

# SISTEMES D'INFORMACIÓ GEOGRÀFICA

*(CÀLCUL DEL VOLUM DE TERRES DEL SUBSÒL)*

## MEMÒRIA

Rubén Pérez de la Fuente

Enginyeria Tècnica en Informàtica de Gestió

Treball de Fi de Carrera

**Curs:** 2007/2008 – Setembre

**Consultor:** Jordi Marturià Alavedra

## Resum

Amb aquest Treball de fi de carrera ens endinsem en una vessant molt específica del camp de les bases de dades: els Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG), una vessant que dia rere dia està evolucionant i prenent més rellevància a tots els nivells.

Aquest document està dividit en tres parts, dues teòriques i una pràctica, que mostren la utilitat i funcionalitat que poden arribar a assolir els SIG.

En una primera part del document es fa una introducció als SIG, definint què són, fent una breu explicació històrica, definint una terminologia bàsica, enumerant quins són els components d'un SIG i veient amb quins tipus de models es poden representar.

Tot seguit es fa un estudi d'un programari SIG: *gvSIG*, un programari lliure desenvolupat per iniciativa de la Conselleria d'Obres Públiques de la Generalitat Valenciana.

Per finalitzar el treball es desenvoluparà un cas pràctic utilitzant el programari estudiat, que permetrà realitzar el càlcul del volum de terres del subsòl.

## Índex

Resum.....	I
Índex de taules.....	IV
Índex de figures.....	V
Glossari.....	VII
1 Introducció.....	1
1.1 Justificació del TFC.....	1
1.2 Objectius.....	1
1.3 Enfocament i mètode seguit.....	1
1.4 Planificació.....	2
1.5 Diagrama de Gantt.....	4
2 Fonaments dels SIG.....	5
2.1 Definició.....	5
2.2 Antecedents.....	6
2.3 Terminologia i conceptes.....	7
2.3.1 El·lipsoide.....	8
2.3.2 Geoide.....	8
2.3.3 Datum.....	8
2.3.4 Sistemes de referència.....	9
2.3.5 Geodèsia.....	9
2.3.6 Cartografia.....	10
2.4 Components d'un SIG.....	12
2.5 Models de representació.....	13
2.5.1 Model ràster.....	14
2.5.2 Model vectorial.....	14
2.5.3 Model ràster vs. Model vectorial.....	15
3 Funcions i funcionalitats d'un SIG.....	17
3.1 Funcions.....	17
3.2 Funcionalitats.....	17
4 Aplicacions d'un SIG.....	18
4.1 A l'administració pública.....	18
4.2 De caràcter socioeconòmic.....	18
4.3 Al camp mediambiental.....	18
4.4 Al camp de les utilitats.....	18
5 Recursos, serveis i dades disponibles a Internet.....	20

---

6	Un aplicatiu SIG: gvSIG i les seves extensions.....	21
6.1	Antecedents .....	21
6.2	Descripció del gvSIG.....	22
6.2.1	Interfície .....	22
6.2.2	Personalització, la finestra de preferències .....	23
6.2.3	Projectes i documents.....	24
6.2.3.1	Vistes.....	24
6.2.3.2	Taules.....	26
6.2.3.3	Mapes.....	27
6.3	Extensions .....	28
6.4	Valoració.....	29
6.4.1	Funcionalitats del gvSIG .....	29
6.4.1.1	Entrada de dades .....	30
6.4.1.2	Visualització de les dades.....	30
6.4.1.3	Gestió de les dades .....	30
6.4.1.4	Recuperació i anàlisis de la informació.....	30
6.4.2	Exportació de documents .....	31
6.4.3	Personalització.....	31
6.4.4	Documentació i suport .....	31
6.4.5	Comparativa SIG .....	32
7	Un cas pràctic: Càlcul de volums de terres .....	34
7.1	Anàlisis del cas .....	34
7.2	Components.....	34
7.3	Procés de generació del SIG .....	35
7.3.1	Dades de partida.....	35
7.3.2	Generació dels MDE.....	37
7.3.3	Parcel·les .....	40
7.3.4	Càlcul de volums.....	42
7.4	Resultats .....	44
7.4.1	Volums obtinguts .....	44
7.4.2	Parcel·la òptima .....	44
7.4.3	Distribució de volums.....	45
	Conclusions.....	47
	Bibliografia.....	48
	Annexes .....	50

## Índex de taules

Taula 1 Planificació de les tasques .....	3
Taula 2 Dates clau del TFC.....	3
Taula 3 Evolució dels SIG en l'era moderna .....	7
Taula 4 Comparació model <i>ràster</i> vs. model vectorial.....	16
Taula 5 Comparativa de programari SIG .....	33
Taula 6 Volums calculats de les parcel·les.....	44
Taula 7 Coeficients de Terra i Material a explotar .....	45

## Índex de figures

Fig. 1 Planificació del TFC. Diagrama de Gantt .....	4
Fig. 2 Mapa original del Dr. John Snow (1854) .....	6
Fig. 3 Representació de l'el·lipsoide i el geoide .....	8
Fig. 4 Components del Datum .....	9
Fig. 5 Diferents tipus de projeccions .....	12
Fig. 6 Components d'un SIG .....	13
Fig. 7 Representació de la realitat <i>ràster</i> i vectorial.....	13
Fig. 8 Organització de la informació en un model <i>ràster</i> .....	14
Fig. 9 Organització de la informació en un model vectorial .....	15
Fig. 10 Representació <i>ràster</i> vs. vectorial .....	15
Fig. 11 Pàgina principal del portal de l'IDEE .....	20
Fig. 12 Pàgina principal del portal de l'IDEC .....	20
Fig. 13 Inici del gvSIG .....	21
Fig. 14 Finestra principal de gvSIG .....	22
Fig. 15 Finestra de preferències.....	23
Fig. 16 Documents de gvSIG .....	24
Fig. 17 Assistent d'inserció de capa (WMS).....	25
Fig. 18 Inserció d'una taula via JDBC .....	26
Fig. 19 Definició d'un camp d'una taula.....	27
Fig. 20 Mapa amb tots els elements .....	28
Fig. 21 Selecció de la parcel·la 25061A01400043 a l'OVC .....	35
Fig. 22 Cartografia 1:5000 de l'ICC .....	36
Fig. 23 Dades facilitades per l'ICC .....	36
Fig. 24 Taula amb les dades dels sondejors .....	37
Fig. 25 Connexió ODBC a Access .....	39
Fig. 26 MDE corresponent a la cota Z (Corbes de nivell).....	39
Fig. 27 MDE's de les capes de Terra, Material i Roca.....	40
Fig. 28 Polígons de les parcel·les.....	41
Fig. 29 Selecció de capes <i>ràster</i> a retallar .....	42
Fig. 30 Retalls dels MDE per a cada parcel·la.....	42
Fig. 31 Calculadora de mapes.....	43
Fig. 32 Càlcul del volum entre 2 capes .....	43

---

Fig. 33 Càlcul del volum d'una capa.....	43
Fig. 34 Càlcul de la proporció de material sobre tota l'extracció .....	45
Fig. 35 Proporció de material a extreure sobre el total d'extracció .....	46
Fig. 36 Mapa de situació de les parcel·les .....	50
Fig. 37 Profunditat de terra. Dades de la parcel·la 25061A01400035 .....	50
Fig. 38 Profunditat de material a explotar. Dades de la parcel·la 25061A01400042.....	51
Fig. 39 Proporció de material sobre el total de l'extracció. Dades de la parcel·la 25061A01400043.....	51

## Glossari

**ArcIMS:** servidor de cartografia per Internet de l'àmbit privatiu dels més importants actualment. Suporta clients HTML, Java, controls ActiveX, ColdFusion, ... i la integració amb altres productes d'ESRI. Utilitza un protocol fora de les especificacions de l'OGC.

**Barra d'escala:** Gràfic que indica l'escala del mapa.

**Camp:** és cadascuna de les parts en què està dividit un registre d'informació d'una taula en la base de dades.

**Cartografia:** representació convencional gràfica de fenòmens concrets o abstractes, localitzats a la Terra o a qualsevol part de l'Univers.

**Cel·la:** element espacial bàsic d'un sistema d'informació geogràfica en el que s'utilitza el format ràster.

**Datum:** punt on l'el·lipsoide i el geoide que representen la Terra són tangents. Es defineix per un punt fonamental i l'angle que aquest forma amb el nord geogràfic.

**ECWP:** protocol mitjançant el qual se serveixen imatges en format ecw (ortofotos), un tipus d'imatge amb un alt nivell de compressió, a gran velocitat de transferència.

**ED50:** (European Datum 1950). Datum amb el punt fonamental situat a l'observatori de Postdam, Alemanya.

**El·lipsoide:** representació matemàtica de la figura de la Terra, definida per un radi major, un radi menor i l'aixafament.

**Escala:** relació numèrica entre les dimensions de les entitats geogràfiques expressades en un mapa i les dimensions reals de les mateixes entitats en la superfície terrestre.

**Geodèsia:** ciència que estudia la forma, les dimensions i el camp gravitatori en una superfície extensa de la Terra.

**Geoide:** superfície teòrica de la terra que uneix tots els punts que tenen una mateixa gravetat.

**GIS:** sigles de Geographic Information System. *Veure SIG.*

**gvSIG:** eina orientada a la utilització d'informació geogràfica, de codi obert, amb llicència GPL i gratuïta, desenvolupada per iniciativa de la Conselleria d'Infraestructures i Transport de la Generalitat Valenciana.

**ICC:** sigles d'Institut Cartogràfic de Catalunya.

**Llegenda:** gràfic que fa correspondre un símbol determinat amb una classe d'entitat geogràfica en un mapa.

**Mapa:** document de gvSIG on s'insereixen els diferents elements cartogràfics que componen un plànol (vista, llegenda, escala, ...).

**MDE:** Model Digital d'Elevacions



**OGC:** sigles d'Open Geospatial Consortium, organització internacional no lucrativa que lidera el desenvolupament d'estàndards de serveis geoespacionals i de localització.

**PdT:** Pla de Treball.

**Projecció geogràfica:** sistema ordenat que trasllada des de la superfície corba de la Terra la xarxa de meridians i paral·lels sobre una superfície plana.

**Punt fonamental:** coordenades geogràfiques (longitud i latitud) que indiquen la posició d'un datum.

**Ràster:** model de representació en el qual la realitat es representa mitjançant una taula de cel·les elementals.

**SEXTANTE:** acrònim de Sistema EXtremeño de ANàlisis TErritorial. És un projecte de SIG lliure desenvolupat per la Universidad de Extremadura (UNEX) i finançat per la Junta de Extremadura (Servicio de Ordenación Forestal, Caza y Pesca).

**SIG:** sigles de Sistema d'Informació Geogràfica. Sistema de gestió de dades geogràfiques i alfanumèriques amb eines específiques per al seu tractament i anàlisis.

**Sistema de coordenades:** conjunt de valors que permeten definir unívocament la posició de qualsevol punt d'un espai geomètric respecte un punt denominat origen.

**Sistema de referència:** conjunt d'eixos, punts o plans que conflueixen en l'origen d'un sistema de coordenades i a partir dels quals es calculen les coordenades de qualsevol punt d'un espai geomètric.

**Taula:** document de gvSIG on es treballa amb dades alfanumèriques. Està compostat per registres (o files) i camps (o columnes).

**TFC:** sigles de Treball de Fi de Carrera.

**UTM:** sigles de Universal Transversa Mercator. Sistema de representació plana establert com a reglamentari pel Decret 2303/1970.

**Vector:** entitat geomètrica definida per una magnitud i un sentit. Està format per un parell de punts on l'ordre defineix el sentit i la distància defineix la magnitud.

**Vectorial:** model de representació en el qual la realitat es representa mitjançant vectors o estructures de vectors.

**Vista:** document de gvSIG on es treballa amb dades gràfiques.

**WFS:** Web Feature Service. Protocol que pertany als estàndards de l'OGC mitjançant el qual es poden recuperar capes vectorials en format GML des d'un servidor remot.

**WMS:** Web Map Service. Servei produït per l'OGC que produeix mapes de dades espacionals referits de forma dinàmica a partir d'informació geogràfica. Normalment se serveixen en imatges amb format PNG, GIF o JPEG o com a gràfics vectorials SVG.

# 1 Introducció

## 1.1 Justificació del TFC

Amb aquest treball es pretén demostrar l'assoliment dels coneixements adquirits al llarg dels estudis d'ETIG.

Entre totes les matèries estudiades s'ha triat el camp de les bases de dades, un camp molt ampli, on una de les vessants més interessants i que més han evolucionat en els darrers anys és la relacionada amb els Sistemes d'Informació Geogràfica.

## 1.2 Objectius

L'objectiu del TFC és 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 *ràster* com vectorials.

Per assolir aquest objectiu es farà servir com a eina el *gvSIG* que, com es podrà veure a l'apartat d'estudi del programa, ens permet agafar dades d'un servidor remot, via *WMS* (imatges *ràster*) o *WFS* (entitats vectorials) i, alhora, dades locals de tipus alfanumèric, gràfic, etc.

Amb la conjunció de les dades remotes i les dades locals es podran realitzar diferents anàlisis sobre el terreny.

En el cas que ens ocupa, amb els mapes obtinguts remotament, les dades proporcionades pel consultor i les dades de l'estudi realitzat, disponibles en fulls d'*Excel*, s'arribaran a realitzar els càlculs que permetran seleccionar les parcel·les que més interessin per tal de fer-hi una explotació adient.

## 1.3 Enfocament i mètode seguit

El treball està dividit en tres parts, dues teòriques i una eminentment pràctica.

En la primera de les parts teòriques es fa una introducció als Sistemes d'Informació Geogràfica. En aquesta part es presenta una definició de què són els SIG, seguint amb un resum de la seva història. Tot seguit es presenta una terminologia bàsica. També s'enumeren quins són els components d'un SIG i es defineixen quins models són els més utilitzats a l'hora de representar-los. Finalment, es veuran algunes de les aplicacions que tenen els SIG.

La segona part correspon a l'estudi del programari lliure *gvSIG* així com de les extensions que s'hi poden afegir, fen especial esment de *SEXTANTE*, una extensió que dóna capacitat de càlcul *ràster* al *gvSIG*.

A la tercera part es desenvolupa un cas pràctic, utilitzant el programari estudiat que és, en definitiva, l'objectiu final d'aquest treball. Aquest cas pràctic permetrà calcular quins són els terrenys més aptes per a la seva explotació a través de l'estudi del volum de terres.

### 1.4 Planificació

La planificació que s'ha realitzat per a la realització del present TFC és la que es mostra a la taula 1:

Tasca	Durada	Precedència
A. Lectura del pla docent	1	
B. Descàrrega de documentació	1	A
C. Lectura de l'enunciat i anàlisi de la feina a realitzar	2	B
D. Preparació Pla de Treball (PdT)	12	C
E. Descàrrega del programari ( <i>gvSIG</i> + <i>SEXTANTE</i> )	1	C
F. Lliurament del PdT (PAC1)	0	D (02/10/07)
G. Cerca d'informació sobre SIG	4	D
H. Instal·lació del programari	1	E, F
I. Redacció de la primera part del TFC	8	G
J. Estudi <i>gvSIG</i> + <i>SEXTANTE</i>	9	H, I
K. Redacció de la segona part del TFC	4	J (2)
N. Descàrrega dels mapes necessaris i de la informació de l'estudi del subsòl	1	J
M. Estudi de les dades obtingudes	2	L
N. Lliurament de la PAC2	0	K
O. Creació de l'estructura de dades i preparació de la documentació	6	M

P. Creació del SIG	32	O
Q. Lliurament de la PAC3	0	(18/12/07)
R. Síntesi i integració de la Memòria. Conclusions	6	Q
S. Preparació de la Presentació Virtual	8	R(2)
T. Lliurament del TFC	0	(07/01/08)
U. Debat virtual	5	(21/01/08)

**Taula 1** Planificació de les tasques

D'aquesta taula es desprenen les dates clau per a la realització del TFC (Taula 2), i les dates que permeten generar el diagrama de Gantt (Fig. 1):

Data	Esdeveniment
19/09/07	Inici del curs
02/10/07	Presentació del PdT (PAC1)
08/10/07	Descàrrega i instal·lació del programari ( <i>gvSIG</i> + extensions)
12/10/07	Documentació de la memòria fins al capítol 5 (Recursos, serveis i dades disponibles a Internet)
19/10/07	Documentació de l'estudi del <i>gvSIG</i> i SEXTANTE
06/11/07	Lliurament de la PAC2
18/12/07	Documentació del SIG sobre el càlcul del volum de terres
18/12/07	Lliurament de la PAC3
07/01/08	Lliurament de la Memòria i la Presentació Virtual (TFC)
21/01/08 a 25/01/08	Debat Virtual

**Taula 2** Dates clau del TFC

### 1.5 Diagrama de Gantt

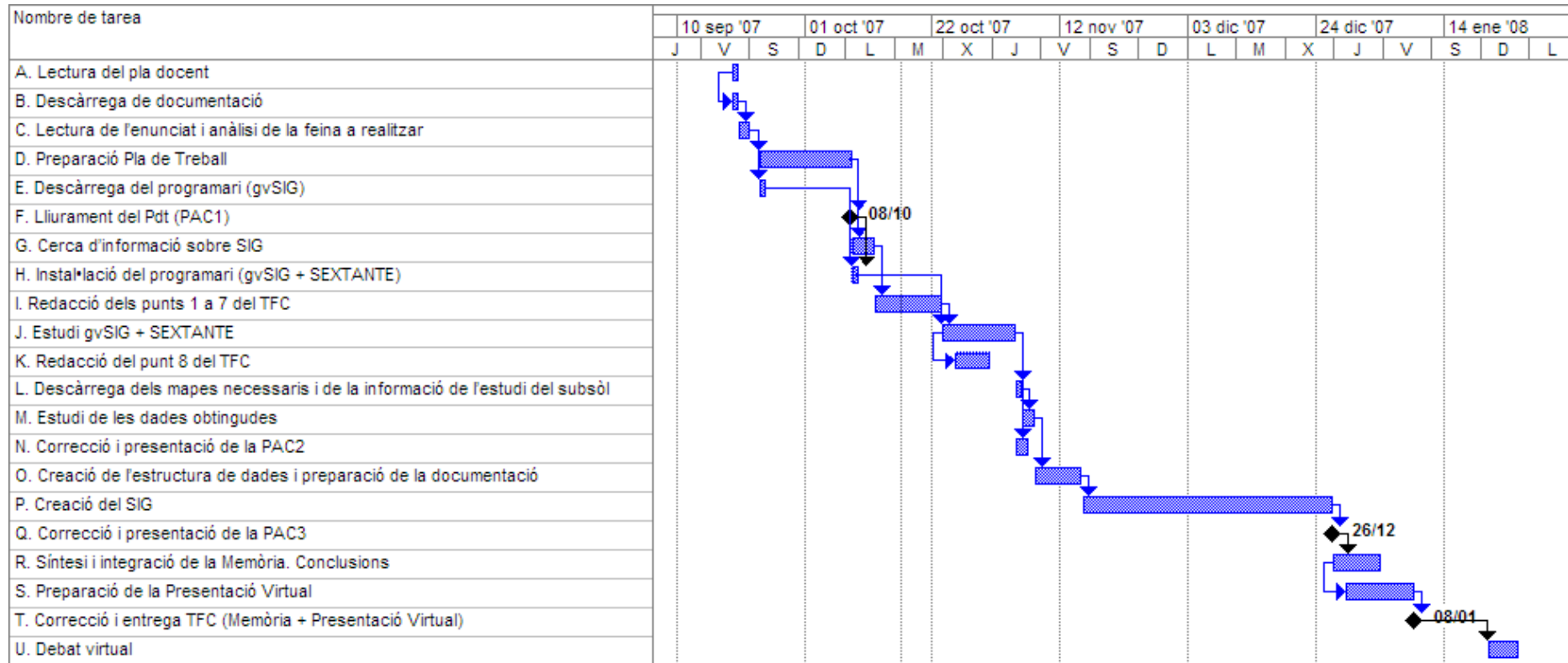


Fig. 1 Planificació del TFC. Diagrama de Gantt

## 2 Fonaments dels SIG

SIG són les sigles de Sistema d'Informació Geogràfica (en anglès GIS, de Geographic Information System).

Per entendre millor què són i què fan, es donaran una sèrie de definicions recollides de diversos autors, es farà un breu repàs històric, s'introduiran un seguit de termes bàsics, s'indicaran els components, les funcions i funcionalitats dels SIG, quins models de representació de la informació utilitzen, així com quines aplicacions tenen.

### 2.1 Definició

Un SIG es pot definir com aquell mètode o tècnica de tractament de la informació geogràfica que permet combinar eficaçment informació bàsica per a obtenir informació derivada. Per a això, es compta tant amb les fonts d'informació com amb un conjunt d'eines informàtiques (maquinari i programari) que poden facilitar aquesta tasca; tot això emmarcat dintre d'un projecte que haurà estat definit per un conjunt de persones, i controlat, així mateix, pels tècnics responsables de la seva implantació i desenvolupament. En definitiva, un SIG és una eina capaç de combinar informació gràfica (mapes) i alfanumèrica (atributs, descripcions, estadístiques, ...) per a obtenir una informació derivada sobre l'espai.

Algunes altres definicions de Sistema d'Informació Geogràfica recollides per Gutiérrez i Gould (1994), a més de la citada anteriorment, són:

- *GOODCHILD (1985): "Un sistema que utilitza una base de dades espacial per a generar respostes davant preguntes de naturalesa geogràfica".*
- *BURROUGH (1986): "Un potent conjunt d'eines per a recol·lectar, emmagatzemar, recuperar a voluntat, transformar i presentar dades espacials procedents del món real".*
- *CEBRIÀ (1988): "Una base de dades computeritzada que conté informació espacial".*
- *ARONOFF (1989): "Un conjunt de procediments manuals o computeritzats usat per a emmagatzemar i tractar dades referenciades geogràficament".*
- *NCGIA (1990): "Sistema de maquinari, programari i procediments dissenyat per a realitzar la captura, emmagatzematge, manipulació, anàlisi, modelització i presentació de dades referenciades espacialment per a la resolució de problemes complexos de planificació i gestió".*
- *STAR i ESTES (1990): "Sistema d'Informació dissenyat per a treballar amb dades georreferenciades mitjançant coordenades espacials o geogràfiques".*

D'aquestes definicions es podria interpretar erròniament que un SIG és igual a una Base de Dades. Cebrià (1994) assenyala referent a això les següents diferències entre un SIG i un SGBD:

- “En un SIG la informació continguda en la base de dades pot ser disseccionada primàriament per localització espacial o per context”.
- “En un SGBD els ítems seran espacialment direccionables si, i només si, una correspondència és definida entre les localitzacions geogràfiques i els registres d'informació (posicions de memòria)”.

## 2.2 Antecedents

Totes les societats civilitzades han organitzat la informació espacial d'una forma o una altra. Els fenicis, els grecs, els romans, ... tots ells varen fer representacions cartogràfiques amb més o menys precisió, cosa que va permetre la seva expansió pel món.

Però la primera aproximació a la utilització d'un SIG va ser el 1854, quan el Dr. John Snow va plasmar en un mapa de Londres (Fig. 2) els casos que s'havien donat de còlera (punts) i les fonts de les què havien agafat aigua els malalts (creus). Gràcies a aquesta representació es va poder descobrir quina de les fonts era la que estava contaminada. D'haver disposat únicament de les dades, hauria estat pràcticament impossible fer aquesta troballa.



Fig. 2 Mapa original del Dr. John Snow (1854)

Els SIG com a tals, es varen desenvolupar a la dècada dels 60, amb el *Canadian Geographic Information System (CGIS)*, l'objecte del qual era gestionar els boscos i les superfícies marginals del Canadà. Combinava la cartografia amb les dades per a la correcta gestió de l'espai forestal, utilitzant tant estructures *ràster* com vectorials. Aquest sistema ha anat evolucionant i avui encara és operatiu.

També a la dècada dels 60, Ian McHarg planteja una metodologia SIG a la seva obra *Design with Nature*. El seu mètode està basat en superposicions de matrius binàries semitransparents, amb el qual formula el concepte de SCA (anàlisi de capacitat/susceptibilitat), que ha estat de gran importància

per al desenvolupament de les capacitats analítiques d'aquests sistemes, tot i presentar diversos problemes en ponderar variables, degut al seu caràcter binari, el determinisme i el grau de dificultat que assolía a mesura que augmentava el nombre de documents a combinar.

Com a conseqüència dels conceptes de McHarg, a la dècada dels 60 i 70 té lloc el desenvolupament dels SIG *ràster* o matricials (SYMAP i GRID a la Universitat de Harvard i MAP – Map Analysis Package – a la Universitat de Yale). Es caracteritzen per la seva senzillesa i economicitat, tot i tenir poca capacitat per a manejar atributs i ser aplicables a espais molt compartimentats.

En els anys 70 es desenvolupa, al laboratori de Harvard, ODYSSEY, un SIG vectorial amb superposició de polígons mitjançant geometria coordinada. Bona part d'aquests mateixos investigadors són els responsables, els anys 80, del desenvolupament dels SIG industrials. S'implanta ArcINFO per part d'ESRI.

En l'actualitat s'està consolidant el SIG com una indústria, caracteritzat per una integració dels sistemes *ràster* i vectorial i per la importància de la comunicació entre sistemes i per la interfície d'usuari. S'està potenciant la utilització de programació en entorn visual amb tecnologia basada en objectes, i innovant en la integració de sistemes de suport a la presa de decisions, els sistemes de sobretaula, els servidors d'informació geogràfica en xarxa i distribuïts i els SIG mòbils.

Etapa	Duració	Característiques
Primera	60 -70	Aparició dels SIG. Utilització d'estructures <i>ràster</i> .
Segona	70 – 80	Desenvolupament de l'estructura vectorial aplicada al GIS
Tercera	80 – 90	Desenvolupament dels SIG industrials.
Quarta	90 - avui	Desenvolupament de les eines d'usuari. Aparició dels servidors d'informació geogràfica i SIG mòbils.

Taula 3 Evolució dels SIG en l'era moderna

### 2.3 Terminologia i conceptes

En aquest apartat es defineix què és la geodèsia i què és la cartografia. Un element molt important en la cartografia és el datum, ja que indica el punt de referència des del qual s'han de mesurar les coordenades cartografiades. Per definir el datum, primer s'han de conèixer dos altres conceptes: l'el·lipsoide i el geoide.



### 2.3.1 EL·LIPSOIDE

Com és ben sabut, la terra no és rodona, la seva figura és semblant a una esfera aixafada pels pols. Degut a les irregularitats del terreny, no existeix cap figura geomètrica que pugui representar tot el planeta.

Per aquest motiu cada continent, nació, etc fa servir un model matemàtic diferent, que s'ajusta més adequadament que qualsevol altre a la zona a cartografiar.

Aquesta representació matemàtica de la Terra s'anomena **el·lipsoide** i és el resultat de revolucionar un el·lipse sobre el seu eix.

L'el·lipsoide es defineix pel radi Major (a), el radi Menor (b) i el seu nivell d'aixafament ( $\frac{1}{f} = 1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2$ ).

### 2.3.2 GEOIDE

El geoides és la superfície teòrica de la Terra que uneix tots els punts que tenen una mateixa gravetat. Aquesta superfície inclou tota porció de terra situada sota el mar, el nivell del mar en calma absoluta i sense factors externs que l'alterin, com la gravetat de la lluna (marees) o les interaccions amb el sistema solar.

Aquesta superfície no és totalment uniforme, degut a la diferent composició i densitat dels materials que formen el planeta.

A la fig. 3 es pot veure la superposició d'ambdós elements.

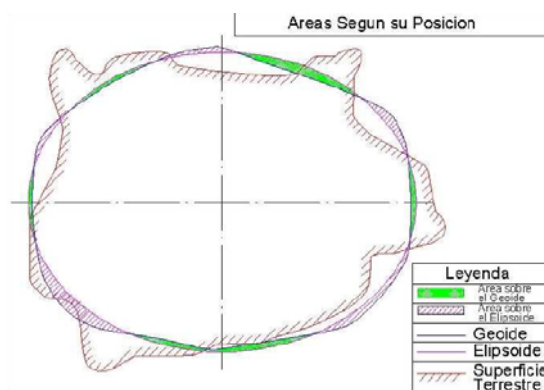


Fig. 3 Representació de l'el·lipsoide i el geoides <sup>1</sup>

### 2.3.3 DATUM

El datum és aquell punt on l'el·lipsoide i el geoides són coincidents, o sigui, és el punt tangent a l'el·lipsoide i al geoides (Fig. 4).

El datum es compon d'un el·lipsoide definit pels radis i l'aixafament i un punt anomenat fonamental en què l'el·lipsoide i la Terra són tangents. El

<sup>1</sup> Ignacio Alfonso Fernández-Coppel [2001]. Las coordenadas Geográficas y la Proyección UTM

punt fonamental està definit per les seves coordenades geogràfiques (longitud i latitud) i l'angle que forma amb el nord geogràfic.

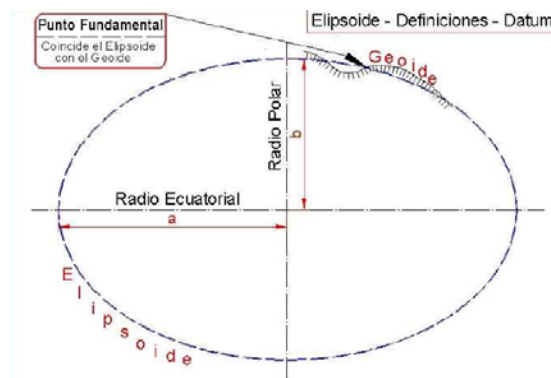


Fig. 4 Components del Datum <sup>2</sup>

### 2.3.4 SISTEMES DE REFERÈNCIA

Des de fa molt temps s'estan desenvolupant sistemes de referència globals, que permeten una alta precisió i homogeneïtat en el posicionament i la navegació. Alguns dels més coneguts són:

- **ED50** (European Datum 1950)
- **ETRS89** (European Terrestrial Reference System 1989)
- **REGCAN95** (Datum de referència per a les Illes Canàries)
- **SAD69** (South American Datum) de 1969
- **SIRGAS** (Sistema de referència geocèntric per a les Amèriques)
- **WGS84** (World Geodetic System) El·lipsoide de 1984

A Espanya es fa servir l'ED50 per a la península i les illes balears i el REGCAN95 per a les Illes Canàries. Amb el decret 1071/2007, de 27 de juliol, pel qual es regula el sistema geodèsic de referència oficial a Espanya, s'ha aprovat que a partir del 2015 l'únic sistema de referència vàlid sigui l'ETRS89, el qual estan aprovant successivament tots els països de la Unió Europea.

Aquest sistema de referència està lligat a la part estable de la placa Europea i és consistent amb els sistemes GPS, GLONASS i GALILEO.

### 2.3.5 GEODÈSIA

La geodèsia és la ciència que estudia la forma, les dimensions i el camp gravitatori en una superfície extensa de la Terra.

Al 1687 Newton va enunciar el següent principi universal: "la forma d'equilibri d'una massa fluida homogènia sotmesa a les lleis de gravitació

<sup>2</sup> Ignacio Afonso Fernández-Coppel [2001]. Las coordenadas Geográficas y la Proyección UTM

universal i girant al voltant d'un eix és un el·lipsoide de revolució aixafat pels pols" i, tot i que aquest principi no es compleix en la Terra, ja que les masses internes no són homogènies, s'admet com a forma de la Terra la superfície en equilibri materialitzada pels mars en calma. Aquesta forma és denominada geoide i és una superfície física real i sobre la qual la gravetat en tots els seus punts és normal a ella.

Per als càlculs geodèsics s'escull un punt fonamental o datum en el que la normal al geoide coincideix amb la normal a l'el·lipsoide. En aquest punt les dues superfícies, el·lipsoide i geoide són tangents.

El camp d'estudi de la geodèsia és molt ampli, per això està dividida en:

- **Geodèsia esferoïdal:** estudia la forma i dimensions de la Terra i fa servir l'el·lipsoide com a superfície de referència.
- **Geodèsia física:** estudia el camp gravitacional de la Terra.
- **Astronomia geodèsica:** estudia els mètodes astronòmics que permeten determinar les coordenades geogràfiques sobre la superfície terrestre d'una sèrie de punts fonamentals: els datum.
- **Geodèsia espacial o còsmica:** fa servir els satèl·lits per a les seves determinacions.

La principal utilitat de la geodèsia és que permet representar cartogràficament grans extensions de territori mitjançant una xarxa de punts distribuïts per tota la superfície terrestre dels quals es determinen les coordenades geogràfiques i la seva elevació sobre el nivell del mar amb una gran precisió.

### 2.3.6 CARTOGRAFIA

Es pot definir la cartografia com el conjunt d'estudis i operacions científiques i tècniques que intervenen en la formació o anàlisi de mapes, models en relleu o globus, que representen la Terra, o part d'ella, o qualsevol part de l'Univers. L'Associació Cartogràfica Internacional defineix el concepte de mapa com: "*La representació convencional gràfica de fenòmens concrets o abstractes, localitzats a la Terra o a qualsevol part de l'Univers*".

#### □ **Projeccions planes**

Es fa servir quan només es pretén representar una part limitada de la superfície terrestre. Hi ha diversos tipus de projeccions planes:

1. **Estereogràfica.** És una projecció plana molt emprada en Cartografia. En aquesta projecció es compleix que els meridians són rectes concurrents i els paral·lels són circumferències concèntriques. L'escala augmenta cap a la perifèria i no es pot representar tota la Terra. Aquest sistema s'empra generalment per a representar les regions polars i per a les cartes de navegació aeronàutiques.
2. **Gnomònica.** Es pot representar menys de la meitat de la Terra i l'escala augmenta cap a perifèria. Qualsevol recta de la projecció

correspon a un cercle màxim. Per tant el camí més curt en l'esfera és una línia recta en el mapa (ortodròmica).

3. **Ortogràfica.** Es pot representar just la meitat de la superfície terrestre i l'escala disminueix cap a la perifèria.
4. **Escenogràfica.** L'escala augmenta cap a la perifèria.

#### □ **Desenvolupaments cilíndrics**

En ells el pas de l'esfera al plànol es fa per mitjà d'un cilindre. Dintre d'aquest tipus de projeccions destaquen dues molt utilitzades en Topografia.

1. **Projecció de Mercator.** Es va utilitzar en 1569 i el gran avanç va ser que conservava els angles, transformant els meridians i paral·lels en una xarxa rectangular. Es tracta del desenvolupament d'un cilindre circumscrit a l'Equador terrestre, sobre el qual es van espaiant els paral·lels a l'augmentar les latituds. En aquesta projecció no són representables els Pols.
2. **Projecció UTM (Universal Transversa Mercator).** Es basa en la projecció de Mercator en la qual el cilindre és tangent a un meridià, considerant la Terra com un el·lipsoide de revolució tangent interiorment a un cilindre i l'eix del qual està situat en el plànol de l'Equador.

Per a localitzar un coordenada UTM en una projecció s'ha d'especificar el sistema de referència utilitzat, o sigui, el datum i l'el·lipsoide de referència.

A Espanya, l'el·lipsoide de referència elegit és el de Hayford<sup>3</sup> i el datum és l'ED50 o de Postdam (en el cas de les illes Canàries es fa servir el datum "Pico de las Nieves").

La universalitat de l'el·lipsoide de Hayford s'aconsegueix emprant diferents cilindres, corresponents a diversos meridians separats entre ells 6°. Cada fus de 6° empra un cilindre diferent.

Representa la totalitat del globus en 60 fusos iguals. El meridià de Greenwich separa els fusos 30 i 31. Espanya està compresa entre els fusos 28, 29, 30 i 31.

Els casquets polars no se solen representar en UTM, limitant la seva ocupació a latituds menors de 80°.

En la figura 5 es poden observar diferents tipus de projeccions de la Terra.

---

<sup>3</sup> [...]Las observaciones geodésicas realizadas, junto con las observaciones geodésicas del resto de los países europeos, dieron lugar a la creación del sistema de referencia ED50 cuyo elipsoide es el internacional de Hayford 1924, datum en Potsdam, Alemania, 1950, y el meridiano origen de longitudes el de Greenwich, sistema de referencia vigente actualmente en España desde el año 1970 junto con el sistema de representación cartográfico UTM, Universal Transversa Mercator, conforme al Decreto 2303/1970, de 16 de julio, y sobre los que actualmente se desarrolla toda la cartografía básica y derivada oficial en España.[...] (BOE n. 207 de 29/8/2007) REAL DECRETO 1071/2007, de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España).

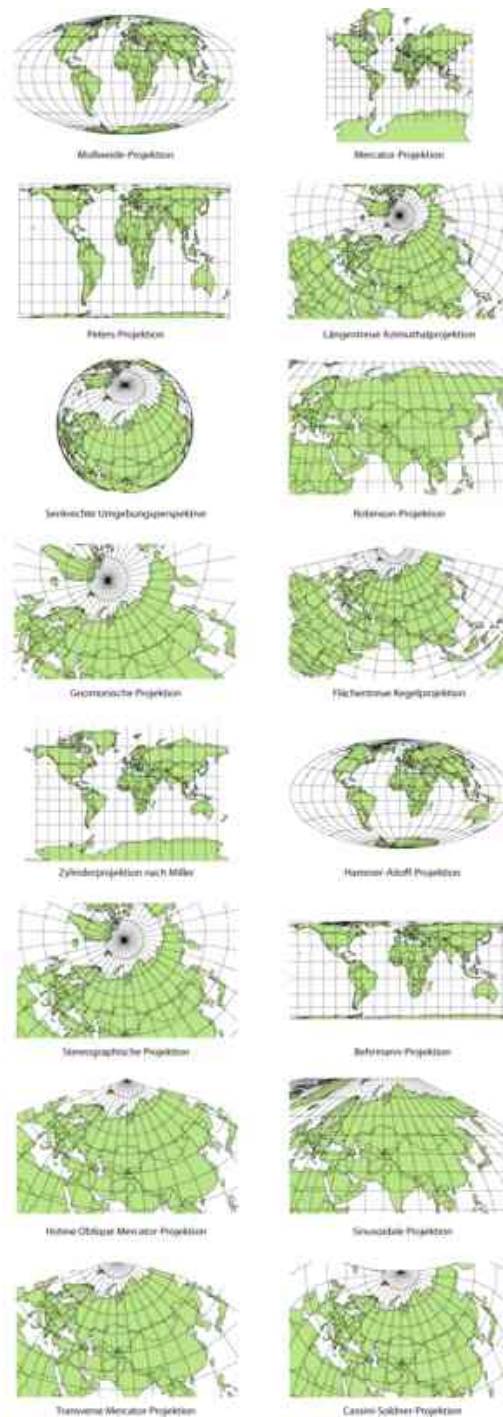


Fig. 5 Diferents tipus de projeccions

## 2.4 Components d'un SIG

Els components generals d'un sistema d'informació geogràfica es poden resumir en quatre elements:

- La informació geogràfica

- L'equip de persones i el programari del SIG encarregats de complir les funcions generals d'anàlisi i manipulació de les dades
- Els procediments necessaris per a realitzar un projecte complet
- La definició d'un conjunt d'aplicacions que seran el resultat bàsic del processament d'informació geogràfica.

La figura 6 mostra esquemàticament la seqüència de relació entre els diferents elements que componen un SIG:

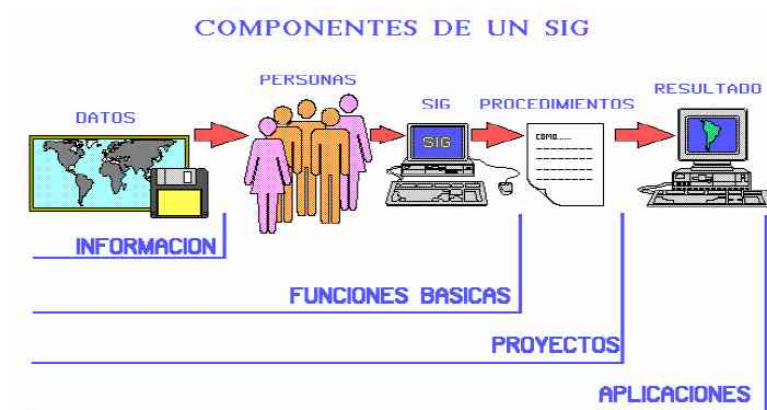


Fig. 6 Components d'un SIG

## 2.5 Models de representació

En funció del model de dades implementat, els SIG es poden classificar en matricials o *ràster* i vectorials (Fig. 7). Les noves tecnologies i l'avanç vertiginós que estan prenent aquests sistemes han donat lloc a altres models i classificacions, tot i que aquí només s'explicaran aquests dos models, ja que són els més estesos actualment.

El model *ràster* utilitza una malla regular per documentar els elements geogràfics mentre que el model vectorial utilitza bàsicament línies (vectors) per delimitar els objectes.

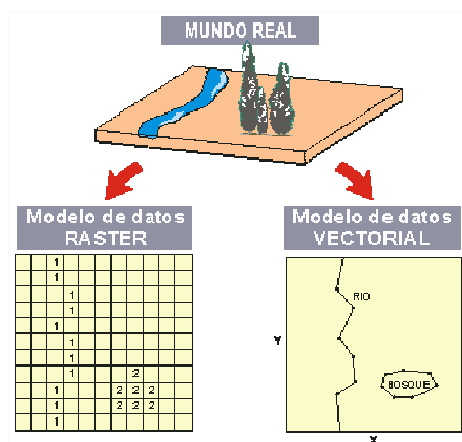


Fig. 7 Representació de la realitat *ràster* i vectorial

### 2.5.1 MODEL RÀSTER

Un SIG *ràster* es basa en la relació de veïnatge dels objectes geogràfics. Consisteix en un conjunt de mapes individuals, tots ells de la mateixa zona, representats utilitzant una malla de rectangles, anomenats *píxel*, tots ells del mateix tamany. Cada píxel conté el valor corresponent a aquell punt en l'espai cartografiat (Fig. 8).

Un element essencial en aquest model és l'elecció del tamany dels píxels, ja que això indicarà l'escala del mapa. Així, si es tria un tamany de píxel reduït s'aconseguirà una alta definició però per contrapartida, faran falta moltes més files i columnes per representar-los, cosa que comportarà la necessitat de més espai per a l'emmagatzematge i més cost a l'hora de realitzar tractaments i anàlisis.

En principi el criteri bàsic per establir l'escala d'un mapa *ràster* és (Star i Estes 1990, p 37): la longitud del píxel o unitat base de la malla *ràster*, ha de ser la meitat de la longitud més petita que sigui necessari representar de totes les existents a la realitat.



Fig. 8 Organització de la informació en un model *ràster*<sup>4</sup>

### 2.5.2 MODEL VECTORIAL

En els SIG vectorials les entitats geogràfiques es representen per la combinació de punts, línies, polígons i atributs temàtics, georeferenciats i interrelacionats. És un model que s'assembla més a la percepció humana de l'espai.

En aquest model cada tipus d'element es representa d'una forma: un punt es representa per un parell de coordenades, una línia per un parell de punts i un polígon és una agrupació de línies (Fig. 9). Utilitzant aquest sistema de referències, s'aconsegueix que els mapes vectorials tinguin fitxers d'emmagatzematge de mida petita.

<sup>4</sup> [www.gabrielortiz.com](http://www.gabrielortiz.com) – Qué son los Sistemas de Información Geográfica

Aquest model és el més indicat per treballar amb objectes geogràfics amb uns límits perfectament definits, com per exemple una carretera o les parcel·les d'una illa de cases.

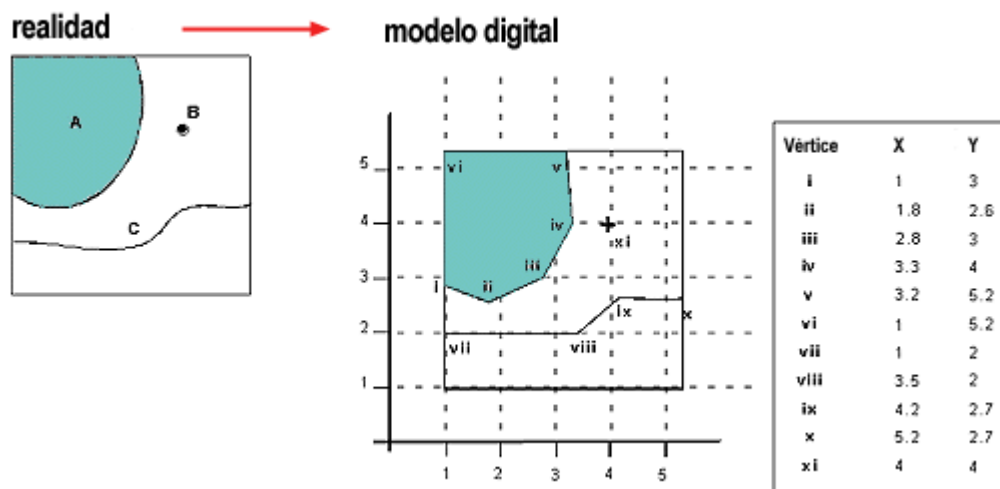


Fig. 9 Organització de la informació en un model vectorial

### 2.5.3 MODEL RÀSTER VS. MODEL VECTORIAL

La figura 10 mostra la diferència de representació del mateix objecte amb el model *ràster* i amb el model vectorial. La part superior de la imatge conté la representació de dos objectes amb el model *ràster*, mentre que els dos objectes inferiors corresponen a la mateixa representació amb el model vectorial:

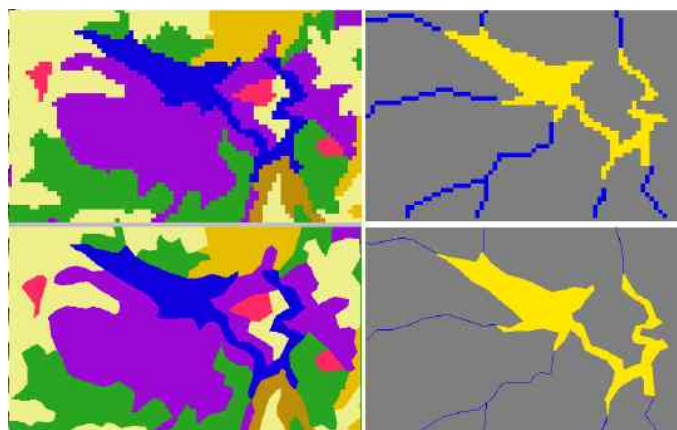


Fig. 10 Representació *ràster* vs. vectorial

A la taula 4 es compara els avantatges i els inconvenients de cadascun dels models a l'hora de triar quin és el més adient depenent dels objectes que s'hagin de representar:



	Vectorial	Ràster
Cartografia	<ul style="list-style-type: none"> <li>❑ Bona similitud de formes</li> <li>❑ Les superposicions exigeixen més verificacions d'errors i són més lentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❑ Menys intuïtiva</li> <li>❑ Operacions de superposició més senzilles</li> <li>❑ Malbaratament d'espai d'emmagatzematge per a dades espacials molt escampades</li> <li>❑ Transformació de coordenades menys eficient</li> </ul>
Volum de dades	<ul style="list-style-type: none"> <li>❑ Poques necessitats d'espai</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❑ Gran espai d'emmagatzematge a mida que augmenta la resolució</li> </ul>
Base de dades	<ul style="list-style-type: none"> <li>❑ Estructura complexa</li> <li>❑ Es pot adaptar a bases de dades orientades a objectes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❑ Estructura més senzilla</li> </ul>
Anàlisis	<ul style="list-style-type: none"> <li>❑ Càlcul precís d'àrees, perímetres i longituds</li> <li>❑ Anàlisis de xarxes consistents</li> <li>❑ La diferent topologia de les unitats espacials dificulta els exercicis de simulació</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❑ Alt nivell d'error en estimacions d'àrea, perímetre i longitud</li> <li>❑ Anàlisis de xarxes molt complexes i menys consistents</li> <li>❑ La unitat espacial conserva la mateixa forma i tamany, de forma que es faciliten les simulacions</li> <li>❑ Anàlisis espacials com distribució, densitat i de superfície, més eficients</li> <li>❑ Útil per a anàlisis de grans extensions amb baixa precisió de propietats espacials</li> </ul>
Qualitat	<ul style="list-style-type: none"> <li>❑ Molt alta qualitat, que es manté amb zooms alts</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❑ Depèn dels <i>píxels</i>. Es perd qualitat amb el zoom</li> <li>❑ Assimilació més directa a dades de sensors remots</li> </ul>
Ús	<ul style="list-style-type: none"> <li>❑ Dades d'origen humà, anàlisis de xarxes, ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❑ Ràpida i correcta superposició de mapes, anàlisis espacial, modelat i anàlisis de superfícies</li> </ul>

Taula 4 Comparació model *ràster* vs. model vectorial

## 3 Funcions i funcionalitats d'un SIG

### 3.1 Funcions

Les funcions bàsiques que ha de resoldre un SIG i les qüestions a les què responen aquestes funcions són les següents:

- ❑ **Localització:** Què hi ha a ...?
- ❑ **Condicció:** A on passa ...?
- ❑ **Tendència:** Què ha canviat ...?
- ❑ **Rutes:** Quin és el camí òptim ...?
- ❑ **Pautes:** Com ha canviat/anat/ ...?
- ❑ **Models:** Què passaria si ...?

Per respondre a aquestes qüestions, els SIG han de complir una sèrie de funcionalitats que es descriuen a continuació.

### 3.2 Funcionalitats

Cada vegada més els SIG s'estan convertint en una eina imprescindible per a tots aquells que utilitzen dades geogràfiques. Les funcionalitats bàsiques d'un SIG són:

- ❑ **Entrada de dades:** Les dades gràfiques són recollides mitjançant processos topogràfics, fotogramètrics (fotografia aèria) o de teledetecció (fotografies de satèl·lits). Les dades alfanumèriques es poden obtenir mitjançant enquestes, sondejos o simplement, important-les d'altres bases de dades.
- ❑ **Visualització de les dades:** Les dades gràfiques recollides són visualitzades segons el model de representació elegit depenent de les necessitats que requereixi la posterior gestió de les dades, normalment en un model *ràster* o un model vectorial. Les dades alfanumèriques es visualitzen mitjançant taules, que es poden guardar al mateix fitxer gràfic, segons el tipus, o en taules separades.
- ❑ **Gestió de les dades:** Aquest procés és el que es porta a terme un cop s'han inserit i estructurat les dades per tal d'obtenir l'objectiu que proposa el projecte SIG. Aquesta gestió pot afectar les dades gràfiques i les alfanumèriques per separat o fer-ho en el seu conjunt.
- ❑ **Recuperació i anàlisi de la informació:** L'anàlisi fet abans dona un resultat que ara s'ha de representar. Aquesta representació es fa mitjançant informes o mitjançant mapes, que contenen uns components gràfics i alfanumèrics que donen resposta a la qüestió plantejada al projecte SIG.

Les dues respostes fonamentals que un SIG respon mitjançant els mapes (segons Cebrián, 1994) són:

- ❑ Quines són les característiques de les localitzacions incloses en un àrea donada?
- ❑ Quina és la distribució espacial d'un cert tipus d'objecte?

## 4 Aplicacions d'un SIG

Un SIG es pot usar productivament en diverses àrees, com per exemple agricultura, cartografia, meteorologia, geologia, turisme, formació, administració d'instal·lacions, de recursos, del medi ambient, de serveis públics (aigua i clavegueres, electricitat, sistemes de comunicació, cable, àrees de cobertura de telèfons cel·lulars, etc.), recursos naturals, seguretat pública (administració de serveis d'emergència), indústria de la salut (estudis de brots de malalties i epidèmies), industrial (plantes, canonades, tancs d'emmagatzematge, etc.), governs locals i estatals: parcel·les, servituds, etc., indústria del transport (carreteres, vies fèrries, planificació i anàlisi), i qualsevol altre que es pugui imaginar. Entre totes aquestes aplicacions destaquen les següents:

### 4.1 A l'administració pública

L'administració pública ha estat el gran motor dels SIG al nostre país, amb la formació del nou Cadastre i l'adopció d'aquestes tecnologies.

Actualment els SIG són una eina habitual a totes les administracions, des de l'Estat fins a la Local, on qualsevol organisme que tingui alguna vinculació amb la ordenació territorial, el medi ambient o la gestió cadastral ha incorporat aquests sistemes a la seva gestió. Són molts els casos en què encara no s'han produït resultats o no han estat els esperats, però és degut en gran mesura a la falta d'un estudi previ del SIG a realitzar i la mala qualitat de la informació geogràfica digitalitzada.

### 4.2 De caràcter socioeconòmic

Aquest és un dels camps privats on els SIG compten amb un més alt nivell de desenvolupament. Així trobem aplicacions de localització de serveis i negocis, anàlisi financers o de mercat, planificació i control d'equips de màrqueting, ...

Des de fa uns anys s'ha posat en voga el terme Geomàrqueting que tracta d'englobar l'aplicació dels SIG a l'estudi de mercats.

### 4.3 Al camp mediambiental

En aquest camp s'emmarquen projectes de gestió de riscos ambientals, usos del sòl, gestió d'Espais Naturals i control de la contaminació entre altres.

Aquestes aplicacions estan vinculades, freqüentment, amb el model *ràster* degut principalment a que és amb aquest sistema en què es varen començar a desenvolupar i que normalment fan servir variables contínues, que es representen millor en un sistema *ràster* que en un vectorial, tot i que cada vegada és més usual veure'ls representats combinant ambdós sistemes.

### 4.4 Al camp de les utilitats

Altres camps d'aplicació amb un fort desenvolupament és el de les utilitats (traducció literal de l'anglès *utilities*). Aquest sol incloure aquells apartats

referits bàsicament a xarxes de conducció d'energia (gas, aigua, electricitat...). En molts casos ha tingut un desenvolupament paral·lel al de l'enginyeria de cada especialitat, donant-se productes específics i independents dels SIG de propòsit general.

## 5 Recursos, serveis i dades disponibles a Internet

A Internet es disposa d'una gran quantitat de material per tal d'endinsar-se i aprofundir en el SIG. A més de tot tipus d'informació, com poden ser manuals, tutorials, articles, fòrums i altres, es troben llocs des d'on poder aconseguir tot tipus de recursos. S'hi poden trobar visors, programari lliure, dades geogràfiques en format tant ràster com vectorial, ortofotos, ...

Entre totes aquestes fonts d'informació hi ha el portal del Consejo Superior Geográfico, on es troba informació sobre el projecte [INSPIRE](#) (Infraestructure for Spatial Information in Europe). Aquest projecte és una iniciativa de la Comissió Europea, el funcionament de la qual es recull a la Directiva 2007/2/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 14 de març de 2007, publicada al Diari Oficial de la UE (DOUE) el 25 d'abril de 2007, que té com a objectiu la creació d'una Infraestructura de Dades Espacials a Europa.

Des d'aquí es pot accedir al catàleg de dades i serveis de l'IDEE (Infraestructura de Datos Espaciales de España) (Fig. 11), visualitzar mapes, cercar noms geogràfics, ... també es pot accedir a les pàgines de diferents servidors de dades i altres portals, tant d'àmbit nacional com regional o local.

Altres llocs oficials des d'on es pot extreure informació geogràfica és la [Oficina Virtual del Cadastre](#), l'[Institut Cartogràfic de Catalunya](#), l'[IDEC](#) (Infraestructura de Dades Espaciales de Catalunya) (Fig. 12), etc.



Fig. 11 Pàgina principal del portal de l'IDEE

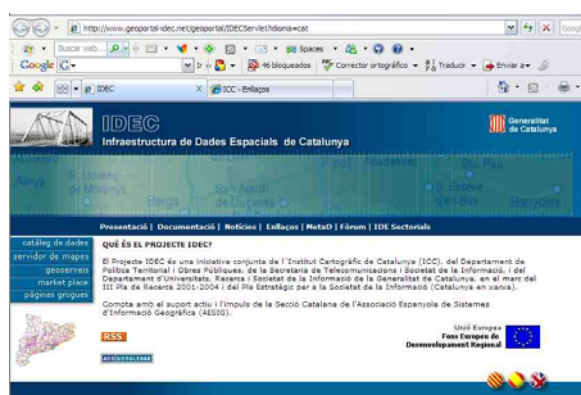


Fig. 12 Pàgina principal del portal de l'IDEC

En l'àmbit particular també es troba un gran nombre de llocs d'on extreure informació i recursos. Entre aquests llocs cal destacar el portal de [Gabriel Ortiz](#), un lloc que recull tot tipus d'informació referent al món del SIG i tot allò que l'envolta, així com enllaços a un gran nombre d'adreces relacionades.

## 6 Un aplicatiu SIG: gvSIG i les seves extensions

gvSIG (Fig. 13) és una eina orientada a la utilització d'informació geogràfica caracteritzada per tenir una interfície amigable, essent capaç d'accedir als formats més usuals de forma àgil, tant *ràster* com vectorials. Integra en una vista dades locals i remotes a través d'un origen WMS o WFS.

És una aplicació de codi obert, amb llicència GPL i gratuïta on, a més, s'ha posat especial atenció a l'extensibilitat del projecte per tal que els possibles desenvolupadors puguin ampliar les seves funcionalitats fàcilment, així com desenvolupar aplicacions totalment noves a partir de les llibreries utilitzades a gvSIG, sempre que aquestes compleixin amb la llicència GPL.

### 6.1 Antecedents

A finals de 2002 la Conselleria d'Infraestructures i Transport de la Generalitat Valenciana inicia un procés de migració de tots els seus sistemes cap a sistemes oberts sota Linux. En aquest procés pren rellevància la migració de programari SIG i CAD, el programari més utilitzat a la Conselleria.

Després de fer estudis de necessitats entre els usuaris i del programari disponible en la comunitat de programari lliure, es va concloure que no existia cap projecte prou avançat que satisfés les necessitats de la Conselleria.

gvSIG sorgeix com un client SIG destinat a satisfer les necessitats dels usuaris de la Generalitat Valenciana, assegurant el seu funcionament multiplataforma, cosa que influeix en l'elecció de Java com a llenguatge de desenvolupament.

Al seu desenvolupament hi han intervingut: la Generalitat Valenciana, a través de la Conselleria d'Infraestructures i Transport com a impulsora, la Universitat Jaume I com a supervisora i coordinadora i l'empresa IVER Tecnologies de la Informació, guanyadora del concurs, com a desenvolupadora del projecte.



Fig. 13 Inici del gvSIG

## 6.2 Descripció del gvSIG

Des d'un començament es va voler un programari que cobrés les necessitats dels usuaris de la Conselleria i que complís les següents característiques:

- ❑ **Portabilitat:** funciona en diferents plataformes de maquinari i programari (Linux, Windows i MacOS)
- ❑ **Modularització:** és ampliable amb noves funcionalitats
- ❑ **Codi obert:** té disponible el codi font amb què ha estat escrit
- ❑ **Llibertat de llicència:** és un programari gratuït. Únicament cal seguir les directrius de la llicència GPL.
- ❑ **Interoperabilitat:** és capaç d'accedir a formats d'altre programari propietari i pot treballar amb aquests formats sense haver de fer conversions de format.
- ❑ **Subjecte a estàndards:** segueix les directrius marcades per l'Open Geospatial Consortium (OGC) i la Unió Europea.

Així ens trobem amb què gvSIG és un sofisticat Sistema d'Informació Geogràfica que permet gestionar dades espacials i realitzar anàlisis complexos sobre elles.

### 6.2.1 INTERFÍCIE

gvSIG disposa d'una interfície gràfica amigable (Fig. 14) que permet a l'usuari comunicar-se amb el programa d'una forma senzilla i intuïtiva, disposant d'assistents per a gairebé totes les accions que es vulguin realitzar.

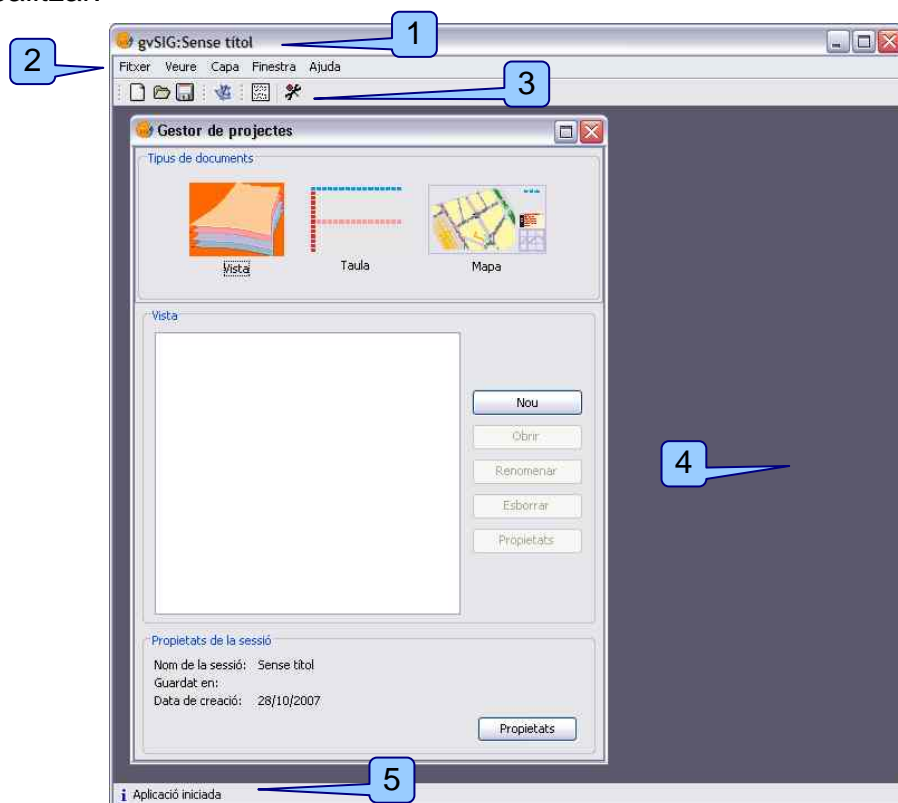


Fig. 14 Finestra principal de gvSIG

La finestra principal es compon de:

1. **Barra de títol:** conté el nom del projecte
2. **Barra de menú:** menús amb les opcions que permet realitzar el programa.
3. **Barra d'eines:** grup de botons amb les accions més comuns. Aquesta barra conté diferents botons depenent del punt on ens trobem, mostrant els botons necessaris o més usuals en cada moment. Deixant uns segons el punter del ratolí a sobre d'un botó es mostra un missatge emergent indicant quina és la seva funció.
4. **Finestra principal:** és la finestra contenidora de les finestres dels documents que formen part del projecte.
5. **Barra d'estat:** proporciona diferent informació sobre coordenades, distàncies, sistema de referència, ...

### 6.2.2 PERSONALITZACIÓ, LA FINESTRA DE PREFERÈNCIES

El gvSIG permet personalitzar diferents aspectes de l'aplicació a través de la finestra de preferències (Fig. 15).

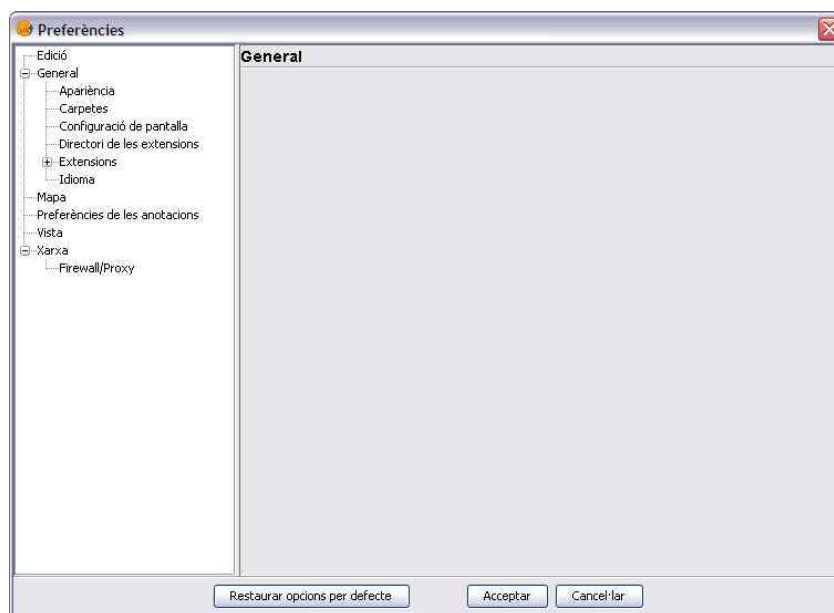


Fig. 15 Finestra de preferències

- **Edició:** permet seleccionar els colors per defecte de la selecció, l'eix de referència, la geometria de selecció i el handle de selecció.
- **General:** permet indicar si el programa ha de recordar la posició i el tamany de les finestres; l'apariència del programa (Windows, Metal, Windows clàssic, ...); les carpetes on es troben els projectes, les dades gràfiques i les plantilles; modificar el directori on es troben les extensions; configurar la resolució de la pantalla; indicar la carpeta on es troben les extensions; configurar les diferents extensions instal·lades i definir l'idioma de treball (Castellà, Valencià, Anglès, ...).



- ❑ **Mapa:** permet indicar l'espaiat de la malla, si es vol visualitzar la malla, activar-la o desactivar-la i activar o desactivar el regle.
- ❑ **Anotacions:** permet configurar l'estil de les anotacions (font, estil, tamany, alçada, rotació i color)
- ❑ **Vista:** permet seleccionar la projecció amb la que es treballa, indicar el factor + i – del zoom, el color de fons i de selecció per defecte i les unitats de treball amb la vista i el mapa.
- ❑ **Xarxa:** permet comprovar l'estat de la connexió a Internet, així com configurar el Proxy i el firewall en cas que s'utilitzin.

### 6.2.3 PROJECTES I DOCUMENTS

El sistema de treball del programa és a través de projectes (fitxers amb extensió “.gvp”, que no contenen les dades espacials ni els atributs, sinó una referència a la seva ubicació al disc. Si aquestes dades canvien des de fora de l'aplicació, quan es torni a obrir el projecte, es reflectiran aquests canvis.

Un projecte gvSIG està format per tres tipus de documents (Fig. 16): vistes, taules i mapes.

- ❑ **Vista:** document on es treballa amb dades gràfiques.
- ❑ **Taula:** document on es treballa amb dades alfanumèriques.
- ❑ **Mapa:** document on s'insereixen els diferents elements cartogràfics que componen un plànol (vista, llegenda, escala, ...).



Fig. 16 Documents de gvSIG

#### 6.2.3.1 Vistes

Les vistes constitueixen l'àrea de treball del gvSIG i en cadascuna de les vistes poden coexistir diferents capes d'informació geogràfica.

La finestra es divideix en la **Taula de continguts**, que conté un llistat de les capes que formen la vista; la **Finestra de visualització**, on es representen les dades cartogràfiques del projecte i el **Localitzador**, permet situar l'enquadrament actual sobre el total de l'àrea de treball.

Entre els formats que accepta gvSIG es troben:

- ❑ **Dades SIG:** el format estàndard de gvSIG és el shape, un format que conté tant dades espacials com atributs. Encara que gvSIG el tracti com un sol fitxer, consta de tres fitxers diferents amb el mateix nom i diferent extensió: “.dbf”, conté els atributs; “.shp”, conté les dades espacials i “.shx”, conté l'índex de les dades espacials.

- **Dades CAD:** fitxers de dades vectorials amb format “.dxf” i “.dgn”. Aquests fitxers contenen punts, línies, polígons i/o texts. També s’accepten fitxers “.dwg” versió 2000 d’Autodesk.
- **Dades WMS:** (Web Mapping Service) dades disponibles via web.
- **Dades WFS:** (Web Feature Service) dades vectorials via web que compleixen l’estàndard de l’OGC.
- **Dades WCS:** (Web Coverage Service) dades remotes amb protocol WCS de l’OGC.
- **GML:** (Geography Markup Language) és un format en XML dissenyat per l’OGC per transportar i emmagatzemar informació geogràfica.
- **Imatges:** es poden llegir diferents tipus d’imatges en format *ràster* com tiff, jpg, ecw, mrsid, GIF, PNG, JPEG2000, etc i guardar les modificacions.

A l’hora d’afegir una capa (Fig. 17), sempre surt un assistent que guiarà l’usuari en tot moment, sol·licitant les dades necessàries per tal de poder carregar correctament una capa.

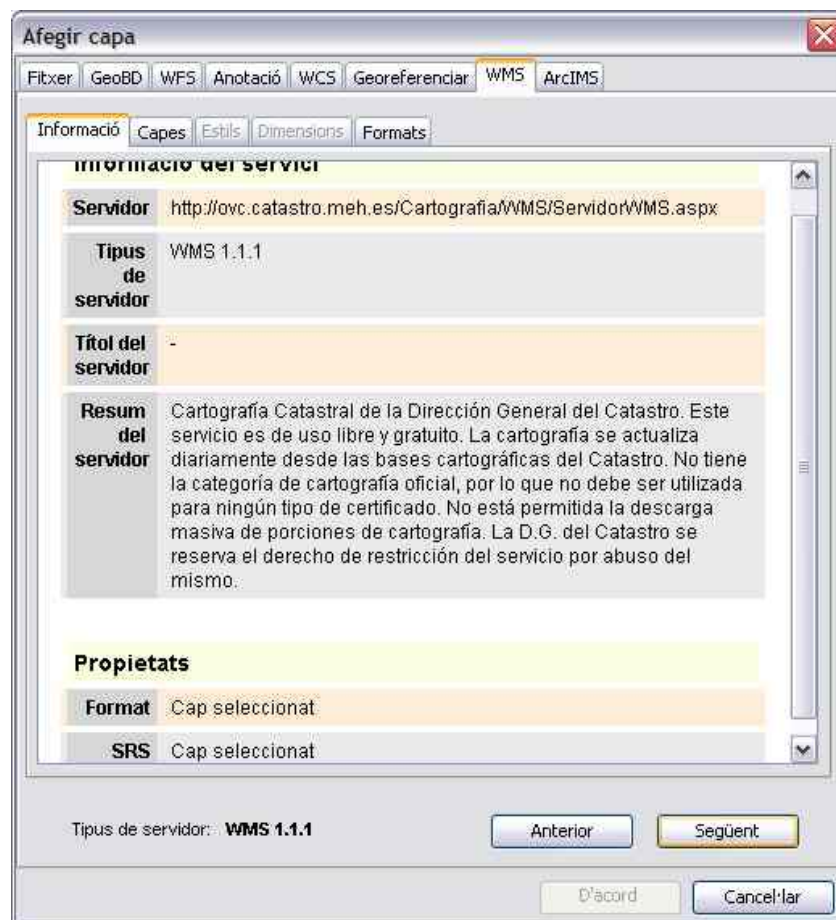


Fig. 17 Assistent d’inserció de capa (WMS)

### 6.2.3.2 Taules

Les taules són documents que contenen dades alfanumèriques. Aquestes dades estan emmagatzemades en files i columnes (registres i camps), que representen respectivament els elements i els atributs de cada element que formen la base de dades.

Les taules es poden carregar de dues maneres: des del gestor de projectes o des de la vista en la que s'està treballant.

Els formats que accepta el gvSIG són fitxers “.cvs” i del tipus gbdms amb extensió “.dbf”. També es poden crear connexions JDBC (Fig. 18) a través de gestors de base de dades (PostgreSQL, MySQL, GBMSHSQLDB, ODBC) i, instal·lant el controlador ojdbc14.jar d'Oracle, accedir a bases de dades d'Oracle.

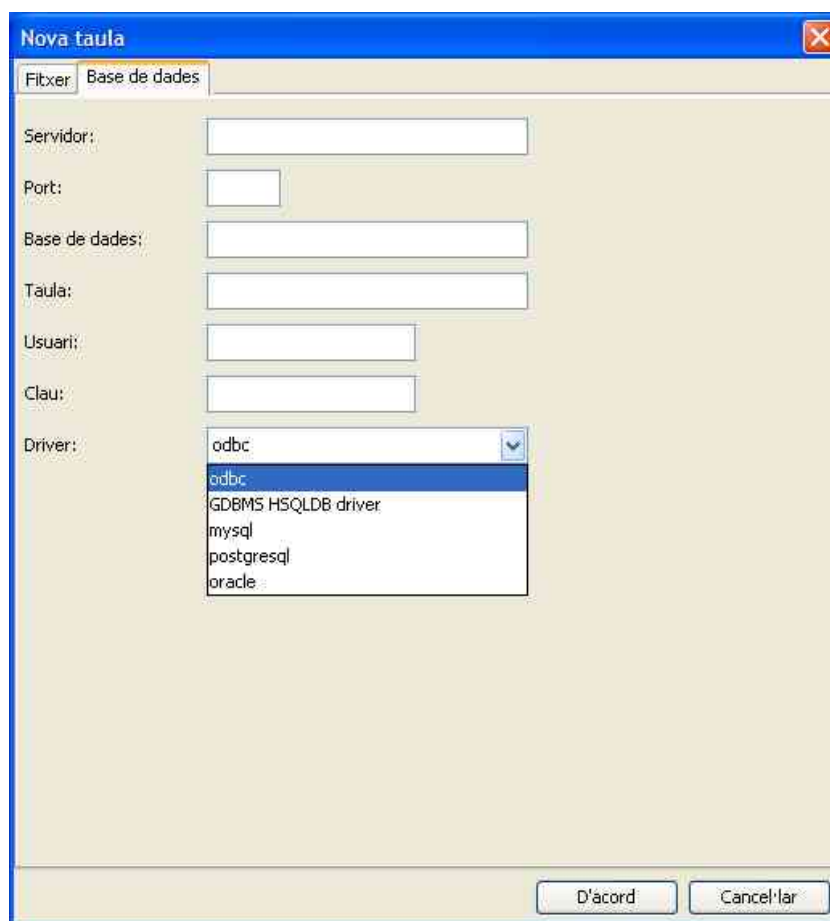


Fig. 18 Inserció d'una taula via JDBC

Els tipus de dades que accepta gvSIG a l'hora de definir una taula són: booleà, data, enter, real i cadena (Fig. 19). A cadascun dels camps s'hi ha de posar el nom del camp, i la longitud; a més, s'hi pot posar un valor per defecte i, als reals, la precisió.



Fig. 19 Definició d'un camp d'una taula

Amb les taules es poden realitzar diferents operacions, com ara estadístiques (sobre camps numèrics i dels registres seleccionats), aplicar-hi filtres (mitjançant operadors lògics), ordenar les dades ascendentment i descendent, fer la unió de dues taules mitjançant un camp comú, així com enllaçar-les o moure una sèrie de registres a l'inici de la taula.

### 6.2.3.3 Mapes

Els documents de tipus mapa permeten combinar en una pàgina els elements de la vista que es desitgi imprimir (Fig. 20).

Els elements que es poden inserir en un mapa són:

- ❑ **Vistes:** a més de seleccionar quina vista es vol en cas de tenir-ne més d'una, es pot indicar si es vol un "enllaç viu", que vincula el mapa a la vista fent que els canvis realitzats a la vista quedin reflectits automàticament al mapa; indicar l'escala de visualització; la qualitat (presentació o borrador) així com rotar la vista, indicant els graus de rotació.
- ❑ **Imatges:** es pot inserir qualsevol imatge en format jpeg, jpg, gif, png, bmp i SVG.
- ❑ **Barres d'escala:** mostra una escala relacionada amb la vista seleccionada. Permet triar entre una escala gràfica i/o numèrica, indicar els intervals, les unitats mètriques i la configuració de les etiquetes que es mostren associades a la barra (color, tamany, ...)
- ❑ **Llegendes:** mostra totes les capes visibles de la taula de continguts de la vista. Un cop inserida la llegenda es pot simplificar amb l'opció de menú corresponent, tot i que realitzant aquesta acció perd la vinculació amb la vista.
- ❑ **Objectes gràfics:** es poden inserir punts, rectangles, cercles, línies polilínies i polígons. Un cop inserits es podent modificar les seves propietats, vèrtexs, ...

- ❑ **Símbol de Nord:** imatge amb el símbol Nord. A més dels proposats per gvSIG es poden afegir dissenys propis en format SVG (Scalable Vector Graphics).
- ❑ **Texts:** es pot inserir qualsevol text, personalitzant l'alineació (esquerra, dreta o centrat), la font i el tamany, la inclinació respecte l'horitzontal i, a més, encerclar-ho amb un marc, que pot incloure el seu propi títol.
- ❑ **Caixetins:** mitjançant un botó específic s'hi poden afegir caixetins al mapa indicant la zona que ocuparà (amb el ratolí) i les files i columnes de què estarà format.

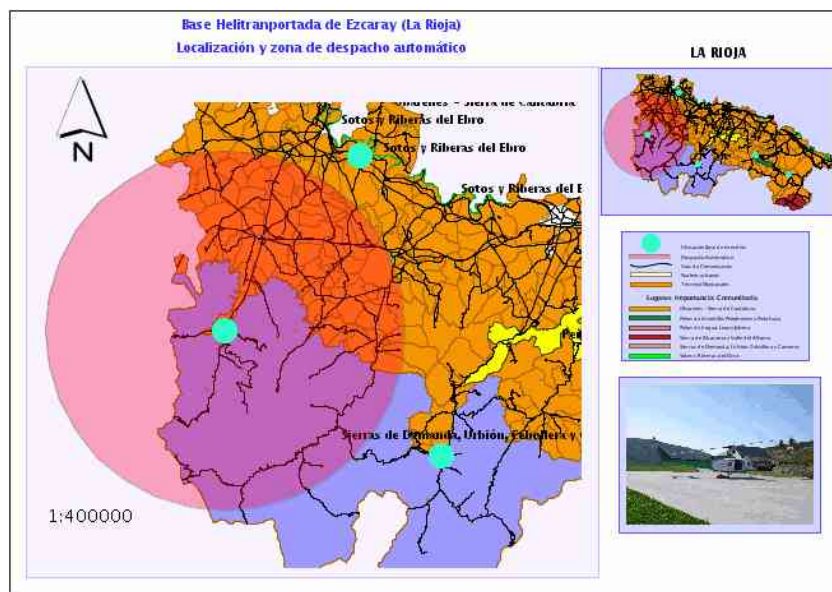


Fig. 20 Mapa amb tots els elements <sup>5</sup>

### 6.3 Extensions

Una de les premisses de gvSIG és la seva modularització. En aquest sentit s'han creat diferents extensions que aporten més funcionalitats al programa. Aquestes funcionalitats poden ser afegides per qualsevol desenvolupador, sempre que, seguint la filosofia del programa, tinguin llicència GPL.

Entre les principals extensions existents per a gvSIG trobem:

- ❑ **Client ArcIMS:** permet a l'usuari afegir serveis d'imatges (ImageServer) i/o de geometries (FeatureServer) en una interfície similar a la resta de serveis remots de gvSIG. El servei d'imatges permet afegir un conjunt personalitzat de capes a la vista, mentre que el servei de geometries permet afegir capes vectorials remotes. Ha estat desenvolupada per Prodevelop, SL.
- ❑ **Pilot Ràster:** permet obrir nous formats d'imatge, així com l'aplicació de paletes de color a un Model Digital del Terreny, histograma, retall de

<sup>5</sup> Curs pràctic de gvSIG 1.0 – IVER Tecnologías de la Información SA. Març 2007.

- capas ràster i nous filtres de visualització. Ha estat desenvolupada per Andago.
- **Gestió de CRS** (Sistemes de Referència Coordinats): incorpora la capacitat d'utilitzar les diferents bases de dades de CRS's (EPSG complerta, IAU2000, ...), transformacions de 3 i 7 paràmetres i també basades en reixeta. En general ofereix una precisió màxima en la manipulació de canvis de CRS. Ha estat desenvolupada per l'Institut de Desarrollo Regional – Universidad Castilla La Mancha.
  - **GeoBD**: permet l'accés a bases de dades geoespaciales. En la darrera versió s'ha afegit el connector Oracle Locator (en les anteriors ja hi havia els connectors a PostGis, MySQL y HSQLDB). Per poder-hi connectar cal que la versió de l'Oracle sigui la 9i o posterior i existeixi una columna amb geometries emmagatzemades del tipus SDO GEOMETRY. Ha estat desenvolupada per Prodevelop, SL.
  - **Pilot de Xarxes**: permet el càlcul de rutes entre dos o més punts i, a més, dona la possibilitat d'inserir parades intermèdies generant prèviament una topologia de xarxa o carregant una ja existent. En la darrera versió es pot configurar la velocitat de pas per les vies al formulari de gestió de parades. També es poden realitzar llegendes per densitat en una capa de polígons. Ha estat desenvolupada per IVER Tecnologías de la Información.
  - **SEXTANTE**: va començar essent un SIG lliure basat en SAGA, però després d'un temps es va començar a col·laborar amb gvSIG amb la idea que aquesta col·laboració aportés un impuls al desenvolupament del programa i millores per ambdós projectes. Amb aquesta unió s'ha dotat al gvSIG d'una gran capacitat d'anàlisi ràster.

## 6.4 Valoració

En la valoració del programari s'han tingut en compte diferents aspectes, com ara les funcionalitats d'anàlisi, edició i consulta, el rendiment, l'accés a orígens de dades, personalització, ...

Amb l'estudi realitzat del programa s'ha arribat a la conclusió que es tracta d'un producte molt elaborat, que supera en funcionalitats a alguns programaris propietaris.

El punt feble que se li ha trobat però, és la velocitat de treball, que es redueix a mida que es van afegint capes a la vista de treball. Això pot ser degut al fet d'estar programat amb un llenguatge interpretat com és el Java, tot i que en tractar-se de programari lliure i el gran nombre de funcionalitats (sobretot de gestió i anàlisi de dades) que presenta, gràcies a la incorporació de les extensions, es podria dir que la velocitat és un mal menor.

### 6.4.1 FUNCIONALITATS DEL gvSIG

Les funcionalitats que ha de tenir un SIG són: entrada, visualització i gestió de les dades i recuperació i anàlisi de la informació. Aquestes funcionalitats estan incloses a gvSIG:

#### **6.4.1.1 Entrada de dades**

Com s'ha dit abans, gvSIG permet la introducció de dades amb dos dels tipus de documents amb els que treballa: les vistes per a les dades gràfiques i les taules per a les dades alfanumèriques.

Les dades gràfiques que es poden carregar a gvSIG poden tenir els formats shape (format estàndard dels SIG), dxf i dgn (CAD), WMS, WFS, WCS i GML (serveis remots de cartografia) i imatges dels tipus tiff, jpg, ecw, mrsid, GIF, PNG, BMP i JPEG2000.

Les dades alfanumèriques es poden carregar generant una taula des del propi programa, incloses en capes gràfiques amb informació vectorial, des de fitxers dbf o csv, o mitjançant una connexió JDBC a bases de dades PostgreSQL, MySQL, GBMS-GSQLDB, ODBC. En el cas de voler accedir a una base de dades Oracle cal instal·lar el controlador JDBC corresponent prèviament.

#### **6.4.1.2 Visualització de les dades**

gvSIG treballa amb capes, per tant es pot reballar amb diferents orígens de dades alhora, permetent superposar i combinar dades de capes vectorials amb capes ràster i filtrar les dades visibles mitjançant filtres aplicats sobre les dades alfanumèriques.

La interfície que proporciona el programa és molt amigable. Permet tenir obertes diferents finestres alhora per tal de poder visualitzar les dades introduïdes amb diferents vistes, veure diferents documents alhora (vista, taula, mapa), així com incorporar un localitzador que indica en cada moment a quin punt de la vista ens trobem quan es fan zooms.

#### **6.4.1.3 Gestió de les dades**

Mitjançant diferents les extensions es dona capacitat d'anàlisi al gvSIG. Les extensions disponibles actualment són: client ArcIMS, pilot ràster, gestió de CRS, geoBD, pilot de xarxes i darrerament s'han incorporat les funcionalitats que tenia el SIG lliure SEXTANTE, que han donat capacitat d'anàlisi ràster al gvSIG.

#### **6.4.1.4 Recuperació i anàlisi de la informació**

La recuperació de la informació es fa mitjançant mapes. Aquests documents permeten incorporar tots els elements necessaris per tal de mostrar tota la informació gestionada, incorporant la vista amb els resultats obtinguts, així com tots els elements necessaris per a la seva comprensió (llegenda, barres d'escala, textos i imatges complementàries).

Els mapes generats es poden exportar a fitxers amb format postScript i/o pdf.

## 6.4.2 EXPORTACIÓ DE DOCUMENTS

Les vistes de gvSIG es poden guardar en diferents formats dels que suporta el programa. Permet exportar una capa o un conjunt de capes agrupades a format shape, dxf, postgis, Oracle, gml, ràster, imatge (png, jpeg, bmp) o Web Map Context (WMC).

## 6.4.3 PERSONALITZACIÓ

gvSIG disposa d'una finestra de personalització per tal de definir una sèrie d'atributs per defecte a l'hora de crear nous documents, així com per poder configurar la connexió a Internet: la finestra de preferències.

Així mateix es poden crear noves extensions personalitzades programant-les amb Java. Aquestes extensions han de formar part d'un paquet de la forma `com.iver.cit.gvsig.nom_extensió` i ha de contenir les carpetes `src` per al codi font, `config` i `imatges`. A més ha d'incloure un fitxer "config.html" que llegirà el gvSIG i uns fitxers "text.properties" i "text\_idioma.properties" per a les traduccions dels menús i les etiquetes.

## 6.4.4 DOCUMENTACIÓ I SUPORT

Des de la pàgina web del projecte, [www.gvsig.gva.es](http://www.gvsig.gva.es), es pot accedir a una gran quantitat d'informació sobre gvSIG, així com a la descàrrega de diferents versions del programa i manuals.

Entre els manuals i altra documentació disponible es troba el manual de l'aplicació (hi ha disponibles manuals per a versions anteriors), diferents documents de cursos i tutorials, articles i ponències publicades i la documentació de les primeres jornades d gvSIG (20 d'octubre de 2005).

Tot i que el nombre de documents d'ajuda disponibles és elevat, es troba a faltar una ajuda en línia, sobretot en algunes pantalles on ajudaria en gran mesura conèixer per a què serveixen determinats camps.

A més de tota la documentació, també hi ha un recull de preguntes freqüents (FAQ) i un espai de comunicació, on es poden enviar suggeriments o formar part d'una llista de distribució. Aquestes llistes de distribució estan dividides en tres grups: *usuaris* (dirigides a usuaris de parla hispana), *desenvolupadors* i *internacional* (dirigida a la resta de comunitats, utilitza l'anglès com a llengua de comunicació.)

- **Usuaris:** per tal que els usuaris facin arribar les seves inquietuds, suggeriments i/o dubtes sobre el funcionament del gvSIG.
- **Desenvolupadors:** per al coneixement sobre com està desenvolupat el gvSIG.
- **Internacional:** està dirigida tant a usuaris com desenvolupadors de parla no hispana.

La pàgina també inclou una sèrie d'enllaços a mapes lliures, servidors de recursos cartogràfics, servidors de localització per topònim i altres webs d'interès.



### 6.4.5 COMPARATIVA SIG

Tot seguit es mostra una taula amb diferents SIG existents al mercat, els sistemes operatius sobre els que poden funcionar i el tipus de llicència de què disposen (Taula 5).

Software SIG	Windows	Mac OS X	GNU/Linux	BSD	Unix	Entorn Web	Llicència de software
ArcGIS	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Software no lliure
Autodesk Map	Sí	No	No	No	No	Sí	Software no lliure
Caris	Sí	No	No	No	No	Sí	Software no lliure
CartaLinx	Sí	No	No	No	No	No	Software no lliure
Generic Mapping Tools	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Lliure: GPL
Geomedia	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Software no lliure
GeoServer	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Java	Lliure: GPL
GRASS	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Mitjançant pyWPS	Lliure: GPL
gvSIG	Java	Java	Java	Java	Java	No	Lliure: GPL
IDRISI	Sí	No	No	No	No	No	Software no lliure
ILWIS	Sí	No	No	No	No	No	Lliure: GPL
JUMP	Java	Java	Java	Java	Java	No	Lliure: GPL
Kosmo	Java	Java	Java	Java	Java	En desenvolupament	Lliure: GPL
Manifold	Sí	No	No	No	No	Sí	Software no lliure

<b>MapGuide Open Source</b>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	LAMP/WAMP	Lliure: LGPL
<b>MapInfo</b>	Sí	No	Sí	No	Sí	Sí	Software no lliure
<b>MapServer</b>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	LAMP/WAMP	Lliure: BSD
<b>Maptitude</b>	Sí	No	No	No	No	Sí	Software no lliure
<b>MapWindow GIS</b>	Sí (ActiveX)	No	No	No	No	No	Lliure: MPL
<b>MicroStation Geographics</b>	Sí	Abandonat	No	No	Abandonat	Sí	Software no lliure
<b>Quantum GIS</b>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Lliure: GPL
<b>SAGA GIS</b>	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Lliure: GPL
<b>SavGIS</b>	Sí	No	No	No	No	Integració amb Google Maps	Software no lliure: Freeware
<b>Smallworld</b>	Sí	?	Sí	?	Sí	Sí	Software no lliure
<b>SPRING</b>	Sí	No	Sí	No	Solaris	No	Software no lliure: Freeware
<b>TatukGIS</b>	Sí	No	No	No	No	?	Software no lliure
<b>TNTMips</b>	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Software no lliure
<b>TransCAD</b>	Sí	No	No	No	No	Sí	Software no lliure
<b>uDIG</b>	Sí	Sí	Sí	No	No	No	Lliure: LGPL

Taula 5 Comparativa de programari SIG <sup>6</sup>

<sup>6</sup> Font: [Wikipèdia](#)

## 7 Un cas pràctic: Càlcul de volums de terres

Per a aquest cas pràctic es desenvoluparà un SIG que permetrà calcular el volum de material a explotar disponible al subsòl de diferents parcel·les. Per a la realització d'aquest SIG es farà servir el programari estudiat, gvSIG v1.1, amb les extensions Pilot Ràster 1.1 i SEXTANTE instal·lades.

### 7.1 Anàlisis del cas

Les dades de què es disposa de partida són les referències cadastrals de les parcel·les a estudiar i un full de càlcul amb una sèrie de punts on s'indiquen diferents cotes necessàries per a realitzar l'estudi.

Les parcel·les objecte d'estudi pertanyen al terme municipal de Bellvís, Lleida i són les parcel·les rústiques amb les següents referències cadastrals:

- 25061A01400035
- 25061A01400036
- 25061A01400041
- 25061A01400042
- 25061A01400043

El full de càlcul conté diferents columnes amb les dades necessàries: Codi de punt, coordenades X i Y, cota Z, profunditat de terra, profunditat de material i profunditat de roca (els valors de profunditat indiquen la profunditat sota la cota Z del nivell inferior de cadascuna de les capes).

Per realitzar l'estudi s'hauran de localitzar aquestes parcel·les i sobreposar els punts de què es disposa. Mitjançant les extensions disponibles al programari es faran diferents transformacions de fitxers i formats per tal d'aconseguir aquells que permeten realitzar-hi càlculs de volums.

### 7.2 Components

El SIG creat comptarà amb diverses capes que s'aniran generant a partir de les dades disponibles i de dades descarregades via WMS de diferents servidors de mapes.

El primer lloc on es localitzen dades necessàries és l'[Oficina Virtual del Cadastre](#) (OVC). D'aquí es descarreguen els fitxers en format dxf (cal estar registrat a l'OVC prèviament) o en format xml amb la informació de cada parcel·la.

Una altra dada que farà falta és el plànol amb les corbes de nivell de la zona objecte d'estudi. Aquesta informació es pot descarregar des de la pàgina del [Visor d'imatges ràster](#) de l'Institut Cartogràfic de Catalunya, previ registre, en diferents formats (dgn, dxf, ArcInfo i mmz, vectorials o sid, ràster). El que s'ha triat en aquest cas és el format dxf.

Per finalitzar es crearà una base de dades on s'inseriran les dades facilitades sobre els sondejos realitzats. A aquesta base de dades s'hi inclouran quatre consultes per tal d'homogeneïtzar les peticions de dades que s'hi faran. Les dades que retornaran són: el codi del punt, les seves

coordenades X i Y i la cota de cada capa. Amb aquestes dades es podran generar diferents MDE, un per a la capa de nivells, un altre per a la capa de terra, un altre per a la capa de material a extreure i un altre per a la capa de roca.

Amb aquestes dades incorporades al projecte ja es pot començar a desenvolupar el SIG que permetrà calcular el volum de material a extreure disponible a cada parcel·la.

### 7.3 Procés de generació del SIG

En aquest apartat s'explicarà el procés seguit per realitzar el SIG de càlcul de volum del material a explotar. El procés s'explicarà des de la descàrrega de les dades necessàries disponibles a Internet fins a la creació dels mapes on s'observarà els diferents volums de material disponible a cada capa. Aquests mapes ajudaran a decidir quina és la parcel·la o parcel·les idònies per a realitzar l'extracció del material.

#### 7.3.1 DADES DE PARTIDA

El primer pas a realitzar és la localització de les parcel·les objecte d'estudi. La pàgina de l'OVC permet fer la cerca per referència cadastral. En aquest punt s'introdueix una de les referències cadastrals i la pàgina retorna les dades de la finca seleccionada, permetent accedir a les dades cartogràfiques (fig. 21). Des de les dades cartogràfiques es pot seleccionar, mitjançant l'eina de mesura, diferents parcel·les, que es podran descarregar en format xml o en format dxf si hom està registrat.

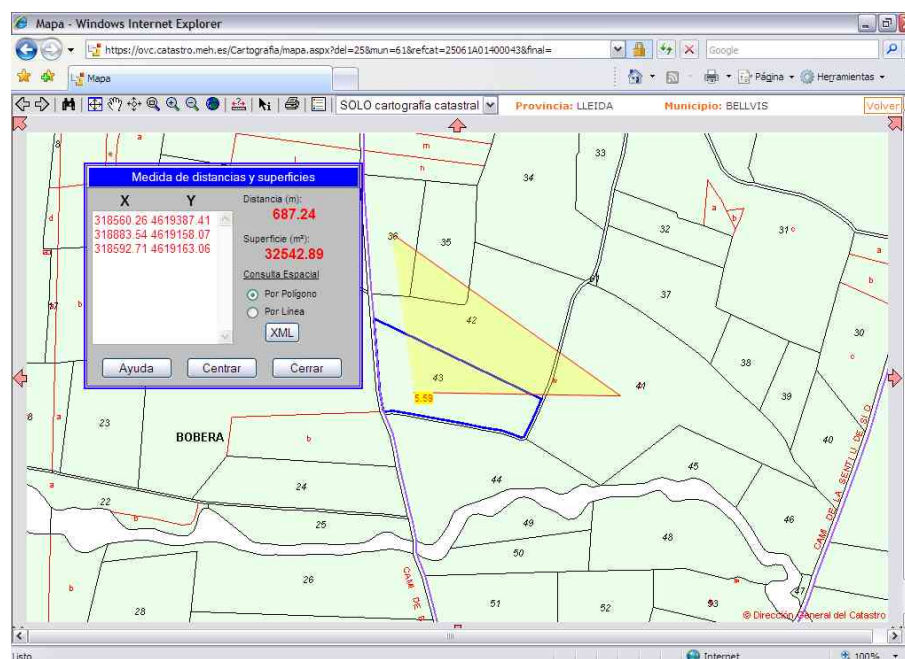


Fig. 21 Selecció de la parcel·la 25061A01400043 a l'OVC i descàrrega de totes les parcel·les

Per una altra banda també és necessària la informació referent a la distribució del terreny on estan situades aquestes finques. Aquesta informació està disponible a l'ICC. Dels diferents mapes que ofereix s'ha triat el topogràfic 1:5000, del qual s'ha seleccionat, mitjançant coordenades, el full corresponent a les parcel·les objecte d'estudi (fig. 22) i s'ha descarregat en format dxf.

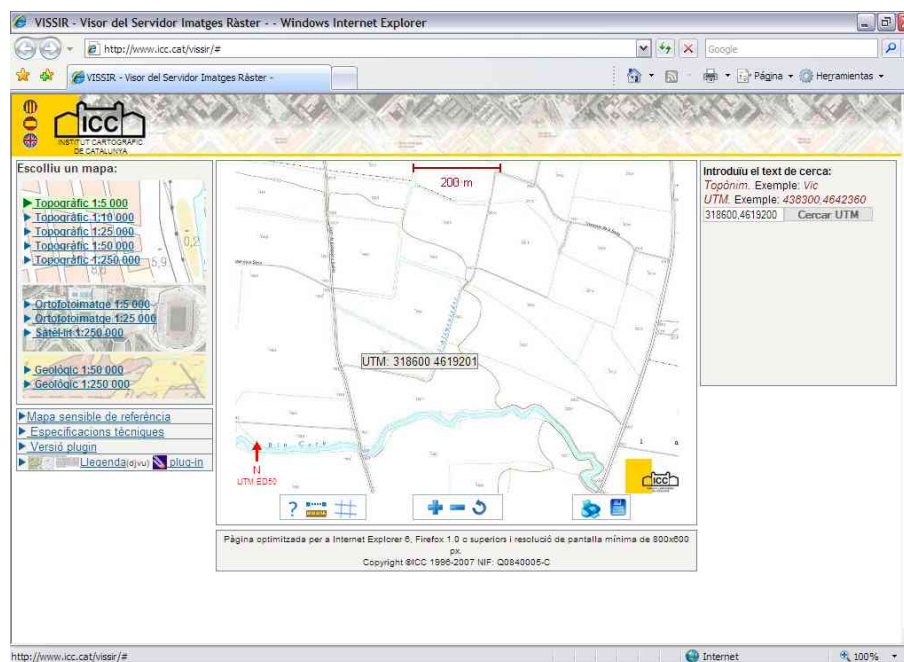


Fig. 22 Cartografia 1:5000 de l'ICC

El fitxer comprimit descarregat disposa de diferents fitxers amb la informació de la zona. En aquest cas, la capa que interessa és la capa que conté les corbes de nivell (fig. 23), que es faran servir, juntament amb les dades que es disposa dels sondejos realitzats, per tal de construir l'MDE del terreny.

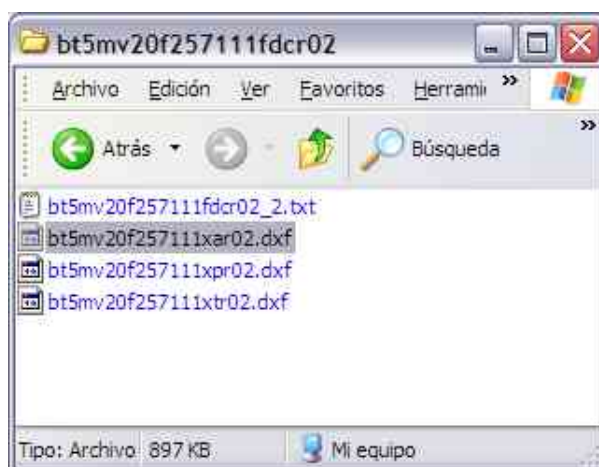


Fig. 23 Dades facilitades per l'ICC

Per finalitzar la preparació de les dades de partida, s'han importat les dades inicials dels sondejors del sòl (punts, coordenades i cota Z), juntament amb les dades dels sondejors de les capes del subsòl (terra, material a explotar i roca) a una taula d'Access.

Les dades de les capes de subsòl estan expressades en “*distància de la cota inferior des del nivell de terra*”, per això s'han creat 4 consultes que retornen les dades homogeneïtzades per a cadascuna de les capes, indicant l'altitud real sobre el nivell del mar de cada punt.

CODI	POINT_X	POINT_Y	Z	TERRA	MATERIAL	ROCA
s1	318582,13	4619351,1	199	0,5	9,5	11
s10	319046,19	4619137,9	200	1,5	16,2	17,7
s11	318929,5	4619111,8	200	1,3	9,2	10,7
s12	318660,69	4619429,4	199	1,1	10	11,5
s13	318616,44	4619244,1	199	1,3	12,5	14
s14	318769,96	4619057,8	199	1,4	15,5	17
s15	318776,97	4619248,5	199	1,1	16	17,5
s16	318793,84	4619257,6	199	1	15,4	16,9

Fig. 24 Taula amb les dades dels sondejors

Les consultes creades són per a la capa superior, la capa de terra, la capa de material i la capa de roca, respectivament:

- ❑ `SELECT CODI, POINT_X, POINT_Y, Z AS Elevation  
FROM Cotes;`
- ❑ `SELECT CODI, POINT_X, POINT_Y, [Z]-[TERRA] AS COTA_Terra  
FROM Cotes;`
- ❑ `SELECT CODI, POINT_X, POINT_Y, [Z]-[MATERIAL] AS COTA_Material  
FROM Cotes;`
- ❑ `SELECT CODI, POINT_X, POINT_Y, [Z]-[ROCA] AS COTA_Roca  
FROM Cotes;`

### 7.3.2 GENERACIÓ DELS MDE

Per tal de poder realitzar càlculs de volums entre capes cal generar prèviament uns MDE de cadascuna de les capes. Un cop generats aquests fitxers ràster, mitjançant les extensions de SEXTANTE es disposa de dos mètodes diferents per poder calcular el volum d'una capa:

- ❑ La *Calculadora de mapas*: mitjançant aquesta calculadora es pot generar una capa ràster com a resultat de realitzar diferents

operacions sobre altres capes ràster. El volum es calcula sobre la capa obtinguda amb l'extensió *Herramientas básicas para capas ráster / Cálculo de volúmenes* triant com a nivell base 0 (zero).

- *Herramientas básicas para capas ráster / Volumen entre dos capas*: es troba el volum existent entre dues capes especificades (cal indicar quina és la capa superior i quina la capa inferior).

Per generar els MDE cal carregar a gvSIG les dades dels sondejos i les dades de les corbes de nivell obtingudes de l'ICC. L'MDE de la cota Z es generarà unificant les dades de les corbes de nivell amb les dades dels sondejos inicials, mitjançant el geoprocés de gvSIG *Ajuntar*<sup>7</sup>.

Les passes seguides per a la generació de l'MDE han estat:

1. Carregar el fitxer bt5mv20f257111xar02.dxf (corbes de nivell)
2. Exportar a shape el fitxer. Aquesta exportació crea tres fitxers shp: un amb polígons, un altre amb línies i un altre amb punts
3. Carregar el shape de punts generat al punt anterior
4. Carregar la consulta CotesZ de l'Access (fig. 25) i crear una capa d'esdeveniments amb les dades dels punts
5. Executar del geoprocés *Ajuntar* per tal d'unificar en una capa els punts d'ambdues capes (ICC i cotes)
6. Rasteritzar la capa amb la unió de punts amb l'extensió *Rasterización e Interpolación / Rasterizar distancia inversa* de SEXTANTE<sup>8</sup>
7. Exportar la capa generada a un fitxer tiff amb la opció de menú *Capa / Exportar a / Ràster*
8. Aplicar una taula de color per veure millor els resultats

---

<sup>7</sup> Aquest geoprocés actua sobre una o diverses capes, generant una nova capa que uneix totes les geometries de la capa d'entrada. La capa resultant conservarà els atributs d'una de les capes d'entrada, especificada per l'usuari. De la resta de capes no seleccionades, es conservaran aquells atributs el nom dels quals i els tipus de dada coincideix amb algun dels de la capa seleccionada per l'usuari (Ajuda en línia de gvSIG)

<sup>8</sup> S'ha triat aquesta opció entre les disponibles després de realitzar proves entre les diferents opcions que ofereix SEXTANTE degut a què ha estat la més constant en els resultats. No es pot dir que sigui la millor opció, ja que no hi ha cap de les opcions que sigui la millor en tots els aspectes.

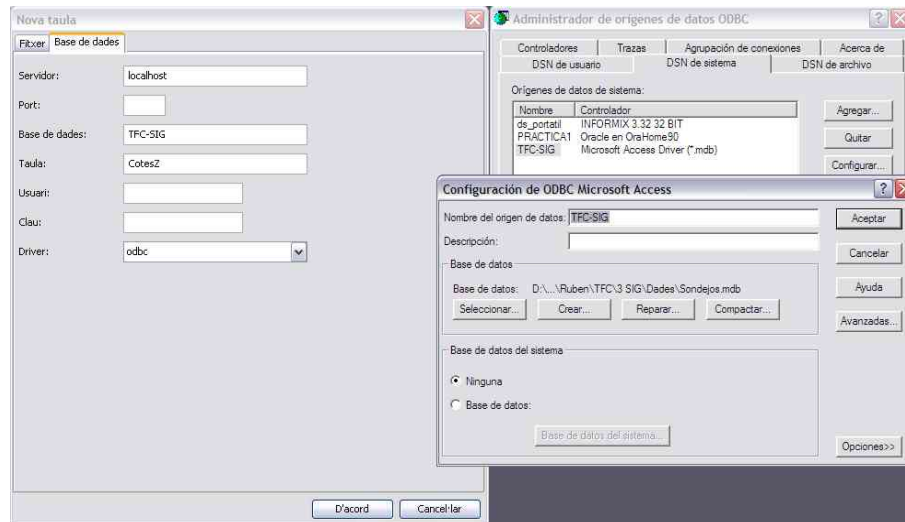


Fig. 25 Connexió ODBC a Access

El resultat obtingut es pot veure a la figura 26, on s'observen al ToC (Table of Contents) les capes carregades i les que s'han generat amb el geoprocés i les extensions.

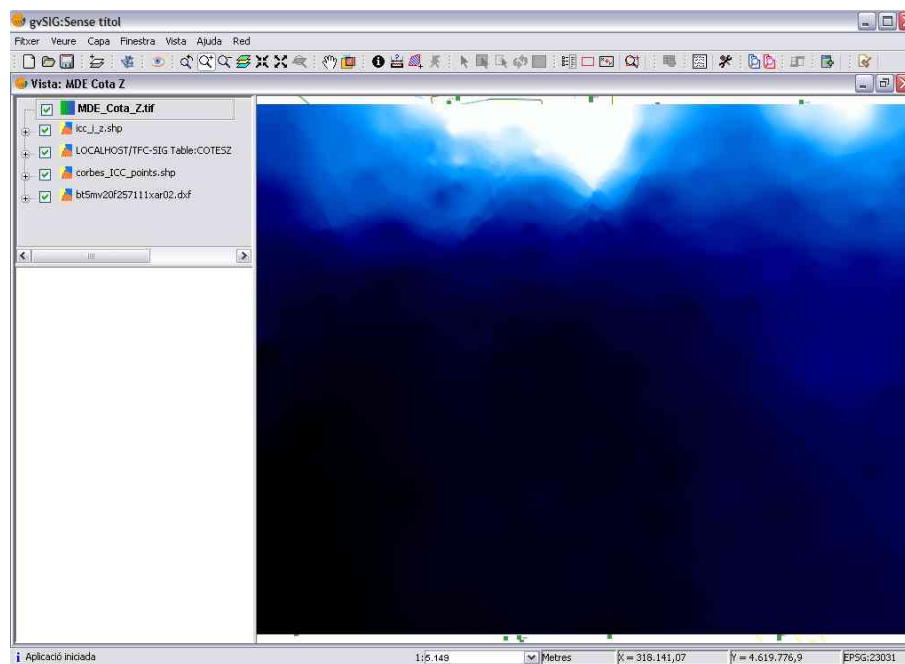


Fig. 26 MDE corresponent a la cota Z (Corbes de nivell)

Per a la generació dels MDE restants (fig. 27) només es disposa de les cotes dels sondejos realitzats, ja que les corbes de nivell no són útils en aquests casos.

El procés de generació ha estat similar a l'anterior, seguint les següents passes:



1. Carregar la consulta CotesT (CotesM i CotesR en els MDE corresponents) de l'Access i crear una capa d'esdeveniments amb les dades dels punts
2. Rasteritzar la capa amb els punts amb l'extensió *Rasterización e Interpolación / Rasterizar distancia inversa* de SEXTANTE
3. Exportar les capes generades a diferents fitxers tiff amb la opció de menú *Capa / Exportar a / Ràster*
4. Aplicar una taula de color per veure millor els resultats

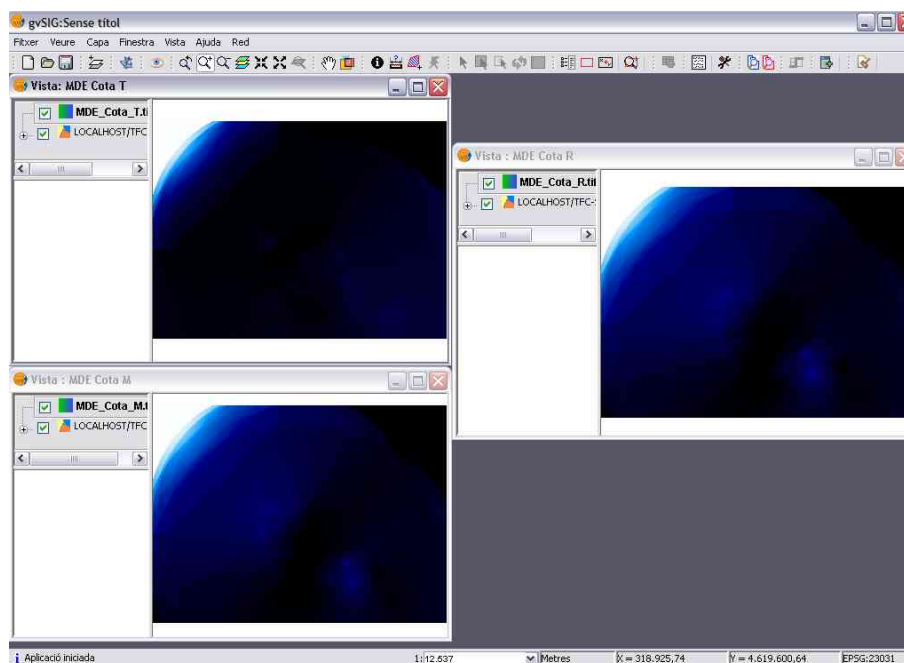


Fig. 27 MDE's de les capes de Terra, Material i Roca

### 7.3.3 PARCEL·LES

Després de generar els MDE de cadascuna de les capes cal lligar-los amb les dades de les parcel·les per tal de poder realitzar l'estudi sobre l'extensió que ocupen. Per tal de poder fer aquesta operació cal disposar dels polígons que delimiten l'extensió de cadascuna de les parcel·les, cadascun en una capa separada, així com una capa amb tots els polígons.

La generació dels polígons s'ha realitzat a partir dels fitxers dxf descarregats de l'OVC. Igual que s'ha fet amb la capa de corbes de nivell obtinguda de l'ICC, s'han carregat els fitxers de cada parcel·la i s'ha exportat a shp. A continuació s'ha passat la capa de línies a punts i, amb el geoprocés de *gvSIG Convex Hull*<sup>9</sup>, s'ha creat un polígon que uneix tots

---

<sup>9</sup> Aquest geoprocés calcula l'envoltant convex (convex buc), o polígon convex de menor àrea que embolcalla tots els elements vectorials d'una capa d'entrada. Opera únicament amb una capa d'entrada, el tipus de geometria de la qual podrà ser de qualsevol tipus. (Ajuda en línia de gvSIG)

els punts. Finalment aquest polígon s'ha ajustat al màxim a la línia real de cada parcel·la.

Un cop obtinguts tots els polígons s'han ajustat en una altra capa utilitzant el geoprocés Ajustar. El resultat es pot observar a la figura 28, on la capa amb el conjunt de les parcel·les s'ha aprofitat incorporant-la al localitzador de cadascuna de les vistes (part inferior esquerra de cada finestra de vista).

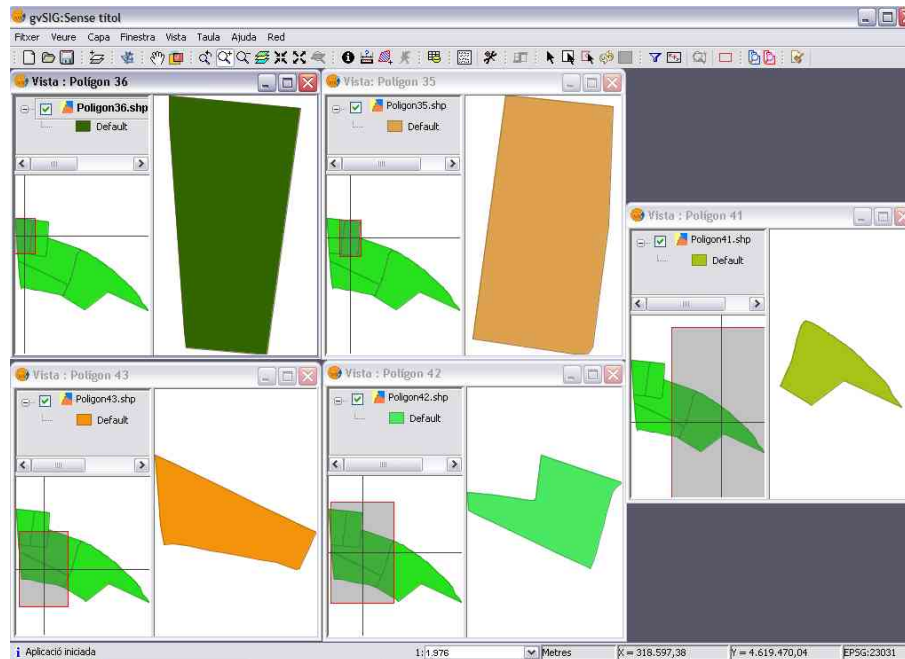


Fig. 28 Polígons de les parcel·les

Després d'obtenir els polígons de totes les parcel·les s'han de retallar els MDE per tal de poder realitzar els càlculs de volums sobre l'extensió que ocupa cadascuna de les parcel·les i no tenir en compte el terreny dels voltants.

Per poder realitzar aquest retall s'ha utilitzat l'extensió *Herramientas básicas para capas ráster / Cortar grids con capa de polígonos* que, donades una o més capes ràster retalla el seu contingut amb la forma del polígon de la capa vectorial indicada.

Aquest retall (figures 29 i 30) s'ha realitzat individualment a cada parcel·la, així com també a la capa que conté el conjunt de tots els polígons, indicant en cada retall tots els MDE (nivell, terra, material i roca). Les capes ràster obtingudes s'han exportat a fitxers tiff per tal de poder-los carregar en altres sessions.

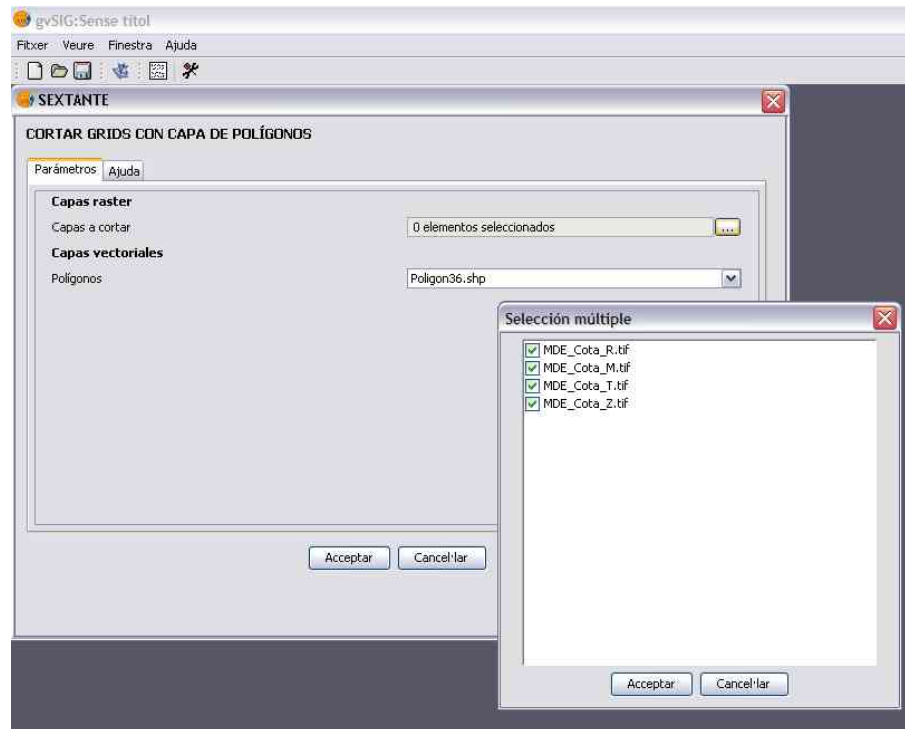


Fig. 29 Selecció de capes ràster a retallar

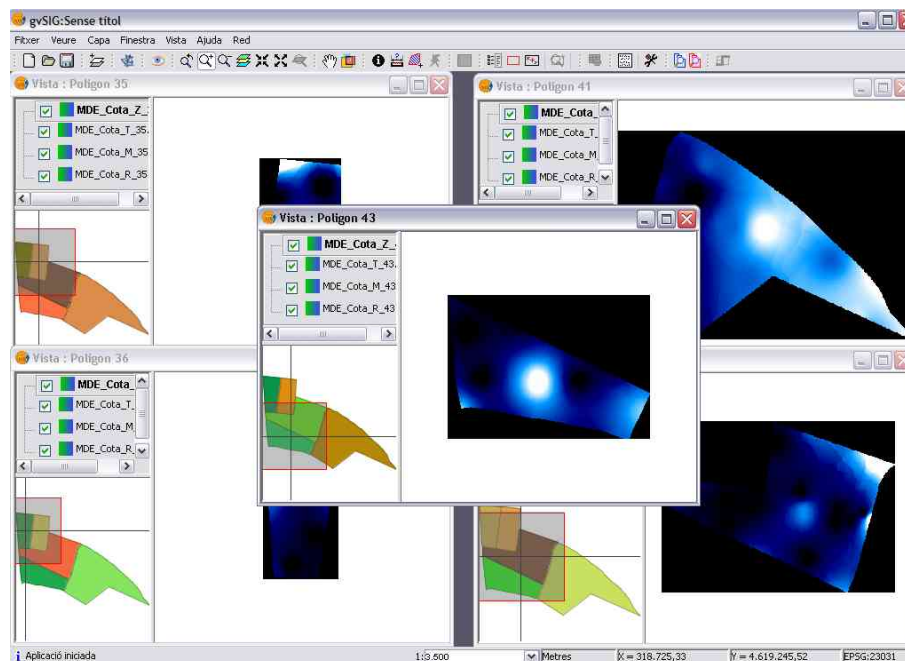


Fig. 30 Retalls dels MDE per a cada parcel·la

### 7.3.4 CÀLCUL DE VOLUMS

El càlcul de volums s'ha realitzat per a totes les parcel·les independentment i, a més, per a la capa amb el conjunt de parcel·les. Els volums que s'han calculat són els corresponents a la capa de terra (capa que hi ha a sobre el material) i a la capa del material que es vol explotar.

A la fig. 31 es pot veure com s'utilitza la calculadora de mapes sobre les dades de la parcel·la 25061A01400035 per tal de poder calcular el volum de la terra que s'ha d'extreure d'aquesta parcel·la abans de trobar-hi el material a explotar.

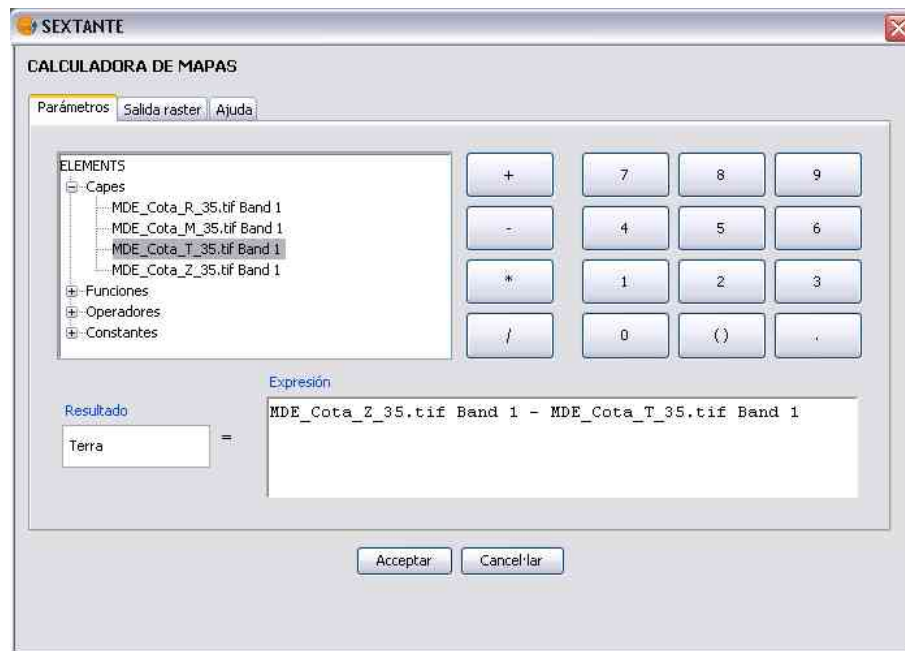


Fig. 31 Calculadora de mapas

La calculadora s'ha fet servir per generar una nova capa ràster corresponent a la capa de terra i una altra corresponent a la capa de material a explotar de totes les parcel·les per separat i també per a totes les parcel·les juntes.

El mètode triat entre els què ofereix l'aplicació per a realitzar els càlculs és irrellevant, ja que s'han realitzat amb tots dos mètodes i el resultat ha estat el mateix (figures 32 i 33). En aquest punt però, es recomana utilitzar la calculadora de mapes i l'extensió *Herramientas básicas para capas ráster / Cálculo de volúmenes*, ja que només retorna el volum de la capa, fent més fàcil la lectura del resultat.



Fig. 32 Càlcul del volum entre 2 capes

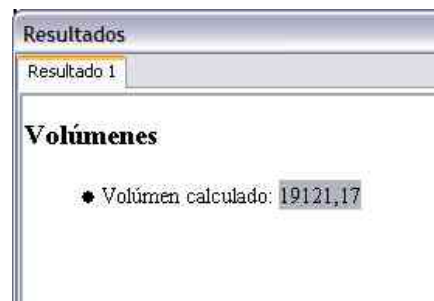


Fig. 33 Càlcul del volum d'una capa

## 7.4 Resultats

### 7.4.1 VOLUMS OBTINGUTS

Els resultats obtinguts de calcular el volum de totes les capes generades amb la calculadora de mapes han estat els següents:

Parcel·la	Terra (m <sup>3</sup> )	Material a explotar (m <sup>3</sup> )
25061A01400035	19.121,17	126.733,49
25061A01400036	17.643,65	96.285,16
25061A01400041	81.439,25	664.713,91
25061A01400042	44.838,36	421.159,38
25061A01400043	29.285,76	258.241,08
<b>Σ TOTAL</b>	<b>192.328,19</b>	<b>1.567.133,02</b>
Conjunt	192.341,80	1.567.216,66

Taula 6 Volums calculats de les parcel·les

En la taula 6 es poden observar que hi ha una petita variació calculant els volums parcel·la per parcel·la i calculant-los en conjunt. Aquesta variació, que és inferior al 0,1%, és deguda a les petites variacions que poden existir entre els retalls de cada parcel·la per separat amb tot el conjunt de les parcel·les.

Així, l'error obtingut és degut a què els talls realitzats a les parcel·les i els realitzats al conjunt tenen mínimes variacions en la precisió de la determinació de la seva superfície.

### 7.4.2 PARCEL·LA ÒPTIMA

Els càlculs realitzats donen uns valors numèrics per a cadascuna de les parcel·les així com per al conjunt de totes elles. Aquests valors però, no són vàlids per ells mateixos per a poder prendre una decisió sobre quina de les parcel·les és l'òptima per realitzar l'explotació.

Per prendre aquesta decisió cal tenir en compte altres dades, com són l'àrea de la parcel·la, que permet conèixer el volum de material per m<sup>2</sup>, per una banda i la proporció de material a explotar que hi ha en el total de l'extracció a realitzar (extracció de terra + extracció de material) (taula 7).

Per conèixer quina és l'àrea de cada parcel·la s'ha utilitzat la *Calculadora de Camps* de gvSIG, que conté una funció que retorna l'àrea d'un polígon.

Parcel·la	Àrea (m <sup>2</sup> )	Coeficients (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )		% Material sobre l'extracció total	Rànking
		Terra	Material a explotar		
25061A01400035	13.161,0079	1,4529	9,6295	86,8903	4
25061A01400036	11.830,1016	1,4914	8,1390	84,5134	5
25061A01400041	53.897,2798	1,5110	12,3330	89,0855	3
25061A01400042	31.547,2161	1,4213	13,3501	90,3780	1
25061A01400043	20.022,3671	1,4627	12,8977	89,8146	2

Taula 7 Coeficients de Terra i Material a explotar

Amb aquests nous càlculs es pot comprovar que, tot i que la parcel·la 25061A01400041, amb 664.713,91 m<sup>3</sup> és la parcel·la que té més quantitat de material a explotar, no és la parcel·la òptima. La parcel·la òptima és la 25061A01400042, ja que un 90,38% de tota l'extracció realitzada correspon al material a explotar.

### 7.4.3 DISTRIBUCIÓ DE VOLUMS

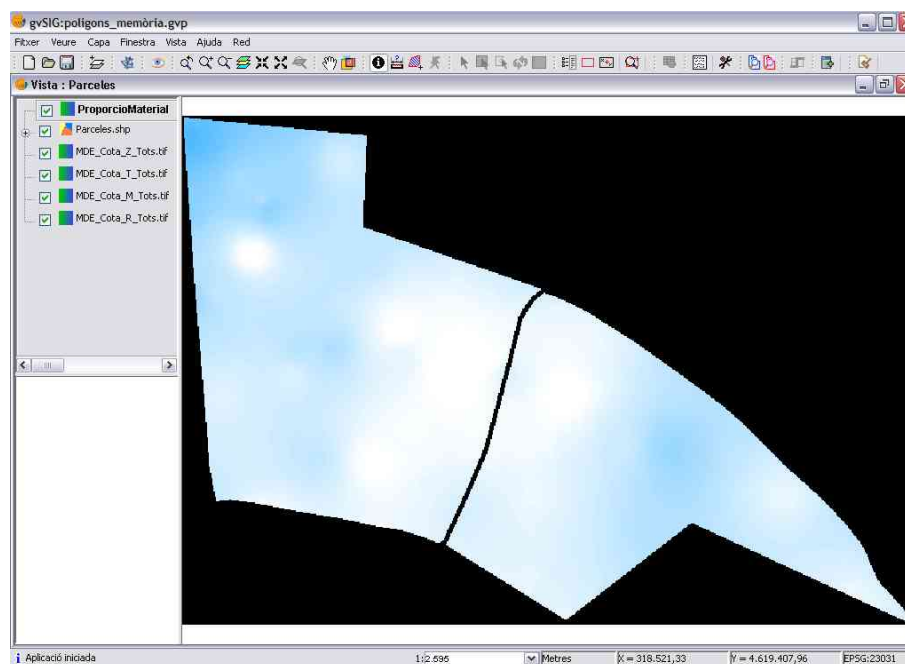
Després de fer els càlculs numèrics, s'han fet els càlculs pertinents amb les extensions disponibles gràficament. Per realitzar aquests càlculs s'ha tornat a utilitzar la *Calculadora de mapes*, realitzant operacions amb les capes ràster creades anteriorment.

Les operacions realitzades han estat la determinació de la proporció de material a explotar del total de l'extracció. Aquesta proporció es correspon amb les fórmules  $\frac{VolumTerra}{AreaParcel·la}$  i  $\frac{VolumMaterial}{AreaParcel·la}$ . Com que no es pot utilitzar directament el volum a la calculadora de mapes, s'ha utilitzat una fórmula anàloga a  $\frac{CoeficientMaterial}{CoeficientTerra + CoeficientMaterial}$  utilitzant les cotes (fig. 34).

Amb aquesta fórmula es genera una nova capa on les cotes obtingudes corresponen a la proporció que s'està cercant (fig. 35).



Fig. 34 Càlcul de la proporció de material sobre tota l'extracció



**Fig. 35** Proporció de material a extreure sobre el total d'extracció

En la imatge 35 es pot observar la distribució de proporcions de material, on les parts més clares indiquen una major proporció de material sobre el total de l'extracció.

Per a la realització dels mapes explicatius, s'han vectoritzat els fitxers ràster obtinguts, tant de les capes de terra i de material per separat, com de la capa de proporció de material sobre l'extracció. Aquest darrer mapa és el que ha de permetre prendre decisions sobre quina o quines de les parcel·les són les òptimes per tal de realitzar-hi una explotació adequada.

En total s'han generat 16 mapes explicatius de l'estudi realitzat:

- 1 mapa de situació de les parcel·les objecte d'estudi
- 5 mapes, un per parcel·la, amb el volum de terra que s'ha d'extreure per tal de poder realitzar l'extracció del material a explotar
- 5 mapes, un per parcel·la, amb el volum de material a explotar
- 5 mapes, un per parcel·la, amb la proporció de material a explotar sobre el total de l'extracció a realitzar (terra + material)

De tots els mapes generats s'adjunten a aquesta memòria el mapa de situació, el del volum de terra amb dades de la parcel·la 25061A01400035, el del volum de material a explotar amb les dades de la parcel·la 25061A01400042 i el de la proporció de material a explotar sobre el total de l'extracció a realitzar amb les dades de la parcel·la 25061A0140043 a tall d'exemple.

## Conclusions

Amb aquest treball s'ha fet un repàs històric al món dels Sistemes d'Informació Geogràfica, amb el que s'ha entès el perquè de la seva existència i la gran rellevància que està adquirint dia a dia en tots els entorns en els que estan presents i s'ha pres consciència de la ràpida evolució a la que estan sotmesos.

Un cop entesa l'existència dels SIG, s'han introduït una sèrie de termes bàsics que han ajudat a entendre millor el seu funcionament. S'han conegut els components que formen els SIG i els models de representació més rellevants que es fan servir per modelar la realitat.

Els models estudiats han estat el model *ràster* i el model vectorial, cadascun amb les seves particularitats i s'ha après que combinant-los permeten realitzar pràcticament qualsevol estudi sobre una zona establerta.

Per tal de posar en pràctica els coneixements adquirits amb la presentació inicial, s'ha utilitzat un programari de lliure distribució, amb llicència GPL, el *gvSIG* en la seva versió 1.1 (en el moment de finalitzar aquest document ja està disponible la versió 1.1.1) amb les extensions *SEXTANTE* i *Pilot ràster*.

Un cop finalitzat el projecte he arribat a la conclusió que el programari lliure té pràcticament les mateixes funcionalitats que el programari propietari amb l'avantatge de comptar amb un gran nombre d'usuaris disposats a fer-lo evolucionar al màxim. Tot i això, el gran desavantatge que presenta és la velocitat de procés, ja que resulta molt més lent que el programari propietari.

Tot i les dificultats inicials degut al desconeixement del programari, he constatat la seva facilitat d'ús i ràpid aprenentatge, aconseguint realitzar l'estudi complet, des de la incorporació de les dades facilitades i la cerca de dades a Internet fins a la creació dels mapes explicatius dels resultats aconseguits.

La conclusió final a la que he arribat amb aquest treball ha estat que el dels SIG és un món apassionant que té moltes coses per oferir i que, vist el grau d'evolució que ha adquirit, ha de facilitar molt les tasques a realitzar a qualsevol dels camps on s'apliqui (tant als que ja està introduït com a aquells en què encara no ho ha fet). Malgrat tot, encara ha de seguir evolucionant per tal de fer més accessible i generalitzable el seu ús.



## Bibliografia

- Ángel M. Felicísimo. Modelos Digitales del Terreno. Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales.
- Conselleria de Infraestructuras y Transporte e IVER Tecnologías de la Información S.A. Sistemas de Información Geográfica y gestión del territorio. Curso de formación de gvSIG. 2005.
- Conselleria de Infraestructuras y Transporte de la Generalitat Valenciana. gvSIG 1.1. Manual de usuario versión 3. 2007.
- Emilio Chuvieco Salinero. Teledetección ambiental. Editorial Ariel, 2002, primera edición.
- F. Fonseca and M. Egenhofer, 1999, Sistemas de Informação Geográficos Baseados em Ontologias, *Informática Pública* 1 (2): 47-65.
- Francisco Alonso Sarriá. Introducción a los Sistemas de Información Geográfica. 2002.
- Gabriel Ortiz. [www.gabrielortiz.com](http://www.gabrielortiz.com). Qué son los Sistemas de Información Geográfica. Tipos de SIG y modelos de datos. Un artículo introductorio para entender las bases de los SIG.
- Ignacio Alonso Fernández-Coppel. Las Coordenadas Geográficas y la Proyección UTM. Febrer 2001.
- Javier Domínguez Bravo. Breve Introducción a la Cartografía y a los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Editorial CIEMAT. Informes Técnicos Ciemat, nº 943. Octubre, 2000.
- Joaquin Bosque Sendra. Sistemas de Información Geográfica. Editorial Rialp, 2000, segona Edició revisada.
- Jorge Franco Rey. Nociones de Cartografía. Setembre 2000
- Jorge Franco Rey. Nociones de Geodesia. GPS. Setembre 2000.
- Jorge Franco Rey. Nociones de Topografía. Setembre 2000.
- Monografias.com: <http://www.monografias.com/trabajos/gis/gis.shtml>
- Monografias.com: <http://www.monografias.com/trabajos14/informageogra/informageogra.shtml>
- Nosolosig: [http://www.nosolosig.com/?que\\_es\\_un\\_sig?.html](http://www.nosolosig.com/?que_es_un_sig?.html)
- Portalinec: [http://www.inec.gov.ec:8080/portalinec/index.php?option=com\\_content&task=view&id=55&Itemid=95&lang=](http://www.inec.gov.ec:8080/portalinec/index.php?option=com_content&task=view&id=55&Itemid=95&lang=)
- Ralf Hartmut Güting. An Introduction to Spatial Database Systems. *Invited Contribution to a Special Issue on Spatial Database Systems of the VLDB Journal (Vol. 3, No. 4, October 1994)*. Setembre 1994.
- Rodolfo Franco. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Curso de Sistemas de Información Geográfica. 2001.

- Wikipedia: [http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema de Información Geográfica](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Informaci3n_Geogr3fica)
- [www.geotecnologias.com](http://www.geotecnologias.com):  
<http://www.geotecnologias.com/Documentos/GIS.pdf>
- [www.losalcornocales.org](http://www.losalcornocales.org): <http://www.alcornocales.org/sig/que.html>

## Annexes

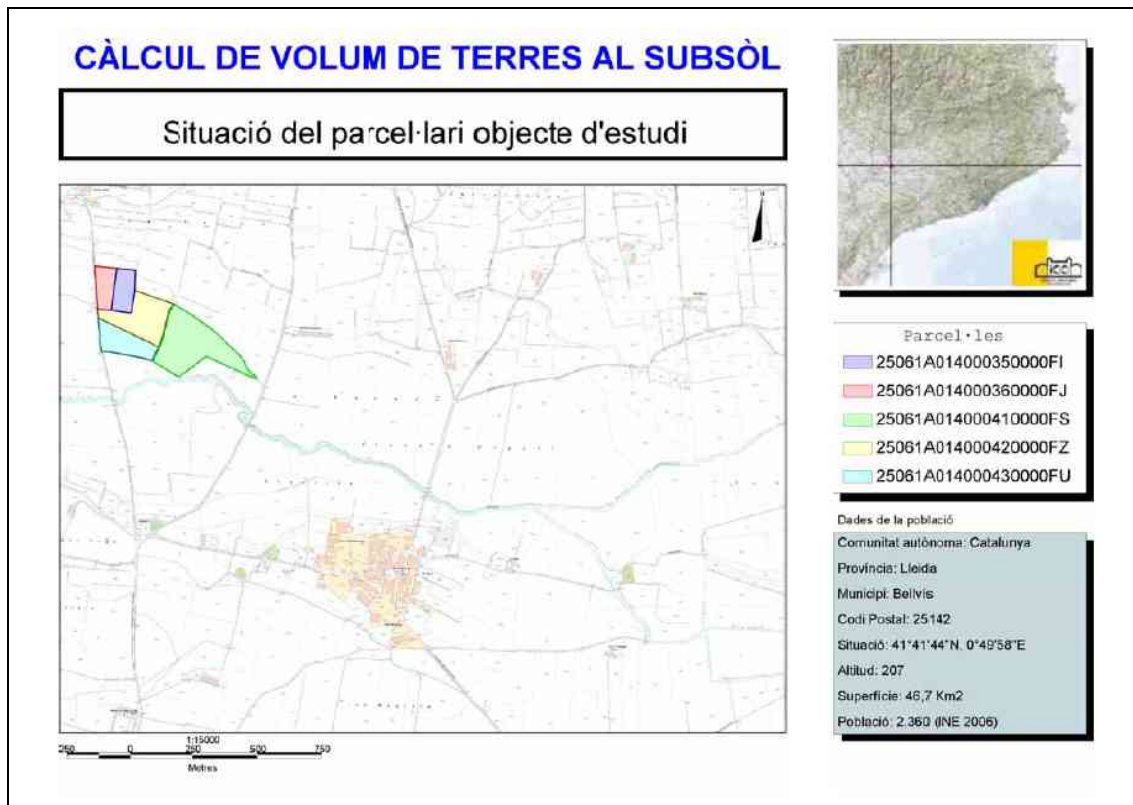


Fig. 36 Mapa de situació de les parcel·les

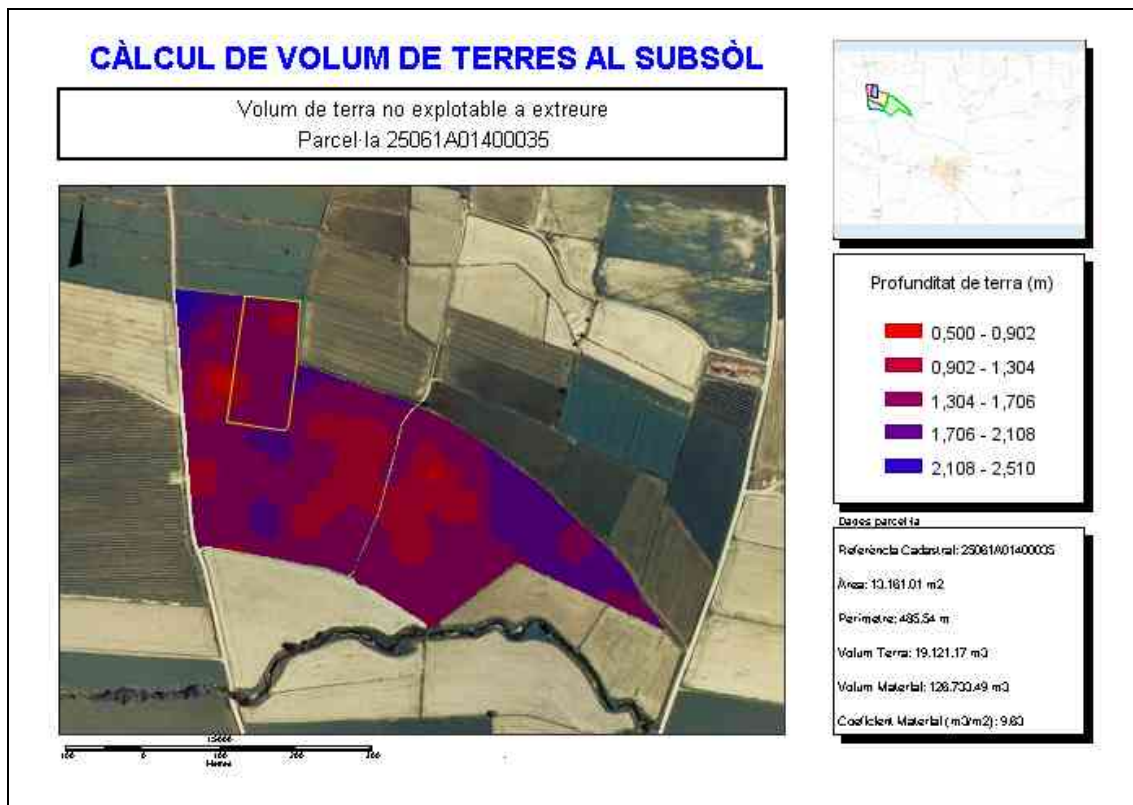
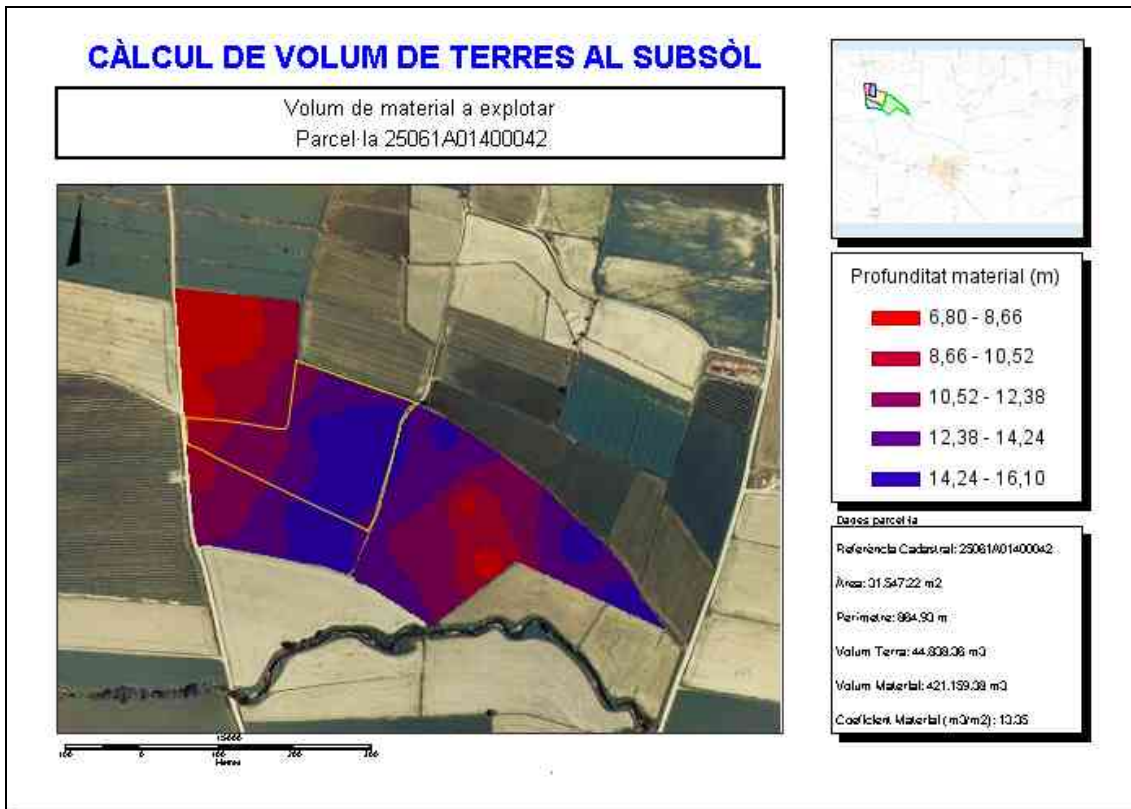
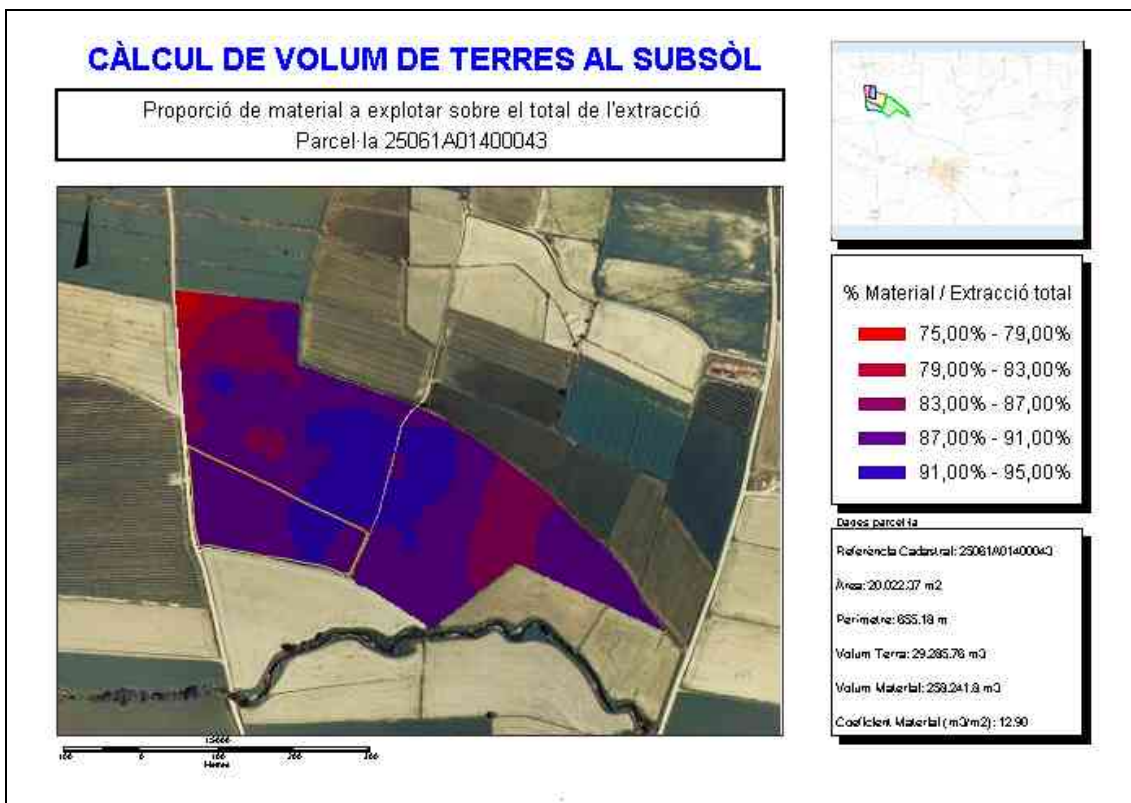


Fig. 37 Profunditat de terra. Dades de la parcel·la 25061A01400035



**Fig. 38** Profunditat de material a explotar. Dades de la parcel·la 25061A01400042



**Fig. 39** Proporció de material sobre el total de l'extracció. Dades de la parcel·la 25061A01400043