

# Memoria

---

Explotación de recursos en el subsuelo del área  
de Cataluña

---

## **Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas - TFC**

### **Implantación de una solución SIG para la ayuda a la toma de decisiones para la explotación de recursos del subsuelo**

El objetivo es una aplicación que permita realizar el cálculo del volumen de tierras disponibles en el subsuelo de un área seleccionada. El objetivo final del proyecto será crear un Sistema de Información Geográfica SIG que ayude a valorar que parcelas del área seleccionada son las que disponen de más volumen de tierras para iniciar su explotación. Para ello, se dispone del software *gvSIG* y sus extensiones (*SEXTANTE*) y de toda la información que se pueda obtener sobre los SIG, Cartografía, Geodesia, ... Para llevar a cabo este proyecto se necesita tener experiencia en Bases de Datos, Programación Orientada a Objetos y sería recomendable tener conocimientos sobre Ingeniería del Programador. El proyecto se centrará en la utilización de *gvSIG*, como un ejemplo concreto de software SIG de libre acceso, solución desarrollada por la "Conselleria d'Obres Publiques de la Generalitat Valenciana". Una parte de este proyecto consistirá en evaluar este software. El resultado final será la obtención de los conocimientos necesarios para poder trabajar con datos espaciales además de una aplicación SIG para el cálculo del volumen de tierras de un área seleccionada.

---

# Índice

<b>ÍNDICE</b> .....	<b>1</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>3</b>
<b>GLOSARIO</b> .....	<b>1</b>
<b>PREFACIO</b> .....	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>2</b>
1.1. OBJETIVOS DEL TFC .....	2
1.2. METODOLOGÍA .....	3
1.3. PLANIFICACIÓN.....	4
1.4. SIGUIENTES CAPÍTULOS.....	5
<b>2. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS SIG</b> .....	<b>6</b>
2.1. ESTUDIO DE LOS SISTEMAS SIG .....	6
2.1.1 <i>¿Qué es un SIG?</i> .....	6
2.1.1.1 Definición de SIG .....	6
2.1.1.2 Los SIG y los Sistemas de Información.....	7
2.1.1.3 ¿Para que sirven los SIG?.....	7
2.1.1.4 Componentes de un SIG.....	8
2.1.1.5 Ventajas de los SIG.....	9
2.1.1.6 Técnicas afines .....	9
2.1.2 <i>¿Qué es la cartografía?</i> .....	9
2.1.2.1 Cartografía Topográfica.....	10
2.1.2.2 Mapa.....	10
2.1.2.3 Mapa Topográfico.....	10
2.1.2.4 Mapa Temático .....	10
2.1.3 <i>¿Qué es la geodesia?</i> .....	10
2.1.3.1 Definición de Geoide.....	11
2.1.3.2 Definición de Elipsoide .....	11
2.1.3.3 Definición de Datum.....	11
2.1.4 <i>Sistemas de proyección</i> .....	12
2.1.4.1 Proyecciones planas .....	12
2.1.4.2 Proyecciones geodésicas.....	12
2.1.5 <i>Modelos de Datos (Raster y Vectorial)</i> .....	13
2.1.5.1 Modelo Vectorial .....	14
2.1.5.2 Modelo Raster .....	14
2.1.5.3 Ventajas y desventajas de los modelos Vectorial y Raster .....	14
2.1.6 <i>Modelos digitales del terreno</i> .....	16
2.1.7 <i>Análisis espacial</i> .....	16
2.1.8 <i>Coordenadas Geográficas</i> .....	17
2.1.8.1 Localización geográfica de un punto .....	17
2.1.8.2 Coordenadas Geográficas .....	18
2.1.8.3 Longitud .....	18
2.1.8.4 Latitud.....	19
2.1.9 <i>Metadatos</i> .....	19
2.1.9.1 ¿Para que sirven los Metadatos? .....	19
2.1.9.2 Las IDE.....	19
2.1.10 <i>Bases de datos geográficas</i> .....	20
2.2. LOS SIG EN ESPAÑA .....	20
2.2.1 <i>Instituciones</i> .....	20
2.2.1.1 recursos, Servicios y Datos.....	20
2.2.2 <i>Sistemas de medición</i> .....	21
2.2.2.3 Transición de ED50 a ETRS89.....	21
2.3. <i>gvSIG</i> .....	22
2.3.1. <i>Introducción a gvSIG</i> .....	22
2.3.2 <i>¿Qué es gvSIG?</i> .....	22

2.3.3 ¿Qué podemos hacer con gvSIG? .....	23
2.3.4. Características.....	23
2.3.5. Protocolos.....	23
2.3.6. Funcionalidades .....	23
2.3.7. Tipos de documentos .....	24
2.3.8. Formatos.....	24
2.3.9. Evolución de gvSIG.....	24
2.4. EXTENSIONES.....	25
2.4.1. Extensión PilotRaster.....	25
2.4.2. Extensión SEXTANTE.....	25
<b>3. DESARROLLO DE UN SIG .....</b>	<b>27</b>
3.1. BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN .....	27
3.1.1. Búsqueda de información.....	27
3.1.2. Sistema de proyección.....	28
3.2. DESARROLLO DEL SIG .....	28
3.2.1 Preparar la información .....	28
3.1.1 Información UOC .....	28
3.1.2 Información de las Parcelas .....	29
3.1.3 Información ICC .....	29
3.1.4 gvSIG.....	29
3.2.2 Crear el MDT .....	30
3.2.2.1 Crear MDE corte 257-111 y MDE Parcelas.....	30
3.2.2.2 Crear MDT TIERRA / MATERIAL / ROCA .....	30
3.2.3 Pruebas realizadas .....	30
3.2.4 Sistema de interpolación .....	31
3.3. DISEÑO DE LA BASE DE DATOS .....	31
3.3.1 Introducción a Oracle Spatial.....	31
3.3.2 Estructura .....	32
3.3.3 Modelo relacional .....	33
3.4. ANÁLISIS DE LOS DATOS .....	33
3.4.1 Cálculo de volúmenes.....	33
3.4.2 Resultados.....	33
3.4.3 Cálculo de volúmenes.....	34
3.5. EVALUACIÓN DE gvSIG .....	35
Funcionalidades .....	35
Rendimiento .....	35
Acceso a datos.....	35
Personalización .....	35
Documentación.....	35
Soporte .....	36
Exportación de la información.....	36
Extensiones.....	36
<b>LAS E.....</b>	<b>36</b>
<b>4. CONCLUSIONES .....</b>	<b>37</b>
EVALUACIÓN DEL TFC.....	37
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>38</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>39</b>
A. DESCRIPCIÓN DEL TFC.....	39
Títol.....	39
Objectius : .....	39
Descripció.....	39
Coneixements previs.....	40
Requeriments de maquinari .....	40
Requeriments de programari .....	40

B. DATOS CATASTRALES .....	41
C. PASO A PASO.....	42

# Índice de figuras

Tabla 1. Estructura de la memoria.....	4
Figura 1. Diagrama de Gantt.....	4
Figura 2. SIG .....	6
Figura 3. Elementos de un SIG.....	7
Figura 4. Organigrama sobre el desarrollo de un SIG.....	9
Figura 6. Representación del terreno. ....	12
Figura 5. Geoide y Elipsoide .....	12
Figura 7. Proyección de Mercator.....	13
Tabla 3. Ventajas y desventajas de los modelos Vectorial y Raster. ....	15
Figura 8. Modelo de datos SIG. ....	17
Figura 9. Sistema tridimensional, localización de un punto.....	18
Figura 10. Distribución de husos y zonas en la Península Ibérica. ....	21
Figura 11. Pantalla principal de gvSIG. ....	25
Tabla 4. Estructura del fichero SONDEOS .....	28
Figura 7. Parámetros de interpolación.....	31
Figura 8. Modelo relacional de la Base de Datos. ....	33
Tabla 5. Datos del sondeo S16.....	34
Tabla 6. Volúmenes por capa. ....	34
Tabla 7. Volúmenes por parcela. ....	34
Tabla 8. Diferencias de volúmenes.....	35

# Glosario

## **Definición de signos, símbolos, abreviaturas y términos.**

AESIG, Asociación Española de Sistemas de información Geográfica.

Cartografía, conjunto de técnicas utilizadas para la construcción de mapas.

CAD, diseño asistido por ordenador.

CAM, mapas asistidos por ordenador.

Datum, punto tangente al elipsoide y al geoide.

DBMS, Database Management System, Sistema de manejo de bases de datos.

ED50, European Datum – 1950.

Elipsoide, elemento de representación de la Tierra.

ETRS89, European Terrestrial Referente System – 1989.

Geodesia, ciencia de la matemática que tiene por objeto determinar la forma y dimensiones de la Tierra.

Geoespacial, hace referencia a un espacio geográfico.

Geoide, superficie teórica de la Tierra que une todos los puntos que tienen igual gravedad.

Georreferenciar, asignar coordenadas geográficas a un objeto o estructura.

GPL, General Public License.

*gvSIG*, SIG de libre acceso desarrollado por la Comunidad Valenciana.

Hardware, material informático.

ICC, Instituto Cartográfico de Cataluña.

IDEC, Infraestructura de Datos Espaciales de Cataluña.

IDEE, Infraestructura de Datos Espaciales de España.

IGAC, Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

IGC, Instituto Geológico de Cataluña.

JDBC, Java Database Connectivity.

MDE, Modelo Digital de Elevaciones.

MDT, Modelo Digital del Terreno.

Mercator, también conocido como Sistema de Proyección UTM.

Meridiano, líneas de intersección con la superficie terrestre, de los infinitos planos que contienen el eje de la Tierra.

Metadato, datos sobre los datos.

MDT, modelos digitales del terreno.

NCGIA, Centro Nacional de Información y Análisis Geográfico (National Center for Geographic Information and Análisis).

OGC, Open Geospatial Consortium.

Ortofoto, fotografía aérea modificada geoméricamente para ajustarla a un sistema de proyección geográfica.

OVC, Oficina Virtual del Catastro.

*PilotRaster*, extensión Piloto de capas *Raster* de *gvSIG*.

*Raster*, modelo de datos en el que la realidad se representa mediante teselas elementales que forman un mosaico regular.

REGCAN95, Red Geodésica de Canarias – 1995.

REGENTE, Red Geodésica Nacional por Técnicas Espaciales.

SAGA, SIG Alemán en el que se basaba originalmente el proyecto *SEXTANTE*.

*SEXTANTE*, proyecto de la junta de Extremadura para el análisis del terreno.

SHP, extensión de los ficheros shape.

SI, Sistema de Información.

SIG, Sistema de Información Geográfica también conocido por sus siglas en inglés GIS (Geographical Information System).

Software, programa informático.

TFC, Trabajo final de carrera.

Topografía, representación del relieve.

UTM, Universal Transversa Mercator, sistema de proyección geodésica ideado en 1569 por Gerhard Kremer.

Vectorial, modelo de datos en el que la realidad se representa mediante vectores o estructuras de vectores.

VISSIR, Visor del Servidor de Imágenes Raster.

WCatS, Web Catalog Service.

WCS, Web Coverage Service.

WFS, Web Feature Service.

WGS84, Datum Pico de las Nieves.

WMS, Web Map Services.

# Prefacio

## **Nota de presentación.**

Este proyecto pretende introducirse en el mundo de la información espacial y su representación en un plano. Para ello se tiene que de obtener previamente una introducción a los Sistemas SIG para seguidamente introducirse directamente en un trabajo práctico utilizando un software de libre acceso *gvSIG* para realizar una serie de operaciones típicas con la información espacial que se ha proporcionado y la que se ha obtenido en este trabajo de búsqueda de información.

Existen muchos estudios sobre la información espacial y los SIG pero este proyecto se centra en el cálculo del volumen de tierras de un área seleccionada.



# 1. Introducción

## TFC Sistemas de Información Geográfica

Para la correcta realización de este proyecto, se tiene que introducir previamente en el mundo de los Sistemas SIG y para ello se realiza una introducción a los SIG, explicando descripciones sobre Cartografía, Geodesia, tipos de representaciones de la información espacial (*Vector y Raster*), ....

Seguidamente se realiza una introducción a un software SIG de libre acceso en nuestro caso *gvSIG* una iniciativa de la "Conselleria d'Obres Públiques de la Generalitat Valenciana". Este software se caracteriza por una interficie amigable y capaz de acceder a los formatos más estandarizados, tanto raster como vectoriales. Está orientado a usuarios finales de información de naturaleza geográfica, tanto profesionales como de administraciones públicas.

El estudio objeto de este proyecto es:

### La explotación de recursos en el subsuelo del área de Cataluña

En concreto se tiene que realizar el estudio de 5 parcelas contiguas de la población de Bellvís (Lérida), con referencia catastral ([Anexo C](#)):

25061A01400035

25061A01400036

25061A01400041

25061A01400042

25061A01400043

Se puede adelantar sobre la información obtenida de la OVC Oficina Virtual del Catastro, que se trata de parcelas de naturaleza rústica de uso principal de labor o labradío regadío.

De estas parcelas deberemos se tiene que obtener el cálculo del volumen de tierras y poder iniciar su explotación. Para ello se tiene que localizar mapas cartográficos de la zona, posiblemente también *ortofotos* de la zona y además se proporcionará una serie de documentación sobre estudios realizados anteriormente en esta zona.

Para el desarrollo de este proyecto se tiene que crear un SIG sobre una zona determinada de Cataluña, concretamente la zona correspondiente al corte 257-111, que pertenece al término municipal de Bellvís. Este SIG se desarrollará a partir del software de libre acceso *gvSIG* como ya se ha comentado, además se tiene que apoyar en una de sus extensiones, *SEXTANTE*, para poder realizar los cálculos y conversiones de datos necesarios para la correcta funcionalidad de este proyecto.

La finalidad de este proyecto es la obtención de los volúmenes de las capas de los diferentes materiales que componen el suelo de la zona, y en concreto, los volúmenes de las capas que se sitúan bajo las parcelas 35, 36, 41, 42 y 43 de la zona.

## 1.1. Objetivos del TFC

Los objetivos que se tienen que obtener de la realización de este TFC son:

- Aprender a situar las coordenadas de los puntos.
- Diseñar una base de datos donde almacenar la información.
- Generar y utilizar modelos digitales del terreno.
- Capturar o utilizar datos a partir de Wep Map Services (WMS) o Internet.

- Utilizar herramientas SIG de análisis, tanto *raster* como *vectoriales*.

Para poder realizar este objetivo, es indispensable la implementación de un SIG para poder situar, gestionar y analizar los datos digitales. Se necesita previamente:

- Conocer que es un SIG, que elementos lo componen, que lo diferencia de otros sistemas de información y cuales son sus aplicaciones.
- Conocer los diferentes sistemas de almacenamiento de la información.
- Obtener las nociones básicas sobre cartografía y Geodesia que permitan saber como se obtiene la posición de un elemento situado sobre la superficie de la tierra y como, después, esta posición se puede transformar en una posición en un mapa plano.
- Localizar y utilizar fuentes de información cartográfica gratuita por Internet: descarga de información cartográfica, servicios WMS, ...
- Aprender a utilizar las funcionalidades que ofrece *gvSIG* y sus extensiones necesarias (*SEXTANTE*).
- Analizar e implementar el modelo de datos adecuado.
- Definir y crear un SIG para el cálculo del volumen de tierras de las parcelas seleccionadas.

Una parte del trabajo consiste en valorar el programa *gvSIG*. Hay muchos aspectos que se pueden evaluar en las aplicaciones SIG como:

- Funcionalidades de edición, análisis y de consulta.
- Rendimiento,
- Acceso a diferentes orígenes de datos.
- Personalización.
- Lenguaje de programación.
- Documentación asociada.
- Soporte del producto.
- Exportaciones a formatos estándar.
- Otros aspectos.

## 1.2. Metodología

Este proyecto se estructurará en tres capítulos básicos: Introducción a los SIG, Desarrollo de un SIG y Conclusiones.

Capítulo	Tarea
2	Introducción a los sistemas SIG. 2.1 Estudio de los sistemas SIG. 2.2 Nuestros SIG 2.3 Estudio del software <i>gvSIG</i> . 2.4 Estudio de las extensiones <i>SEXTANTE</i> y <i>PilotRaster</i> .
3	Desarrollo de un sistema SIG

	3.1 Búsqueda de información.
	3.2 Desarrollo del SIG
	3.2 Diseño de la base de datos.
	3.3 Análisis de los datos.
4	Conclusiones
	4.1 Evaluación del TFC
	4.2 Evaluación de gvSIG

Tabla 1. Estructura de la memoria.

Para llevar a cabo esta estructuración, se seguirá la siguiente metodología:

- Búsqueda de información.
- Desarrollo del capítulo.
- Ampliación del capítulo Conclusiones.

### 1.3. Planificación

La planificación se basa en el siguiente *diagrama de Gantt*:

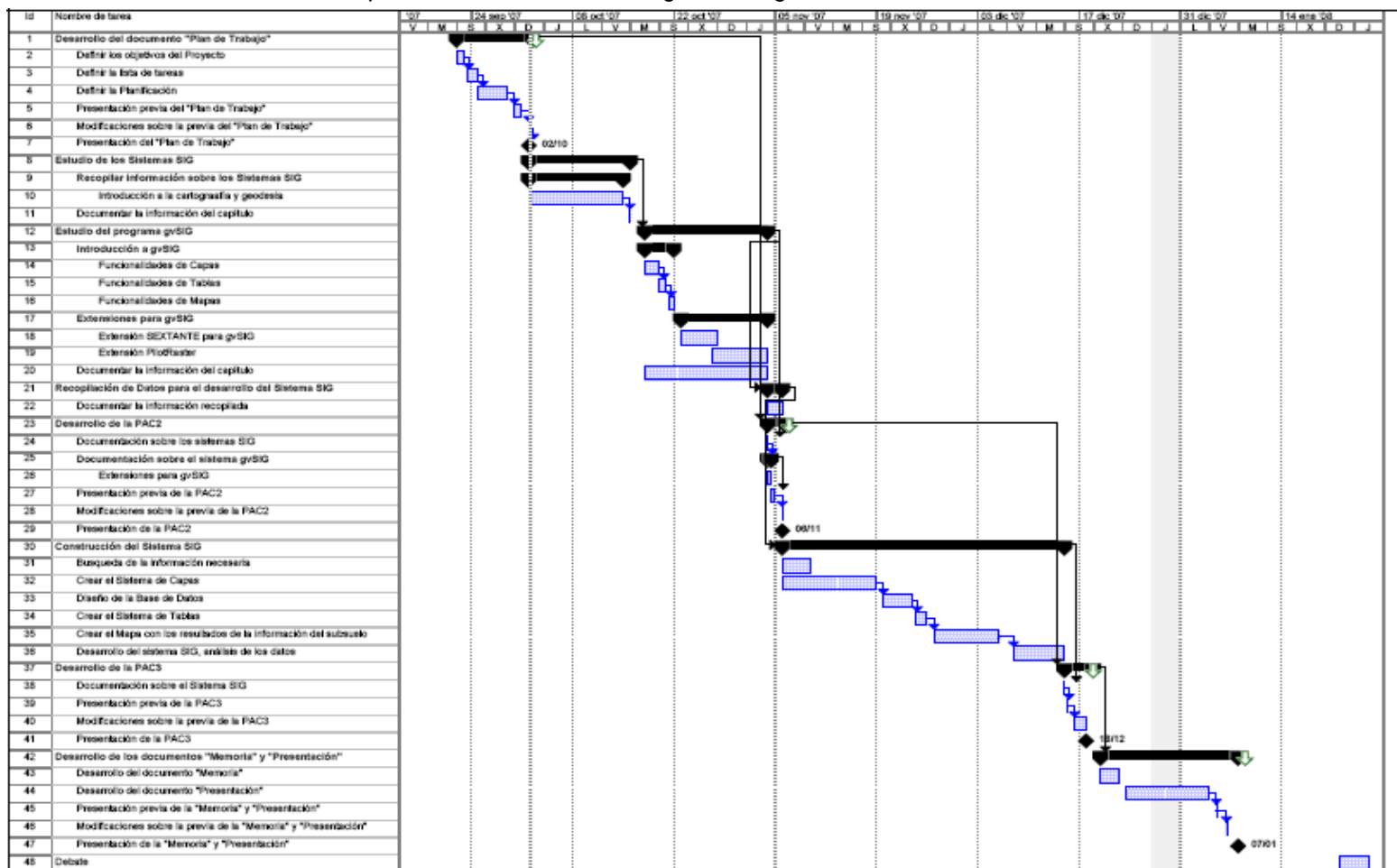


Figura 1. Diagrama de Gantt.

## 1.4. Sigüientes capítulos

En los siguientes capítulos se obtendrá toda la información hasta este momento comentada. Primero de todo nos introduciremos en el mundo de los SIG para seguidamente realizar todos los pasos pertinentes para la realización del SIG demandado. Finalmente, se realizará una evaluación sobre los sistemas SIG y concretamente sobre el SIG desarrollado y del software utilizado *gvSIG* así como de sus extensiones.

## 2. Introducción a los sistemas SIG

### Introducción a los Sistemas de Información Geográfica

En este apartado, se realiza una introducción a los sistemas SIG, y a los conceptos que se utilizan para su descripción como por ejemplo Cartografía, Geodesia,...

Seguidamente se estudiará el software designado para el desarrollo de este proyecto (*gvSIG*) así como de sus extensiones.

### 2.1. Estudio de los sistemas SIG

#### 2.1.1 ¿Qué es un SIG?

##### 2.1.1.1 Definición de SIG

Un SIG es 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 complejos de planificación y gestión. National Center for Geographic Information and Analysis – NCGIA.

Existen numerosas definiciones sobre la definición de SIG, desde que los SIG son casos particulares de otros sistemas de información pasando por las que consideran a los SIG como una caja de herramientas de tratamiento y análisis de la información espacial al servicio de la planificación y gestión del territorio hasta las que consideran a los SIG como un tipo especial de bases de datos.

Pero en todas estas definiciones existe una característica en común y es que todas hablan de su tratamiento con la información geográfica.

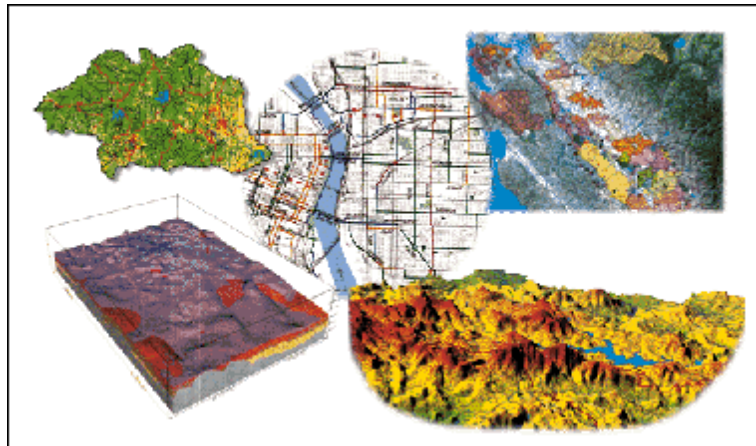


Figura 2. SIG

Técnicamente se puede definir un SIG como una tecnología de manejo de información geográfica formada por equipos electrónicos (hardware) programados adecuadamente (software) que permiten manejar una serie de datos espaciales (información geográfica) y realizar análisis complejos con éstos siguiendo los criterios impuestos por el equipo científico (personal).

Son por tanto cinco los elementos constitutivos de un sistema de estas características:



Figura 3. Elementos de un SIG

### 2.1.1.2 Los SIG y los Sistemas de Información

Los SIG son parte de los Sistemas de Información SI. Surgen en el contexto de la *Sociedad de la Información*, en la que resulta esencial la disponibilidad rápida de la información, para resolver problemas y contestar a las preguntas de modo inmediato. (Gutierrez y Gould, 1994)

Los SIG por tanto, incluyen como los SI una base de datos, una base de conocimiento (conjunto de procedimientos de análisis y manipulación de datos) y un sistema de interacción con el usuario.

Los SIG son en algunos casos un SI y un Sistema de Apoyo a la Decisión. En ellos, los datos y la base de conocimientos se estructuran para servir de ayuda a la toma de decisiones, facilitando posibles contestaciones y simulaciones de lo que podría ocurrir en caso de adoptar esta o aquella postura. (Bosque, 1992)

### 2.1.1.3 ¿Para que sirven los SIG?

Los SIG responden a cuestiones sobre localización (¿Qué hay en ...?), condición (¿dónde sucede que ...?), tendencias (¿Qué ha cambiado ...?), pautas, modelos, rutas, etc., cuestiones que son de interés primordial en actividades relacionadas con la planificación.

Los SIG nos permiten interrelacionar o integrar información sobre diferentes fenómenos o elementos territoriales en base a su localización y relaciones en el espacio. La información se estructura en capas temáticas como pueden ser la red viaria, la red hidrográfica, la altitud, los usos del suelo, la planificación urbanística.

Los SIG no sólo permiten consultar esta información de una forma sencilla y rápida, sino que además nos posibilitan el cruce entre capas de información. Así se pueden hacer consultas del tipo:

- ¿A qué propietarios afectará la expropiación de terrenos?
- ¿Cuáles son los lugares de interés comunitario presentes en lugares no protegidos?

Los SIG también deben permitir construir modelos más complicados que faciliten la toma de decisiones en la gestión del territorio. Por ejemplo se puede:

- Localizar zonas susceptibles de sufrir inundaciones.
- Establecer la aptitud de unos terrenos en función de diferentes parámetros (pendiente, humedad, salinidad, etc..) con el fin de conseguir el equilibrio entre el desarrollo económico local y la conservación ambiental de las zonas rurales.
- Encontrar zonas adecuadas para realizar planes de desarrollo locales conociendo sus fortalezas y debilidades, así como sus recursos y potencialidades.

#### 2.1.1.4 Componentes de un SIG

Un SIG se compone de recursos técnicos, humanos, de organización y de datos.

Los recursos técnicos se basan en el subsistema de entrada, que realiza la captura y transformación de datos analógicos tales como mapas impresos, registros alfanuméricos en papel y observaciones de campo. También se encarga de convertir la información digital proveniente de sensores remotos u otros SI, a una plataforma compatible con lenguaje computacional del SIG. Entre ellos figuran escáneres, Internet,...

Otro recurso técnico es el subsistema de manejo, es el subsistema que permite el almacenamiento, ordenación y recuperación de datos. Esta organización es posible gracias a programas conocidos como Sistemas de Mantenimiento de Base de Datos DBMS que permiten manejar datos espaciales digitales. Mediante las bases de datos y los DBMS se obtiene una administración de datos que permiten su consulta, tratamiento de datos derivados y su retroalimentación.

Subsistema de análisis, existen muchos análisis en SIG desde la sencillez de la comparación de objetos según sus atributos hasta complejos análisis de rutas eficientes en tiempo y distancia. Son típicos análisis en los SIG el análisis espacial, análisis de proximidad, análisis de redes y análisis en tercera dimensión.

El subsistema de salida, comprende la presentación de los datos y despliegue de resultados derivados del subsistema de análisis. La salida de datos corresponde tanto a un despliegue gráfico (mapas, gráficas) como alfanuméricos (tablas, reportes). A su vez la salida puede generarse tanto en formatos análogos como digitales que puedan ser exportados mediante diversos medios a otro SIG u otro tipo de software.

Recurso humano, un SIG requiere un equipo humano, cuya preparación no debe limitarse al conocimiento de los SIG mismos, sino que debe cubrir razonablemente las diferentes áreas implicadas en los análisis y campos de aplicación. El recurso humano lo comprenden tanto las personas capaces de conceptualizar y manejar las utilidades de la tecnología SIG como también aquellas que actúan solamente en calidad de cliente.

La implantación de un SIG debe desarrollarse bajo el amparo de una voluntad institucional fuerte, decidida y convencida a fondo de las implicaciones de adoptar esta tecnología.

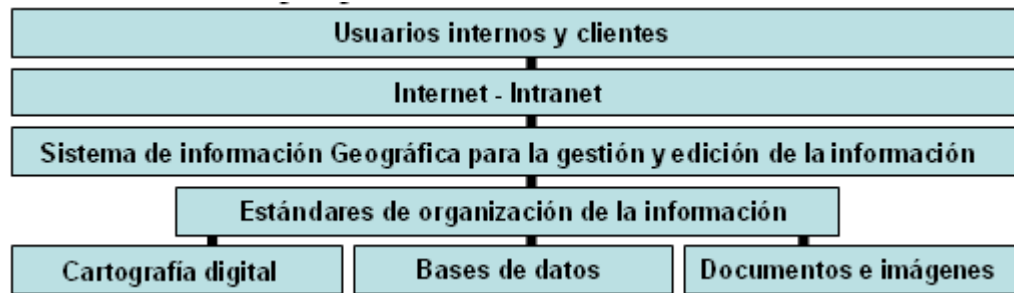


Figura 4. Organigrama sobre el desarrollo de un SIG.

#### 2.1.1.5 Ventajas de los SIG

- Los SIG brindan el salto del mapa impreso en papel al manejo de mapas digitales y el salto a la sobre posición digital.
- A diferencia de la cartografía digital, que no va más allá de la ubicación de los objetos, los SIG no sólo nos permiten manipular los elementos de un mapa sino relacionar cada objeto con una información más amplia y establecer relaciones espaciales y de carácter.
- Los SIG permiten análisis matemático y salidas gráficas para visualizar resultados parciales y finales de un trabajo.
- Como los SIG manejan la base de datos por un lado y la presentación por otro, se pueden generar muchos mapas desde los mismos datos.

#### 2.1.1.6 Técnicas afines

Los SIG evolucionan a partir de otras técnicas como:

- CAD, diseño asistido por ordenador y los mapas asistidos por computados CAM han agilizado los procesos de elaboración y actualización satisfaciendo las demandas de usuarios de información gráfica espacial.
- Cartografía automática, el SIG comparte con la cartografía sus funciones comunes de almacenamiento y comunicación de información geográfica.
- DBMS, son un conjunto de programas que permitan manejar los registros de una base de datos. Los DBMS le permiten incorporar al SIG todas las características que describen los diferentes elementos analizados permitiendo ingresar, recuperar, cambiar, comparar y distribuir información.
- Sensores remotos y procesamiento digital de imágenes, contribuyen como fuente típica de información. Es común el uso de imágenes satelitales corregidas mediante procesamiento digital como fuente inicial en la generación de niveles temáticos.

#### 2.1.2 ¿Qué es la cartografía?

Técnica de representar en forma convencional parte o toda la superficie terrestre sobre un plano, utilizando para éste fin un sistema de proyección y una relación de proporcionalidad (escala) entre el terreno y el mapa. ([IGAC](#). El uso de mapas y fotografías aéreas, 1990)



Una proyección cartográfica es una correspondencia biunívoca entre los puntos de la superficie terrestre y los puntos de un plano llamado Plano de Proyección. Puesto que cualquier punto de la esfera está definido por sus coordenadas geográficas (l,f) y cualquier punto del plano lo está por sus coordenadas (X,Y), existirá una serie infinita de relaciones que ligen (l,f) con (X,Y). Cada una de estas infinitas relaciones será un sistema de proyección cartográfico.

### 2.1.2.1 Cartografía Topográfica

La cartografía topográfica recolecta, procesa y elabora datos de relieve. Se apoya en ciencias básicas como la geodesia, la fotogrametría y la percepción remota, para determinar la forma y el tamaño de la superficie de la tierra y representarla sobre un plano.

### 2.1.2.2 Mapa

El mapa es una representación convencional generalmente plana, de posiciones de fenómenos abstractos o concretos, localizables en el espacio. Se trata por tanto de un documento estético, agradable de consultar, dotado de un poder real de sugestión, producto de concepciones racionales y lógicas.

### 2.1.2.3 Mapa Topográfico

Representación del relieve o topografía; en la ejecución de este mapa generalmente se transfieren los puntos localizados sobre una esfera de volumen tridimensional, a una hoja de papel o superficie en dos dimensiones.

### 2.1.2.4 Mapa Temático

Representación de ciertas características de distribución, relación, densidad, y regionalización de objetos reales, tales como suelo, la vegetación y la geología.

## 2.1.3 ¿Qué es la geodesia?

Ciencia de la matemática que tiene por objeto determinar la forma y dimensiones de la Tierra, 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. La topografía de los terrenos, los elementos naturales y artificiales como embalses, puentes y carreteras, se representan en los mapas gracias a los levantamientos geodésicos.

#### Geodesia cartográfica

En la Geodesia matemática se formulan los métodos y las técnicas para la construcción y el cálculo de las coordenadas de redes de puntos de referencia para el levantamiento de un país o de una región. Estas redes pueden ser referenciadas para nuevas redes de orden inferior y para mediciones topográficas y registrales. Para los cálculos planimétricos modernos se usan básicamente tres diferentes sistemas de coordenadas, definidos como 'proyecciones conformes' de la red geográfica de coordenadas: la proyección estereográfica (para áreas de pequeña extensión), la proyección 'Lambert' (para países con grandes extensiones en la dirección oeste-este) y la proyección Mercator transversal o proyección transversal de Gauss (p.e. UTM), para áreas con mayores extensiones meridionales.

Según la resolución de la IUGG (Roma, 1954) cada país puede definir su propio sistema de referencia altimétrica. Estos sistemas también son llamados 'sistemas altimétricos de uso'. Tales

sistemas de uso son, p.e., las alturas ortométricas, que son la longitud de la línea vertical entre un punto P y el punto P', que es la intersección de aquella línea de las verticales con el geode. Se determina tal altura como la cota Geopotencial  $c$  a través de la relación, donde  $g$  es la media de las aceleraciones de gravedad acompañando la línea PP', un valor que no es conmensurable directamente, y para determinarlo se necesita de más informaciones sobre la variación de las masas en el interior de la Tierra. Las alturas ortométricas son exactamente definidas, su valor numérico se determina apenas aproximadamente. Para esa aproximación se usa también la relación (fórmula) donde la constante es la media de las aceleraciones de gravedad.

(Wikipedia)

### 2.1.3.1 Definición de Geoide

Superficie teórica de la tierra que une todos los puntos que tienen igual gravedad. La forma así creada supone la continuación por debajo de la superficie de los continentes, de la superficie de los océanos y mares suponiendo la ausencia de mareas, con la superficie de los océanos en calma y sin ninguna perturbación exterior. Como perturbaciones exteriores se encuentra la atracción de la luna, mareas y las interacciones de todo el sistema solar.

Lejos de lo que se podría imaginar, esta superficie no es uniforme, sino que presenta una serie de irregularidades, causadas por la distinta composición mineral del interior de la tierra y de sus distintas densidades, lo que implica que para cada punto de la superficie terrestre exista una distancia distinta desde el centro de la tierra al punto del geode.

### 2.1.3.2 Definición de Elipsoide

Como sabemos la tierra no es redonda, y su figura se asemeja a una esfera achatada por los polos, y no existe figura geométrica alguna que la represente, debido fundamentalmente a las irregularidades existentes.

Estas irregularidades de la tierra son detectables y no extrapolables a todos los puntos, simétricos de la tierra, ya que no existe un único modelo matemático que represente toda la superficie terrestre, de hecho emplean un modelo matemático distinto, de forma que se adapte mejor a la forma de la tierra en la zona a cartografiar.

### 2.1.3.3 Definición de Datum

Se define como el punto tangente al elipsoide y al geode, donde ambos son coincidentes.

Cada Datum está compuesto por:

- Un elipsoide, definido por  $a, b$ , aplastamiento.
- Un punto llamado Fundamental en el que el elipsoide y la Tierra son tangentes. Este punto Fundamental se le define por sus coordenadas geográficas longitud y latitud, además del acimut de una dirección con origen en el punto de Fundamental. Esta desviación se le denomina:
  - $\eta$  → Desviación en la vertical
  - $\xi$  → Desviación en el meridiano

En el punto Fundamental coincide el elipsoide con la superficie real de la tierra así como en este punto las coordenadas astronómicas (las del elipsoide) y las geodésicas (las de la Tierra).

Estas dos desviaciones definidas vienen dadas al no coincidir la vertical perpendicular al geoides, trazada por el punto fundamental, con la vertical perpendicular al elipsoide. Quedando el sistema definido al estar definidos estos ángulos en el Datum.

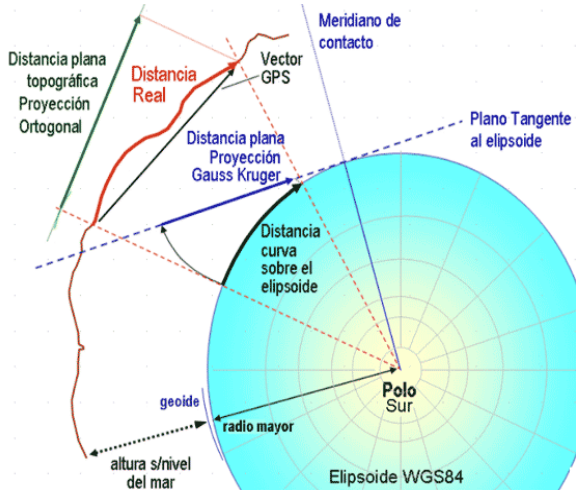


Figura 5. Geoides y Elipsoide

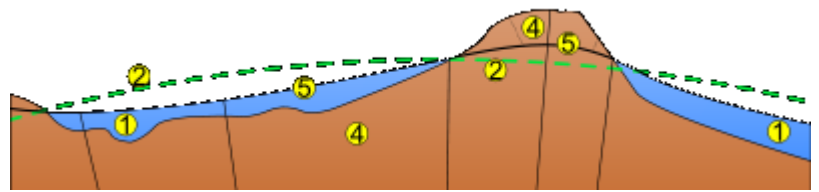


Figura 6. Representación del terreno.

## 2.1.4 Sistemas de proyección

La representación cartográfica del globo terrestre, ya sea considerando éste como una esfera o una elipsoide, supone un problema, ya que no existe modo alguno de representar toda la superficie desarrollada sin deformarla e incluso de llegar a representarla fielmente, ya que la superficie de una esfera no es desarrollable en su conversión a un soporte de papel (representación plana).

Las proyecciones estudian las distintas formas de desarrollar la superficie terrestre minimizando, en la medida de lo posible, las deformaciones sufridas al representar la superficie terrestre.

En todos los casos conservan o minimizan los errores, dependiendo de la magnitud física que se desea conservar; su superficie, las distancias, los ángulos,... teniendo en cuenta que únicamente se podrá conservar una de las magnitudes y no todas a la vez.

Se recurre a un sistema de proyección cuando la superficie que estamos considerando es tan grande que tiene influencia la esfericidad terrestre en la representación cartográfica. La parte de la tierra entonces representada en papel u otro soporte se denomina mapa. Esta representación de la tierra entra dentro del campo de la Geodesia.

### 2.1.4.1 Proyecciones planas

Cuando la superficie a representar es pequeña y por lo tanto la esfericidad terrestre no va a influir en la representación cartográfica, por ejemplo en pequeños levantamientos topográficos, se recurre a su representación de forma plana, de forma que todos los puntos representados están vistos desde su perpendicular.

### 2.1.4.2 Proyecciones geodésicas

Son proyecciones en las que la esfericidad terrestre tiene repercusión importante sobre la representación de posiciones geográficas, sus superficies, sus ángulos y sus distancias.

El sistema UTM es un sistema de proyección geodésica ideado en 1569 por Gerhard Kremer, denominado Mercator al latinizar su apellido. Es un sistema en el cual se

construye geoméricamente el mapa de manera que los meridianos y paralelos se transformen en una red regular, rectangular, de manera que se conserven los ángulos originales.

Este tipo de proyección es la utilizada por la cartografía española.

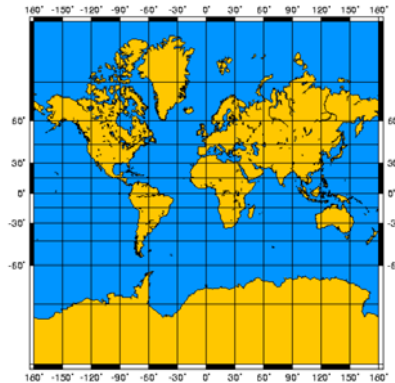


Figura 7. Proyección de Mercator

## 2.1.5 Modelos de Datos (Raster y Vectorial)

Concepto de Modelo de datos

"Es la conceptualización del espacio" (Gutiérrez y Gould, 1994).

"Conjunto de herramientas conceptuales para la organización de los datos e incluye cuestiones relacionadas con los mosaicos (teselaciones) del modelo raster y las polilíneas del modelo vector" (Laurini y Thomson, 1992. Tomado de Gutiérrez y Gould, 1994).

"Un modelo de datos geográfico es un abstracción del mundo real que emplea una serie de datos objeto que ayudan al despliegue de mapas, consultas, edición y análisis" (ZEILER, 1999)

Para manejar un sistema de información sobre el mundo real es necesario resolver los siguientes problemas (IGAC Conceptos básicos sobre sistemas de información geográfica, 1995):

- Definir los objetos o entidades de interés, sus atributos y relaciones
- Clasificarlos
- Codificarlos
- Asignarles normas de representación

"Un modelo de datos permite clasificar elementos del paisaje de tal manera que representen diferentes grados de detalle, por ejemplo, en orden jerárquico: Temas, Grupos, Objetos, con lo cual los usuarios de SIG pueden consultar y manejar la información en su nivel deseado" (IGAC Conceptos básicos sobre sistemas de información geográfica, 1995)

Definición de Estructura de Datos

Implementación de la conceptualización del modelo de datos, en el computador (Gutiérrez y Gould, 1994).

"Descripción práctica más detallada y concreta de los fenómenos espaciales e incluye cuestiones para el almacenamiento de los datos geográficos mediante procedimientos como la codificación de grupos de longitud variable en el modelo raster o las listas de coordenadas en el modelo vectorial" (Laurini y Thomson, 1992; Tomado de Gutiérrez y Gould, 1994).

### 2.1.5.1 Modelo Vectorial

Las propiedades constituyen el criterio de diferenciación de los individuos geográficos que existen en el mundo real: las entidades. Esas entidades son representadas por medio de objetos de la base de datos. Así por ejemplo, un lago (la entidad) puede representarse en un SIG mediante un polígono (el objeto) (Gutiérrez y Gould, 1994).

Para modelizar las entidades del mundo real se utilizan tres tipos de objetos espaciales:

- Puntos. Objetos espaciales de 0 dimensiones. Se pueden representar mediante puntos cualquier elemento cuyas dimensiones se desprecian desde la perspectiva cartográfica.
- Líneas. Objetos espaciales de una dimensión. Las líneas están definidas mediante sucesión de puntos.
- Polígonos. Objetos espaciales de dos dimensiones. Se representan mediante una sucesión de líneas que cierran (un anillo).

### 2.1.5.2 Modelo Raster

"Proporciona una aproximación basada en objetos elementales (celdas), que pueden agruparse para constituir objetos complejos que representan el mundo real" (Gutiérrez y Gould, 1994).

La representación de los elementos del mundo real se realiza de la siguiente forma:

Un punto. Se representa mediante una celda

Una Línea: se representa mediante una sucesión de celdas alineadas.

Un polígono. Se representa mediante una agrupación de celdas contiguas.

Uno de los inconvenientes es la falta de exactitud en la localización de los elementos; sin embargo las celdas podrían ser tan pequeñas, hasta llegar a una exactitud similar a la del modelo vectorial, pero producirían unas necesidades bastante altas en almacenamiento y procesamiento de datos.

### 2.1.5.3 Ventajas y desventajas de los modelos Vectorial y Raster

La comparación entre los dos modelos se centra en el volumen de almacenamiento, calidad de la representación gráfica, exhaustividad de la representación y facilidad de proceso (Aronoff, 1989; Gutiérrez y Gould, 1994; Bosque, 1992; Moldes, 1995).

Modelo Vectorial	Modelo Raster
Volumen de almacenamiento más compacto. Necesita menos espacio de almacenamiento. <b>V</b>	Gran volumen de almacenamiento, si es necesario una representación muy precisa. En algunos casos las técnicas de compresión de datos pueden solucionar el problema. <b>D</b>
Genera una codificación eficiente de la topología, por lo tanto una implementación eficiente de las operaciones que requieren información topológica, como el análisis de redes. <b>V</b>	Determinadas relaciones topológicas son más difíciles de representar. <b>D</b>
Es la representación más adecuada para la realización de gráficos y mapas precisos. <b>V</b>	La representación en celdas es poco adecuada para representar entidades lineales (Ej. vías, redes de servicios, etc.). <b>D</b>
Permite medir distancias, superficies y volúmenes en forma más precisa. <b>V</b>	Tiene en general poca precisión en los cálculos de superficie, distancias, etc. ya que suele ser imposible utilizar celdas muy pequeñas, por lo que el modelo raster es válido para análisis globales a pequeñas escalas (grandes áreas). <b>D</b>
Reconoce explícitamente la existencia de objetos geográficos. Permite la gestión individualizada de las entidades geográficas, es decir permite punteros precisos a la base datos. <b>V</b>	No reconoce explícitamente la existencia de objetos geográficos, y por tanto en aplicaciones en que sea esencial su empleo, este modelo tiene pocas posibilidades de ser utilizado. <b>D</b>
Estructura de Datos más compleja. <b>V</b>	Representación simple de los datos, que permite realizar con facilidad procesos de análisis. <b>D</b>
Las operaciones de superposición de mapas son más difíciles de implementar. <b>D</b>	Las operaciones de superposición de mapas se implementa de forma rápida y eficiente. <b>V</b>
El tratamiento y realce de las imágenes digitales no puede realizarse de manera eficiente. <b>D</b>	Este modelo es el requerido para un eficiente tratamiento y realce de las imágenes digitales. <b>V</b>
No permite representar en forma satisfactoria entidades complejas, tales como fotografías, paisajes, árboles, fachadas, etc. <b>D</b>	Permite con facilidad la representación de entidades complejas. <b>V</b>

Tabla 3. Ventajas y desventajas de los modelos Vectorial y Raster.

## 2.1.6 Modelos digitales del terreno

Un modelo digital del terreno es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua.

Los modelos digitales del terreno o MDT son, por tanto, modelos simbólicos ya que las relaciones de correspondencia que se establecen con el objeto real tienen la forma de algoritmos o formalismos matemáticos.

Las propiedades básicas de los MDT son:

- Los MDT toman la forma de estructuras de datos, lo que significa que no son sólo una acumulación o listado de cifras sino que su construcción se realiza de acuerdo con una estructura interna. Esta estructura se refleja en la forma lógica de almacenar y vincular las unidades de información de datos entre sí, que debe representar de alguna forma las relaciones espaciales entre los datos.

Esta condición implica, por ejemplo, que un simple listado de coordenadas acompañadas por su altitud no puede considerarse propiamente un MDT, aunque contenga toda la información necesaria para construirlo ya que no existe una estructura interna y se hace necesario un proceso de los datos para hacerla utilizable en la modelización.

- En segundo lugar, los MDT representan la distribución espacial de una variable; lo que acota claramente su ámbito de actuación en la modelización de fenómenos geográficos.
- Finalmente, la definición indica que la variable representada en el MDT debe ser cuantitativa y de distribución continua.

La definición de MDT no hace referencia explícita a la variable representada que, por tanto, puede ser cualquiera que cumpla con los requisitos de la misma. Este aspecto, aunque en principio pueda parecer evidente, debe ser destacado ya que es habitual identificar los MDT con los MDE o modelos digitales de elevaciones cuando, en realidad, pueden ser representadas muchas otras propiedades del terreno. Para diferenciar claramente qué variable se está representando en el modelo denominaremos los modelos digitales de forma explícita, de acuerdo con la propiedad representada, modelo digital de pendientes, por ejemplo, y reservaremos el término MDT para la denominación genérica.

## 2.1.7 Análisis espacial

En función del modelo de datos implementado en cada sistema, podemos distinguir entre SIG: *Vectoriales o Raster*.

Los SIG Vectoriales utilizan vectores (básicamente líneas), para delimitar los objetos geográficos, mientras que los raster utilizan una cuadrícula regular para documentar los elementos geográficos que tienen lugar en el espacio.

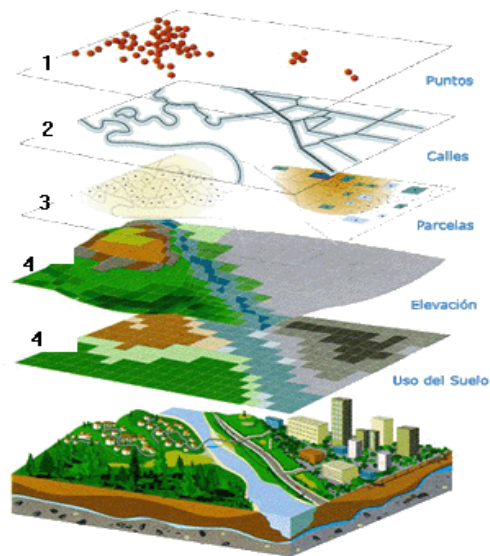


Figura 8. Modelo de datos SIG.

Los SIG Vectoriales, son aquellos SIG que para la descripción de los objetos geográficos utilizan vectores definidos por pares de coordenadas relativas a algún sistema cartográfico.

Con un par de coordenadas y su altitud gestionan un punto (vértice geodésico), con dos puntos generan una línea, y con una agrupación de líneas forman polígonos. En general, el modelo de datos vectorial es adecuado cuando trabajamos con objetos geográficos con límites bien establecidos, como pueden ser fincas, carreteras, etc.

Los SIG 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 cuadrícula 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. Dado que la malla es regular (el tamaño del píxel es constante) y que conocemos la posición en coordenadas del centro de una de las celdas, se puede decir que todos los pixels están georreferenciados.

Lógicamente, para tener una descripción precisa de los objetos geográficos contenidos en la base de datos el tamaño del píxel ha de ser reducido (en función de la escala), lo que dotará a la malla de una resolución alta. Sin embargo, a mayor número de filas y columnas en la malla (más resolución), mayor esfuerzo en el proceso de captura de la información y mayor costo computacional a la hora de procesar la misma.

No obstante, el modelo de datos raster es especialmente útil cuando tenemos que describir objetos geográficos con límites difusos, como por ejemplo puede ser la dispersión de una nube de contaminantes, o los niveles de contaminación de un acuífero subterráneo, donde los contornos no son absolutamente nítidos; en estos casos, el modelo raster es más apropiado que el vectorial.

## 2.1.8 Coordenadas Geográficas

### 2.1.8.1 Localización geográfica de un punto

Básicamente la localización geográfica de un punto se puede realizar detallando uno de estos dos sistemas:



- Coordenadas geográficas en formato Longitud-Latitud.
- Coordenadas (x,y) UTM. Universal Transversa Mercator, un caso particular.

Cada una de estas dos formas de localizar un punto sobre la superficie terrestre debe de cumplir los siguientes requisitos:

- Que el punto sea único.
- Que quede perfectamente identificado el sistema de proyección empleado al localizar el punto.
- Que permita referenciar la coordenada “z” del punto.

### 2.1.8.2 Coordenadas Geográficas

Las coordenadas Geográficas son una forma de designar un punto sobre la superficie terrestre con el siguiente formato:

3° 14' 26" W

42° 52' 21" N

Esta designación supone la creación de un sistema de referencia de tres dimensiones:

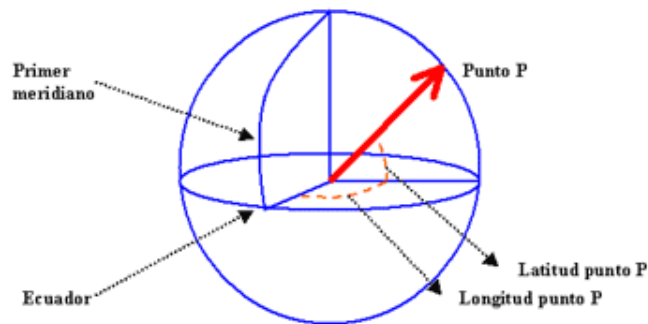


Figura 9. Sistema tridimensional, localización de un punto.

- Se define el eje de la tierra como la recta ideal de giro del globo terráqueo en su giro del movimiento de rotación. Es la recta que une los dos polos geográficos. Polo Norte y Polo Sur.
- Se definen los meridianos como las líneas de intersección con la superficie terrestre, de los infinitos planos que contienen el eje de la Tierra.

### 2.1.8.3 Longitud

Se define longitud de un punto P como el valor del diendro formado por el plano meridiano que pasa por P y el meridiano origen.

La designación de la longitud lleva aparejada la designación de la posición espacial del punto con respecto al meridiano origen, así se designa posición Oeste (W) cuando está a la izquierda del meridiano de origen y Este (E) cuando está situado a la derecha.

La longitud presenta un mínimo posible de 0° hasta un máximo de 180°, 0°-180°E, 0°-180°W.

#### 2.1.8.4 Latitud

Se denomina Latitud geográfica de un punto P al ángulo formado por la vertical a la tierra que pasa por dicho punto con el plano ecuador.

La vertical se considera la unión del punto con el origen o centro de la tierra, obteniéndose la latitud midiendo el ángulo sobre el meridiano que pasa por el punto P.

La latitud máxima y mínima va desde 0° hasta los 90°, 0°-90°N, 0°-90°S.

Los 90° de latitud coinciden con los polos, polo Norte y polo Sur.

#### 2.1.9 Metadatos

La definición de metadato es, datos sobre los datos. Es la definición más clara que se puede dar. Diferenciar entre dato y metadato puede depender de la finalidad de cada proyecto y del uso que se le vaya a dar a la información. Determinadas cosas desde un punto de vista pueden ser datos, pero desde otra perspectiva se pueden considerar metadatos.

##### 2.1.9.1 ¿Para que sirven los Metadatos?

Proporcionan control sobre los datos. De esta forma, se pueden definir clases de metadatos. Aquellos que simplemente dan información sobre sus datos (quien lo ha hecho, cuando, etc), pero también hay otras clases como metadatos de conservación (los que informan de cómo se debe tratar y actualizar la información, por ejemplo), de grado de elaboración (hasta que punto se han trabajado los datos)...

Normalmente, los metadatos están asociados a la información en forma de ficheros anexos, pero independientes, o están incrustados o embebidos dentro de la información. Esto depende del sistema que se use para su elaboración.

##### 2.1.9.2 Las IDE

Una IDE es un conjunto de tecnologías, políticas, estándares y recursos humanos necesarios para adquirir, procesar, almacenar, distribuir y mejorar la utilización de la información geográfica. IDEC, Infraestructura de Dades Espacials de Catalunya.

El conjunto de actuaciones para materializar esta definición es:

- Implantación de mecanismos para el descubrimiento, acceso y distribución de datos, mediante la red, entre proveedores, gestores y usuarios.
- Establecimiento de estándares.
- Identificación y desarrollo de los datos básicos más demandados.
- Difusión pública de la información producida por la Administración
- Acuerdos entre los organismos para la producción de información de interés mutuo.

## 2.1.10 Bases de datos geográficas

La construcción de una base de datos geográfica implica un proceso de abstracción para pasar de la complejidad del mundo real a una representación simplificada asequible para el lenguaje de los ordenadores actuales. Este proceso de abstracción tiene diversos niveles y normalmente comienza con la concepción de la estructura de la base de datos, generalmente en capas; en esta fase, y dependiendo de la utilidad que se vaya a dar a la información a compilar, se seleccionan las capas temáticas a incluir, pero la estructuración de la información espacial procedente del mundo real en capas conlleva cierto nivel de dificultad. En primer lugar, la necesidad de abstracción que requieren las máquinas implica trabajar con primitivas básicas de dibujo, de tal forma que toda la complejidad de la realidad ha de ser reducida a puntos, líneas o polígonos.

En segundo lugar, existen relaciones espaciales entre los objetos geográficos que el sistema no puede obviar; es lo que se denomina topología, que en realidad es el método matemático-lógico usado para definir las relaciones espaciales entre los objetos geográficos.

Aunque a nivel geográfico las relaciones entre los objetos son muy complejas, siendo muchos los elementos que interactúan sobre cada aspecto de la realidad, la topología de un SIG reduce sus funciones a cuestiones mucho más sencillas, como por ejemplo conocer el polígono (o polígonos) a que pertenece una determinada línea, o bien saber qué agrupación de líneas forman una determinada carretera.

## 2.2. Los SIG en España

Seguidamente realizaremos una introducción a los SIG en el territorio español y concretamente a la zona de Cataluña.

### 2.2.1 Instituciones

Institut Cartografic de Catalunya, entidad de derecho público de la Generalitat de Catalunya. El ICC se encarga de las competencias de la Generalitat sobre geodesia y cartografía.

Departament de Medi Ambient i Habitatge.

Oficina Virtual del Catastro.

Centro Nacional de Información Geográfica.

...

#### 2.2.1.1 recursos, Servicios y Datos

Listado de recursos, servicios y Datos que distribuye el ICC (como ejemplo).

El ICC nos proporciona la descarga de productos digitales como cartografía, cortes que definen las hojas de cada serie de cartografía, las bases municipales y modelos digitales del terreno del área de Cataluña.

Listado de productos:

- Series cartográficas desde el visor de imágenes *Raster*, VISSIR.
- Cortes topográficos de Cataluña a escalas 1:5000, 1:10000, 1:25000 y 1:50000 en formato shp.

- Base Municipal de Cataluña a escala 1:1000000 en formatos shp, dxf y dgn. Incluye los municipios, las comarcas, las provincias y la comunidad autónoma.
- Modelo Digital del Terreno, DTM de Cataluña 200x200.
- Capitales de Municipio en formato xls.

Todos estos productos se pueden descargar directamente desde la [Web Oficial del ICC](#).

## 2.2.2 Sistemas de medición

En Cataluña y en España en general se trabaja con el sistema geodésico oficial, ED50 y en el sistema de coordenadas oficial, la proyección UTM, en sus diferentes husos y zonas para nuestro territorio.

Este Datum no es el único empleado para España ya que para el archipiélago Canario se emplea como referencia el Datum Pico de las Nieves, situado en la isla de Gran Canaria, en la localidad de San Bartolomé de Trijana, en las proximidades del Parque Natural de los Tarcones WGS84.

La localización de un punto en coordenadas UTM hace necesario la inclusión del Datum de referencia ya que el no incluir este dato trae consigo que, además de producir una indeterminación en la situación geográfica del punto, y suceda que en el replanteo de los puntos, el punto replanteado, no sea el punto buscado.

En la cartografía se especifica, habitualmente, tanto el elipsoide como el Datum en las Leyendas de los Mapas.



Figura 10. Distribución de husos y zonas en la Península Ibérica.

### 2.2.2.3 Transición de ED50 a ETRS89

España adopta un nuevo sistema geodésico de referencia compatible con los sistemas de posicionamiento por satélite.

Las coordenadas que hasta ahora se utilizaban en la información geográfica y la cartografía oficial de nuestro país variarán con el reciente cambio de sistema geodésico de referencia, del ED50 al ETRS89. Este nuevo sistema, materializado

mediante mediciones con técnicas espaciales, permite una mayor precisión en las mediciones del terreno. El cambio supondrá modificar toda la cartografía oficial por otra que refleje las nuevas coordenadas.

El gobierno lo ha acordado mediante un Real Decreto publicado el pasado 27 de julio de 2007. Se basa en cambiar el sistema geodésico de referencia oficial ED50 (European Datum 1950) por un nuevo sistema llamado ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) para la península y Baleares y por el REGCAN95 (Red Geodésica de Canarias 1995) para Canarias.

A partir de enero del 2015, toda la cartografía oficial española deberá compilarse y publicarse en el nuevo sistema geodésico de referencia.

## 2.3. gvSIG



### Introducción al software gvSIG

Aplicación para la gestión integral de información geográfica, pensada para cubrir las necesidades de los usuarios y diseñada para una extensibilidad sin límites mediante módulos.

#### 2.3.1. Introducción a gvSIG

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 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.

[Descarga gvSIG \(www.gvsig.gva.es\)](http://www.gvsig.gva.es)

#### 2.3.2 ¿Qué es gvSIG?

El programa gvSIG está orientado al manejo de información geográfica. Se caracteriza por una interfaz amigable y sencilla, con capacidad para acceder ágilmente a los formatos más usuales (ráster y vectoriales). gvSIG además es capaz de integrar datos en una vista, tanto locales como remotos, a través de un origen WMS (Web Map Service), WFS (Web Feature Service) WCS (Web Coverage Service) o JDBC (Java Database Connectivity).

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).

### 2.3.3 ¿Qué podemos hacer con *gvSIG*?

*gvSIG* es un sofisticado Sistema de Información Geográfica que permite gestionar datos espaciales y realizar análisis complejos sobre estos.

El objetivo global de *gvSIG* es el de dar solución a todas las necesidades relacionadas con el manejo de Información Geográfica basándose en la integración de tecnologías de libre acceso.

### 2.3.4. Características

Las principales características de *gvSIG* en su reciente versión v1.1 son:

- Lenguaje de desarrollo: Java (Multiplataforma).
- Software libre (Licencia GNU/GPL).
- Sujeto a estándares [OGC](#).
- Protocolos de interoperabilidad (servicios web).
- Modular y escalable.
- Interfaz amigable: Manejo sencillo.

### 2.3.5. Protocolos

*gvSIG* utiliza protocolos estándares OGC:

- Web Map Service (WMS): visualización.
- Web Feature Service (WFS): edición y actualización.
- Web Coverage Service (WCS): gestión raster.
- Web Catalog Service (WCatS): acceso a catálogos de metadatos.

### 2.3.6. Funcionalidades

Las principales funcionalidades de *gvSIG*:

- Visualización.
- Gestión y edición de multi-capas.
- Gestión de leyendas.
- Herramientas de navegación.
- Localizador.
- Gestión de encuadres.
- Medición de áreas y distancias.
- Constructor de mapas.

- Impresión.
- Transparencia (vectorial / raster).
- Reproyección.
- Tema de eventos (desde tabla de coordenadas).
- Enlace y unión de tablas.
- Edición gráfica.
- Edición de tablas.
- Herramientas CAD.
- Edición gráfica y por comandos.
- Fuerte capacidad de snapping.
- Conversión de formatos.

### 2.3.7. Tipos de documentos

*gvSIG* trabaja con tres tipos de documentos para obtener el resultado buscado cartográfico:

- Vistas, documentos donde se trabaja con las bases de datos gráficas.
- Tablas, documentos donde se trabaja con las bases de datos alfanuméricas.
- Mapas, constructor de mapas que permite insertar los distintos elementos cartográficos para componer un mapa con facilidad.

### 2.3.8. Formatos

*gvSIG* es capaz de leer los siguientes tipos de formatos estandarizados:

SHP, DGN, DXF, DWG2000, DXF, DWG2000, GML, ECW, SID, TIFF, JPG, PNG, GIF, IMG, BMP.

Y es capaz de generar los siguientes formatos:

SHP, DXF, PostGIS, ECW, GeoTIFF, JPG, GML.

### 2.3.9. Evolución de *gvSIG*

Las nuevas funcionalidades de *gvSIG* se encaminan en la edición gráfica y alfanumérica avanzada, en nuevas relaciones topológicas, en mejoras en el análisis raster y de teledetección.

*gvSIG* evoluciona de un Cliente SIG a un Cliente IDE, apoyándose en la iniciativa del proyecto INSPIRE y las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE). Con ello *gvSIG* consigue un aumento en su funcionalidad y potencialidad gracias al manejo de datos en local y remoto. También obtiene nuevas mejoras con su catálogo de Metadatos.

El mayor salto en la evolución de *gvSIG* se dará en la aparición de *gvSIG 3D*.

Y seguirá su evolución por la Geoestadística, su aparición en dispositivos móviles, análisis de series multitemporales (GIS 4D),...

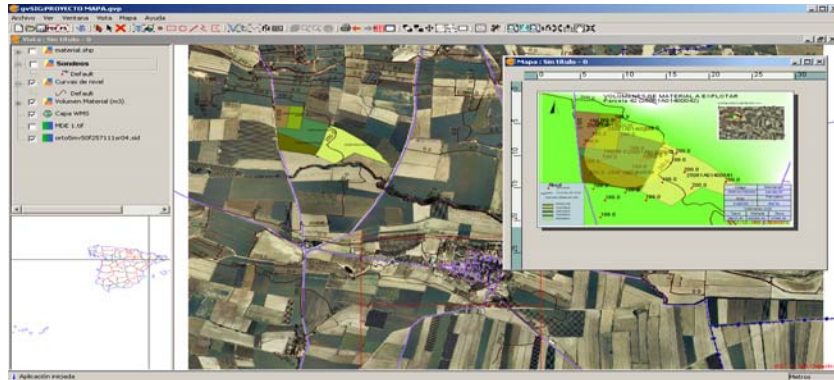


Figura 11. Pantalla principal de gvSIG.

## 2.4. Extensiones

En este apartado realizaremos una breve introducción a los dos principales módulos extendidos de gvSIG (extensiones): PilotRaster y SEXTANTE.

### 2.4.1. Extensión PilotRaster

La extensión pilotRaster (piloto de raster) pretende ser un módulo de herramientas raster que amplía las posibilidades de gvSIG. La aplicación Piloto está desarrollada por la propia Comunidad Valenciana, desarrollador también de gvSIG.

Las herramientas desarrolladas son, en la medida de lo posible, aplicables a la variedad de fuentes de datos con las que puede trabajar gvSIG, esto es, a todos sus formatos y tipos de datos, así como a las capas raster procedentes de servicios remotos (WMS y WCS).

Se ha intentado seguir la línea de trabajo de gvSIG, usando los servicios que este ofrece, así como modificando o ampliando estos ya existentes. En este sentido se ha utilizado y extendido a librerías el sistema de traducciones de gvSIG para la traducción de formularios, se ha mantenido el aspecto general de los interfaces de la aplicación, se han hecho redimensionables los interfaces necesarios para ver completamente la información, se han extendido las funcionalidades aquí presentadas para los servicios remotos WCS y WMS, etc...

Para instalar la aplicación se debe tener instalada como mínimo la versión 1.0 de gvSIG.



### 2.4.2. Extensión SEXTANTE

SEXTANTE, es una aplicación desarrollada por la Junta de Extremadura en el marco del análisis del terreno.

La extensión de SEXTANTE para gvSIG, es una adaptación del Sistema Extremeño de Análisis Territorial sobre gvSIG.



Las extensiones *SEXTANTE*, implican la implementación de algoritmos de análisis geográfico en *gvSIG*. Dan facilidad a la implementación de métodos de geo-análisis.

### ¿Qué es *SEXTANTE*?

*SEXTANTE* es un proyecto desarrollado para la Junta de Extremadura por la Universidad de Extremadura, a través de la Titulación de Ingeniería Forestal del Centro Universitario de Plasencia. El objetivo de *SEXTANTE* es desarrollar un Sistema de Información Geográfica (SIG), especialmente adaptado para la gestión forestal y los trabajos relacionados con la práctica forestal y la gestión ambiental en términos generales.

Este desarrollo se lleva a cabo no desde cero, sino apoyándose sobre software ya existente e implementando en el mismo las capacidades requeridas. Originalmente, *SEXTANTE* tuvo como base el SIG alemán SAGA, para el cual se desarrollaron un amplio número de extensiones y modificaciones en su núcleo. Actualmente, *gvSIG* ha sustituido a SAGA como software base, principalmente por conformar una estructura de apoyo más sólida y con una mayor prospección de futuro.

### ¿Cómo se integra *SEXTANTE* con *gvSIG*?

El elemento principal para el control de las extensiones es el Gestor de Extensiones, este gestor conforma un conjunto de herramientas con todas las extensiones desarrolladas sobre las clases *SEXTANTE*, que pueden ejecutarse desde él mismo. A su vez, se agrupan en bloques de acuerdo con el tipo de análisis que lleven a cabo.

El gestor puede llamarse desde cualquier punto de *gvSIG* y en función de los elementos de esa ventana, podrá ejecutar unas u otras extensiones según si esos elementos son suficientes o no para dicha ejecución. Cada ejecución requiere una serie de parámetros, estos parámetros pueden ser: una capa raster, una capa vectorial, una tabla, un valor numérico, una cadena de texto,...

# 3. Desarrollo de un SIG

## Desarrollo del SIG planteado en este proyecto

### 3.1. Búsqueda de información

Para la correcta realización de este proyecto, se tiene que obtener información cartográfica sobre la zona a trabajar, ésta se obtiene de diferentes fuentes y en diferentes formatos.

#### 3.1.1. Búsqueda de información

La información que se va a utilizar en nuestro caso se obtendrá de tres fuentes: UOC, ICC y OVC.

#### UOC

De la UOC, se obtendrá información relevante a la zona a trabajar, en concreto se dispondrá de dos ficheros sobre sondeos realizados en diferentes puntos del corte. Estos ficheros nos proporcionarán información sobre la elevación del punto en concreto así como la profundidad a la que se encuentran los diferentes materiales que componen el suelo de la zona (tierra, material y roca).

El primer fichero que se ha renombrado como *sondeos.xls* dispone del código que se le dio al sondeo, sus coordenadas X e Y (para poder situar correctamente el punto en la cartografía) y la coordenada Z que nos da la elevación del suelo en ese punto con respecto a la cota 0 (nivel del mar).

El segundo fichero que se ha renombrado como *sondeos1.xls*, es una extensión del primero y como tal, amplía la información de cada sondeo con las profundidades a las que se encuentran las diferentes capas de material que componen el suelo de la zona. Estas profundidades nos informan del inicio y final de cada capa. Por ejemplo, el sondeo con código S16 nos dice que dispone de 1.0 metros de tierra, 15.40 metros de material a explotar y de 16.90 metros de roca.

#### ICC

Del ICC, se obtiene la información correspondiente al corte 257-111 para ello desde su página principal se ha buscado en el mapa el municipio de Bellvís esto conduce al VISSIR (Visor del servidor de imágenes *raster*) se ha localizado la zona a partir del mapa topológico a escala 1:5000 y haciendo que la aplicación muestre la cuadrícula de cortes.

Desde esta aplicación y utilizando la función de descargar, se puede obtener toda la información necesaria para este proyecto, en concreto se descargan las capas vectoriales, *raster* y *la ortofoto*.

De las capas vectoriales se descargan los ficheros en formato *dx*f, de las capa *raster* se descarga el formato *sid* y finalmente se descarga la *ortofoto*.

## OVC

De la OVC (Oficina Virtual del Catastro), se obtiene la información a partir del servidor WMS disponible en:

<http://ovc.catastro.meh.es/Cartografia/WMS/ServidorWMS.aspx>

### 3.1.2. Sistema de proyección

Para trabajar toda esta información, se utiliza el sistema de proyección EPSG:23031 que es el correspondiente a la proyección UTM en el uso 31N y datum ED50.

## 3.2. Desarrollo del SIG

A partir de los datos obtenidos, se realizarán los siguientes pasos: preparación de la información, obtención del fichero parcelas.shp, generar los MDE (modelo digital de elevaciones) y obtención de los resultados. Estos pasos están indicados en el [ANEXO C](#) con más precisión.

### 3.2.1 Preparar la información

#### 3.1.1 Información UOC

De la información obtenida de la UOC se tienen que modificar los ficheros sondeos y sondeos1 para adaptarlos a nuestro formato. También se generará un nuevo fichero sondeos.mdb para su posterior utilización.

#### Preparar los ficheros SONDEOS.XLS

Lo primero que se tiene que hacer es la conversión del separador decimal de los datos numéricos de los dos ficheros de una “,” por un “.” para que sean compatibles con el software que se utilice.

También se tiene que modificar el formato del fichero sondeos1.xls para que disponga de la misma estructura que el fichero sondeos.xls.

Una vez se dispone de los dos ficheros con la estructura adecuada, se crean tres columnas nuevas que nos darán la elevación de cada capa de material con respecto al nivel base del punto concreto, estas columnas se obtendrán restandole a la Z (elevación) de cada sondeo la Z de cada material.

CODI	Z	TIERRA	MATERIAL	ROCA	Z tierra	Z material	Z roca
S16	199.0	1.0	15.4	16.9	198.0	183.6	182.1

Tabla 4. Estructura del fichero SONDEOS

#### Generar el fichero SONDEOS.MDB

Este fichero será una base de datos de tipo MSAccess, en esta base de datos se importaran los dos ficheros de sondeos en dos tablas nuevas

SONDEOS y SONDEOS1. En la tabla SONDEOS se almacenarán las coordenadas de cada sondeo X, Y, Z y en la tabla SONDEOS1 se almacenarán las elevaciones de las capas TIERRA, MATERIAL y ROCA.

### **Crear ODBC**

Para poder acceder a los datos de esta nueva base de datos desde cualquier aplicación, se creará una conexión hacia el fichero sondeos.mdb, esta conexión se realizará a través de los *Orígenes de datos (ODBC)* con un DSN de Sistema llamado SONDEOS.

### **Crear el fichero sondeos.shp**

Para poder utilizar la información que nos ha proporcionado la UOC, lo que se tiene que hacer es acceder a la tabla SONDEOS1 de la base de datos sondeos.mdb y recuperarla desde gvSIG a través de la conexión ODBC. Esta tabla se cargará en el sistema de tablas de gvSIG y a partir de la tabla obtenida se podrá generar una nueva capa sondeos.shp con toda la información sobre los puntos de información (X, Y, Z, Tierra, Material, Roca,...)

## 3.1.2 Información de las Parcelas

De la información obtenida del WMS del Catastro y conociendo las parcelas a estudiar, se obtendrá la capa parcelas.shp.

### **Obtener parcelas.shp**

A partir de la capa obtenida por el WMS del Catastro, se podrá dibujar una nueva capa SHP utilizando directamente las líneas de la capa inferior. Esta función debería haberse realizado obteniendo directamente la información de la capa del Catastro, pero al ser una capa WMS, el servidor no nos permite esta operación por lo que se tiene que generarla manualmente. A partir de esta capa se podrá obtener el área real de las parcelas a estudiar.

## 3.1.3 Información ICC

De la información obtenida del ICC se tiene que obtener un nuevo fichero curvas de nivel.shp con las elevaciones de la zona correspondiente al corte 257-111.

### **Obtener curvas de nivel.shp**

Desde gvSIG se cargará la capa bt5mv20f257111xar02.dxf que contiene la información relevante a las elevaciones de la zona, este fichero se exportará a SHP y con ello se obtendrán tres nuevos ficheros: polígonos, líneas y puntos. Nos se quedará con el de líneas, que lo se cargará en este proyecto gvSIG: bt5mv20f257111xar02\_line.shp.

## 3.1.4 gvSIG

También se tiene que modificar la configuración de nuestro software para que nos permita trabajar con bases de datos Oracle, aunque previamente hemos

generado la información en una base de datos Access, la idea es que esta información se almacene en una base de datos Oracle 10g XE.

### Configurar gvSIG para Oracle

Para permitir a *gvSIG* trabajar correctamente con Oracle, se tiene que modificar la ubicación de los ficheros de conexión a Oracle, también se necesitará el driver jdbc para Oracle (ojdbc14.jar) que se puede descargar directamente de la [Web de Oracle](#).

#### 3.2.2 Crear el MDT

Para poder obtener los resultados de este TFC se tienen que generar unos ficheros especiales MDE (modelo digital de elevaciones) *raster*, en concreto se necesitará el MDE perteneciente a las parcelas a estudiar y un MDE para cada capa de material que se encuentre en el subsuelo de la zona.

##### 3.2.2.1 Crear MDE corte 257-111 y MDE Parcelas

Para obtener el MDE de parcelas, lo primero que se tiene que realizar es la rasterización (convertir a *raster*) de la capa de 'curvas de nivel.shp' a partir de su atributo 'Elevation' y la interpolación de la capa 'sondeos.shp' por su campo Z utilizando el método de distancia inversa.

Seguidamente se completará el *grid* obtenido en el punto anterior para la capa 'curvas de nivel' con el obtenido para la capa 'sondeos' utilizando el método de interpolación, distancia inversa.

Finalmente, se rellenarán las celdas vacías del *grid*.

El resultado obtenido será el MDE de curvas de nivel del corte 257-111, si se recorta esta capa raster con la capa de polígonos 'parcelas.shp' se obtendrá el MDT de parcelas, el primer fichero que se utilice para realizar los cálculos necesarios.

##### 3.2.2.2 Crear MDT TIERRA / MATERIAL / ROCA

El proceso para generar los otros tres ficheros necesarios para este proyecto (MDT Tierra, MDT Material y MDT Roca), se obtendrán de forma similar a la utilizada para obtener el MDT Parcelas, con la excepción de que en este caso no se dispone de dos capas para obtener el MDT por lo que no se podrá rellenar el *grid* obtenido de la rasterización y directamente se rellenarán las celdas sin datos.

#### 3.2.3 Pruebas realizadas

Se han realizado diversas pruebas hasta llegar a obtener el definitivo fichero MDE, estas pruebas han estado basadas siempre en las capas SHP obtenidas previamente del ICC (curvas de nivel) y de la UOC (sondeos). La finalidad de las pruebas realizadas ha sido siempre obtención de un MDE correcto que se adecue a la realidad.

Una de las pruebas que se han realizado ha sido la de obtener un tamaño de celda adecuado a las prestaciones del puesto de trabajo sin que afectase notoriamente al resultado final. Finalmente se ha llegado a la conclusión de que este formato de celda debía de ser 4.

El resto de pruebas realizadas han sido sobre la capa sondeos (capa de puntos) para poder combinarla con la capa curvas de nivel (líneas). Se ha probado de utilizar rasterización de capa vectorial dando un resultado no real al combinar los dos grids.

Llegados a este punto hemos optado por realizar pruebas con la interpolación de puntos, este se basa en el cálculo de valores numéricos desconocidos a partir de otros ya conocidos mediante la aplicación de algoritmos de cálculo concretos.

Las pruebas de interpolación realizadas sobre la capa de sondeos, se han llevado a cabo utilizando los diferentes algoritmos disponibles de *SEXTANTE*:

- Distancia inversa, este método utiliza un promedio ponderado de los valores de concentración de un determinado número de puntos de muestreo reales más cercanos (vecinos) al punto de interpolación.
- Vecindad, basado en promediar los valores de los 2 puntos vecinos.

### 3.2.4 Sistema de interpolación

Se ha llegado a la conclusión de que se utilizará el algoritmo de distancia inversa para obtener una capa *raster* con la información de la capa sondeos, utilizando los siguientes parámetros:

DISTANCIA INVERSA	
Parámetros   Salida raster   Ayuda	
<b>Capas vectoriales</b>	
Capa de puntos	SONDEOS.shp
Campo	Z
<b>Opciones</b>	
Radio de búsqueda	50
Máximo número de puntos	5
Exponente	2.0

Figura 7. Parámetros de interpolación.

Se ha decidido utilizar estos parámetros después de un sistema de pruebas realizado y comprobando que son los parámetros que mejor resultado nos proporcionan a la hora de combinar su *grid* con el de la capa de curvas de nivel.

## 3.3. Diseño de la Base de Datos

En nuestro caso se trabajará con una base de datos relacional, en concreto se trata de una BD Oracle 10g XE que dispone de la tecnología Espacial (Oracle Spatial).

### 3.3.1 Introducción a Oracle Spatial

Este driver disponible en *gvSIG* permite acceder a cualquier tabla tanto de una instalación de Oracle Spatial como de Oracle Locator (a partir de la versión Oracle 9i) que dispone de una columna con geometrías almacenadas del tipo SDO GEOMETRY.

Oracle soporta actualmente datos en dos y tres dimensiones de los tipos:

- Punto y multipunto
- Línea y multilínea
- Polígono y multipolígono
- Colección

Además, Oracle dispone de un sistema propio de catalogación de sistemas de coordenadas y de referencia, las transformaciones entre sistemas de coordenadas Oracle Spatial y EPSG son llevadas a cabo directamente por *gvSIG*.

### 3.3.2 Estructura

Para realizar este proyecto y poder almacenar los resultados obtenidos, ya se ha comentado que se utilizará una base de datos Oracle.

Se dispone de seis tablas: Parcelas, Mediciones, Extracciones, Volúmenes, Materiales y Zonas.

También se dispone de 2 consultas obtenidas de la unión de las tablas Parcelas – Volúmenes y Mediciones – Extracciones.

La estructura de las tablas que se disponen en esta base de datos es la que se mostrará a continuación.

Tabla Parcelas:

Polígono, Parcela, Catastro, IdZona, Descripción, Población, Código postal, Provincia, Observaciones

Clave primaria Polígono, Parcela, Catastro

Clave foránea IdZona de Zonas

Tabla Volúmenes:

Polígono, Parcela, Catastro, IdMaterial, Volumen

Clave primaria Polígono, Parcela, Catastro, IdMaterial

Clave foránea Polígono, Parcela, Catastro de Parcelas

Clave foránea Idmaterial de Materiales

Tabla Mediciones:

Id, IdZona, X, Y, Z

Clave primaria Id

Clave foránea IdZona de Zonas

Tabla Extracciones:

Id, IdMaterial, Z

Clave primaria Id, IdMaterial

Clave foránea Id de Mediciones

Clave foránea IdMaterial de Materiales

Tabla Materiales:

IdMaterial, Material

Tabla Zonas

IdZona, Descripción

Clave primaria IdZona

Con estas tablas se asegura el almacenamiento de los datos necesarios para poder realizar este proyecto, datos de Sondeos y datos de los volúmenes de las parcelas para cada capa de material disponible en el subsuelo de la zona.

### 3.3.3 Modelo relacional

El modelo relacional que se deriva de esta estructura de Base de datos es el siguiente:

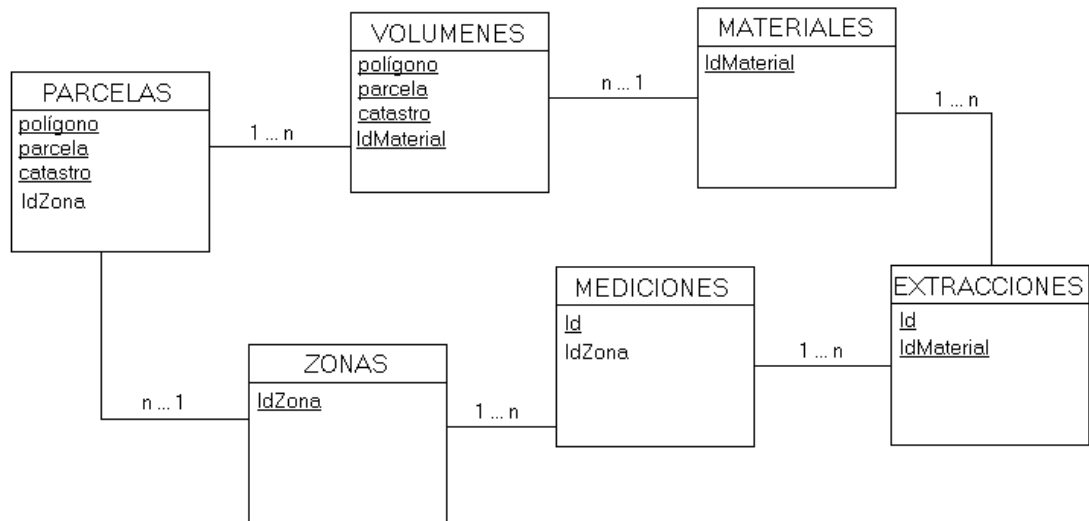


Figura 8. Modelo relacional de la Base de Datos.

## 3.4. Análisis de los datos

Una vez disponemos de los ficheros MDE, ya se está en disposición de realizar los cálculos pertinentes.

### 3.4.1 Cálculo de volúmenes

Este es el punto al que se tiene que llegar para resolver este proyecto, el cálculo de volúmenes de las parcelas designadas en el enunciado del TFC. Para realizar este proceso se ha tenido que realizar diversas operaciones pero ya se está en disposición de obtener los resultados demandados. El proceso de obtención se detalla en el [anexo C \(paso a paso\)](#) concretamente en el paso 12 de este anexo.

### 3.4.2 Resultados

Los resultados obtenidos tras realizar los cálculos han sido los que se muestran en las siguientes tablas, cabe decir que se han realizado estos cálculos con los dos algoritmos de cálculo de volúmenes que nos proporciona *SEXTANTE*, Cálculo de volúmenes y volumen entre dos capas para consensuar el resultado obtenido.

El valor de cada capa de subsuelo del sondeo se ha tratado como la parte inferior de la capa a generar, por lo tanto para el sondeo ejemplo:



Sondeo	Z	Tierra	Material	Roca	Z Tierra	Z Material	Z Roca
S16	199,0	1,0	15,4	16,9	198	183,6	182,1

Tabla 5. Datos del sondeo S16.

Por lo que los cálculos realizados se han llevado a cabo basándonos en los valores Z de cada capa., para ello, para obtener los diferentes volúmenes hemos realizado las siguientes operaciones:

Volumen capa Tierra = Volumen entre dos capas (MDE Tierra – MDE parcelas)

Volumen capa Material = Volumen entre dos capas (MDE Material – MDE Tierra)

Volumen capa Roca = Volumen entre dos capas (MDE Roca – MDE Material)

Resultados por capa:

TIERRA	MATERIAL	ROCA
163013,27m <sup>3</sup>	1573533m <sup>3</sup>	195370,08m <sup>3</sup>

Tabla 6. Volúmenes por capa.

Resultados por parcela:

	TIERRA	MATERIAL	ROCA
<b>25061A01400035</b>	17742,58m <sup>3</sup>	134785,8m <sup>3</sup>	19483,71m <sup>3</sup>
<b>25061A01400036</b>	13158,21m <sup>3</sup>	97021,59m <sup>3</sup>	17358,48m <sup>3</sup>
<b>25061A01400041</b>	72624,13m <sup>3</sup>	653056,4m <sup>3</sup>	79892,28m <sup>3</sup>
<b>25061A01400042</b>	36615,29m <sup>3</sup>	420369,45m <sup>3</sup>	47596,31m <sup>3</sup>
<b>25061A01400043</b>	22439,99m <sup>3</sup>	265189,53m <sup>3</sup>	30551,96m <sup>3</sup>

Tabla 7. Volúmenes por parcela.

### 3.4.3 Cálculo de volúmenes

En la realización de los cálculos de volúmenes se ha detectado que existe una pequeña diferencia en realizar el cálculo total de las parcelas y la suma de cálculos de cada parcela. Estas diferencias se pueden considerar mínimas en relación con los volúmenes obtenidos, esta situación puede darse por diferentes causas como el tamaño de celda utilizado para realizar los cálculos (en nuestro caso 4m), la posible pérdida de celdas al realizar el corte de las capas o incluso por el vaciado de celdas al realizar el recorte de capas (es posible que una vez realizado el corte, aparezcan celdas vacías que deberían de volver a rellenarse), ...

Las diferencias obtenidas se detallan en la siguiente tabla.

	TIERRA	MATERIAL	ROCA
SUMA PARCELAS	162580,20m <sup>3</sup>	1570422,77m <sup>3</sup>	194882,74m <sup>3</sup>
TOTAL MDE	163013,27m <sup>3</sup>	1573533,00m <sup>3</sup>	195370,08m <sup>3</sup>
DIFERENCIA	433,07m <sup>3</sup>	3110,23m <sup>3</sup>	487,34m <sup>3</sup>

Tabla 8. Diferencias de volúmenes.

### 3.5. Evaluación de *gvSIG*

#### Funcionalidades

*gvSIG* ha proporcionado las funcionalidades necesarias para el desarrollo de este proyecto, en concreto se ha utilizado entre otras, los geoprosesos, las exportaciones a *raster* y a SHP, el acceso a datos, tablas de color, ...

#### Rendimiento

En este punto se tiene que poner una nota negativa al software *gvSIG* en su trabajo con información cartográfica de tipo *raster*, con esta información, el rendimiento del equipo cae hasta el punto de saturar la memoria física y virtual del sistema operativo.

#### Acceso a datos

*gvSIG* es capaz de acceder a todos los servicios de datos cartográficos que hasta el momento conocemos. Se ha realizado alguna prueba con el software y se ha podido acceder a información mediante WMS.

En la realización de este proyecto se ha utilizado la conexión a datos desde *gvSIG* a Oracle y a Access desde diferentes tipos de conexión (ODBC y JDBC) y el trabajo de la información a través de las dos conexiones ha sido óptima.

Hay que destacar, que la instalación básica de *gvSIG* no permite la conexión con Oracle, por lo que se ha tenido que realizar unos ajustes en el software para poder llevar a cabo la conexión, estos pasos se explican en el [Anexo C](#).

#### Personalización

*gvSIG* permite la personalización para desarrolladores, generando nuevas funcionalidades, pero esta funcionalidad de *gvSIG* no se explotará en el desarrollo de este proyecto y su evaluación se pospone a futuras extensiones de este.

#### Documentación

La página oficial de *gvSIG* nos ofrece gran cantidad de información en formato pdf para poderse introducir y especializarse en el trabajo con el software. Ofrece entre otros, manuales de instalación, manuales completos del software (con todas sus evoluciones, actualmente *gvSIG 1.1 Manual 3*), manuales concretos de algunas de las extensiones de *gvSIG* como puede ser *PilotRaster*, así como tutoriales para la introducción al trabajo práctico con *gvSIG*.

Además, navegando por el Web y realizando búsquedas con el buscador Google, se ha encontrado gran cantidad de información y ponencias sobre *gvSIG*.

Además, *gvSIG* dispone de una lista de correo a la que se ha dado de alta y en la que se ha podido realizar numerosas consultas sobre el funcionamiento del software así como de sus extensiones, el curso de esta lista es muy fluido y las consultas son resueltas en su

mayoría en muy poco tiempo. En este caso ha sido de gran ayuda para la generación de MDE y para la configuración de gvSIG para trabajar con Oracle.

## Soporte

Desde la Web oficial de gvSIG se puede acceder a su soporte online, el cual es un soporte muy efectivo y rápido. Además como ya se ha comentado en el apartado anterior, se dispone de la lista de distribución oficial en la que los moderadores son desarrolladores directos de gvSIG lo que proporciona una calidad única al soporte, se puede consultar directamente al desarrollador de la aplicación por nuestras dudas y experiencias.

## Exportación de la información

En esta apartado, cabe destacar además de la importación típica de capas vectoriales y *raster*, la exportación de información hacia una base de datos, en este caso Oracle, para almacenar directamente no solo tablas con información relacional sino también tablas con información georeferencial, información directa de las capas con las que se está trabajando desde gvSIG.

## Extensiones

La instalación es sencilla e intuitiva, además, junto con las descargas de estas extensiones también se pueden descargar los manuales de instalación.

Acceso a las descargas: [SEXTANTE](#) / [PilotRaster](#)

# 4. Conclusiones

## Conclusiones obtenidas en el desarrollo de este documento

Gracias a la realización de este documento se han obtenido los conocimientos básicos necesarios para trabajar con información cartográfica *vectorial y raster*.

Se ha realizado un proyecto de cálculo de volúmenes partiendo de una información de sondeos previa sobre las parcelas a estudiar y obteniendo información de diferentes fuentes y en diferentes formatos. Para llegar a los resultados finales, se ha tenido que modelar la información recibida y la obtenida para que se ajustase a las necesidades del proyecto. Finalmente se ha obtenido lo demandado en el enunciado de este proyecto, la obtención de volúmenes del material indicado para las parcelas designadas.

## Evaluación del TFC

La evaluación del proyecto nos lleva a decir una solución definitiva al problema planteado en el enunciado: "Valoración de las parcelas para tomar la decisión de que parcela dispone de más volumen de tierra para iniciar su explotación". Después de los resultados obtenidos en el cálculo de volúmenes se puede decir que, la parcela 41 es la parcela que dispone de más volumen de material a explotar pero por el contrario, dispone de una gran capa de tierra por encima del material que habría que remover previamente para poder acceder al material deseado, en cambio, la parcela 42 dispone de menos volumen de material pero también dispone de una capa menos voluminosa por lo que será más fácil acceder al material. Por tanto, y teniendo en cuenta este aspecto se decide que la parcela 42 que dispone de un volumen aproximado de  $420400\text{m}^3$  será la primera parcela en explotar.

# Bibliografía

## Descripción de la fuentes utilizadas para el desarrollo de este documento (Memoria)

- Documento "PLANIFICACIO\_DE\_PROJECTES.doc", UOC.
- Documento "Pla docent.pdf", UOC. ([ANEXO A](#))
- Documento "05132\_20071\_TFC\_jmarturia\_enunciat.pdf", UOC ([ANEXO B](#))
- Documento "Indicacions per a la redacció de la memòria", UOC
- [AGECAM \(Agencia de la energía de Castilla-La Mancha\)](#)
- [Web de Gabriel J. Ortiz Rico](#)
- [Topografía global](#)
- Microsoft Encarta 2005
- IGAC, Documento Principios de Cartografía Temática, 1993.
- I Jornadas de Cartografía en Castilla – La Mancha, diciembre 2006
- *gvSIG 1.1* Manual de usuario Versión 3 (gvSIG-1\_1-man-v3-es.pdf)
- SEXTANTE 2.0 Adaptación del Sistema Extremeño de Análisis Territorial sobre *gvSIG* (documento PDF)
- Informe de la unidad de Geodesia del ICC. Cambio del sistema de referencia ED50 a ETRS89.
- [Web Oficial del ICC](#)
- *gvSIG 1.0.2* Extensión geoBD (BN 21)

# Anexos

## Material complementario para el desarrollo del TFC

### A. Descripción del TFC

#### Títol

Implantació d'una solució SIG per a l'ajuda a la presa de decisions per l'explotació de recursos del subsòl.

#### Objectius :

Desenvolupar una aplicació que permeti realitzar el càlcul del volum de terres disponibles en el subsòl. Específicament cal:

- Aprendre a situar les coordenades dels punts.
- Dissenyar una base de dades on emmagatzemar la informació.
- Generar i utilitzar models digitals del terreny.
- Capturar o utilitzar dades a partir de Web Map Services (WMS) o internet
- Utilitzar les eines SIG d'anàlisi espacial, tant rasters com vectorials.

#### Descripció

L'objectiu final del projecte és crear un sistema d'informació geogràfica (SIG) que ajudi a valorar quines son les parcel·les del terreny que disposen de mes volum de terres

per iniciar la seva explotació.

Les dades del subsòl s'han obtingut al llarg d'una campanya de mostreig en el territori.

La posició d'aquests punts es troba recollida en mapes originals a diferents escales, mentre que la informació descriptiva del subsòl esta emmagatzemada en uns fulls excels.

Per tal d'assolir aquest objectiu es indispensable la implementació d'un SIG per tal de situar, gestionar i analitzar les dades digitals. Cal prèviament:

- Conèixer què és un SIG, quins elements el componen, què el diferencia d'altres sistemes d'informació i quines són les seves aplicacions.
- Conèixer els diferents sistemes d'emmagatzematge de la informació.
- Obtenir les nocions bàsiques sobre Cartografia i Geodèsia que permetin saber com s'obté la posició d'un element situat sobre la superfície de la terra i com, després, aquesta posició es pot transformar en una posició en un mapa pla.
- Localitzar i utilitzar fonts d'informació cartogràfica gratuïta per internet: descarregues d'informació cartogràfica, serveis WMS, ...
- Aprendre a utilitzar les funcionalitats que ofereix gvSIG i les extensions necessàries ( com SEXTANTE per gvSIG)

- Analitzar i implementar el model de dades adequat.
- Definir i crear un SIG per al càlcul del volum de terres de les parcel·les seleccionades.

El projecte es centrarà en la utilització de *gvSIG*, com un exemple concret de programari SIG lliure. Aquesta és una solució desenvolupada per iniciativa de la Conselleria d'Obres Públiques de la Generalitat Valenciana. Aquest SIG es considera una aplicació de sobretaula (*desktop*), i malgrat que fa pocs anys que està en marxa, cada vegada es troba més implantat a empreses i organismes públics del país.

Una part del treball consisteix a valorar el programari. Hi ha molts aspectes que es poden avaluar en aplicacions d'aquest tipus, tot seguit es pot trobar una llista d'alguns aspectes bàsics a tenir en compte:

- Funcionalitats d'edició, d'anàlisi i de consulta.
- Rendiment (rapidesa en tractar les dades)
- Accés a diferents orígens de dades
- Es pot personalitzar? Amb quin llenguatge de programació?
- Documentació associada
- Suport al producte
- Exportacions a formats estàndard
- Aspectes no coberts pel programari

### Coneixements previs

Haver cursat l'assignatura *Bases de dades I*.

Tenir coneixements de programació, principalment de *Java*.

És recomanable també haver cursat l'assignatura *Enginyeria del Programari*.

### Requeriments de maquinari

Punt de treball estàndard de la UOC

### Requeriments de programari

Windows 2000 o XP


MS Project (Facilitat per la UOC) o qualsevol altra eina de gestió de projectes.

Un gestor de bases de dades (ACCESS o ORACLE)

El programari *gvSIG* i extensions necessàries

## B. Datos Catastrales

Ejemplo de datos sobre las parcelas destinadas ha estudio por este TFC. Estos datos han sido obtenidos de la [Web del Catastro](#)



MINISTERIO DE ECONOMÍA Y HACIENDA

SECRETARÍA DE ESTADO DE HACIENDA Y PRESUPUESTOS

DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO

Oficina Virtual del Catastro

**CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES BIENES INMUEBLES DE NATURALEZA RÚSTICA**

Municipio de BELLVIS Provincia de LLEIDA

**REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE**  
25061A014000350000FI

**DATOS DEL INMUEBLE**

DOMICILIO TRIBUTARIO:  
Polígono 14 Parcela 35  
BOBERA, BELLVIS [LLEIDA]

USO LOCAL PRINCIPAL: [Labor o labradío regadío 03]      AÑO CONSTRUCCIÓN: --

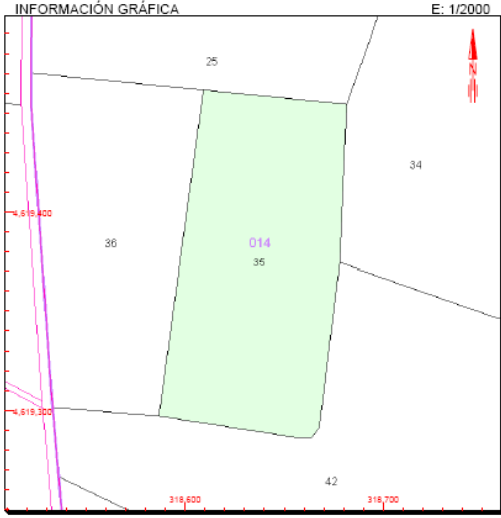
COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN: --      SUPERFICIE CONSTRUIDA (m²): --

**DATOS DE LA FINCA A LA QUE PERTENECE EL INMUEBLE**

SITUACIÓN:  
Polígono 14 Parcela 35  
BOBERA, BELLVIS [LLEIDA]

SUPERFICIE CONSTRUIDA (m²): --      SUPERFICIE SUELO (m²): 13.161      TIPO DE FINCA: --


INFORMACIÓN GRÁFICA E: 1/2000



Este documento no es una certificación catastral, pero sus datos pueden ser verificados a través del "Acceso a datos catastrales no protegidos" de la OVC.

318,700      Coordenadas UTM, en metros.      Martes , 30 de Octubre de 2007

- Límite de Manzana
- Límite de Parcela
- Límite de Constituciones
- Mobiliario y aceras
- Límite zona verde
- Hidrografía



MINISTERIO DE ECONOMÍA Y HACIENDA

SECRETARÍA DE ESTADO DE HACIENDA Y PRESUPUESTOS

DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO

Oficina Virtual del Catastro

**CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES BIENES INMUEBLES DE NATURALEZA RÚSTICA**

Municipio de BELLVIS Provincia de LLEIDA

**REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE**  
25061A014000360000FJ

**DATOS DEL INMUEBLE**

DOMICILIO TRIBUTARIO:  
Polígono 14 Parcela 36  
BOBERA, BELLVIS [LLEIDA]

USO LOCAL PRINCIPAL: [Labor o labradío regadío 03]      AÑO CONSTRUCCIÓN: --

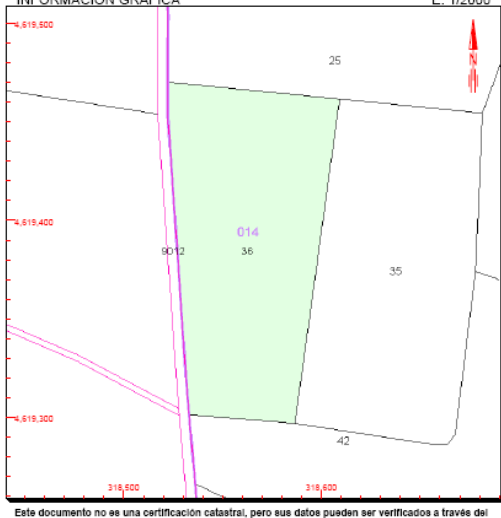
COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN: --      SUPERFICIE CONSTRUIDA (m²): --

**DATOS DE LA FINCA A LA QUE PERTENECE EL INMUEBLE**

SITUACIÓN:  
Polígono 14 Parcela 36  
BOBERA, BELLVIS [LLEIDA]

SUPERFICIE CONSTRUIDA (m²): --      SUPERFICIE SUELO (m²): 11.830      TIPO DE FINCA: --

INFORMACIÓN GRÁFICA E: 1/2000



Este documento no es una certificación catastral, pero sus datos pueden ser verificados a través del "Acceso a datos catastrales no protegidos" de la OVC.

318,600      Coordenadas UTM, en metros.      Martes , 30 de Octubre de 2007

- Límite de Manzana
- Límite de Parcela
- Límite de Constituciones
- Mobiliario y aceras
- Límite zona verde
- Hidrografía



## C. Paso a paso

Para la obtención de la información necesaria y en el formato necesario para el desarrollo de este proyecto, hemos diseñado este anexo (paso a paso) de cómo se ha obtenido cada punto de este documento.

**Paso 1.-** Ajustes sobre los ficheros sondeos.xls y sondeos1.xls proporcionados por la UOC. En este caso han sido unas modificaciones manuales sobre la información proporcionada en los ficheros para su adecuación al formato de nuestro software utilizado para desarrollar este TFC (*gvSIG*).

Lo primero que hemos realizado ha sido la sustitución de la ',' como separador de miles por un '.', para ello y desde una hoja Excel hemos utilizado la función de reemplazar.

Seguidamente, hemos modificado la estructura del fichero sondeos1.xls para que respetase la estructura de tabla del primer fichero sondeos.xls, esto lo hemos realizado de forma manual y el resultado ha sido el siguiente:

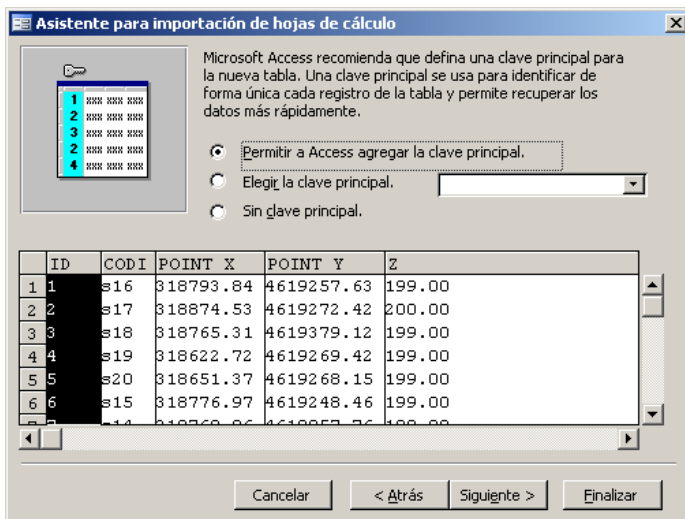
s17	s18	s19	s20	s15	s14	CODI	TIERRA	MATERIAL	ROCA
1.40	1.60	1.80	2.00	1.10	1.40	s16	1.00	15.40	16.90
16.00	15.50	13.20	13.70	16.00	15.50	s17	1.40	16.00	17.50
17.50	17.00	14.70	15.20	17.50	17.00	s18	1.60	15.50	17.00
						s19	1.80	13.20	14.70
						s20	2.00	13.70	15.20
						s15	1.10	16.00	17.50
						s14	1.40	15.50	17.00

Finalmente lo que hemos realizado ha sido calcular la distancia de capa una de las capas de material disponibles en el suelo de la zona con respecto al nivel base 0, para realizar este proceso hemos utilizado las formulas de cálculo disponibles en Excel y concretamente la formula aplicada ha sido:  $SUMA[(Z \text{ sondeos}) - (Z \text{ sondeos1})]$

CODI	POINT_X	POINT_Y	Z	TIERRA	MATERIAL	ROCA	DIFERENCIA TIERRA	DIFERENCIA MATERIAL	DIFERENCIA ROCA
s16	318793.84	4619257.63	199.00	1.00	15.40	16.90	198.00	183.60	182.10

Con estas modificaciones ya disponemos de los ficheros proporcionados por la UOC listos para ser usados en nuestro proyecto.

**Paso 2.-** Generar el fichero sondeos.mdb, para poder utilizar la información anterior en *gvSIG* hemos tenido que generar una base de datos Access con su información, para ello lo primero de todo ha sido crear una nueva base de datos en blanco y utilizando la función 'Obtener datos externos' en concreto la de 'Importar', hemos podido crear dos tablas (una por cada fichero) que hemos llamado SONDEOS y SONDEOS1 con la información contenida en los Excel. Con este paso nos aseguramos que al importar la información en *gvSIG* este respetará el formato de las celdas y no convertirá todos los atributos de la tabla en varchar.



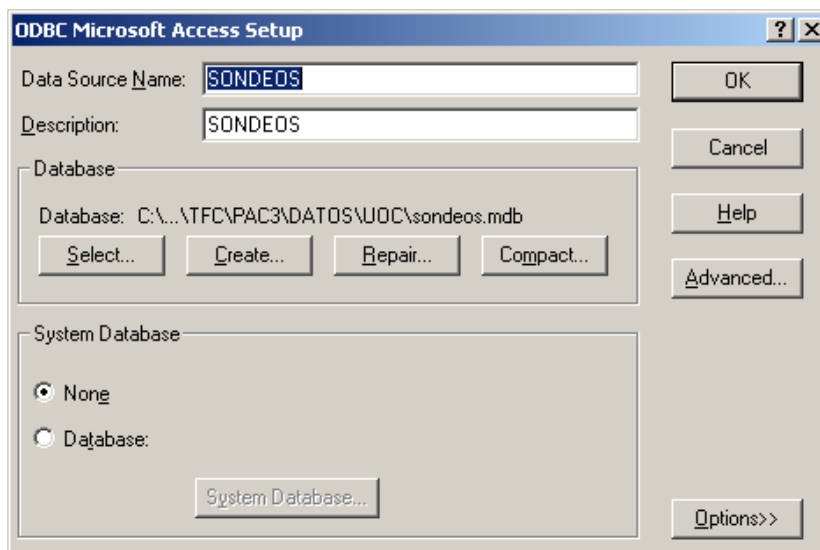
ID	CODI	POINT_X	POINT_Y	Z
1	s16	318793.84299	4619257.6267	199
2	s17	318874.53032	4619272.4212	200
3	s18	318765.31067	4619379.1217	199
4	s19	318622.71997	4619269.4157	199
5	s20	318651.36797	4619268.1507	199
6	s15	318776.97299	4619248.4607	199
7	s14	318769.96226	4619057.7622	199
8	s13	318616.44097	4619244.0477	199
9	s12	318660.69111	4619429.3931	199
10	s1	318582.13125	4619351.0761	199
11	s2	318689.15643	4619167.5118	199
12	s3	318826.71523	4619139.1833	199
13	s5	318757.90799	4619243.8477	199
14	s4	318857.39693	4619229.9488	199

Prácticamente todos los pasos han sido utilizando los valores por defecto que nos propone el propio asistente. Hemos de realizar el mismo proceso pero para el fichero sondeos1.xls, en este caso como el xls dispone de varias hojas, la única modificación que deberemos realizar es la de elección de la hoja de trabajo a importar.

Ahora ya disponemos de una base de datos lista para ser importada desde gvSIG.

**Paso 3.-** Crear ODBC, para poder importar la base de datos Access creada en el proceso anterior desde gvSIG, deberemos de habilitar una conexión a esta nueva base de datos para que cualquier aplicación pueda acceder a su información. Para realizar este paso lo que generaremos será un ODBC de Sistema, más conocido como DSN Sistema para ello y desde Windows XP (en otros sistemas operativos este paso podría no ser exactamente igual) iremos al panel de control y desde este a las herramientas administrativas, en este paso nos encontramos con la utilidad Orígenes de Datos (ODBC). Como ya hemos comentado, crearemos un ODBC de Sistema (también podríamos crearlo de usuario, pero en este caso no nos aseguráramos de que todos los usuarios de la máquina puedan acceder a esta base de datos) añadiendo uno nuevo para el driver 'Microsoft Access Driver'.

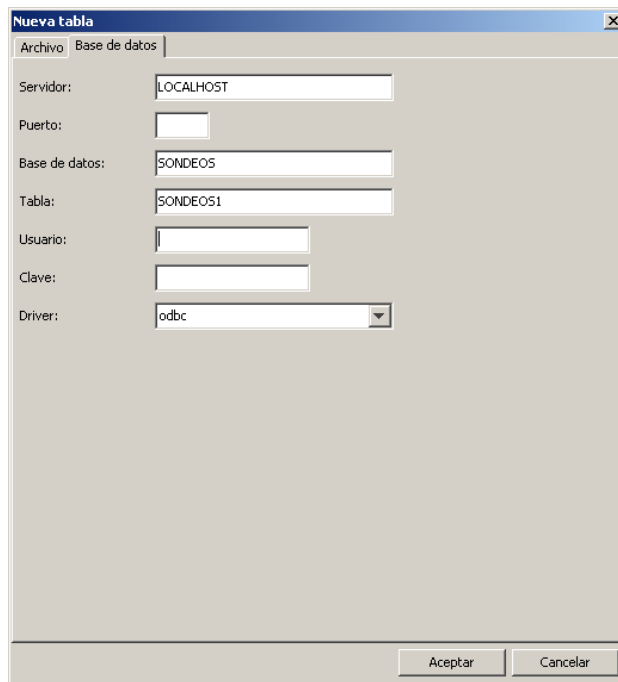
Este nuevo ODBC lo llamaremos SONDEOS y deberemos de enlazarlo con la base de datos Access.



Con este paso si que nos aseguramos el acceso a los datos desde gvSIG, veamos como realizarlo en el siguiente paso.

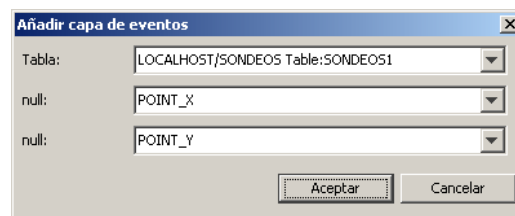
**Paso 4.-** Crear el fichero SONDEOS.SHP, en este paso y accediendo a los datos de la base de datos Access mediante ODBC crearemos una nueva capa de puntos con toda la información necesaria para poder llevar a cabo nuestro proyecto.

Lo primero que haremos es abrir un nuevo proyecto gvSIG con proyección EPSG:23031 al que añadiremos una nueva vista. Seguidamente, le añadiremos una nueva tabla y en este punto es donde debemos de utilizar los parámetros que anteriormente hemos configurado:



Le damos los datos de conexión a la base de datos Access al asistente de añadir tabla, estos datos son los utilizados en el paso anterior para generar el ODBC.

Si la conexión se ha realizado correctamente, nos aparecerá la tabla seleccionada en pantalla, utilizaremos la funcionalidad de gvSIG añadir capa de eventos para obtener nuestra capa de puntos, para ello deberemos de decirle al asistente cuál es la tabla de donde cogeremos los datos (en nuestro caso solo disponemos de una tabla) y cuales son los campos de esta tabla que nos proporcionan las coordenadas X e Y para poder situar correctamente los puntos de sondeo en la cartografía.



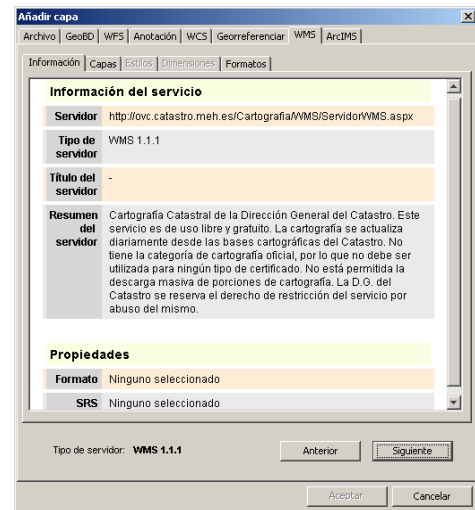
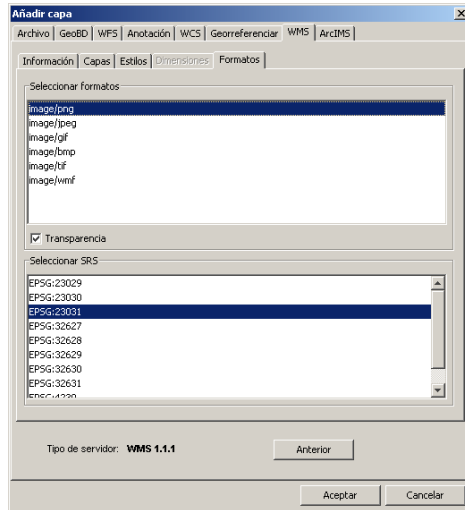
Lo que obtendremos es una nueva capa de puntos con los sondeos proporcionados por la UOC

Esta capa la exportaremos a SHP para poder tenerla almacenada y no tener que realizar este proceso cada vez que queramos utilizarla.

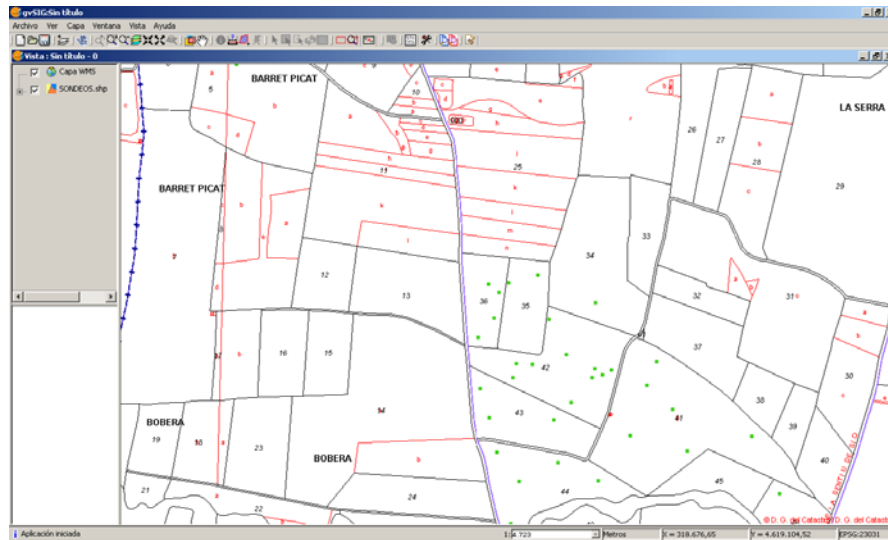
Una vez tenemos exportada a SHP la capa de Sondeos, podemos añadirla a nuestro proyecto siguiendo los pasos indicados para añadir una nueva capa.

**Paso 5.-** En este paso crearemos el fichero de Parcelas (parcelas.shp) necesario para realizar nuestros cálculos, estas parcelas corresponden a las parcelas que tenemos que estudiar en este proyecto. Para realizar este paso debemos de acceder al servidor WMS del Catastro y crear una nueva capa en blanco en la que manualmente calcaremos el perfil de las parcelas seleccionadas, digo manualmente puesto que el servidor WMS no nos permite extraer su información.

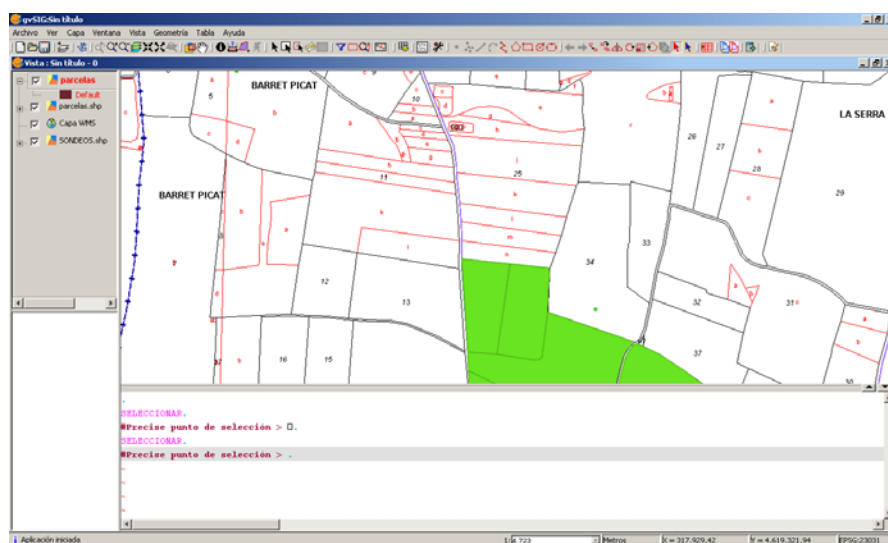
Lo primero de todo es cargar la capa del servidor WMS del Catastro, para ello seguiremos los pasos del asistente para servidores WMS:



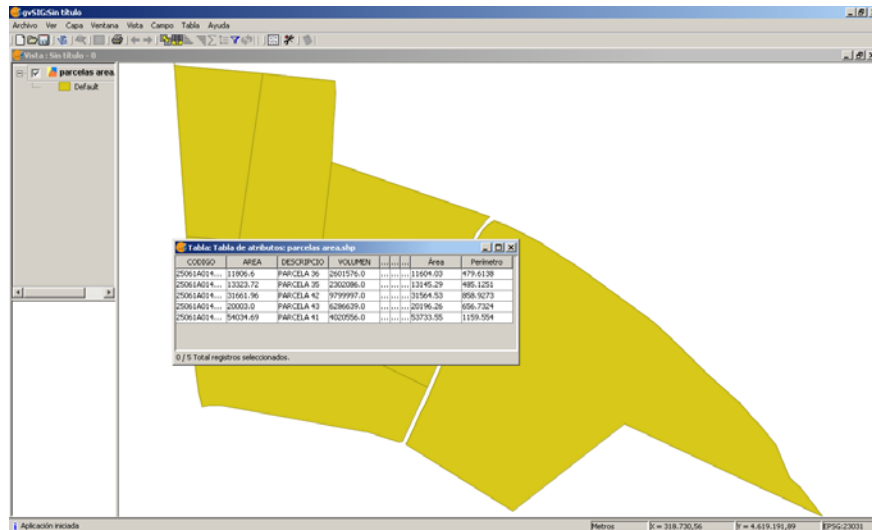
El resultado es el siguiente:



Ahora crearemos la nueva capa SHP en la que dibujaremos los polígonos de las parcelas a estudiar.

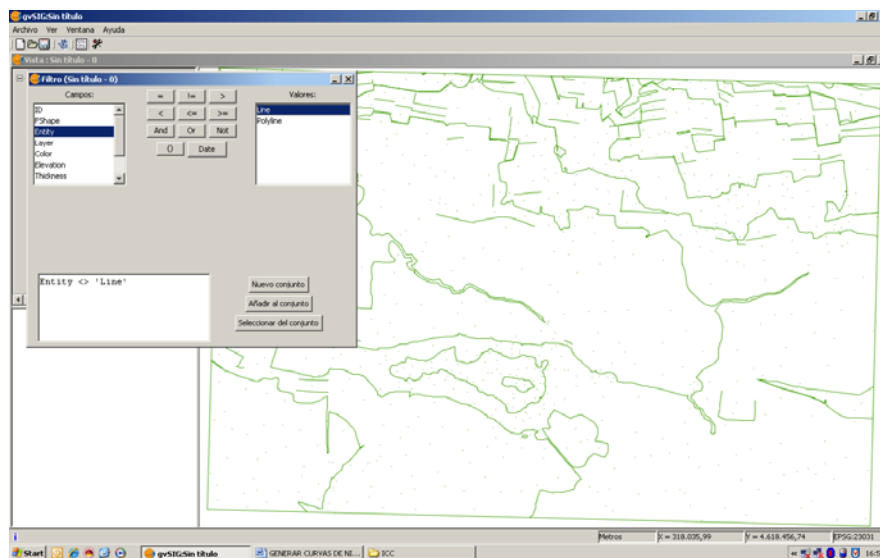


Con este último paso ya dispondremos de nuestra zona de trabajo para el proyecto. A partir de esta capa, podremos obtener el área real de trabajo utilizando la extensión *SEXTANTE* y en concreto el algoritmo Propiedades geométricas de polígonos del módulo Herramientas para capas vectoriales, con este proceso obtenemos en su tabla de eventos dos nuevos atributos, área y perímetro.



**Paso 6.-** Obtener el fichero curvas de nivel.shp, lo primero será cargar la capa de elevaciones que hemos obtenido del ICC, en concreto, el fichero que debemos de cargar es el bt5mv20f257111xar02.dxf, una vez cargada esta capa, la exportaremos a SHP como bt5mv20f257111xar02.shp, esto nos generará tres nuevos ficheros (polígonos, líneas y puntos) SHP nosotros solo trabajaremos el de líneas.

Cargaremos este nuevo fichero (bt5mv20f257111xar02\_line.shp) en nuestro proyecto. Sobre este, crearemos un filtro a su capa de eventos para seleccionar solo las entidades de tipo línea (Entity <> 'Line').

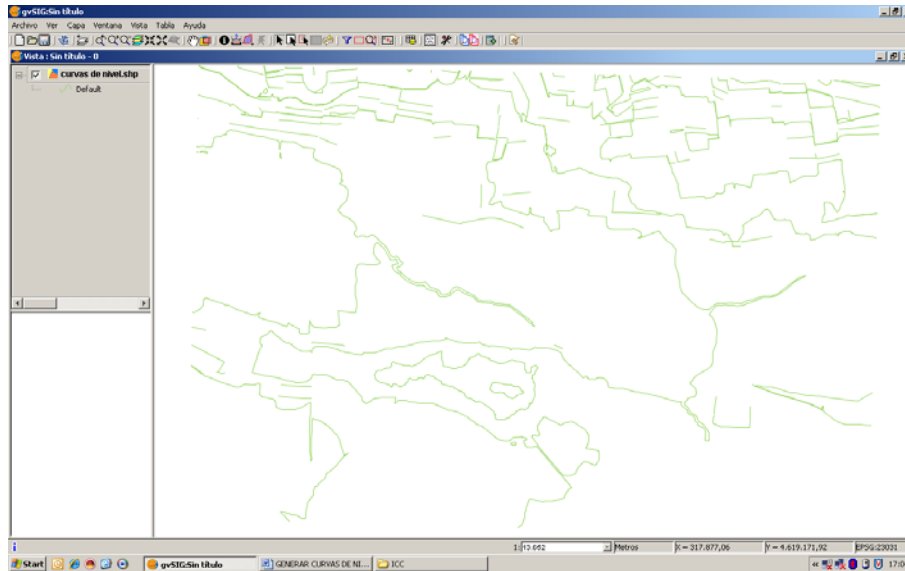


El resultado obtenido en el nuevo conjunto lo exportaremos a SHP como curvas de nivel.shp

Ahora ya disponemos del fichero de curvas del nivel necesario para generar los MDE de nuestra zona de trabajo, pero antes de dar por finalizado y como correcto el fichero curvas de nivel.shp, deberemos de realizar un última modificación para eliminar la línea que ha

quedado del borde del corte, para ello empezaremos la edición de la capa y seleccionamos con la utilidad 'selección por punto' esta línea que bordea nuestra capa, una vez seleccionado el borde, abrimos la tabla correspondiente a la capa y eliminamos el registro seleccionado.

Finalmente cerramos la tabla y finalizamos la edición, esto nos pedirá si queremos guardar los cambios realizados, aceptamos y ya disponemos de nuestro fichero de curvas de nivel necesario e imprescindible para poder realizar los cálculos necesarios.

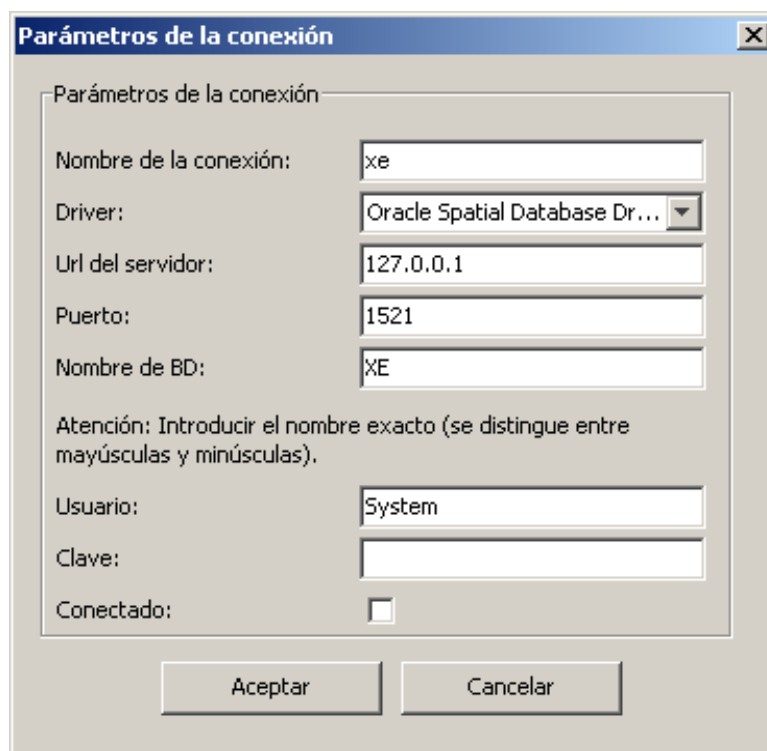


**Paso 7.-** Configurar gvSIG para trabajar con Oracle, por defecto gvSIG 1.1 es capaz de trabajar con bases de datos Oracle pero hay que realizar las siguientes modificaciones ya que la instalación por defecto de gvSIG 1.1 no lo realiza correctamente. Para ello debemos de realizar las siguientes modificaciones:

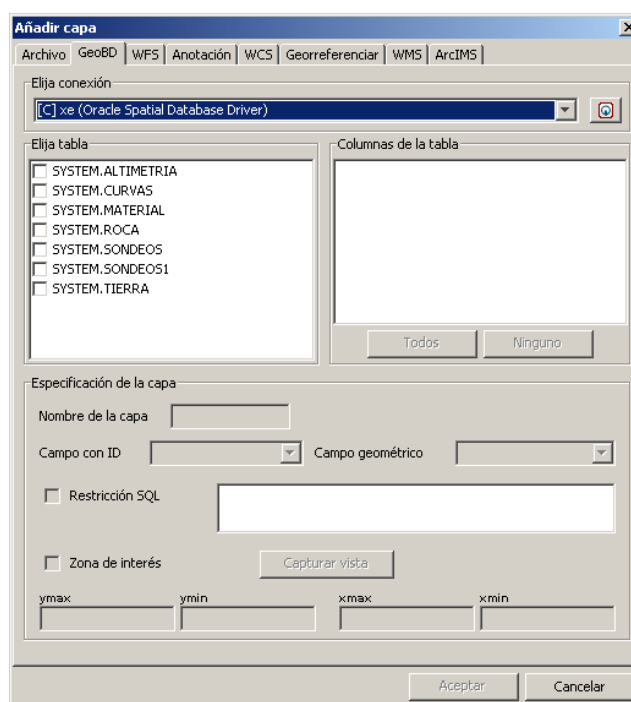
- Primero copiaremos el fichero jdbc.png de la carpeta \extensiones\com.iver.cit.gvsig\images\ en la carpeta \extensiones\com.iver.cit.gvsig.oracle\_spatial\images\
- Seguidamente debemos de descargar el driver JDBC de Oracle ([ojdbc14.jar](#)) de la Web de Oracle (para poder realizar esta operación, aunque es gratuito deberemos de registrarnos).
- Una vez descargado, copiaremos el fichero en la carpeta \extensiones\com.iver.cit.gvsig\lib\

Finalmente y para realizar algunas pruebas de funcionamiento podemos seguir el manual 'gvSIG-1\_0\_2-geoBD-man-1\_0-es.pdf' disponible en la [Web de gvSIG](#).

En nuestro caso, conectaremos directamente a la base de datos Oracle 10g XE que tenemos instalado en nuestro puesto de trabajo, en este caso desde el gestor de conexiones a BD espaciales crearemos una nueva conexión a la instancia XE de Oracle.



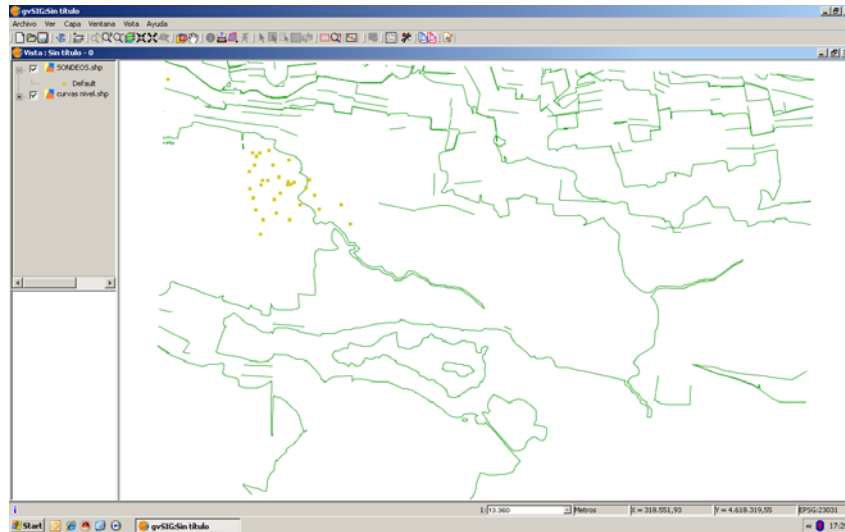
Si aceptamos la nueva conexión e intentamos conectar a ella, nos pedirá la contraseña del usuario de conexión, si todo ha funcionado bien, ya podremos acceder a las tablas que disponemos en esta BD.



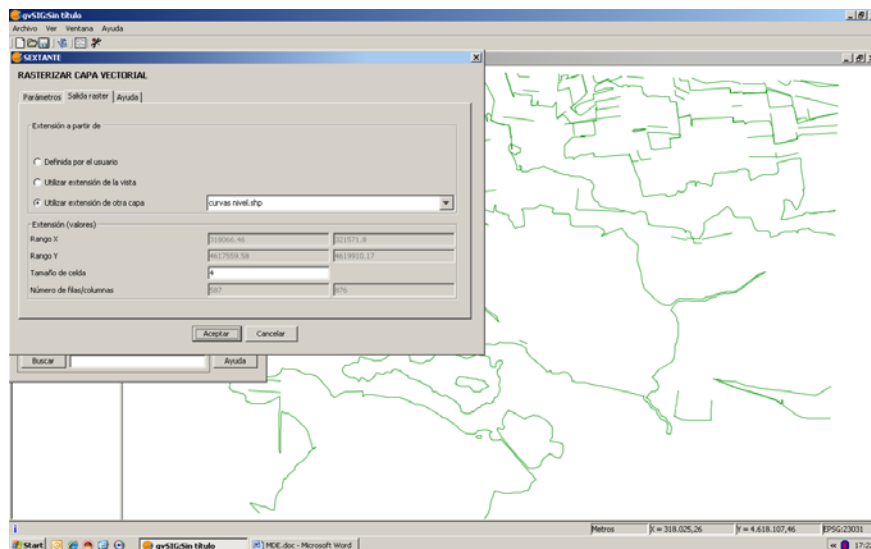
**Paso 8.-** Crear MDE de parcelas, este es el punto más importante del proyecto y es que de él obtendremos uno de los ficheros con más información relevante para realizar los cálculos. La generación del MDE se basa en la rasterización de la capa de curvas de nivel completada con la capa de sondeos.

Lo primero que debemos realizar, es rasterizar la capa curvas de nivel.shp e interpolarse la capa de sondeos.shp mediante sus campos de elevación (elevation y Z).

Primero de todo, cargaremos estas dos capas en un proyecto nuevo de gvSIG.

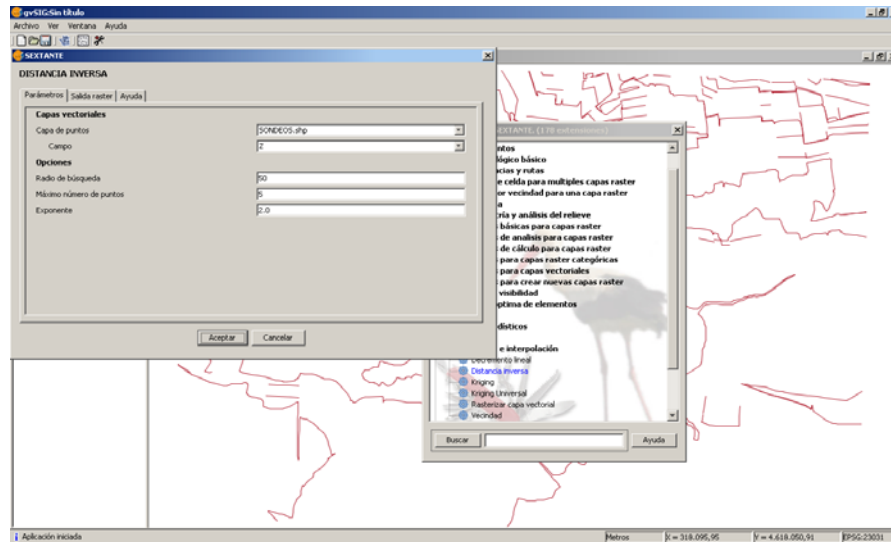


Una vez cargadas estas capas, abrimos la extensión *SEXTANTE* para gvSIG y concretamente ejecutaremos el algoritmo Rasterizar capa vectorial del módulo Rasterización e Interpolación sobre la capa de curvas de nivel, seguidamente la interpolación de la capa de sondeos, el campo que utilizaremos para dar valores a la rasterización será el campo que nos da la elevación (cota) de la capa. Para cada operación de rasterización obtendremos una nueva capa raster basada en el grid de la capa curvas de nivel y con un tamaño de celda de 4m.



Para la interpolación de la capa de sondeos, utilizaremos el algoritmo de distancia inversa y utilizaremos los valores que se muestran en la siguiente pantalla:

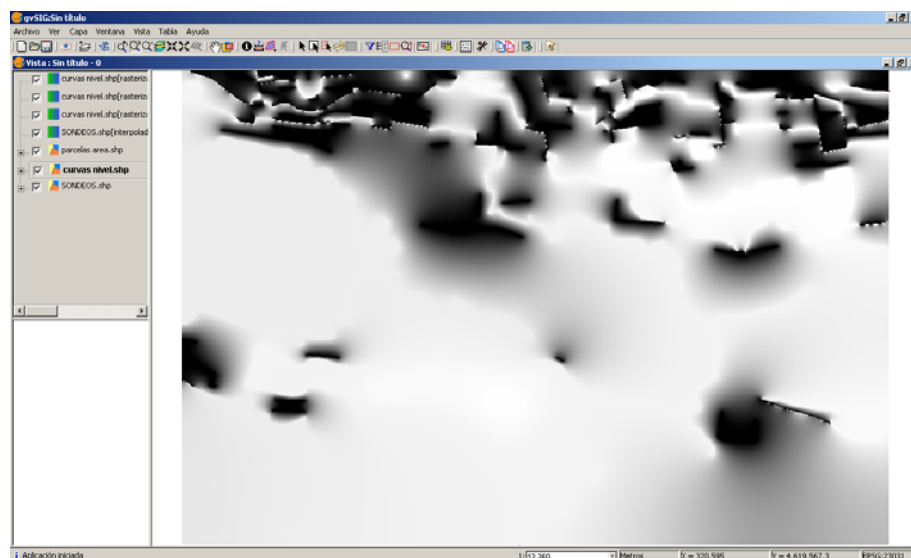




En este punto lo que debemos de realizar es el rellanado del grid de las curvas de nivel con los datos del grid de la capa de sondeos, para realizar esta operación disponemos del algoritmo completar grid del módulo herramientas básicas para capas raster. En este algoritmo debemos de proporcionar una capa base: curvas de nivel, una capa adicional: sondeos y un método de interpolación: distancia inversa, con este algoritmo también obtendremos una nueva capa raster a la que le daremos un grid del tamaño de la capa curvas de nivel y un tamaño de celda de 4m.

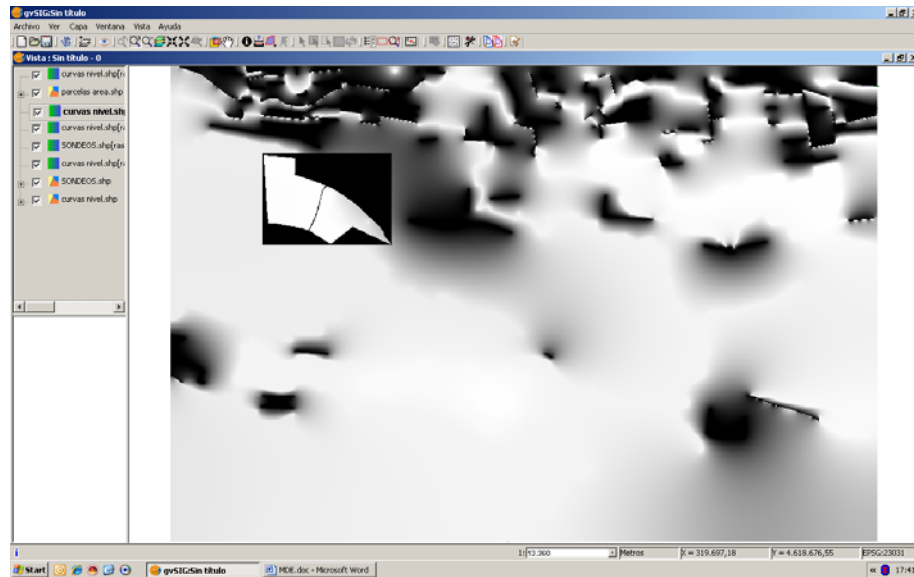
Llegado a este punto solo nos quedará rellenar las celdas sin datos del grid que estamos trabajando en todo momento, para ello utilizaremos el algoritmo rellenar celdas sin datos del módulo de herramientas básicas para capas raster, este algoritmo solo nos pide la capa raster que queremos rellenar y el umbral de tensión que queremos utilizar, en este caso utilizaremos la capa que hemos obtenido del punto anterior y utilizaremos un umbral de tensión de 0.1

Como resultado obtendremos el MDE de curvas de nivel siguiente, que utilizaremos para obtener el definitivo MDE de sondeos.

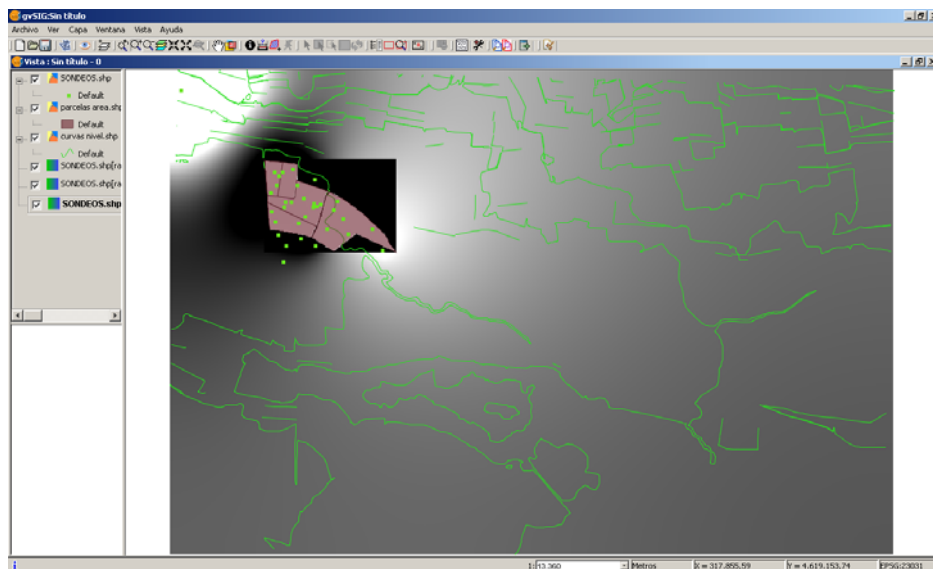


Finalmente, si cargamos la capa que generamos como parcelas.shp podremos utilizar el algoritmo cortar grid con capa de polígonos del módulo herramientas básicas para capas raster, este algoritmo necesitará que le indiquemos una capa raster en nuestro caso la obtenida como MDE curvas de nivel y una capa de polígonos, parcelas.shp.

El resultado obtenido será nuestro fichero raster MDE parcelas, este fichero lo exportaremos a capa raster para tenerlo siempre almacenado y listo para ser usado en los cálculos necesarios.

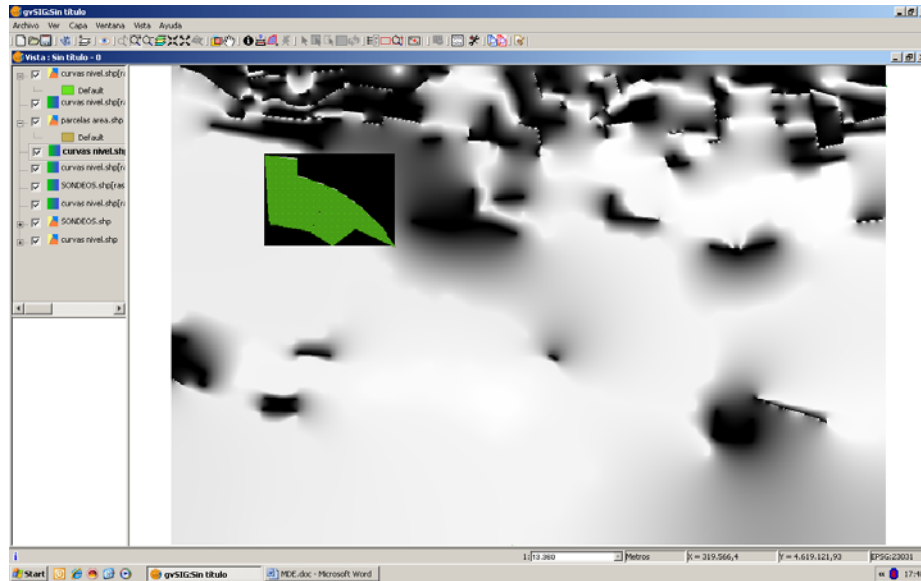


**Paso 9.-** Para obtener el MDE de las diferentes capas de material disponible en el subsuelo de las parcelas a estudiar, realizaremos los mismos pasos seguidos para obtener el MDE de parcelas con la excepción de que en este caso solo disponemos de una capa vectorial para realizar el proceso por lo que nos saltaremos la parte de completar el grid y pasaremos directamente a rellenar las celdas sin datos. Los pasos son exactamente los mismos por lo que no lo mostraremos visualmente. Una vez disponemos del MDE Parcelas, el MDE Tierra, el MDE Material y el MDE Roca, deberemos de obtener uno de estos MDE por cada parcela (4 por parcela) en total necesitaremos 20 MDE (4 MDE x 5 Parcelas), para poder realizar el cálculo individual y poderlo contrarrestar con el cálculo total.

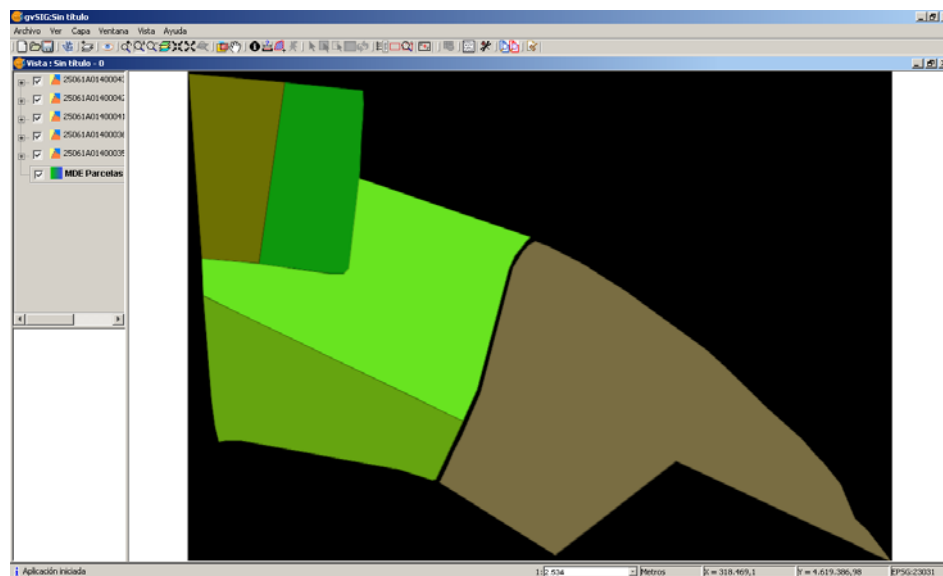


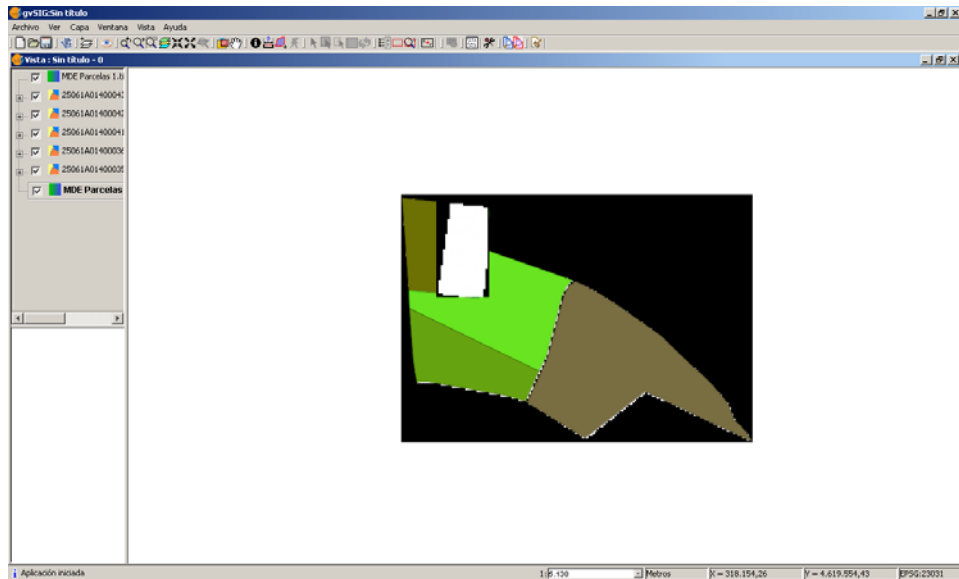
**Paso 10.-** Una vez disponemos de todos los MDE necesarios para realizar los cálculos, podemos realizar una prueba sencilla con los MDE generales para comprobar que el proceso de convertir capas vectoriales en capas raster a funcionado correctamente. Para realizar esta comprobación, lo único que debemos realizar es una vectorización de la capa raster para poder verificar algunos puntos estratégicos y corroborarlos con los puntos de sondeos de los que nos hemos basado. Para ello, utilizaremos el algoritmo vectorizar capa raster del módulo vectorización, ha este algoritmo lo único que debemos darle es una capa raster en nuestro caso la capa raster del MDE que queremos comprobar.

El resultado será el siguiente y sobre él colocaremos la capa de sondeos que corresponde al MDE vectorizado para poder comprobar algunos puntos, lo que debemos de comprobar es su valor de elevación.



**Paso 11.-** Para obtener los MDE de cada parcela, deberemos de seguir el proceso de recorte de capas raster a partir de una capa de polígonos, que ya hemos utilizado en otros apartados de este documento. Seguidamente se muestran las pantallas de ejemplo de creación de uno de estos MDE.

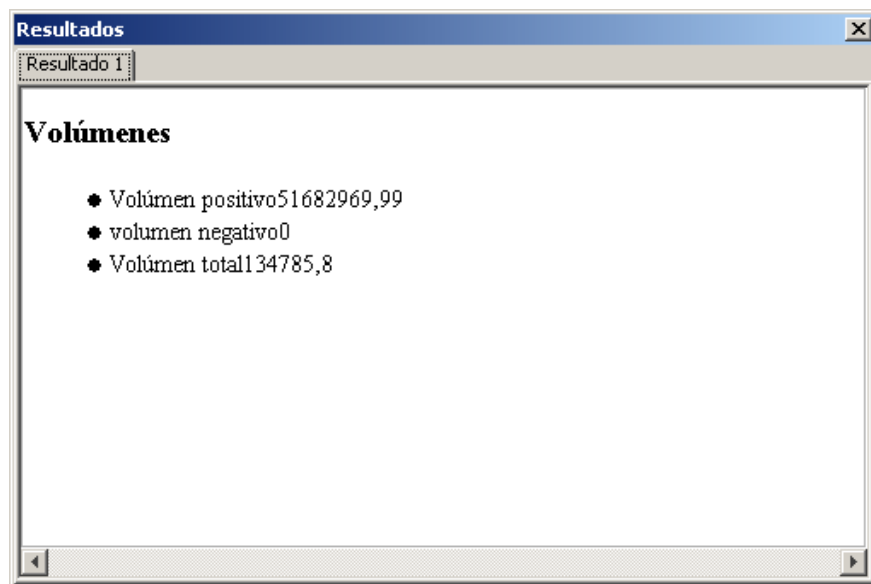




Estos pasos deberemos de realizarlos por cada parcela y por cada MDE.

Llegado a este punto ya disponemos de toda la información necesaria para poder realizar los cálculos necesarios para este proyecto.

**Paso 12.-** Realización de los cálculos de volúmenes por parcela, para realizar este paso utilizaremos el algoritmo volumen entre dos capas del módulo Herramientas básicas para capas raster, este algoritmo necesita que le proporcionemos dos capas raster la capa inferior y la superior y nos devolverá en pantalla el volumen existente entre ambas. Partimos de un proyecto gvSIG en el que tenemos las capas raster de la parcela a trabajar y el resultado final se obtiene en la siguiente pantalla,



El seguimiento exhaustivo de este documento nos llevará a la obtención de los datos necesarios para el desarrollo del proyecto.