Sendra, por ser más completa y estar en la línea de las más extendidas actualmente, "Los sistemas de Información Geográfica son nuevos dispositivos para el almacenamiento, análisis y utilización de los datos de la superficie terrestre, suelos y territorios en general. Están constituidos por un conjunto de componentes informáticos (físicos y lógicos), medios y procedimientos preparados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos de cualquier territorio. Sirven para resolver toda clase de cuestiones de planificación y gestión regional, urbana o rural, de grandes o pequeñas zonas geográficas, gestión catastral, explotación de recursos naturales, etc." [BOSQUE, J. (1992). *Sistemas de Información Geográfica*. Madrid: Ed. Rialp]

3.2 Componentes de un SIG

Un Sistema de Información Geográfica, al igual que cualquier otra metodología que trata la información, requiere de una serie de componentes específicos para poder desarrollar sus funciones. Se puede describir y clasificar los componentes de la siguiente manera:



Figura 2. Componentes de un SIG

Hardware

Formado por las computadoras donde residen las aplicaciones y los datos. En la actualidad estos equipos pueden ser tanto servidores como estaciones trabajo, situación que no es de extrañar por la gran potencia de cálculo y almacenamiento que poseen las estaciones de trabajo. También es posible disponer de configuraciones distribuidas a través de la red.

Igualmente, en esta categoría se incluyen los dispositivos de *entrada* (teclado, ratón, escáner, tabletas digitalizadoras), *salida* (monitores, impresoras, *plotters*) y *almacenamiento de datos* (discos duros, discos ópticos, cintas magnéticas).

Software

Un SIG provee las herramientas y funcionalidades necesarias para almacenar, analizar y mostrar información geográfica. Sus entidades principales son:

- Sistemas de gestión de bases de datos.
- Herramientas para la edición de la información geográfica.
- Herramientas de análisis, consulta y visualización de datos geográficos.
- Una interfaz gráfica de usuarios que facilite el manejo de las diferentes herramientas.

Datos geográficos y descriptivos

La disponibilidad y precisión de los datos afectarán a los resultados de cualquier análisis. Los datos geográficos y descriptivos pueden obtenerse por recursos propios o a través de proveedores externos u organismos oficiales.

Recursos humanos

Es fundamental para el desarrollo de un SIG disponer de personal cualificado que mantenga la información actualizada y de forma coherente para su posterior fase de explotación.

Métodos

Para trabajar con un SIG es recomendable disponer de reglas o procedimientos eficientes que proporcionen fiabilidad y rapidez en la ejecución de determinadas actividades, son algunos ejemplos la carga de datos y explotaciones.

3.3 Funciones de los SIG

- Funciones para la entrada de información.
Son los mecanismos utilizados en la introducción de datos. Se incluyen los procedimientos que permiten convertir la información geográfica del formato analógico, el habitual en el mundo real (en especial en forma de mapas), al formato digital que maneja el ordenador.

- Funciones para la salida de información.
Se refiere a las actividades que sirven para mostrar al usuario los propios datos incorporados en la base de datos del SIG, y los resultados de las operaciones analíticas realizados sobre ellos.
- Funciones de gestión de la información espacial.
Con las cuales se extraen de la base de datos las selecciones que interesan en cada momento, y es posible reorganizar todos los elementos integrados en ella de diversas maneras.
- Funciones de almacenamiento.
Hace referencia a los sistemas de gestión de base de datos (SGBD). Su uso facilita las tareas de actualización y manipulación de los datos.
- Funciones analíticas.
Facilitan el procesamiento de los datos integrados en un SIG de modo que sea posible obtener mayor información, y con ella mayor conocimiento del que inicialmente se disponía. Estas funciones convierten a un SIG en una «máquina de simulación».

3.4 Los datos geográficos

Un dato geográfico se puede descomponer (conceptualmente) en dos elementos:

- La *observación o soporte*, una entidad de la realidad sobre la cual se observa un fenómeno.
- La *variable o atributo temático*, que puede ser cualquier hecho que adopte diferentes modalidades en cada observación.

En Geografía el soporte está localizado en el espacio, lo que constituye una cuestión esencial del enfoque analítico de la Geografía y de las propiedades de los SIG.

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

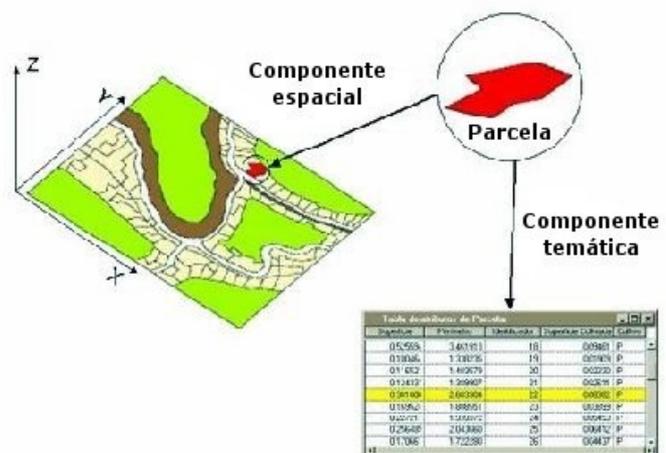


Figura 3. Componentes de los datos geográficos

3.4.1 Representación digital de los datos geográficos

La correcta representación digital de los datos espaciales necesita la resolución de dos cuestiones: la geocodificación de los datos y la descripción en términos digitales de las características espaciales.

La primera consiste en un procedimiento «mediante el cual un objeto geográfico recibe directa o indirectamente una etiqueta que identifica su posición espacial con respecto a algún punto común o marco de referencia» (Goodchild, 1984).

El proceso de geocodificación es posible llevarlo a cabo de dos modos diferentes. De forma directa, usando para ello un sistema de ejes de coordenadas respecto a los que se determina la posición absoluta de cada lugar; y en modo indirecto, otorgando a cada objeto una dirección o referencia espacial que lo diferencia de los restantes y permite establecer su posición relativa respecto a los demás.

En un segundo lugar, se debe realizar una descripción de la posición geométrica de cada objeto, para llevar a cabo esta última labor es imprescindible una abstracción y simplificación de todos los elementos existentes, es decir, crear un modelo de datos de los objetos a representar digitalmente (Peuquet, 1984 y 1988).

Existen varios tipos de modelos de datos de los objetos geográficos: el modelo

vectorial, el *raster*, el jerárquico-recursivo, todos ellos válidos para los mapas planos formados por puntos, líneas y polígonos, y cada uno de ellos mejor preparado para llevar a cabo ciertas tareas. Unos lo están, por ejemplo, para la cartografía de la información espacial, otros por el contrario son más útiles para el análisis de los datos espaciales.

[BOSQUE, J. (1992). *Sistemas de Información Geográfica*. Madrid: Ed. Rialp]

3.4.2 Representación Vectorial

El modelo vectorial representa los objetos espaciales codificando, de modo explícito, sus fronteras. Las líneas que actúan de fronteras son representadas mediante las coordenadas de los puntos o vértices que delimitan los segmentos rectos que las forman. Es un modelo que se asemeja más a la percepción humana del espacio.

Los elementos de referencia de esta representación son los puntos, las líneas y los polígonos destacando como elemento fundamental el segmento lineal.

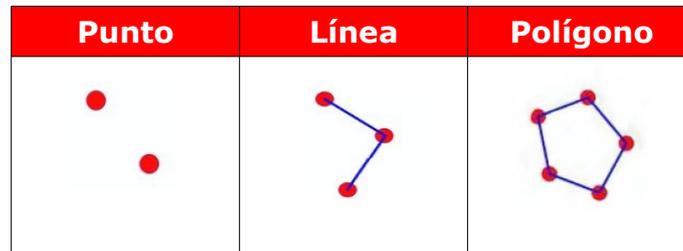
A continuación se definen los elementos de referencia:

Coordenada: Consiste en un par de números, los cuales indican las distancias horizontales en los ejes de coordenadas. Se utiliza para representar localizaciones en la superficie terrestre.

Punto: Abstracción de un objeto de cero dimensiones representado por un par de coordenadas X,Y. Normalmente un punto representa una entidad geográfica muy pequeña para ser representada como una línea o una superficie

Línea o arco: Conjunto de pares de coordenadas ordenados, que representan la forma de entidades geográficas muy finas para ser visualizadas como una superficie a una escala determinada (curvas de nivel, calles, carreteras, líneas ferroviarias o ríos), o entidades lineales sin área como los límites administrativos.

Polígono: Entidad utilizada para representar superficies. Un polígono se define por las líneas que forman su contorno y por un punto interno que lo identifica.



Topología Arco-Nodo

Se considera la topología vectorial más robusta y su lógica corresponde al siguiente esquema:

La topología arco-nodo basa la estructuración de toda la información geográfica en pares de coordenadas, tales pares de coordenadas (puntos) forma vértices y nodos, y con agrupaciones de éstos puntos forma líneas, con las que a su vez puede formar polígonos. Básicamente esta es la idea, muy sencilla en el fondo.

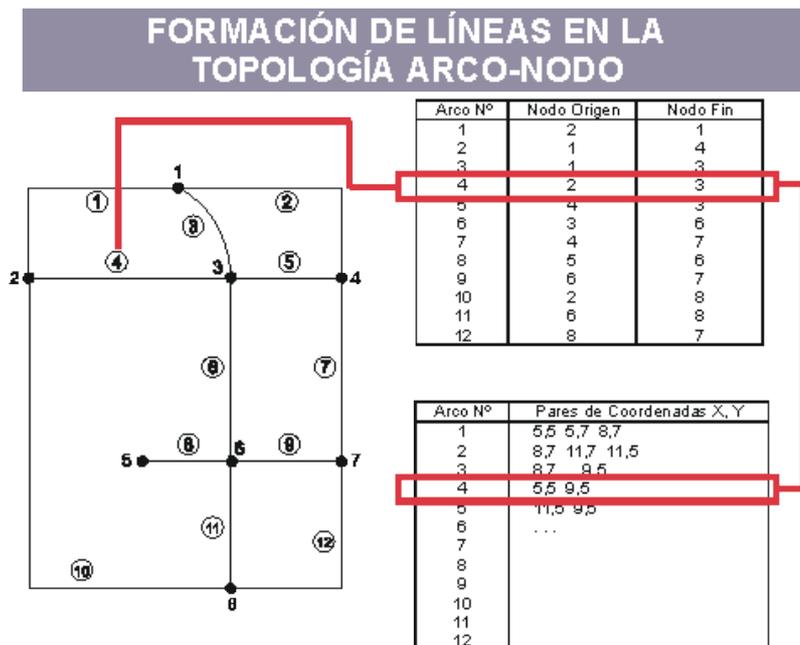


Figura 4. Representación topología vectorial Arco-Nodo

Para poder implementarla en un ordenador, se requiere la interconexión de varias bases de datos a través de identificadores comunes. Estas bases de datos, que podemos imaginarlas como tablas con datos ordenados de forma tabular, contienen columnas comunes a partir de las cuales se pueden relacionar datos no comunes entre una y otra tabla.

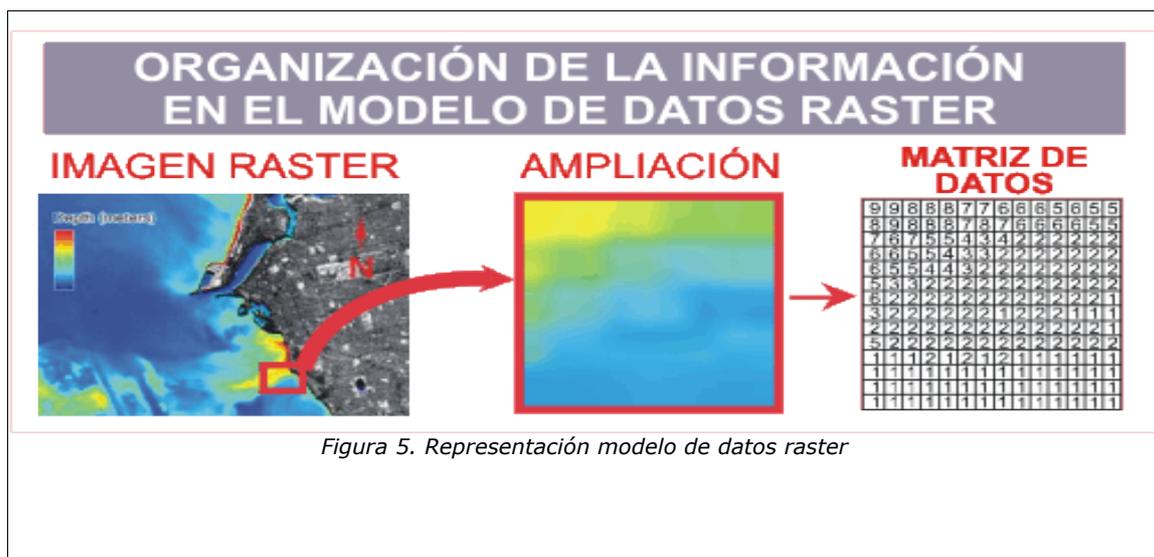
Los usos más característicos para el modelo vectorial son:

- Datos de origen humano como la ocupación del suelo.
- Análisis de redes: teléfonos, calles.
- Mapas de mayor calidad

3.4.3 Representación Raster

Los Sistemas de Información Raster basan su funcionalidad en una concepción implícita de las relaciones de vecindad entre los objetos geográficos.

Su forma de proceder es dividir la zona de afección de la base de datos en una retícula o malla regular de pequeñas celdas (a las que se denomina *pixels*) y atribuir un valor numérico a cada celda como representación de su valor temático.



El tamaño del *pixel* establece la escala del mapa, cuanto mas pequeño, mas precisa será la representación de la realidad en el mapa y mayor numero de filas y columnas se necesitará para representar una misma porción del terreno.

La longitud del *pixel* o unidad base de la rejilla *raster*, debe ser la mitad de la longitud mas pequeña que sea necesaria para representar todas las existentes en la realidad.

Estructuras de datos *raster*

- Enumeración exhaustiva

El valor de cada una de las rejilla se registra individualmente, lo que supone una gran abundancia de información que es, en muchos casos, reiterativa, porque el mismo valor numérico aparece en muchos *pixels*, en especial en trozos contiguos del mapa.

- Codificación *run-length*

Sistema de codificación que compacta la información del modelo *raster*. El procedimiento consiste en recoger para cada fila el valor temático que existe y las columnas entre las cuales se produce.

Los usos más característicos para el modelo *raster* son:

- Rápida y correcta superposición de mapas y, en general, para el análisis espacial.

3.4.4 Comparación Vectorial y Raster

Modelo	Ventajas	Inconvenientes
Vectorial	<ul style="list-style-type: none"> • Estructura de datos más compacta. • Se necesita menor capacidad de almacenamiento. • Codificación eficiente de la topología, lo que permite el análisis de redes. • Salidas gráficas más ajustadas a la realidad. • Mejor cartografía. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estructura muy compleja. • Labores de edición más complicadas. • Operaciones de superposición de mapas difíciles de interpretar. • Poco eficiente para una variación espacial de los datos. • Los algoritmos para las funciones realizadas son más complejos y menos confiables.
Raster	<ul style="list-style-type: none"> • Estructura de datos simple. • Operaciones de superposición de mapas rápidas y eficientes. • Eficiencia de representación por variación espacial de los datos. • Eficiente tratamiento i realce de imágenes digitales. • El tratamiento de los algoritmos es mucho más sencillo y simple de escribir 	<ul style="list-style-type: none"> • Estructura poco compacta, por lo que genera ficheros muy grandes. • Dificultad para establecer relaciones topológicas. • La representación de un recurso depende del tamaño de la retícula, dificultando la representación de rasgos lineales si la resolución no es muy alta. • Cartografía menos intuitiva.



Figura 6. Representación vectorial

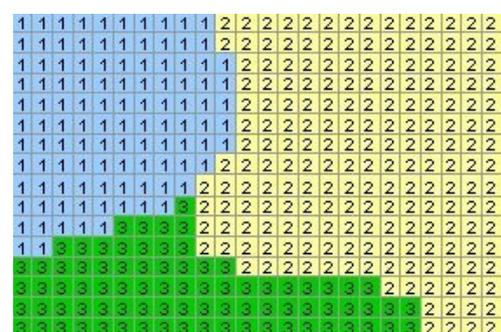


Figura 7. Representación raster

3.4.5 Origen de datos

Ya se ha explicado anteriormente que una de las funciones de un SIG es la entrada de datos geográficos. A continuación se explican algunos mecanismos que han hecho que la información geográfica esté en plena transformación, revolución y evolución.

3.4.5.1 Infraestructuras de Datos Espaciales

En los últimos años, el creciente interés en la utilización de la información geográfica para el desarrollo sostenible ha llevado a muchos países y organizaciones a adoptar una combinación de técnicas, políticas y mecanismos encaminados a compartir información espacial a través de sus grupos de trabajo. Estos mecanismos son conocidos como Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE). Las IDE incentivan la capacidad de los países, los gobiernos locales y las organizaciones para compartir conocimientos e información espacial.

El Open Geospatial Consortium (OGC) es organismo impulsor de los metadatos, los lenguajes y los formatos utilizados para el intercambio de consultas y datos, y el proyecto INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe) la iniciativa que propone normativas de carácter comunitario relacionados con la información geográfica para la Unión Europea. El estudio de la iniciativa INSPIRE y de las IDE de carácter público plantean la evolución de los Sistemas de Información Geográfica a clientes de IDE.

A continuación se describen los estándares del OGC (<http://www.opengeospatial.org>).

- **WFS (Web Feature Service)**

WFS es un protocolo de comunicación mediante el cual se recupera, de un servidor que lo soporte, una capa vectorial en formato GML, también se encarga de recuperar las geometrías y los atributos asociados a cada "Feature"

interpretando el contenido del archivo.

- **WMS (Web Feature Service)**

WMS es un estándar internacional que define un "mapa" como una representación de la información geográfica en forma de un archivo de imagen digital conveniente para la exhibición en una pantalla de ordenador.

- **WCS (Web Coverage Service)**

WCS es un servidor de coberturas, distinto a WMS ya que éste estándar define un mapa como una representación de la información geográfica en forma de un archivo de imagen digital conveniente para la exhibición en una pantalla de ordenador, pero el mapa no consiste en los propios datos. WCS, sí que proporciona los propios datos, permitiendo así su posterior análisis. WCS le permite por tanto el análisis de datos *raster* al igual que WFS le permite el análisis de datos vectoriales.

3.4.5.2 Teledetección

La disponibilidad y precisión de los datos geográficos forma parte de los componentes de un SIG los cuales pueden obtenerse de distintas formas, y es en este sentido donde la teledetección actúa como sistema de adquisición de información.

La teledetección es la técnica que permite obtener información sobre un objeto, superficie o fenómeno a través del análisis de los datos adquiridos por un instrumento que no está en contacto con él. Se basa en que cada objeto, área o fenómeno emite un espectro electromagnético específico, en función de su propia naturaleza y de las radiaciones que recibe. La reflectancia de ese espectro electromagnético se



Figura 8. Imagen espectral de la Bahía de Santander tomada por el satélite LandSat de la NASA.

denomina firma espectral, la cual hace distinguible a ese objeto, superficie o fenómeno de los demás.

Por lo general los datos son recogidos a través de sensores instalados en plataformas aerotransportadas o en satélites artificiales, los cuales captan la radiancia emitida o reflejada, obteniéndose una imagen, habitualmente en falso color con una banda para cada una de estas regiones del espectro. Los avances en tecnología han permitido contar con instrumentos cada vez más precisos basados en electrónica y experimentación con materiales que permiten obtener información cada vez más completa contenida en imágenes satelitales.

3.4.6 Modelos digitales del terreno (MDT)

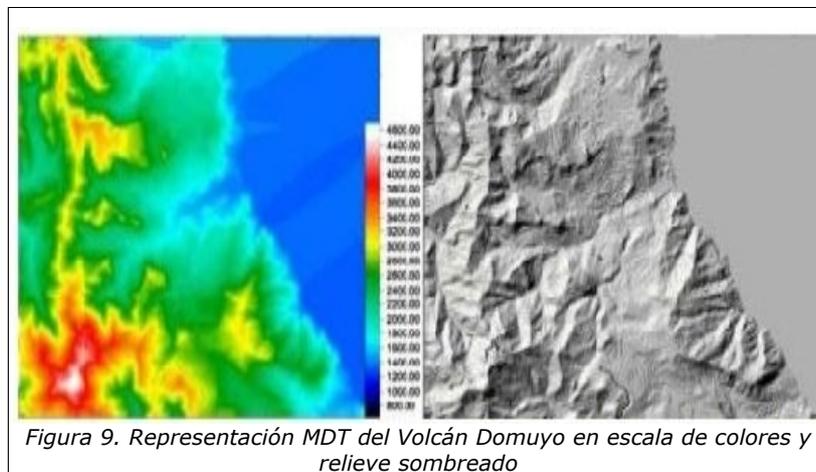
Los MDT son una categoría de modelos simbólicos que ha nacido y se ha desarrollado al amparo de las nuevas tecnologías. Los modelos digitales del terreno se han definido como una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua, como puede ser la temperatura, la cota o la presión atmosférica. En particular, cuando la variable a representar es la cota o altura del terreno se denomina Modelo Digital de Elevaciones o MDE.

Los modelos digitales del terreno se construyen estableciendo una relación de correspondencia con la realidad mediante algoritmos o formalismos matemáticos que son tratados mediante programas informáticos.

Características básicas de los MDT

- Son estructuras de datos cuyo diseño interno está ideado para interpretar la información que contiene.
- Representan distribuciones espaciales de variables, lo que acota su uso a fenómenos geográficos.
- La variable a representar ha de ser cuantitativa y continua.

- Están codificados en cifras, por consiguiente su tratamiento se realiza a través de medios informáticos



4 Conceptos de Geodesia y Cartografía

A continuación se explican conceptos relacionados con la Cartografía y la Geodesia, las cuales constituyen la base teórica sobre la que se apoyan los SIG.

Los SIG son unos de los grandes consumidores de técnicas surgidas del estudio de la geodesia y de la cartografía, así entre otras, es posible aproximar cualquier punto de la Tierra a un punto del geoide para, después, poderlo proyectar en el plano de la forma más precisa posible.

4.1 Geodesia

La Geodesia es la ciencia matemática que estudia la forma, dimensiones y campo gravitatorio de la Tierra.

Las medidas realizadas sobre la Tierra expresan que su forma no es totalmente esférica ni corresponde a un elipsoide perfecto. Debido a la imposibilidad de materializar la superficie real de la Tierra por una expresión matemática, para su estudio es común adoptar distintas superficies de aproximación.

Una de las superficies es el geoide, coincide con la superficie física real, y sobre la cual la gravedad en todos sus puntos es normal a ella. En su estudio se emplea la hipótesis de Newton aceptando que las masas internas del planeta son homogéneas. Se admite como forma de la Tierra, la superficie de equilibrio materializada por los mares en calma. La expresión matemática que lo define es muy compleja para utilizarla en Cartografía como superficie de referencia. Por ello y para simplificar el problema se utiliza el elipsoide, que es una superficie próxima al geoide.

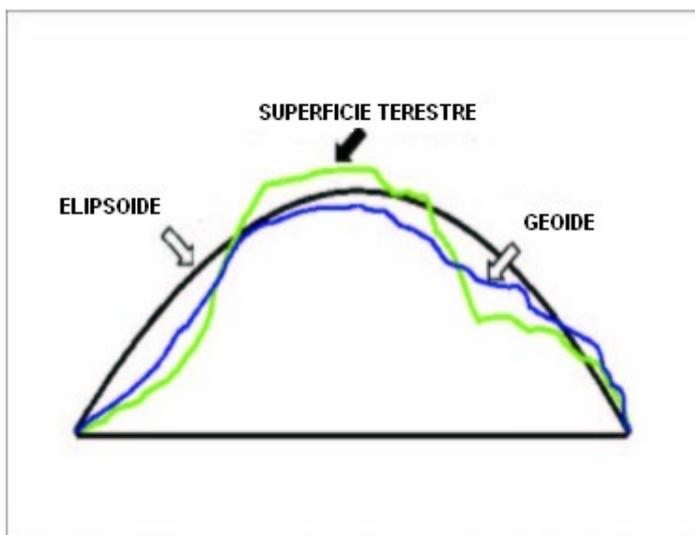


Figura 10. Representación Elipsoide y Geoide

Para los cálculos geodésicos se elige un punto fundamental o datum en el que la normal al geoide coincide con la normal al elipsoide. En este punto las dos superficies, elipsoide y geoide son tangentes.

El elipsoide de Hayford, con origen Postdam, es el actualmente utilizado en la red geodésica española, adoptado como Elipsoide Internacional de Referencia en 1924 en Madrid.

La Geodesia es muy útil cuando se aplica con fines de control, es decir, para establecer la ordenación de tierras, los límites de suelo edificable o verificar las dimensiones de las obras construidas.

4.2 Cartografía

Debido a la necesidad que tiene el hombre por conocer la configuración de la Tierra y los accidentes geográficos que en ella existen, surge la necesidad de su

representación, así nace de esta forma la ciencia denominada Cartografía.

Cualquier lugar del cielo o de la Tierra está determinado por unas coordenadas únicas respecto a un sistema de referencia que le distingue de los demás. La dificultad que existe para la representación de estos puntos, es que la Tierra no puede representarse sobre un plano sin que sufra deformaciones.

La cartografía estudia los sistemas de proyección más adecuados para definir de forma biunívoca una correspondencia matemática entre los puntos del elipsoide y sus transformaciones en el plano según un sistema de coordenadas que permitirá la representación de dichos puntos; a estos métodos se les llama Proyecciones Cartográficas.

4.2.1 Sistemas de coordenadas

Un sistema de coordenadas es un conjunto de valores que permiten definir inequívocamente la posición de cualquier punto en el espacio. Sin los sistemas de coordenadas sería imposible hablar de los SIG.

4.2.1.1 Coordenadas geográficas

Uno de los métodos más antiguos de localización de un punto situado sobre la esfera terrestre es el que se basa en el sistema de coordenadas geográficas. El sistema de coordenadas geográficas más clásico es el que emplea la latitud y la longitud.

Las líneas de latitud se llaman paralelos y son círculos paralelos al ecuador en la superficie de la Tierra. La longitud son

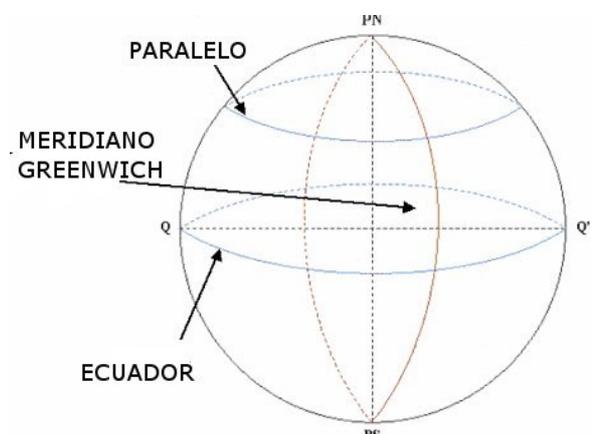


Figura 11. Representación meridianos y paralelos

círculos máximos que pasan por los polos y se llaman meridianos.

La latitud es la distancia que existe entre un punto cualquiera y el Ecuador; la longitud es la distancia que existe entre un punto cualquiera y el Meridiano de Greenwich.

Se emplea la división sexagesimal, por la ventaja que ofrece su relación con la rotación de la Tierra y, como consecuencia, con el problema del tiempo, ya que una rotación o giro de la Tierra de 360° , corresponde a un tiempo de 24 horas.

Otro sistema de coordenadas es UTM (acrónimo de la expresión inglesa, Universal Transverse Mercator). El UTM es un sistema basado en el elipsoide. Las coordenadas UTM de un punto sobre el plano se definen, mediante relaciones matemáticas, a partir de las coordenadas geográficas determinadas sobre el elipsoide de referencia. Por tanto las coordenadas UTM son coordenadas cartesianas correspondientes al plano que resulta de hacer la transformación de los puntos del elipsoide sobre una superficie desarrollable elegida, que es el cilindro.

Para definir un punto con el sistema de coordenadas UTM es necesario indicar los valores X, Y, huso, zona y datum.

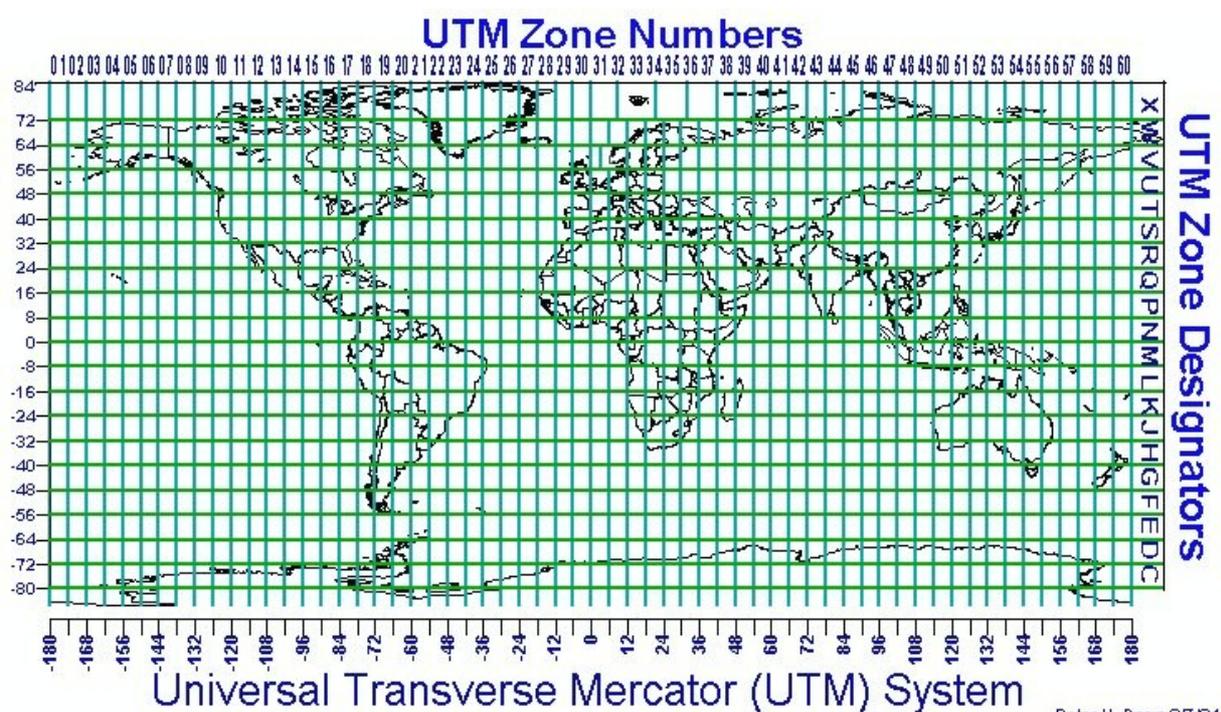


Figura 12. Coordenadas UTM

4.2.1.2 Proyecciones cartográficas

Una Proyección Cartográfica es una correspondencia biunívoca entre los puntos de la superficie terrestre y los puntos de un plano llamado Plano de proyección.

Proyección U.T.M. (Universal Transversal Mercator).

Se basa en la proyección de Mercator en la que el cilindro es tangente a un meridiano, considerando la Tierra como un elipsoide de revolución tangente interiormente a un cilindro y cuyo eje está situado en el plano del Ecuador.

Su universalidad se logra empleando distintos cilindros, correspondientes a varios meridianos separados entre sí 6° ; cada huso de 6° emplea un cilindro distinto. Estas fórmulas son válidas para todo el mundo, representando la totalidad del globo en 60 husos iguales. El meridiano de Greenwich separa los husos 30 y 31, estando España comprendida entre los husos 28,29,30 y 31.

Las condiciones que se imponen en esta proyección son:

- Debe conservar los ángulos, es decir, debe ser conforme.
- El meridiano central ha de ser automecoico, es decir, no puede tener deformación lineal.
- El Ecuador y el meridiano central de cada huso se representarán por líneas rectas.
- El origen de coordenadas en la proyección será el correspondiente a la intersección del Ecuador y el meridiano central del huso.

Los casquetes polares no se suelen representar en U.T.M., quedando limitado su empleo a latitudes menores de 80° . A partir de la intersección del meridiano central del huso y el Ecuador, se construye una cuadrícula de forma que un punto en la superficie terrestre queda representado en el mapa con unas coordenadas universales.

5 Características de los SIG gvSIG y Sextante

Es en este punto donde se inicia la parte práctica del proyecto. El objetivo final de este proyecto es crear un sistema de información geográfica (SIG) que ayude a decidir qué parcelas de terreno son más rentables para explotar.

Utilizaremos las aplicaciones de software libre gvSIG v1.1 y Sextante para gvSIG v0.1

Para el conocimiento y estudio de los aspectos fundamentales de los programas se han utilizado los siguientes documentos:

- gvSIG 1.1 - Manual de usuario Versión 3
http://www.gvsig.gva.es/fileadmin/conselleria/images/Documentacion/descargas/manuales/gvSIG-1_1-man-v3-es.pdf
- Sistemas de Información Geográfica y Gestión del Territorio - Curso de Formación de gvSIG
http://www.gvsig.gva.es/fileadmin/conselleria/images/Documentacion/cursos/Curso-gvSIG-0_3.pdf
- Fundamentos de análisis geográfico con SEXTANTE
<http://campusvirtual.unex.es/cala/file.php/146/Manual.pdf>

5.1 gvSIG

5.1.1 Introducción

El proyecto gvSIG surge por iniciativa de la Generalitat Valenciana, a través de la Conselleria de Infraestructuras y Transporte (concurso público "Servicios informáticos de desarrollo de aplicaciones SIG para la Conselleria de Infraestructuras y Transporte utilizando software libre").



La Universidad Jaume I de Valencia, realiza las tareas de supervisión, con el objetivo de que el desarrollo siga todos los estándares internacionales (Open GIS Consortium).

IVER Tecnologías de la Información S.A., empresa ganadora del concurso, lleva el peso del desarrollo.

5.1.2 ¿Qué es gvSIG?

gvSIG tiene su aparición en 2004 y está orientado al manejo de información geográfica. Se ha convertido rápidamente en una referencia dentro de las tecnologías del ámbito de la información geográfica, en base a principios basados en compartir y colaborar.

Se caracteriza por una interfaz amigable y sencilla, con capacidad para acceder de forma ágil a los formatos más usuales (*raster* y vectoriales) e integrar datos tanto locales como remotos, dando como resultado un Sistema Integral de Información Geoespacial.

gvSIG dispone de herramientas para trabajar como cliente avanzado de interoperabilidad de las Infraestructuras de Datos Espaciales (WMS, WFS, WCS, de catálogo y de nomenclátor)

Está orientado a usuarios finales de información geográfica, profesionales o personal de Administraciones Públicas (Ayuntamientos, Diputaciones, Consejerías o Ministerios).

También resulta de especial interés para los ambientes universitarios, debido a su componente I+D+I (Investigación+Desarrollo+Innovación).

La aplicación es de código abierto, con licencia GPL (General Public License o licencia pública general) y gratuita. Se ha hecho especial hincapié desde sus inicios, en que gvSIG sea un proyecto extensible, de forma que los desarrolladores puedan ampliar las funcionalidades de la aplicación fácilmente, así como desarrollar aplicaciones totalmente nuevas a partir de las librerías utilizadas en gvSIG (siempre y cuando cumplan la licencia GPL).

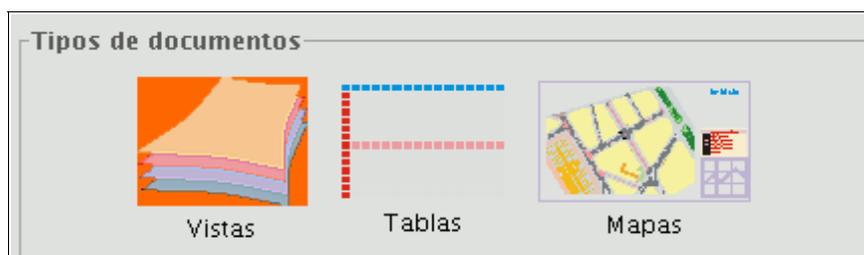
Está desarrollado en el lenguaje de programación Java, funciona con los sistemas

operativos Microsoft Windows, Linux y Mac OS X, y utiliza librerías estándar de GIS reconocidas como Geotools o Java Topology Suite (JTS).

5.1.3 Descripción del entorno de usuario

La interfaz de gvSIG le proporciona los elementos necesarios para comunicarse con el programa. La interfaz gráfica de gvSIG es intuitiva y fácil de manejar, al alcance de cualquier usuario familiarizado con los Sistemas de Información Geográfica.

En gvSIG toda la actividad se localiza en un proyecto, el cual está formado por diferentes documentos. Los documentos en gvSIG son de tres tipos: Vistas, tablas y mapas.



- **Vistas:** Son documentos donde se trabaja con datos gráficos.
- **Tablas:** Son documentos donde se trabaja con datos alfanuméricos.
- **Mapas:** Constructor de mapas que permite insertar los distintos elementos cartográficos que componen un plano (vista, leyenda, escala...).

Los proyectos son archivos que tienen la extensión ".gvp". Este archivo no contiene los datos espaciales y atributos asociados en forma de tablas, sino que almacena referencias al lugar donde se conservan las fuentes de los datos (la ruta que hay que seguir en el disco para llegar a los archivos).

5.1.3.1 Vistas

Las vistas son los documentos de gvSIG que constituyen el área de trabajo de la información cartográfica y en su interior pueden existir distintas capas de información geográfica (hidrografía, comunicaciones, curvas de nivel, divisiones administrativas, etc.).

Al abrir una vista se observa una nueva ventana dividida en los siguientes componentes:

- **Tabla de contenidos (ToC):** Se encuentra en la parte izquierda de la ventana. En el ToC se enumeran todas las capas que contiene y los símbolos empleados para la representación de los elementos que componen la capa.
- **Ventana de visualización:** Se encuentra en la parte derecha de la pantalla de la vista. Es el lugar donde se representan los datos cartográficos del proyecto.
- **Localizador:** Se encuentra en la parte inferior izquierda. Permite situar el encuadre actual en el total del área de trabajo.

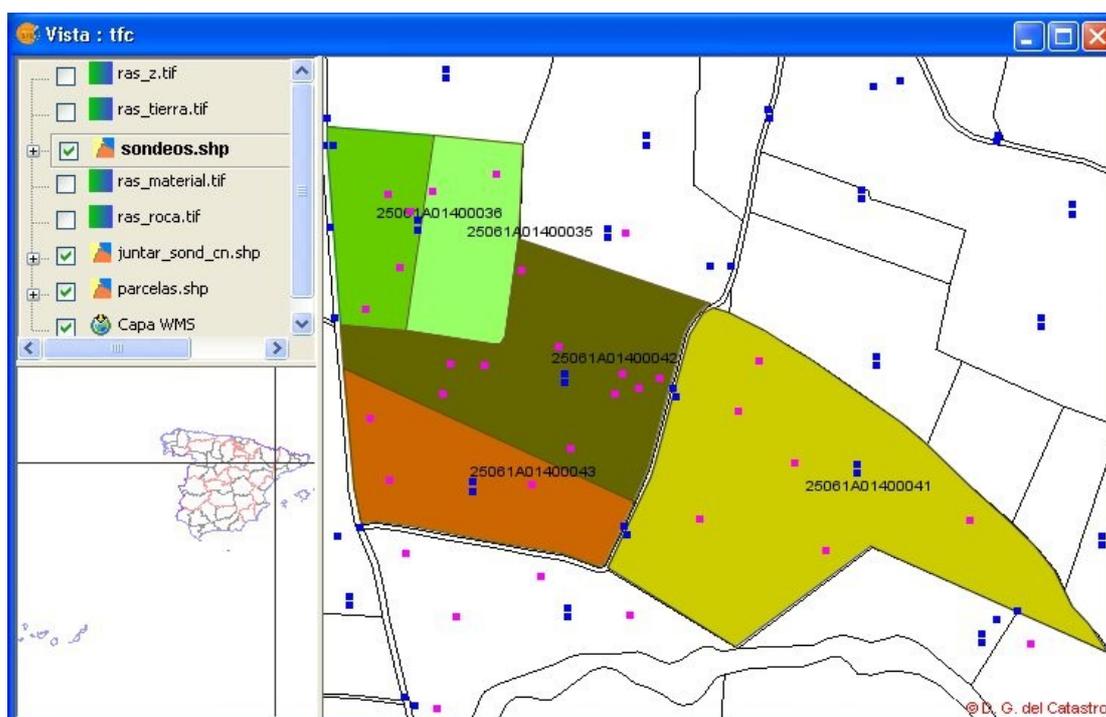
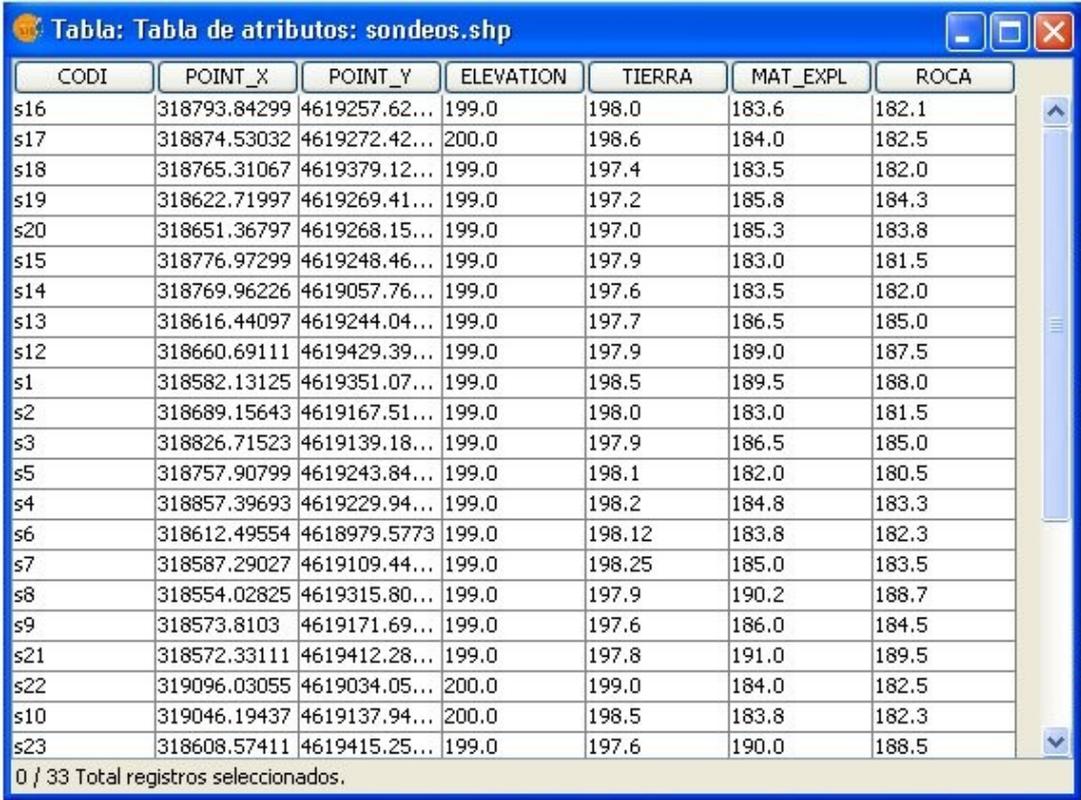


Figura 13. Documento Vista gvSIG

5.1.3.2 Tablas

Las tablas son documentos que contienen información alfanumérica. Las tablas se componen de filas o registros (que representan cada uno de los elementos de la base de datos) y columnas o campos (que definen los distintos atributos de cada elemento).



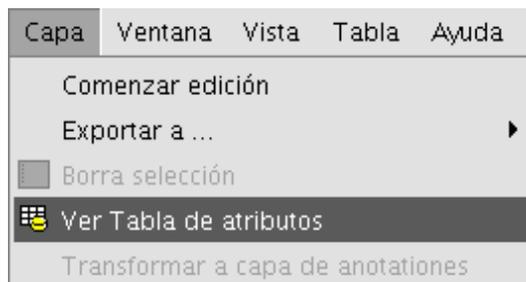
CODI	POINT_X	POINT_Y	ELEVATION	TIERRA	MAT_EXPL	ROCA
s16	318793.84299	4619257.62...	199.0	198.0	183.6	182.1
s17	318874.53032	4619272.42...	200.0	198.6	184.0	182.5
s18	318765.31067	4619379.12...	199.0	197.4	183.5	182.0
s19	318622.71997	4619269.41...	199.0	197.2	185.8	184.3
s20	318651.36797	4619268.15...	199.0	197.0	185.3	183.8
s15	318776.97299	4619248.46...	199.0	197.9	183.0	181.5
s14	318769.96226	4619057.76...	199.0	197.6	183.5	182.0
s13	318616.44097	4619244.04...	199.0	197.7	186.5	185.0
s12	318660.69111	4619429.39...	199.0	197.9	189.0	187.5
s1	318582.13125	4619351.07...	199.0	198.5	189.5	188.0
s2	318689.15643	4619167.51...	199.0	198.0	183.0	181.5
s3	318826.71523	4619139.18...	199.0	197.9	186.5	185.0
s5	318757.90799	4619243.84...	199.0	198.1	182.0	180.5
s4	318857.39693	4619229.94...	199.0	198.2	184.8	183.3
s6	318612.49554	4618979.5773	199.0	198.12	183.8	182.3
s7	318587.29027	4619109.44...	199.0	198.25	185.0	183.5
s8	318554.02825	4619315.80...	199.0	197.9	190.2	188.7
s9	318573.8103	4619171.69...	199.0	197.6	186.0	184.5
s21	318572.33111	4619412.28...	199.0	197.8	191.0	189.5
s22	319096.03055	4619034.05...	200.0	199.0	184.0	182.5
s10	319046.19437	4619137.94...	200.0	198.5	183.8	182.3
s23	318608.57411	4619415.25...	199.0	197.6	190.0	188.5

Figura 14. Tabla de atributos de un objeto espacial

- Fila o registro: Es la representación de los distintos elementos de la tabla.
- Columna o campo: Son los tipos de atributos que definen a cada elemento.
- Celda: La intersección de un registro y un campo es una celda. La celda es el elemento mínimo de trabajo y puede contener información.
- Información de registros: Informa del total de elementos (registros) que contiene la tabla.

Todas las capas de información vectorial tienen su "Tabla de atributos", al igual que cada elemento gráfico de una determinada capa tiene su correspondiente registro en dicha "Tabla de atributos".

En gvSIG para cargar una tabla se puede hacer de dos formas, una desde el "Gestor de Proyectos" seleccionando el tipo de documento "Tablas" y otra desde la "Vista" con al menos una capa activa, y seleccionando la opción "Ver tabla de atributos".



Una vez cargada una tabla, ya sea desde el "Gestor de Proyectos" o desde la vista, aparecerán en la barra de herramientas, aquellas asociadas a la tabla.

Se activará, además, un nuevo menú en la barra de herramientas, llamado "Tabla", que también le permite acceder a las distintas herramientas.



A continuación se describen las herramientas principales aplicadas a las tablas:

- **Estadísticas**

Permite obtener los valores estadísticos más utilizados.

- **Filtros**

La selección mediante filtros permite definir de forma precisa lo que se desea seleccionar, incluyendo varios atributos, operadores y cálculos. Las consultas se realizan mediante operadores lógicos

- **Unir**

Permite realizar una unión entre dos tablas a través de un campo que tengan en común.

- **Enlace**

Permite realizar un vínculo entre dos tablas, a través de un campo que tengan en común, de forma que las alteraciones que se produzcan en una de ellas se manifestarán también en la otra.

- **Orden ascendente y descendente**

Permite ordenar los registros de la tabla.

5.1.3.3 Mapas

Los documentos de mapa permiten diseñar y combinar en una página todos los elementos que deseamos que aparezcan en un mapa impreso.

Los mapas se presentan en una ventana como una hoja con una malla de puntos que sirve como ayuda para el dibujo y con dos reglas (vertical y horizontal).

Con la opción "Configurar página" podemos definir el espacio de trabajo, esto es, el tamaño y propiedades de la página donde vamos a realizar la composición de nuestro mapa.

Desde gvSIG es posible añadir a un mapa los siguientes elementos cartográficos: Vistas, Imágenes, Barras de escala, Leyendas, Objetos gráficos, Norte, Textos, Cajetines.

Muchos de los elementos cartográficos están íntimamente ligados al documento "Vista", de modo que al realizar cambios en ésta, se ven reflejados en el mapa (cambios de zoom, desplazamientos, modificación de leyendas, organización de capas, etc.).

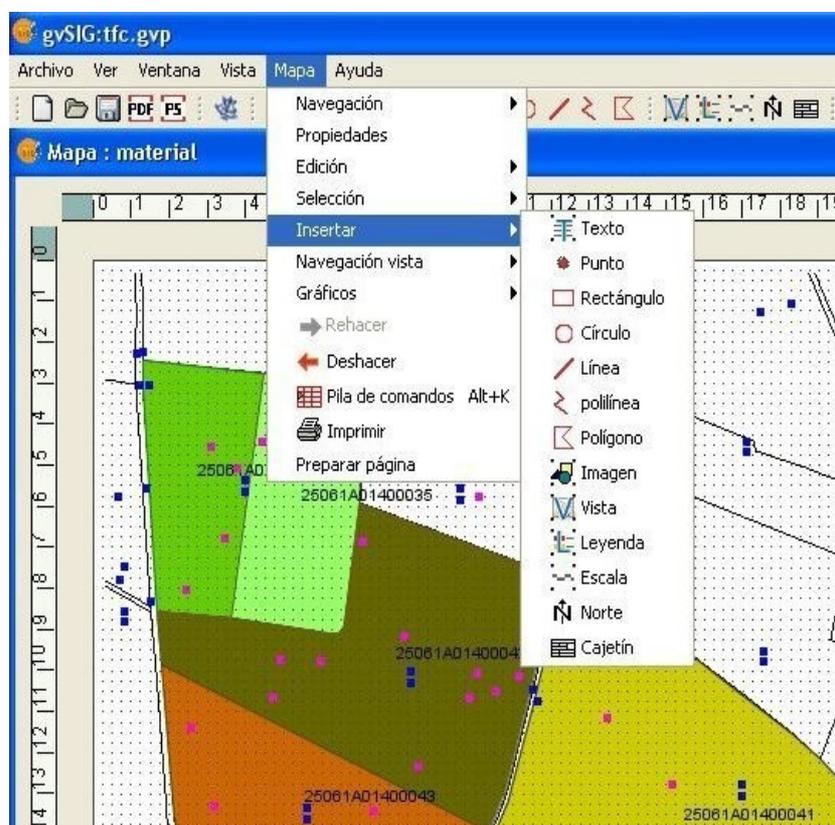


Figura 15. Documento Mapa gvSIG

5.1.4 Accesibilidad a los datos

gvSIG es un Sistema Integral de Información Geoespacial y por tanto, tiene capacidad para acceder e integrar datos tanto locales como remotos. Estas características son visibles en el trabajo con tablas y capas.

5.1.4.1 Tablas

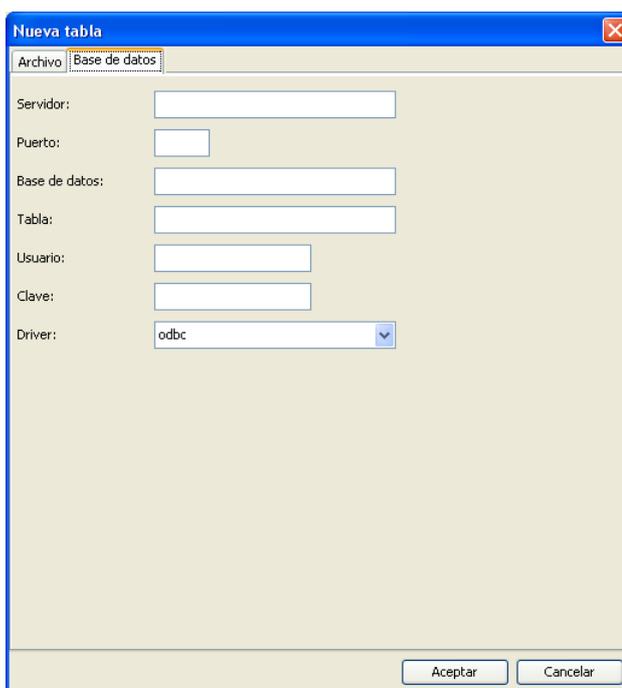
gvSig permite la creación de una nueva tabla a través de diferentes mecanismos, desde un archivo o desde un origen de datos JDBC.

Los archivos soportados por gvSIG para la extracción de información son:

- archivo de texto sin formato (separados por punto y coma).
- dBASE (extensión dbf), utilizado ampliamente en aplicaciones que necesitan un formato simple para almacenar datos estructurados.

Si lo que queremos es cargar una tabla a partir de un origen de datos JDBC, es posible importar el contenido a través de gestores de bases de datos (PostgreSQL, MySQL, GBMSHSQLDB, ODBC), para ello será necesario configurar los parámetros para la conexión al servidor de la base de datos.

Si la información introducida es correcta, se generará una nueva tabla en gvSIG con la información contenida en la tabla JDBC original.



The image shows a screenshot of the 'Nueva tabla' (New table) dialog box in gvSIG. The dialog has a title bar with a close button. It contains two tabs: 'Archivo' and 'Base de datos'. The 'Base de datos' tab is active. The dialog has the following fields and controls:

- Servidor: Text input field.
- Puerto: Text input field.
- Base de datos: Text input field.
- Tabla: Text input field.
- Usuario: Text input field.
- Clave: Text input field.
- Driver: Dropdown menu with 'odbc' selected.
- Buttons: 'Aceptar' (Accept) and 'Cancelar' (Cancel) at the bottom right.

5.1.4.2 Capas

gvSIG como Sistema Integral de Información Geoespacial da soporte a los servicios de las Infraestructuras de Datos Espaciales, es compatible con varias especificaciones de interfaces OpenGIS: WMS, WFS, WCS, de catálogo y de nomenclátor.

ArcIMS, pese a utilizar un protocolo fuera de las especificaciones del Open Geospatial Consortium también está soportado en gvSIG. Fué desarrollado por Environmental Sciences Research Systems (ESRI), probablemente es el servidor de cartografía por Internet más extendido.

5.1.5 Extensiones – Herramientas de Geoprocesamiento

Las extensiones son herramientas desarrolladas para el análisis geográfico. gvSIG incluye una herramienta de geoprocesamiento, la cual permite aplicar una serie de procesos estándar sobre las capas de información vectorial cargadas en el árbol de capas de una vista de gvSIG (ToC), dando como resultado nuevas capas de información vectorial que aportarán una nueva información adicional a las capas de partida.

En la primera versión de la extensión de geoprocesamiento se han implementado los siguientes geoprocesos:

- Área de influencia (*buffer*).
- Recortar (*clip*).
- Dissolve (agrupar por adyacencia y criterios alfanuméricos).
- Juntar (*merge*).
- Intersección.
- Unión.
- Enlace espacial (*Spatial Join*).
- *Convex Hull* (mínimo polígono convexo).
- Diferencia.

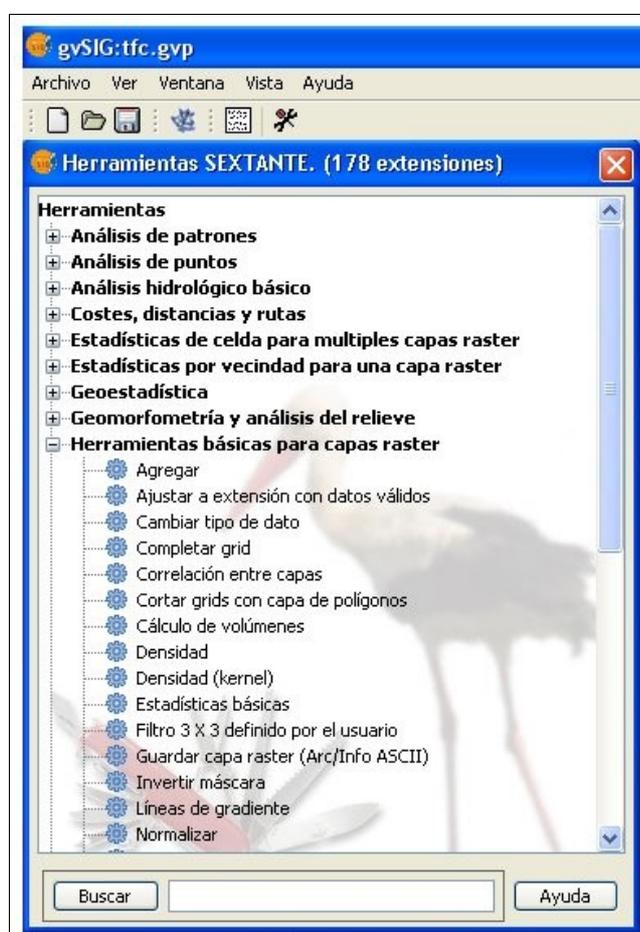
5.2 Sextante para gvSIG

SISTEMA EXTREMEÑO DE ANÁLISIS TERRITORIAL

SEXTANTE



SEXTANTE es el Sistema de Información Geográfica (SIG) desarrollado para la Junta de Extremadura por la Universidad de Extremadura, a través de la Titulación de Ingeniería Forestal del Centro Universitario de Plasencia para satisfacer sus propias necesidades, especialmente en lo que al medio forestal respecta.



El rango de usuarios a los que SEXTANTE pretende llegar, es muy amplio, desde usuarios con un contacto ocasional o frecuente con otros Sistemas de Información Geográfica, hasta quienes no tienen experiencia previa en este campo. Su enfoque analítico y su estructura modular lo hace especialmente adecuado para el ámbito académico y de investigación pues la estructura de la aplicación está orientada para la implementación sencilla de algoritmos de análisis espacial.

Sextante puede manejar y analizar información vectorial y *raster* aunque con un especial enfoque hacia esta última, pues es en el manejo de este tipo de datos donde reside la verdadera potencia

del programa. Está compuesto por un conjunto de 178 extensiones para gvSIG, de manera que le transfiere gran capacidad de análisis.

Gracias a que SEXTANTE es software libre y distribuido bajo licencia GPL, es posible

que algunos usuarios con conocimientos en el lenguaje de programación C++, desarrollen nuevos módulos que resuelvan problemas no contemplados por los módulos distribuidos con el programa.

6 Parte Práctica

6.1 Introducción

Tal y como se había comentado anteriormente, el proyecto consiste en la implantación de una solución SIG que ayude a decidir qué parcelas de tierra son más interesantes para la explotación de recursos del subsuelo.

6.2 Caso práctico – Solución SIG

Las parcelas del estudio se ubican en el término municipal de Bellvís, perteneciente a la comarca del Pla d'Urgell (Lleida). En concreto el estudio se centra en las parcelas con la referencia catastral: 25061A01400035, 25061A01400036, 25061A01400041, 25061A01400042, 25061A01400043.

Para la realización del proyecto se ha utilizado el programa SIG libre gvSIG junto con las extensiones Sextante para gvSIG.

6.2.1 Preparación de los datos

En éste primer apartado se preparan los datos alfanuméricos para que sean útiles y coherentes en posteriores cálculos.

El primer paso es crear una nueva vista que corresponda al área de trabajo de la información cartográfica.

Una vez definida la vista, se realizará el proceso de carga de datos de los sondeos, información obtenida a lo largo de una campaña de muestreo en el territorio.

La información se encuentra en un archivo de hoja de cálculo, que contiene las perforaciones llevadas a cabo y estructurado con los siguientes atributos: código de sondeo, tierra vegetal, material a explotar, roca y cota de inicio del sondeo.

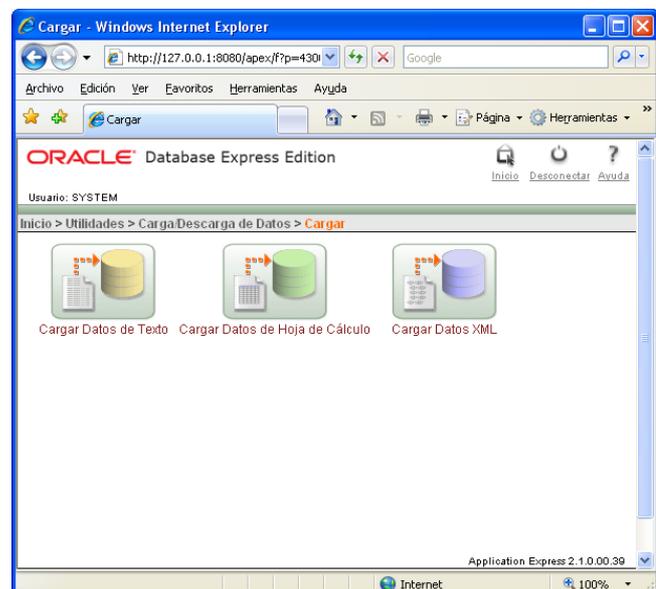
Para trabajar con los datos de los sondeos en gvSIG, datos alfanuméricos, es necesario utilizar las tablas. Existe diferentes mecanismos para realizar la carga de información, a continuación se explica el proceso a través de un archivo y también con una conexión a Base de datos.

Archivo

- Se crea una base de datos en Microsoft Access y se vincula como una nueva tabla el archivo de hoja de cálculo que contiene los sondeos.
- A continuación se exporta la tabla vinculada a un base de datos de tipo dBase con la extensión dbf.
- Por último en gvSIG con la opción de documentos de Tabla, creamos una nueva tabla desde la pestaña 'Archivo' indicando la ruta donde se encuentra ubicado el archivo dbf.

Base de datos

Como ejemplo de conexión a un gestor de base de datos se va utilizar Oracle Database 10g Express Edition Release 10.2.0.1.0. El primer paso consiste en cargar los datos de la hoja de cálculo de los sondeos a una nueva tabla de Oracle mediante la opción 'Utilidades > Carga/Descarga de Datos > Cargar > Cargar datos de hoja de cálculo'

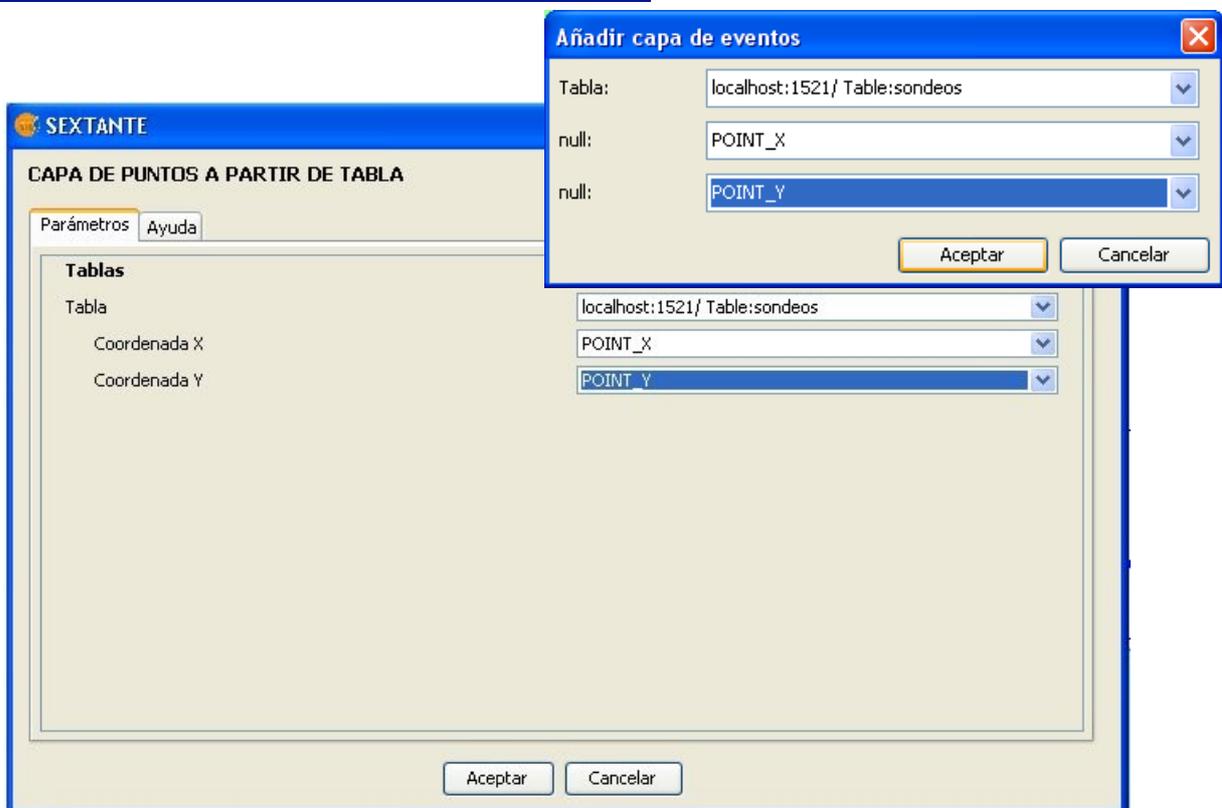
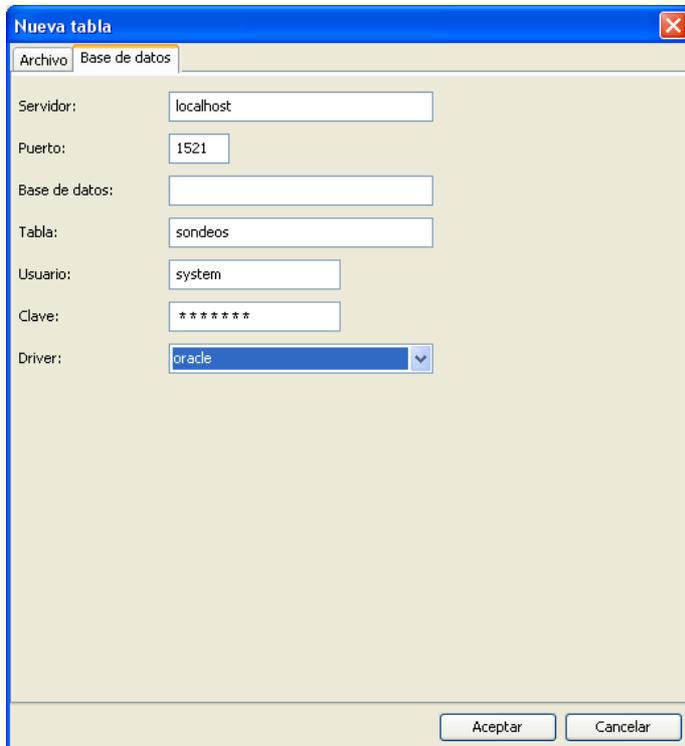


Por último en gvSIG con la opción de documentos de Tabla, creamos una tabla nueva seleccionando la pestaña 'Base de datos' e indicándole la configuración del origen de datos JDBC.

Tal y como indica el manual de usuario de gvSIG, si se desea acceder a una base de datos Oracle, es necesario descargar un driver específico disponible en la página web

de Oracle. El archivo en cuestión es ojdbc14.jar

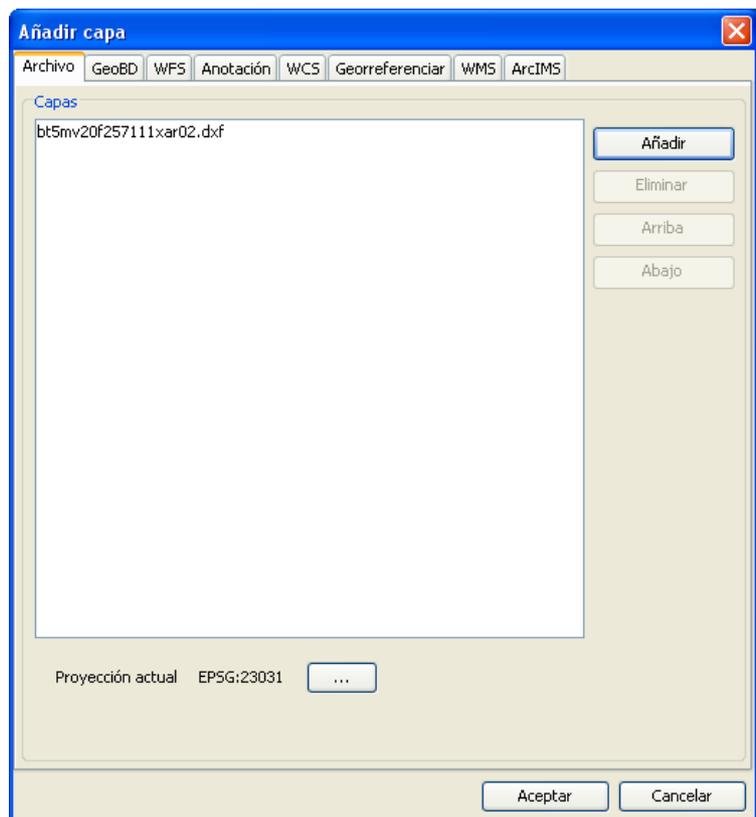
En estos momentos se está en disposición de trabajar con la capa de sondeos. Para crear dicha capa, también existe diferentes mecanismos, uno directamente con gvSIG a través de 'Añadir capa de eventos' y otro utilizando la extensión de Sextante para gvSIG 'Herramientas para capas vectoriales > Capa de puntos a partir de tabla'.



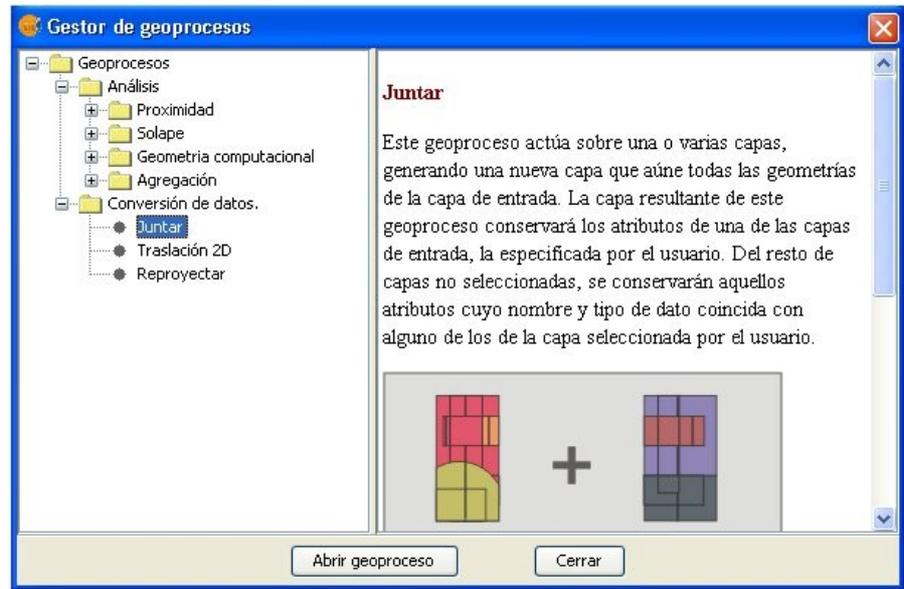
Una vez definida la tabla y la capa de puntos de los sondeos, se realizará el proceso de carga de datos de las curvas de nivel. La información se ha obtenido descargando desde la web del Institut Cartogràfic de Catalunya, el archivo que contiene el mapa topográfico de la zona estudiada.

El primer paso consiste en añadir una nueva capa en gvSIG con el archivo descargado del ICC (el formato utilizado es dxf). A continuación se exporta la capa a SHP, tal proceso genera tres capas nuevas con las geometrías de puntos, líneas y polígonos.

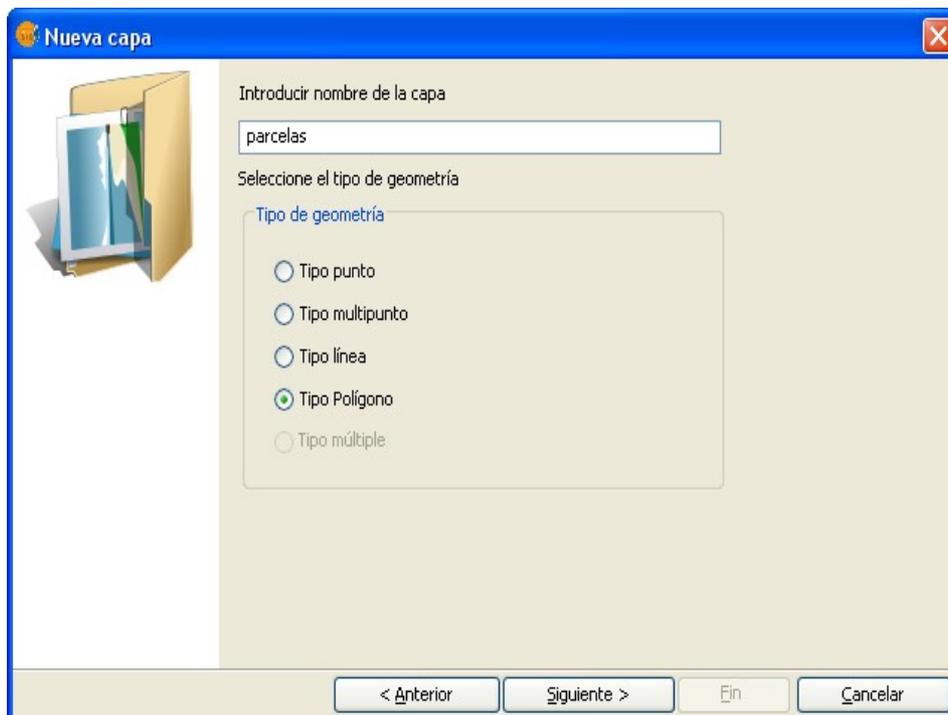
El objetivo de la exportación es generar un DTM combinando la información de las capas de puntos de los sondeos y las curvas de nivel.



Para realizar dicha acción se utiliza la extensión de gvSIG 'Gestor de geoprocursos > Conversión de datos > Juntar', dando como resultado una nueva capa que corresponde a la unión de las capas de entrada *sondeos* y *curvas de nivel*, es requisito obligatorio que exista un campo común.

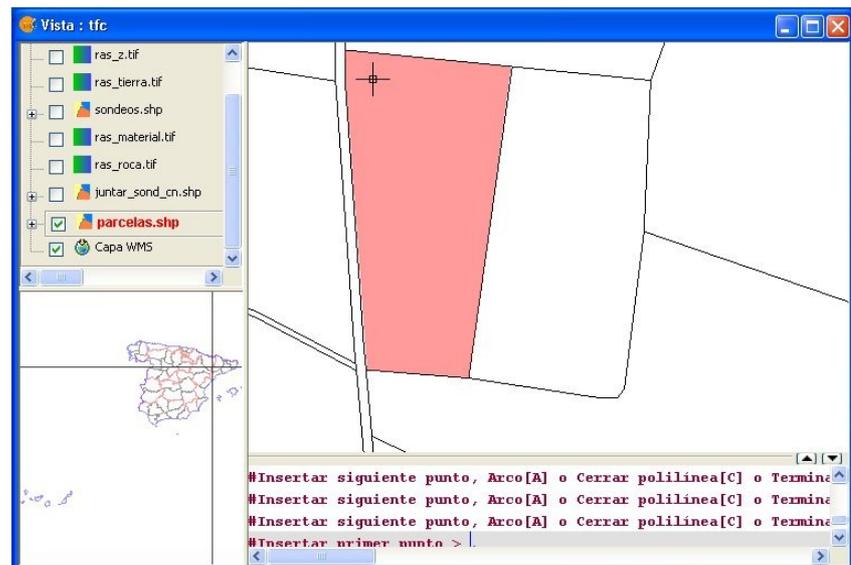


Para la realización de los cálculos del volumen de las distintas parcelas con los materiales a explotar, es necesario crear una capa de geometría tipo polígono, en la cual estén representadas las cinco parcelas del estudio y como información temática



asociada incluya los atributos de la referencia catastral y el volumen de la tierra vegetal, material a explotar y roca.

Para su creación se edita la capa y se georeferencia a modo de calco la geometría de las parcelas ofrecida por el servidor de la Oficina virtual del Catastro. La conexión con la OVC se ha establecido a través del estándar WMS.



6.2.2 Creación de los MDT

Puesto que la mayoría de módulos de análisis están desarrollados sobre una base *raster*, será necesario convertir la información vectorial de las capas *sondeos* y la capa unión (*sondeos* y *curvas de nivel*) al formato *raster*.

Llegados a éste punto del caso práctico, se dispone de las siguientes tres capas:

- capa de puntos de los sondeos (con la información del código identificativo, cota de inicio del sondeo y distribución de materiales)
- capa de puntos resultado de la unión de los sondeos con las curvas de nivel
- capa de polígonos de las parcelas, representación de los límites de área de cada una de las parcelas

Una vez creadas éstas tres capas, se esté en condiciones de proceder a la creación de los MDT de los distintos materiales del estudio.

Para crear la capa *raster* a partir de las capa vectorial se va a utilizar la extensión de Sextante 'Rasterizar capa vectorial'. Ésta extensión no emplea ningún algoritmo de interpolación y por consiguiente no utiliza ningún mecanismo de mejora de

representación.

El primer paso es ejecutar la extensión de Sextante 'Rasterización e interpolación > Rasterizar capa vectorial' con los siguientes parámetros:



Se selecciona la capa *sondeos* como capa vectorial; el campo capa vectorial indica la capa origen utilizada en la creación de la nueva capa *raster*. En Campo se selecciona el atributo de la tabla asociada que se utilizará para generar la capa *raster*, éste debe ser un campo numérico.

Para seleccionar el tamaño de la capa de salida se marca 'Utilizar extensión de otra capa' eligiendo la capa *parcelas*.

A continuación, se ejecuta sobre la nueva capa rasterizada, la extensión de Sextante 'Herramientas básicas para capas raster > Rellenar celdas sin datos' dando como resultado la generación del MDT.

Del mismo modo se repetirá este procedimiento con los otros materiales restantes del estudio.

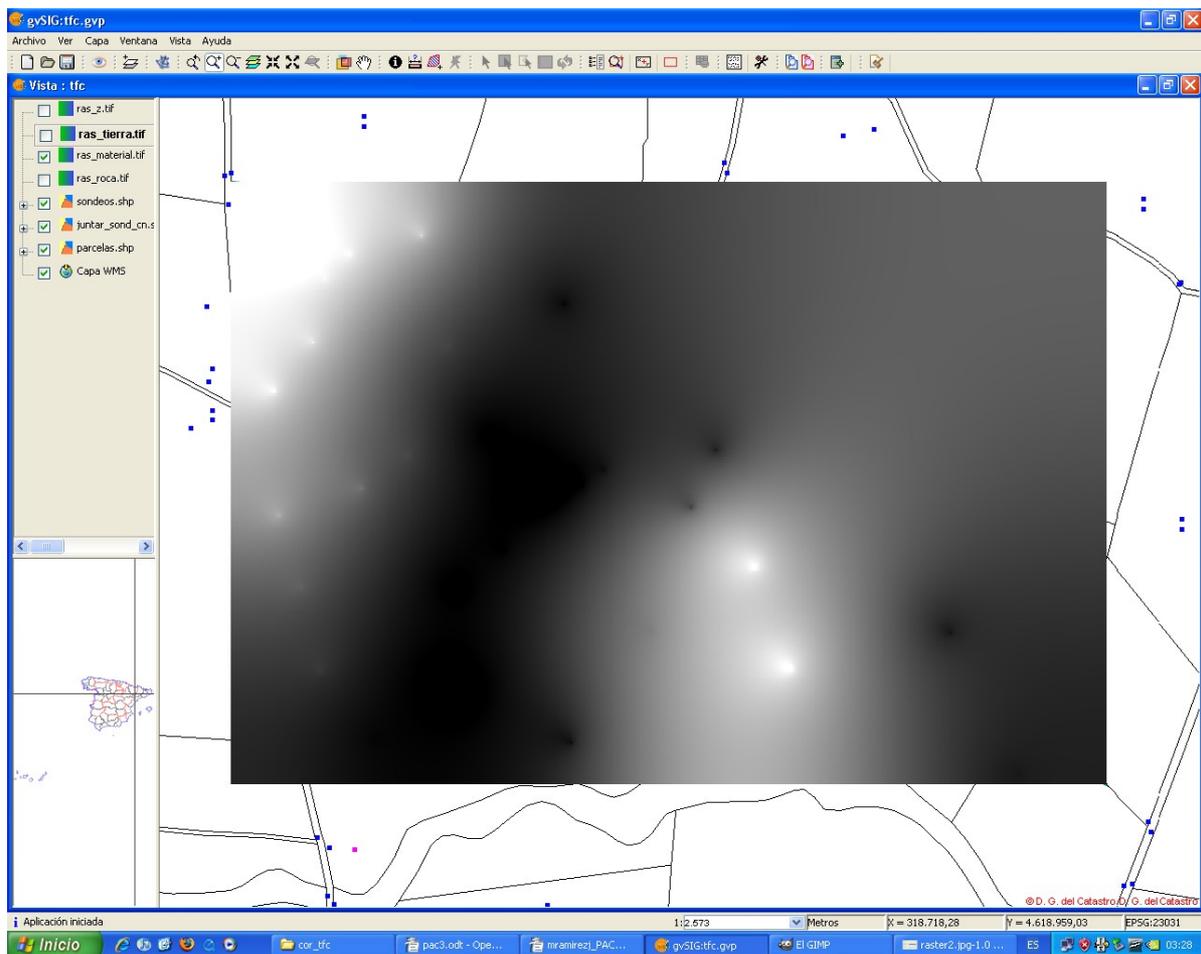


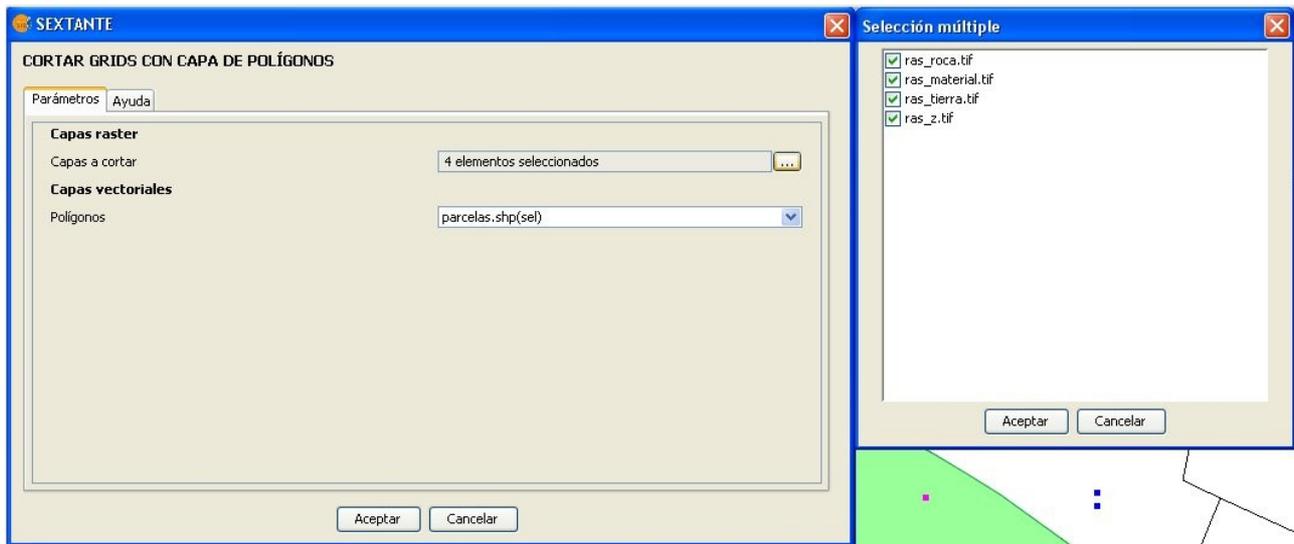
Figura 16. Imagen rasterizada

Para la generación del MDT de la capa z (cota de inicio de sondeo más las curvas de nivel) se realizará el mismo proceso descrito anteriormente, con la única diferencia la selección de la capa vectorial (*capa unión*) en la extensión 'Rasterización e interpolación > Rasterizar capa vectorial'.

6.2.3 Cálculo del volumen del material a explotar

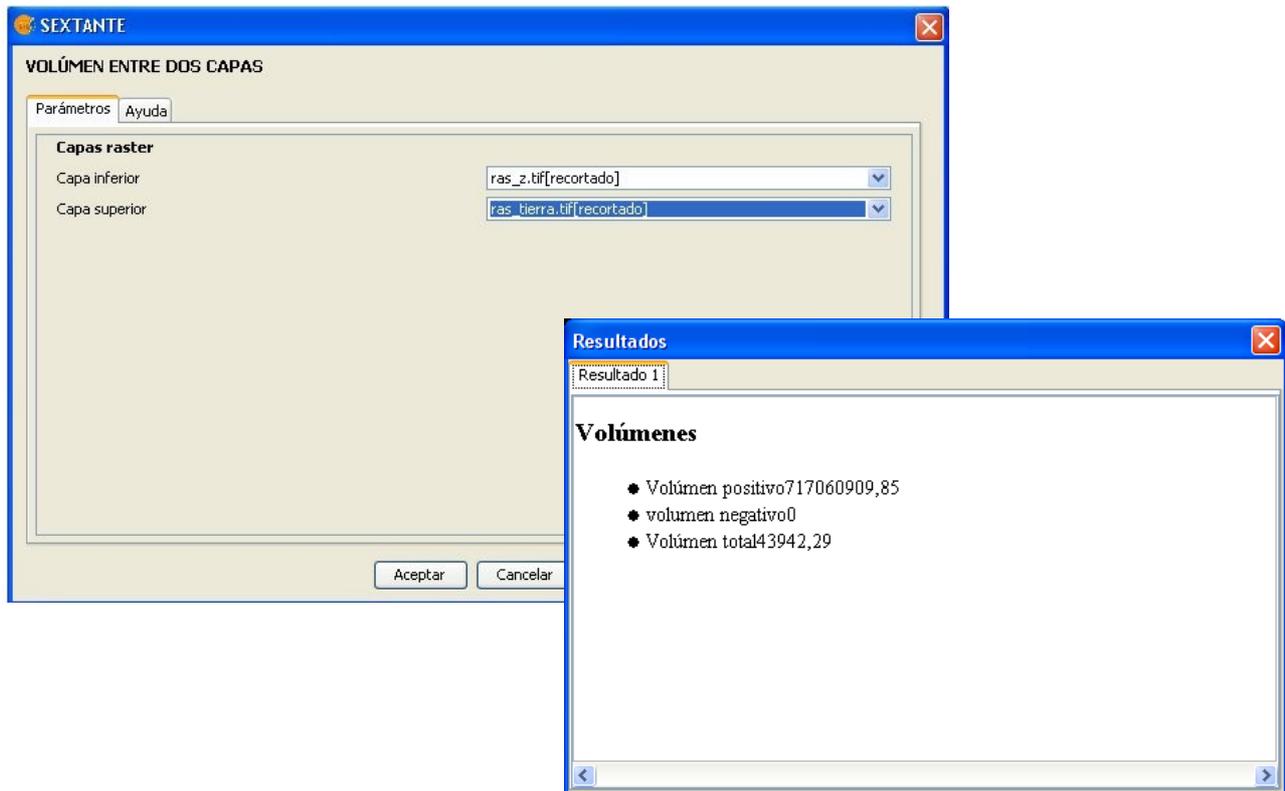
El primer paso es ejecutar la extensión de Sextante 'Herramientas para capas vectoriales > Nueva capa con entidades seleccionadas' con el objetivo de seleccionar cada parcela de forma individual y poder realizar los cálculos de volúmenes de forma independiente.

A continuación se ejecuta la extensión de Sextante 'Herramientas básicas para capas raster > Cortar grids con capas de polígonos' seleccionando como parámetro capas a cortar las cuatro capas *raster* de los MDT generados anteriormente y como capa vectorial de polígonos la capa creada en el primer paso que corresponde a las parcelas individualizadas.



Del mismo modo realizamos los pasos anteriores con las cuatro parcelas restantes, así se obtiene un total de veinte capas *raster*, cuatro por cada parcela con la información de los distintos tipos de materiales.

Por último se ejecuta la extensión de Sextante 'Herramientas básicas para capas raster > Volumen entre dos capas' con la selección de capas superior e inferior según el cálculo del volumen deseado.



6.2.4 Resultados

Tras realizar los cálculos del volumen en las parcelas seleccionadas, es el momento de presentar los resultados obtenidos.

A continuación se detallan los objetos utilizados que van a servir de ayuda para valorar cuales son las parcelas del terreno más interesantes para iniciar su explotación.

- **Mapas**, informan del volumen de distintos materiales que componen el subsuelo de las parcelas, se muestra la información de las parcelas de forma individual.
- **DTM**, representación rasterizada de la distribución del volumen del material.
- **Tabla**, contiene la información de los resultados obtenidos tras calcular los volúmenes de las capas de las parcelas.

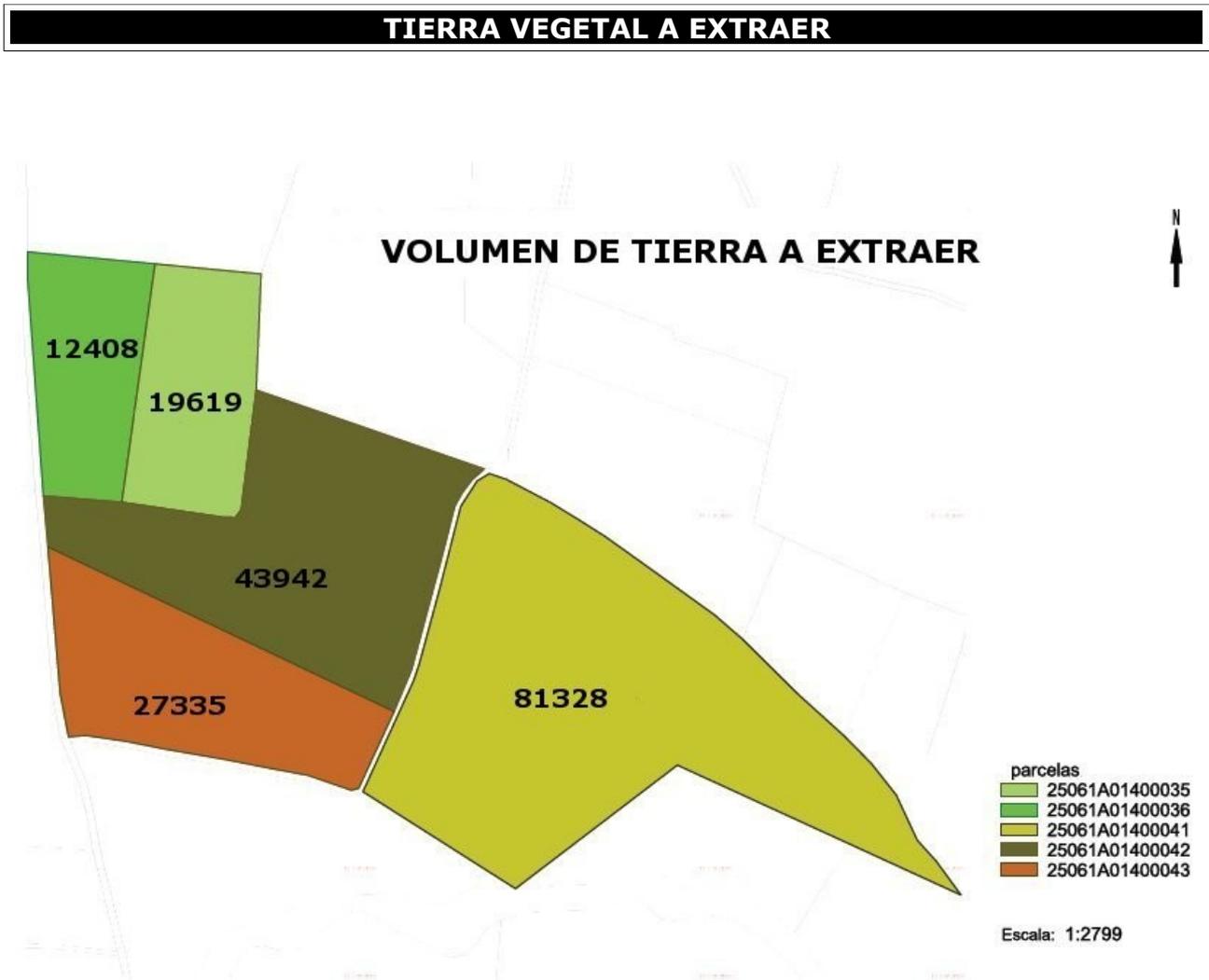


Figura 17. Mapa del volumen de tierra a extraer

La figura 17 muestra el volumen de tierra vegetal que hay que extraer de cada parcela para proceder a la explotación de material.



Figura 18. Representación raster de la capa Tierra Vegetal

MATERIAL A EXPLOTAR

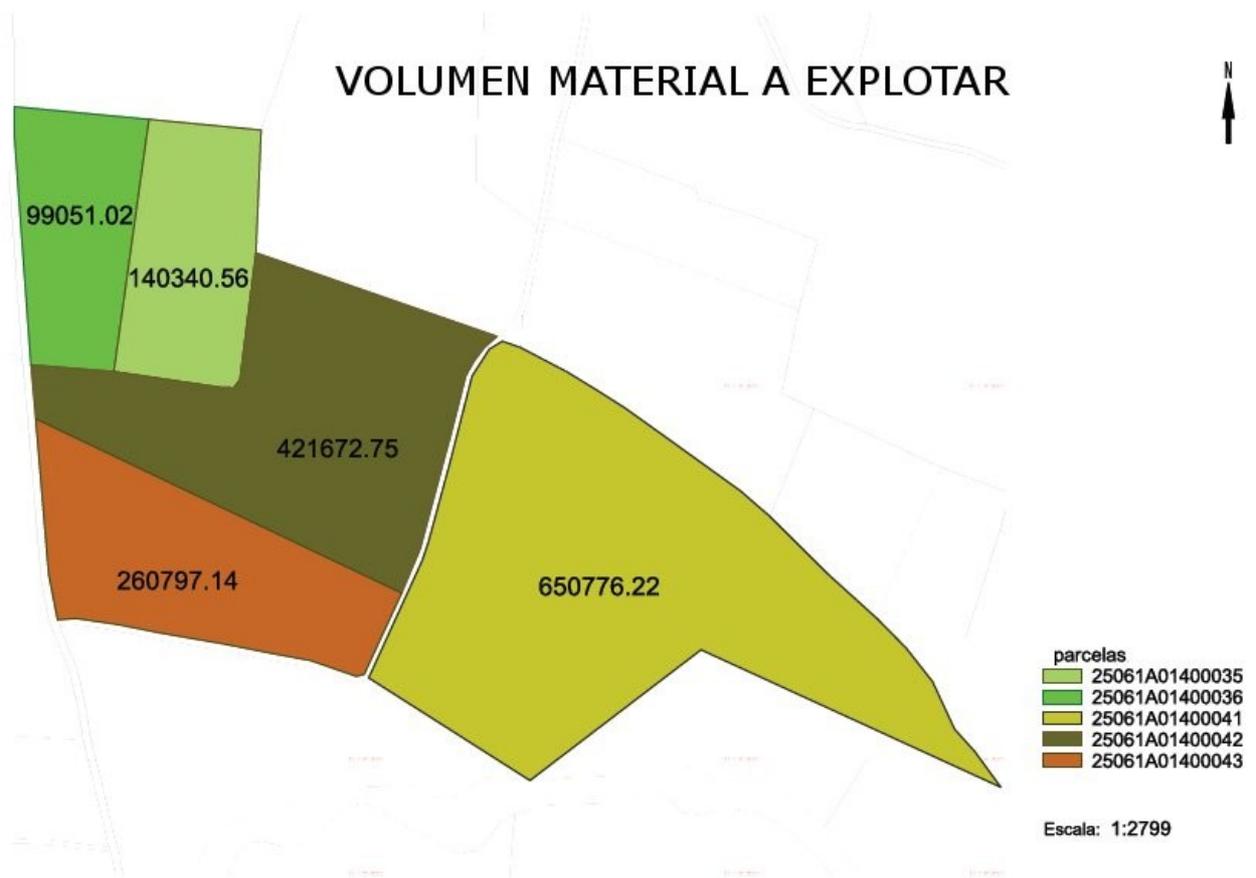


Figura 19. Mapa del volumen del material a explotar

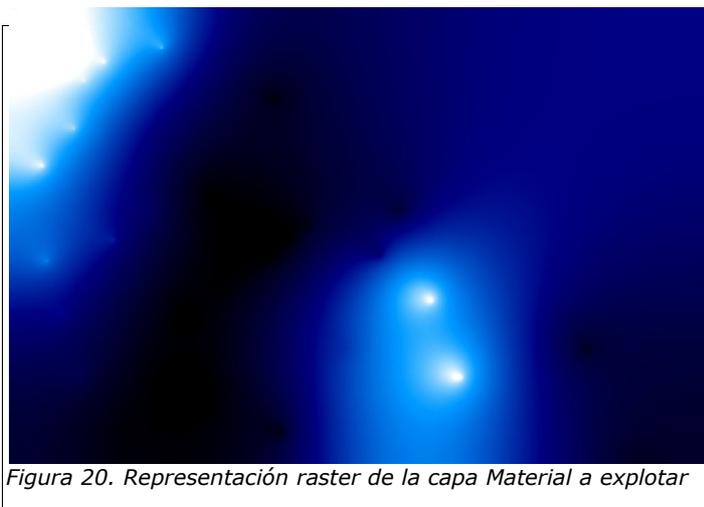


Figura 20. Representación raster de la capa Material a explotar

Para la coloración de los DTM se ha utilizado las extensiones *Piloto raster* para gvSIG.

Las zonas de gama cromática más claras pertenecen a las cotas superiores de la distribución del volumen.

A continuación se muestra una tabla resumen con los cálculos del volumen de los materiales estudiados y clasificados por parcelas:

REFERENCIA CATASTRAL	TIERRA VEGETAL	MATERIAL A EXPLOTAR	ROCA
25061A01400035	19618.91	140340.56	19789.5
25061A01400036	12408.42	99051.02	17697.0
25061A01400041	81327.87	650776.22	80772.0
25061A01400042	43942.29	421672.75	47394.0
25061A01400043	27335.49	260797.14	29914.5
TOTAL	184632.98	1572637.69	195567.0

Esta información ayuda a valorar qué parcela es más rentable para iniciar su explotación. Los parámetros de análisis son el ratio volumen/superficie y el material de tierra vegetal previo que hay que extraer.

A continuación se puede observar el orden recomendado de explotación de las parcelas según su rentabilidad:

Orden	REFERENCIA CATASTRAL	MATERIAL A EXPLOTAR
1	25061A01400042	140340.56
2	25061A01400043	99051.02
3	25061A01400041	650776.22
4	25061A01400036	421672.75
5	25061A01400035	260797.14

Los cálculos del volumen total se han realizado de forma individual por parcela. En caso de utilizar una selección múltiple con todas las parcelas al mismo tiempo, el resultado corresponde a la suma del volumen de las parcelas individuales, más la parte del volumen de la parcela con referencia catastral 25061A01409003 que limita con las parcelas 25061A01400041, 25061A01400042 y 25061A01400043, dando un

resultado incorrecto. Además otro aspecto que afecta es que al pasar de vector a *raster* los contornos se adaptan a la forma del *pixel* y por tanto introduce pequeñas diferencias al trabajar con todas las parcelas a la vez o por separado.

A continuación, se presenta el esquema utilizado en el que se puede observar de forma sintetizada la metodología seguida para calcular el volumen:

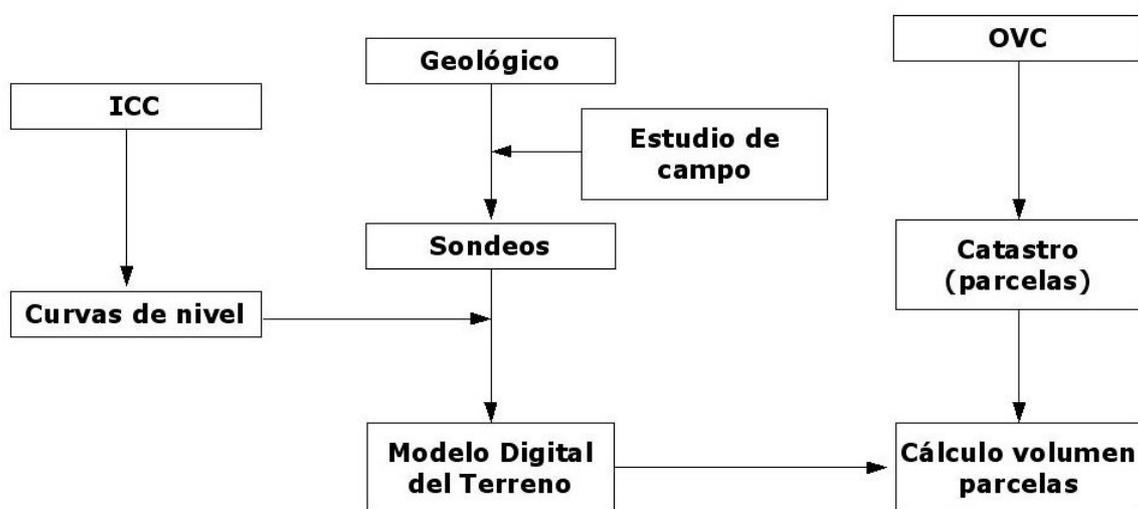


Figura 21. Esquema con la metodología del cálculo de volumen

7 Valoración gvSIG

Funcionalidades de edición:

- gvSIG, dispone de herramientas de edición vectorial que permiten modificar, crear y eliminar elementos. Es posible editar un fichero shape, una capa de base de datos espacial o un fichero CAD.
- Dispone de herramientas para la inserción de elementos, como puntos, polígonos, líneas, elipses, etc., del mismo modo que dispone de herramientas para la modificación de los mismos, como la rotación de elementos o la simetría.
- Implementa herramientas de ayuda al dibujo, como las rejillas o los comandos de deshacer, selecciones complejas de elementos (dentro de círculo, fuera de rectángulo,...).
- Implementa funcionalidades de edición propias de un sistema CAD, habilitando una consola de comandos que permite trabajar de forma muy similar a alguno de los programas CAD más extendidos.

Funcionalidades de análisis

Aunque gvSIG incorpora herramientas de análisis, este aspecto queda resuelto con Sextante, el cual está compuesto por un conjunto de 178 extensiones, dotándolo de grandes capacidades de análisis. Sextante puede manejar y analizar información vectorial y *raster* aunque con un especial enfoque hacia esta última.

Funcionalidades de consulta

- gvSIG dispone de un conjunto de herramientas de consultas básicas que proporcionan información de atributos, medición de áreas y medición de distancias.
- Con las extensiones de Sextante para gvSIG, aumenta el número de

funcionalidades de consulta que se pueden realizar, al mismo tiempo que se gana en las prestaciones de las consultas, gracias a las opciones asociadas que implementa.

Rendimiento (rapidez en tratar los datos)

Para un rendimiento correcto de la aplicación es necesario cumplir con los requerimientos de sistema recomendados por gvSIG, en caso de no cumplir éstos existe una penalización en el tiempo de respuesta de las tareas solicitadas.

Si el volumen de información de datos alfanuméricos es elevado se recomienda trabajar con un SGBD. Actualmente gvSIG soporta Oracle, PostgreSQL, MySQL, GBMS-HSQLDB y ODBC.

Acceso a diferentes orígenes de datos

gvSIG es un cliente IDE, y como tal es cliente de los distintos servicios de las Infraestructuras de Datos Espaciales, es compatible con varias especificaciones de interfaces OpenGIS: WMS, WFS, WCS, de catálogo y de nomenclátor.

¿Se puede personalizar? ¿Con qué lenguaje de programación?

gvSIG es un proyecto de desarrollo en software libre, con la licencia más abierta de las posibles, la denominada GNU / GPL.

La licencia GNU /GPL garantiza que todos los desarrollos adicionales que se incorporen sigan siendo libres.

Está desarrollado con el lenguaje de programación Java, así se asegura su funcionamiento multiplataforma y por tanto uno de sus requisitos iniciales, la portabilidad.

Hay que tener en cuenta que cualquier desarrollo adicional que se realice en gvSIG debe cumplir con las características impuestas inicialmente en el proyecto: portabilidad, modularidad, código abierto, interoperable con las soluciones implantadas y sujeto a estándares.

Documentación asociada.

gvSIG al igual que cualquier aplicación de código abierto, enmarcada como una alternativa fiable y comprometida de Sistema de Información Geográfica (SIG), dispone de una correcta y extensa documentación para usuarios y desarrolladores.

Este hecho lo podemos constatar con manuales de usuario, tutorial de creación de extensiones, cursos,... todo ellos disponibles desde su web oficial (sección documentación).

Web oficial de gvSIG: <http://www.gvsig.gva.es/>

Además es fácil encontrar información en Internet sobre gvSIG, pero como siempre será necesario valorar las fuentes y la credibilidad de éstas.

Soporte al producto

La Conselleria de Infraestructuras y Transporte de Valencia ha creado una dirección de correo electrónico donde dirigirse para realizar cualquier consulta referente al portal de gvSIG (gvsig@gva.es).

Hay que destacar la existencia de las listas de distribución cuyo objetivo es facilitar la comunicación entre todos los interesados en el proyecto gvSIG.

Otro aspecto a remarcar es la existencia una comunidad de desarrolladores con los cuales es posible intercambiar ideas y/o opiniones, además de ofrecer ayuda para solventar dudas, aquí están inscritos los desarrolladores actuales de gvSIG.

Contenidos	Enlace
Listas de distribución	<i>Lista de usuarios</i> runas.cap.gva.es/mailman/listinfo/gvsig_usuarios
	<i>Lista de desarrolladores</i> runas.cap.gva.es/mailman/listinfo/gvsig_desarrolladores
	<i>Lista internacional</i> runas.cap.gva.es/mailman/listinfo/gvsig_internacional

Exportaciones a formatos estándares

Los formatos que soporta gvSIG para realizar exportaciones son shape, dxf, postgis, Oracle Spatial y gml. También es posible convertir una vista en un archivo de imagen o ráster.

Web Map Context (WMC) es otro estándar de OGC (<http://www.opengeospatial.org>) que se añade a la lista de estándares de este tipo soportados por gvSIG. Actualmente la exportación a WMC se limita a las capas de tipo WMS.

8 Conclusiones

La realización del presente Trabajo final de carrera ha supuesto conocer las características fundamentales de los Sistemas de Información Geográfica, y con el fin de poder investigar este nuevo paradigma de bases de datos, se ha realizado una parte práctica que resuelve un problema concreto.

A continuación, explico los objetivos y conclusiones alcanzados con el TFC:

- Un SIG es una herramienta informática de gestión de información geográfica, fundamental en tareas de análisis y de toma de decisiones de la información geográfica.
- La utilización de los SIG son ilimitados, cada proyecto nuevo que se realiza suele ser un problema con características, objetivos y análisis nuevos a resolver.
- He adquirido el conocimiento de las características fundamentales de un SIG: componentes, funciones, utilidades.
- He aprendido a realizar un proyecto SIG (planteamiento, elección del modelo de datos, utilización de las herramientas de análisis, consulta y explotación de la información).
- He conocido las características fundamentales y el funcionamiento de los programas gvSIG y Sextante, elegidos en el desarrollo del proyecto.
- Destaco la tecnología de las Infraestructura de Datos Espaciales IDE, por facilitar al máximo el acceso a la información geográfica. El ICC (Institut Cartogràfic de Catalunya) y la OVC (Oficina Virtual del Catastro) son fuentes IDE utilizadas en la realización de este Trabajo.

- La solución realizada en el TFC muestra uno de los propósitos prácticos de un SIG, ser una tecnología aplicada a la resolución de problemas territoriales.
- Finalmente, quiero comentar que he aprendido y disfrutado de la forma en la que los SIG, mediante una herramienta gráfica, acceden a los datos de los elementos representados.

9 Glosario

CARTOGRAFÍA

Conjunto de operaciones y procesos que intervienen en la creación, edición y análisis de mapas.

COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Este tipo de coordenadas se usa para nombrar puntos sobre una superficie esférica. Hay varios tipos de coordenadas geográficas. El sistema más clásico y conocido es el que emplea la latitud y la longitud.

DATUM

Elipsoide de referencia y su posición respecto a la Tierra. Usualmente se incluye el punto de origen, la orientación así como el radio y la excentricidad del elipsoide.

ELIPSOIDE DE REVOLUCIÓN

Es la superficie generada por una elipse que gira alrededor de uno de sus dos ejes de simetría.

GEODESIA

Ciencia que estudia la figura de la Tierra y el campo gravitatorio, por tanto estudia la forma y dimensiones de la Tierra.

GEOIDE

El geoide es la representación del nivel medio de los mares y océanos en calma prolongados por debajo de los continentes. Esta superficie es en cada punto normal a la dirección de la gravedad. Es una superficie real y equipotencial.

GEOREFERENCIACIÓN

Posicionamiento en el que se define la localización de un objeto espacial en un sistema de coordenadas determinado.

LATITUD

Distancia angular, medida sobre un meridiano, entre una localización terrestre y el ecuador.

LONGITUD

Distancia angular, paralela al ecuador, entre el Meridiano de Greenwich en Londres y un determinado punto de la Tierra.

MAPA

Representación de una parte de la Tierra cuyo tamaño imposibilita prescindir de la esfericidad de la Tierra y debemos utilizar sistemas de proyección.

MERIDIANO

Círculo máximo que proporciona la longitud o distancia Este-Oeste de la Tierra.

MDT

Un Modelo Digital del Terreno (MDT) es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua.

PARALELO

Línea resultante de la intersección de un plano paralelo al del Ecuador y la superficie terrestre.

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA

Es una correspondencia biunívoca entre los puntos de la superficie terrestre y los puntos de un plano.

SISTEMA DE COORDENADAS

Un sistema de coordenadas es un conjunto de valores que permiten definir inequívocamente la posición de cualquier punto de un espacio geométrico respecto un punto denominado origen.

SISTEMA GESTOR DE BASES DE DATOS (SGBD)

Los Sistemas Gestores de Bases de Datos son un tipo de software muy específico, dedicado a servir de interfaz entre las bases de datos y las aplicaciones que la utilizan. Se compone de un lenguaje de definición de datos, de un lenguaje de manipulación de datos y de un lenguaje de consulta.

SIG

Un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión. (NCGIA, 1990).

TELEDETECCIÓN

Técnica que permite obtener información sobre un objeto, superficie o fenómeno a través del análisis de los datos adquiridos por un instrumento que no está en contacto con él.

10 Bibliografía

- BOSQUE, J. (1992). *Sistemas de Información Geográfica*. Madrid: Ed. Rialp
- CHUVIECO, E. (1990). *Fundamentos de teledetección espacial*. Madrid: Ed. Rialp

Enlaces de interés en Internet

- *gvSIG 1.1 - Manual de usuario Versión 3*
http://www.gvsig.gva.es/fileadmin/conselleria/images/Documentacion/descargas/manuales/gvSIG-1_1-man-v3-es.pdf [fecha consulta: 03/10/2007]
- *Sistemas de Información Geográfica y Gestión del Territorio - Curso de Formación de gvSIG*
http://www.gvsig.gva.es/fileadmin/conselleria/images/Documentacion/cursos/Curso-gvSIG-0_3.pdf [fecha consulta: 04/10/2007]
- *Fundamentos de análisis geográfico con SEXTANTE*
<http://campusvirtual.unex.es/cala/file.php/146/Manual.pdf> [fecha consulta: 03/10/2007]
- Institut Cartogràfic de Catalunya: <http://www.icc.es/portal>
- Oficina Virtual del Catastro: <http://ovc.catastro.minhac.es/>
- Open GIS Consortium: <http://www.opengeospatial.org/>
- Recursos de Gabriel Ortiz: <http://www.gabrielortiz.com/>
- Wikipedia: <http://es.wikipedia.org/wiki/Portada>