Universitat Oberta de Catalunya

Enginyeria Tècnica d'informàtica de Gestió

Explotació de recursos del subsòl

Càlcul volumètric de terres amb SIG

Autor: David Bori Alomà
Dirigit per: Jordi Marturià Alavedra
Curs 2007-08 (setembre / gener)

A la Eli i en Pau,

en agraïment a la seva renuncia i suport incondicional.

Resum

L'activitat humana requereix de la presa de decisions que, en la majoria de casos, tenen un gran nombre de variables amb components geogràfics. La definició de xarxes de proveïment d'electricitat, aigua i gas ha de tenir en compte l'accessibilitat dels punts d'abastament, la proximitat als clients finals, la complexitat del terreny per on ha de passar. Els serveis d'emergència cal que disposin de vies alternatives per poder assegurar la mobilitat dels equips d'actuació, que coneguin la situació de les xarxes de proveïment de serveis bàsics abans esmentats per a fer-ne us o preveure-hi incidències. Han de trobar la situació idònia per a la ubicació de les bases d'actuació que han de poder donar una cobertura òptima de tot el territori. Les empreses de transport decideixen les rutes dels seus vehicles en funció de les distàncies entre plataformes logístiques i costos associats. Tot aquest tipus de decisions cal suportar-les amb estudis del territori i de les variables que hi incideixen.

Al llarg de la història de la humanitat s'han utilitzat diferents disciplines, mètodes i tècniques per a representar la situació de rius, muntanyes, poblacions, xarxes de comunicació que permeten els desplaçaments i un gran nombre de variables que intervenen en l'evolució de l'activitat humana i del terreny: variacions de temperatura, pluviometria, moviments migratoris. A mesura que la tecnologia ha anat avançant aquestes disciplines han evolucionat paral·lelament incorporant cada cop més l'ús de sistemes d'informació (SI) i tecnologies de la informació i la comunicació (TIC) per a la simplificació dels processos i mètodes d'anàlisi de dades geogràfiques. Aquest procés evolutiu ens ha dut fins als Sistemes d'informació geogràfica (SIG), que són sistemes d'informació per al tractament i l'anàlisi de dades geogràfiques que volen donar solució als reptes plantejats per gestors del terreny i científics que desenvolupen la seva activitat en camps tant diversos com la geologia, la política, el medi ambient o la gestió territorial. Actualment els SIG són eines fonamentals en la presa de decisions per a moltes entitats públiques i privades.

Els objectius fonamentals d'aquest treball final de carrera són assolir un coneixement suficient dels fonaments en que es basen les eines SIG, i el desenvolupament d'un projecte que ens permetrà el càlcul del volum dels diferents tipus de terres que formen el subsòl d'un area determinada de terreny utilitzant el programari lliure GvSig i Sextante.

Índex

Resum 3
Índex 4
Índex de figures i taules 6
Glossari 7
Capítol 1 8
1 Introducció 8
1.1 Objectius 8
1.2 Enfocament i mètode seguit 8
1.3 Planificació del projecte 9
1.4 Productes obtinguts 10
1.5 Descripció dels capítols següents 10
Part 1 10
Capítol 2 10
2 Disciplines per a la representació de la Terra 10
2.1 Geodèsia 11
2.1.1 Definició 11
2.1.2 Branques de la geodèsia 11
2.1.3 Finalitats pràctiques de la geodèsia 11
2.1.4 Sistema de referència vigent a Espanya 12
2.2 Cartografia 13
2.2.1 Definició 13
2.2.2 Coordenades geogràfiques 14
2.2.3 Tipus de projeccions 14
2.2.4 Escales i factors d'escala 15
2.2.5 Relleu i corbes de nivell 16
2.2.6 Declinació i convergència 16
2.2.7 Sistema cartogràfic de representació vigent 17
2.3 Topologia 17
2.3.1 Definició 17
2.3.2 Tipus de relacions topològiques 17
2.4 Models digitals del terreny 18
2.4.1 Definició 18
Capítol 3 19
3 Sistemes d'informació geogràfica 19
3.1 Antecedents 19
3.2 Definició 20
3.3 Components d'un SIG 21
3.3.1 Maquinari 21
3.3.2 Programari 21
3.3.3 Dades 22
3.3.4 Mètodes 24
3.3.5 Usuaris 24

3.4 Comparació amb altres aplicacions ... 24

4 Sistemes d'emmagatzematge de dades espacials ... 25

4.1 Models i estructures de dades gràfiques emprats en els SIG ... 25
4.1.1 Model vectorial ... 25
4.1.2 Model raster ... 27
4.1.3 Comparativa entre model vectorial i model raster ... 29

4.2 Dades alfanumèriques ... 30

4.3 Relacions entre dades espacials ... 30

5 Fonts de dades espacials ... 30

5.1 IDE ... 31
5.1.1 Components d'una IDE ... 32

5.2 Catàlegs de dades ... 33
5.2.1 Metadades ... 33

5.3 Llenguatge utilitzats en les IDE i Catàlegs de dades ... 34

5.4 Especificacions OGC ... 34

Part 2 ... 35

Capítol 4 ... 35

6 Eines SIG ... 35

6.1 GvSIG ... 35
6.1.1 Definició ... 35
6.1.2 Característiques tècniques ... 36
6.1.3 Materials de suport ... 36

6.2 Sextante ... 38
6.2.1 Definició ... 38
6.2.2 Característiques tècniques ... 38
6.2.3 Materials de suport ... 39

7 Valoració del programari ... 40

Capítol 5 ... 42

8 Projecte d'aplicació per al càlcul volumètric de terres ... 42

8.1 Fases del projecte ... 42

8.2 Abast i viabilitat del projecte ... 42

8.3 Definició del sistema d'informació ... 43
8.3.1 Contingut d'informació del projecte ... 44
8.3.2 Integració amb sistemes proveïdors de dades ... 44

8.4 Disseny conceptual i lògic del model de dades ... 45
8.4.1 Disseny conceptual ... 45
8.4.2 Disseny lògic ... 46

8.5 Construcció de la base de dades ... 48
8.5.1 Càrrega de dades inicials al SGBD ... 49

8.6 Procés de creació del projecte amb gvSig pas a pas ... 50
8.6.1 Creació del projecte amb gvSig ... 50
8.6.2 Càrrega de dades del SGBD ... 51
8.6.3 Connexió amb les dades WMS ... 51
8.6.4 Càrrega de dades I.C.C. ... 52
8.6.5 Crear MDE ... 53
8.6.6 Crear capes SHP de parcel·les ... 56
8.6.7 Retallat del MDE i els MDT de cada tipus de subsòl ... 56
8.6.8 Càlcul del volum de terreny ... 56

8.6.9 Visualització dels resultats 57

Referències 59

Índex de figures i taules

Figura 1: Desviació del geoide. 11
Figura 2:Aplanament del geoide. 12
Figura 3:Carta marina d'Olaus Magnus 13
Figura 4:Mapamundi longituds i latituds 14
Figura 5: Projecció cilíndrica 14
Figura 6:Projecció cònica 15
Figura 7: Projecció azimutal 15
Figura 8: Mapa topogràfic 16
Figura 9:Perfil a partir de corbes de nivell 16
Figura 10: Declinació magnètica 17
Figura 11: Ponts de Kronigsberg 17
Figura 12: Exemple de MDT 18
Figura 13: Mapa mundi Beato de Libana 19
Figura 14: Diagrama de modelització de dades SIG 22
Figura 15: Exemple de gràfic vectorial 26
Taula 1: Taula comparativa d'estructures de dades vectorials 27
Figura 16: Detall de gràfic raster 27
Figura 17: Point_quadtree 28
Taula 2: Taula comparativa model vectorial i raster 29
Figura 18: Diagrama de nivells d' IDEs 33
Taula 3: Taula de valoració del programari 41
Figura 19: Diagrama fases del projecte 42
Taula 4: Taula de contingut d'informació del projecte 44
Taula 5: Format del fitxer sondejos1.xls 45
Taula 6: Format del fitxer sondejos2.xls 45
Figura 20: Diagrama conceptual d' elements bàsics del sistema 46
Figura 21:Diagrama entitat-relació d'elements bàsics del sistema 46
Taula 7: Definició de la taula Parcella 47
Taula 8: Definició taula Subsol 47
Taula 9: Definició taula Sondeig 47
Taula 10: Definició taula Profunditat 47
Taula 11: Definició taula Volum 48

Figura 22: Relacions entre taules de la base de dades 49
Taula 12: Format del fitxer LocalitzacioSondeig.xls 50
Taula 13: Format del fitxer ProfunditatSol.xls 50
Figura 23: Situació dels sondejos 52
Figura 24: Sondejos, parcel.les i corbes de nivell 53
Figura 25: Interpolació de la capa superfície 54
Figura 26: Grid completat amb les corbes de nivell 54
Figura 27: Resultat de completar les cel.les sense dades 55
Figura 28: MDT Vegetal 55
Figura 29: MDT Material explotable 56
Taula 14: Resultats del càlcul dels volums 57
Figura 30: Gradació de colors per a mostrar els resultats 58
Figura 31: Mapa de volums del material explotable per parcel.la 59

Glossari

- **El·lipsoide** Superfície de segon grau o quàdrica amb centre
- **Latitud** Distància que hi ha des d'un punt qualsevol de l'esfera terrestre a l'equador.
- **Longitud** Distància, en graus mesurats sobre l'equador, que hi ha d'un lloc respecte a un meridià origen (Greenwich), a partir del qual es compta negativament de 0° a 180° cap a l'oest i positivament de 0° a 180° cap a l'est.
- **UTM** Sistema de coordenades Universal Transversal de Mercator
- **Declinació magnètica** angle comprés entre el nord magnètic i el nord geogràfic.
- **MDT** Model Digital del Terreny
- **MDE** Model Digital d' Elevació
- **SGBD** Sistema Gestor de Bases de Dades
- **SI** Sistema d' Informació
- **CAD** Computer Aided Design
- **OGC** Open Geospatial Consortium
- **WMS** Web Map Service
- **GPL** General Public Licence

Capítol 1

1 Introducció

Aquest primer capítol s'ha plantejat com una breu descripció de l'abast i de la planificació del treball per a la resolució de l'enunciat proposat en el treball de final de carrera d' enginyeria tècnica d'informàtica de gestió.

El cas d'estudi demanava el desenvolupament d'una aplicació per a la realització del càlcul volumètric dels diferents tipus de subsòl contingut en unes parcel·les de terreny determinades.

1.1 Objectius

Per tal de poder desenvolupar un procés per a realitzar els càlculs demanats s'ha cregut necessari l'assoliment dels objectius següents:

- Obtenir els coneixements bàsics i imprescindibles sobre geodèsia, cartografia, topologia i models digitals del terreny que ens permetin fer referència geogràfica d'objectes en aplicacions digitals i implementar els càlculs per a la resolució del cas plantejat.
- Obtenir els coneixements bàsics de què són i com funcionen els sistemes d'informació geogràfica.
- Aprendre a cercar informació de caràcter geogràfic a la xarxa.
- Aprendre a modelar dades pròpies de la informació geogràfica i ha fer-ne ús i transferència.
- Prendre contacte amb les eines proposades en el TFC, GvSig i Sextante i fer-ne un anàlisi i una avaluació de les funcionalitats i els materials de suport.
- Desenvolupar un projecte pas a pas per a la implantació d'una solució SIG per a l'ajuda a la presa de decisions per l'explotació de recursos del subsòl, a través del càlcul volumètric de terres disponibles.

1.2 Enfocament i mètode seguit

El treball final de carrera s'ha estructurat en dues parts clarament diferenciades. A la primera part s'hi ha descrit la teoria necessària en els camps de la geodèsia, la

cartografia, la topologia i els models digitals del terreny per tal de poder assolir els coneixements que han permès fer referència geogràfica dels elements que han format part del cas d'estudi i posteriorment fer els càlculs necessaris requerits. També s'hi ha descrit la recerca feta sobre els SIG que inclou característiques particulars d'aquests sistemes i diferències amb altres sistemes d'informació i els fonaments de les infraestructures de dades espacials (IDE). La segona part del treball s'ha centrat en el desenvolupament del projecte. S'hi han analitzat les eines SIG proposades per a resoldre el cas i se n'ha fet una valoració. Per últim s'ha desenvolupat un procés de càlcul del volum dels diferents tipus de subsòl continguts en les parcel·les de terreny que han ocupat el cas d'estudi i se n'ha presentat tot el procés detallat pas a pas.

1.3 Planificació del projecte

El treball s'ha desenvolupat al llarg de setze setmanes, començant el dia 19 de setembre del 2007 i tenint com a data de lliurament el 7 de gener del 2008.

Per a realitzar el còmput d'hores s'ha tingut en compte com a dies laborables els dies compresos entre dilluns i divendres, ambdós inclosos. S'exceptuaran els dies festius relacionats a continuació:

- 24 de setembre del 2007 La Mercè
- 12 d'octubre del 2007 El pilar
- 1, 2 i 5 de novembre del 2007 Tot sants
- 6, 7 i 8 de desembre del 2007 Constitució
- 25 de desembre del 2007 Nadal
- 26 de desembre del 2007 Sant Esteve
- 1 de gener del 2008 Primer d'any
- 6 de gener del 2008 Reis

S'ha tingut en compte una jornada laboral de tres hores tots els dies laborables. El total d'hores de feina destinades al projecte suma un total de 199 hores, s'han previst mesures de contingència per a possibles incidències.

No es detalla la planificació de tasques del pla de treball original ja que degut ha un seguit d'incidències, en gran mesura no s'ha pogut respectar i per tant, no s'ha cregut explicatiu del procés seguit.

1.4 Productes obtinguts

Els productes obtinguts han estat la present memòria, en la que es detalla el procés seguit per a la realització dels càlculs demanats en l'enunciat del projecte i una presentació virtual en Power Point resum de les idees més importants de la memòria.

1.5 Descripció dels capítols següents

- **Capítol 2: Disciplines per a la representació de la Terra**

  En aquest capítol es descriuen els coneixements bàsics necessaris per a la compressió dels sistemes i mètodes de representació de la terra.

- **Capítol 3: Sistemes d'informació geogràfica**

  En aquest capítol es descriuen els fonaments i les parts dels SIG.

- **Capítol 4: Eines SIG**

  En aquest capítol s'analitzen i s'avaluen les eines GvSig i Sextante.

- **Capítol 5: Projecte d'aplicació per al càlcul volumètric de terres**

  Descripció del procés pas a pas per a realitzar el càlcul volumètric de terres.

Part 1

Capítol 2

2 Disciplines per a la representació de la Terra

Des del principi de la civilització ha resultat fonamental, per als humans, la representació de l'espai on desenvolupar les activitats més quotidianes. La indicació de les direccions, la situació relativa de les ciutats, la ubicació de muntanyes i rius, han resultat imprescindibles per al govern de les societats. Amb aquest afany han anat sorgint al llarg dels segles diferents disciplines per a facilitar la representació del terreny. Des de la cartografia mes rudimentària que, mitjançant planisferis representava un món percebut pla, fins a les més modernes tècniques de modelatge digital del terreny han ajudat ha orientar-se en l'entorn i a prendre les decisions que han guiat als humans al llarg de la historia.

A continuació veurem algunes nocions bàsiques d'algunes d'aquestes disciplines que intervenen directament en el funcionament dels SIG.

2.1 Geodèsia

2.1.1 Definició

La geodèsia és la ciència que té com a objecte determinar la forma, les dimensions i el camp gravitatori de la Terra en territoris extensos. L'extensió del territori d'estudi és el que la diferència de la topografia que limita el seu camp d'estudi a superfícies reduïdes on es pot considerar inapreciable la esfericitat terrestre.

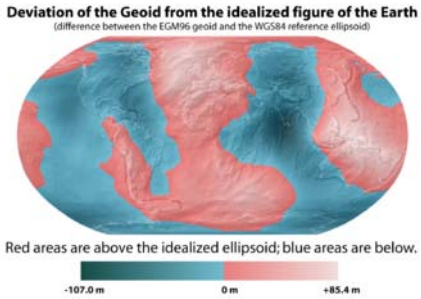

Figura 1: Desviació del geoide.

2.1.2 Branques de la geodèsia

Degut a l'abast de la matèria estudiada per la geodèsia la podem dividir en diferents branques:

- **Geodèsia esferoïdal:** estudia la forma i dimensions de la Terra i l'ús del geoide com a superfície de referència.
- **Geodèsia física:** estudia el camp gravitatori de la Terra.
- **Astronomia geodèsica:** estudia els mètodes astronòmics que permeten determinar les coordenades geogràfiques sobre la superfície terrestre dels *datums*, punts sobre els que es basarà el càlcul posterior de les xarxes geodèsiques.
- **Geodèsia espacial o còsmica:** utilitza satèl·lits artificials per als seus estudis.

2.1.3 Finalitats pràctiques de la geodèsia

En una primera aproximació la terra té una forma esfèrica. Realment però, la superfície terrestre és irregular, té una forma aixafada pels pols que l'aproxima més a un el·lipsoide de revolució. Els diferents models que representen la Terra, anomenats geoides de referència, són definits per la geodèsia.

Una de les utilitats pràctiques de la geodèsia és l'establiment d'una xarxa de *vèrtex geodèsics,* que són punts que abracen tota la superfície terrestre, dels quals se'n determinen les coordenades i la elevació sobre el nivell del mar amb una elevada precisió.

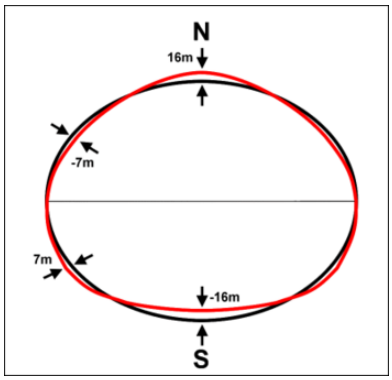

Figura 2:Aplanament del geoide.

A partir dels vèrtex geodèsics es poden fer aixecaments posteriors del territori per a la seva subdivisió en parcel·les que podran ser destinats a diferents usos, la topografia serà la disciplina que s'encarregarà d'aquesta tasca.

Com que cal fer referència als vèrtex s'haurà de triar un sistema de referència, entre els diferents geoides proposats per la geodèsia.

2.1.4 Sistema de referència vigent a Espanya

Segons el butlletí oficial de l'estat BOE num. 207 pàgina 35987 del 29 d'agost del 2007, els sistemes de referència oficials a Espanya són:

> *"**15822** REAL DECRETO 1071/2007, de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España.*
>
> *Artículo 3. Sistema de Referencia Geodésico.*
>
> *Se adopta el sistema ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) como sistema de referencia geodésico oficial en España para la referenciación geográfica y cartográfica en el ámbito de la Península Ibérica y las Islas Baleares. En el caso de las Islas Canarias, se adopta el sistema REGCAN95. Ambos sistemas tienen asociado el elipsoide GRS80 y están materializados por el marco que define la Red Geodésica Nacional por Técnicas Espaciales, REGENTE, y sus densificaciones.*
>
> *Artículo 4. Sistema de Referencia Altimétrico.*
>
> *1. Se tomará como referencia de altitudes los registros del nivel medio del mar en Alicante para la Península y las referencias mareográficas locales para cada una de las islas. Los orígenes de las referencias altimétricas serán definidos y publicados por la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional.*
>
> *2. El sistema está materializado por las líneas de la Red de Nivelación de Alta Precisión.*
>
> *3. El datum hidrográfico al que están referidas las sondas, cero hidrográfico, será definido y publicado por el Instituto Hidrográfico de la Marina y representará la referencia altimétrica para la cartografía náutica básica."*

Tot i aquest canvi recent de sistema de referència la gran majoria de treballs i aplicacions compilades fins al moment utilitzen encara el geoide de referència ED50.

El Sistema de Posicionament Geodèsic Integrat de Catalunya (SPGIC) es basa en el model de geoide UB91, que té un error relatiu 1 cm per cada 10 km (1 ppm).

Per a consultar els paràmetres, mètodes i dades necessàries per a un posicionament acurat podem consultar la pàgina web oficial del Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC).

Tots aquests estàndards estan subjectes a les disposicions i directives europees descrites en el projecte INSPIRE.

2.2 Cartografia

2.2.1 Definició

La cartografia és la disciplina que integra ciència, tècnica i art per a representar sobre un pla anomenat mapa, un model en relleu o un globus, les característiques de la terra o qualsevol part del univers. L'objectiu principal de la cartografia és generar una imatge mental de la realitat a través de la percepció d'un esquema que la representa.

Figura 3:Carta marina d'Olaus Magnus

Un mapa és la representació de l'abstracció de la realitat mitjançant convencions de símbols i signes. El coneixement de les esmentades convencions és imprescindible per a poder fer una interpretació correcte del mapa. Es pot classificar els tipus de mapes per la porció de terreny representada (mapes topogràfics d'una parcel·la de terreny, mapes cartogràfics que representen grans regions i mapes globals que representen el globus sencer), o per l'ús que se'n farà (per exemple: mapes polítics, urbans, de comunicacions).

Els mapes han de ser forçosament més petits que les àrees que representen. En general es considera la raó entre la distància al mapa i la distància corresponent a la Terra projectada sobre una superfície de referència, normalment un el·lipsoide, l'escala del mapa.

2.2.2 Coordenades geogràfiques

Quan es parla del sistema de coordenades geogràfiques es fa referència al sistema, internacionalment acceptat, format per una xarxa de paral·lels i meridians que permeten fer referència a qualsevol punt situat sobre la superfície terrestre mitjançant la seva *latitud* i *longitud.* S'utilitza com a origen de latituds l'equador de l'el·lipsoide que representa la forma de la terra i com origen de longituds el meridià 0 º o meridià de Greenwich.

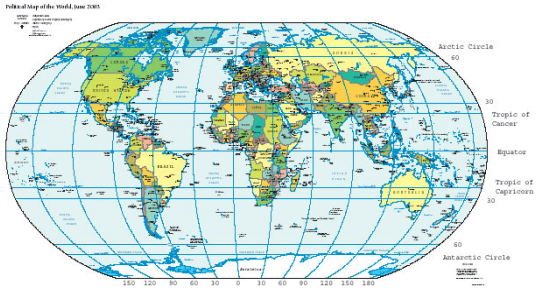

Figura 4:Mapamundi longituds i latituds

2.2.3 Tipus de projeccions

Com ja s'ha esmentat en l'apartat dedicat a la geodèsia, la forma de la terra en una primera aproximació es pot considerar esfèrica, afinant més, es pot considerar un el·lipsoide de revolució. Tant una com l'altra condicionen la representació del terreny sobre un pla, ja que en projectar els punts de la superfície terrestre sobre aquest pla, la relació que hi ha entre ells varia. Per intentar minimitzar aquestes desviacions podem utilitzar diferents tipus de projeccions segons l'ús que vulguem fer de la representació de la porció de terreny.

- **Projecció cilíndrica o de Mercator:** es projecta el globus terrestre sobre un cilindre. És una de les projeccions més utilitzades tot i que amb algunes modificacions. L'inconvenient principal d'aquesta projecció és la gran distorsió de les zones més latitudinals que no permeten apreciar les magnituds reals de les zones polars. **UTM** és l' estàndard utilitzat a la península i amb el que treballarem amb les eines SIG proposades.

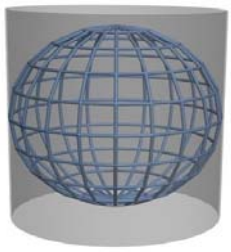

Figura 5: Projecció cilíndrica

- **Projecció cònica:** prenent el vèrtex del con a l'eix que uneix els dos pols, es projecten els punts de la superfície terrestre sobre el con tangent.

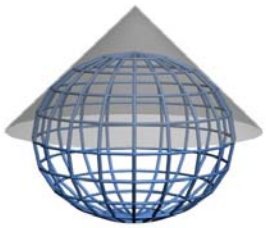

Figura 6:Projecció cònica

- **Projecció azimutal:** es projecte una part de la terra sobre un disc tangent a un punt prèviament seleccionat. Es pren com a punt de vista de la projecció el centre de la terra (projecció gnomònica) o bé un punt de l'espai (projecció ortogràfica).

Figura 7: Projecció azimutal

El més habitual però és l'ús combinat de més d'un tipus de projecció o bé la modificació d'alguna característica de la projecció escollida per afavorir la visualització de la porció de terreny a representar.

2.2.4 Escales i factors d'escala

L'escala d'un mapa és la relació entre la distància mesurada al mapa i la distància mesurada al terreny real. La distància al mapa sempre es considera la unitat. Podem trobar diverses maneres d'expressar l'escala d'un mapa:

- **Escala numèrica:** en aquest cas s'indica l'escala com una simple fracció. Per exemple 1/50.000 o 1:50.000. Aquesta expressió numèrica significa que 1 mm o 1 cm sobre el mapa equivalen a 50.000 mm o 50.000 cm respectivament sobre el terreny.
- **Escala verbal:** en aquest cas s'indica l'escala amb una expressió verbal, tal com: 1 mm representa 50 m.
- **Escala gràfica lineal:** en aquest cas es dibuixa una línea o barra al mapa subdividida, per indicar les longituds sobre el mapa de les unitats que emprem per mesurar les distàncies terrestres.

L'escala d'un mapa només és real en punts concrets degut a la deformació produïda per la projecció en el pla. A la resta dels punts del mapa l'escala real serà més gran o més petita que l'escala numèrica. El *factor d'escala* és la relació entre l'escala real i l'escala numèrica en un punt. En molts mapes de gran escala s'indica el factor

d'escala del centre de la fulla. Multiplicant el factor d'escala d'una zona determinada per l'escala numèrica del mapa s'obté l'escala real de la zona.

2.2.5 Relleu i corbes de nivell

Una corba de nivell o isohipsa és una línea que uneix tots els punts que es troben a la mateixa altitud o cota. En un mapa es troben dibuixades en intervals fixos d'un nombre de metres determinat (per exemple cada 100 metres). Hi poden haver diferents traços de corbes de nivell per indicar-ne les corbes primàries (amb traç més gruixut) i d'altres (de traç més fi) de secundàries (separades per exemple cada 25 metres), permetent així determinar la direcció del pendent que és sempre perpendicular a les corbes.

Figura 8: Mapa topogràfic

La diferència d'altitud és sempre la mateixa per tant:

Dues corbes que en un mapa es troben molt juntes indiquen un pendent molt fort ja que en poc espai horitzontal l'altitud s'incrementa ràpidament.

Dues corbes que en un mapa es troben molt separades indiquen un pendent molt suau ja que l'altitud s'incrementa molt a poc a poc en relació amb l'espai horitzontal.

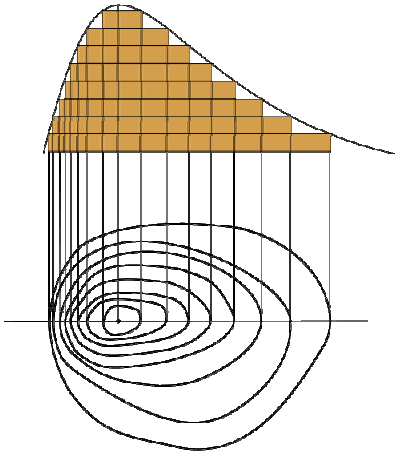

Figura 9:Perfil a partir de corbes de nivell

Una corba tancada sense cap altre a dins indica un cim i normalment s'hi indica la cota màxima.

A partir d'un mapa topogràfic es pot obtenir el perfil d'un terreny utilitzant una representació gràfica de la relació entre les corbes de nivell i les alçades que representen. Tal com es veu en la figura 9.

2.2.6 Declinació i convergència

Els mapes han de dur indicats el Nord Geogràfic (direcció marcada pels meridians del mapa), el Nord Magnètic (direcció marcada per les brúixoles) i el Nord de la quadrícula

(direcció de les ordenades a la quadrícula cartesiana de la projecció). Aquestes tres direccions formen uns angles entre si que varien en funció de la zona. L'angle format entre el Nord geogràfic i el Nord magnètic s'anomena *declinació magnètica*. Aquest angle varia amb el temps, per tant s'ha d'indicar al mapa juntament amb la seva *variació anual*. L'angle que formen el Nord geogràfic i el Nord de la quadrícula s'anomena convergència de quadrícula i també haurà d'anar indicat al mapa.

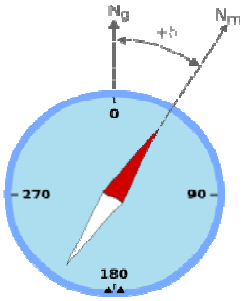

Figura 10: Declinació magnètica

2.2.7 Sistema cartogràfic de representació vigent

El sistema de representació plana vigent és la projecció conforme Universal Transversa de Mercator (UTM), establerta com a reglamentaria pel decret 2303 /1970.

2.3 Topologia

2.3.1 Definició

La topologia és la part de la matemàtica que estudia aquelles propietats dels conjunts de punts de la recta, del pla, de l'espai o d'espais de dimensions superiors que no són alterades per les transformacions contínues.

2.3.2 Tipus de relacions topològiques

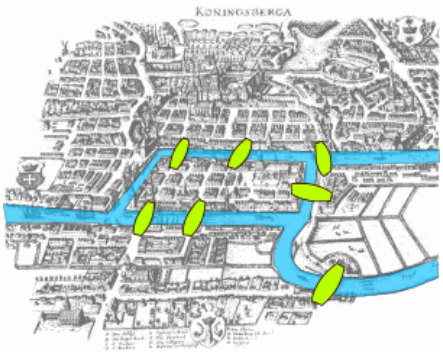

Figura 11: Ponts de Kronigsberg

Les relacions topològiques més importants que es troben entre objectes geogràfics són les següents:

- **Connectivitat:** identificació dels arcs que estan connectats amb uns nodes concrets.
- **Direcció:** defineix la propietat que indica des de quin node i cap a quin node està orientat un arc.
- **Adjacència:** indica quins polígons estan relacionats a dreta o esquerra amb un arc.

- **Nidificació:** especifica quins objectes simples estan continguts en un polígon. Poden ser nodes, arcs, o bé polígons menors.

2.4 Models digitals del terreny

2.4.1 Definició

Es defineix model com una representació simplificada de la realitat. El model pretén reproduir només algunes parts o atributs de l'objecte o sistema real, motiu pel qual resulta de menor complexitat, amb la finalitat de conèixer o predir propietats de l'objecte real.

Tot model porta implícit un error derivat de la menor complexitat de la representació, per reduir l'error caldrà apropar el model a la realitat i per tant augmentar-ne la complexitat. S'haurà de trobar un compromís entre complexitat i error depenent del resultat que s'esperi de l'observació del model.

Un model digital del terreny (MDT) és una estructura numèrica de dades que representa la distribució espacial d'una variable quantitativa i continua. Cal no confondre els MDT amb els models digitals d'elevació (MDE), aquests últims són models digitals que representen la variació de l'alçada al llarg del terreny, però els MDT poden representar moltes altres variables.

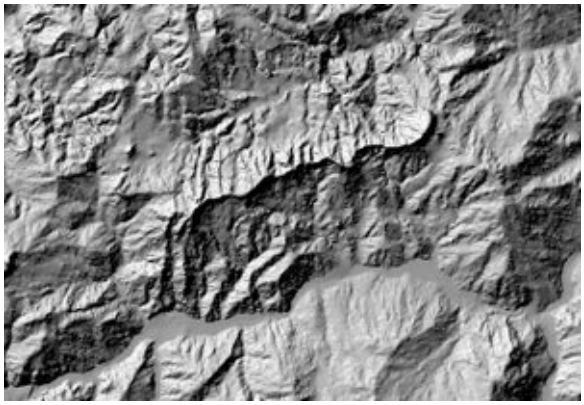

Figura 12: Exemple de MDT

Els MDT permeten el tractament digital de les dades estructurades a través d'algoritmes, per exemple el càlcul de l'alçada mitjana d'una superfície. Un altre aplicació és la simulació dinàmica d'un sistema real, per exemple l'evolució dels núvols en un sistema meteorològic.

Capítol 3

3 Sistemes d'informació geogràfica

3.1 Antecedents

Al llarg de la història de la humanitat la presa de decisions en funció dels elements geogràfics que han envoltat, des de sempre, la activitat humana ha dut els homes ha crear models de representació del terreny. Des de la cartografia més primitiva dibuixada sobre pells o altres suports, fins a la cartografia digital.

Figura 13: Mapa mundi Beato de Libana

Durant les dècades dels 1960 i 1970 es van crear tipus d'anàlisis de dades geogràfiques per a la presa de decisions que van afavorir la posterior creació dels SIG. Els mètodes més simples consistien en la superposició de còpies transparents de mapes sobre taules il·luminades on es trobaven els punts de coincidència on calia estudiar les dades necessàries per a la presa de decisió. Amb l'arribada de les tecnologies de la informació i la comunicació es va començar a emprar la impressió de mapes simples sobre una quadricula en paper. La sobreimpressió de diferents caràcters de la impressora, sobre aquest mapa, permetia produir diferents tonalitats de grisos per a reflectir les diferents variables i els diferents valors estadístics d'aquestes sobre el mapa.

A finals dels 70, amb la ràpida innovació tecnològica van arribar les primeres aplicacions SIG per a tractament d'informació geogràfica totalment automatitzades i l'aglutinament en aquestes aplicacions d'utilitats per a diferents disciplines com per exemple: la generació automatitzada de cartografia, l'anàlisi espacial de variables, l'emmagatzematge de grans quantitats de dades geogràfiques, etc.

A principi dels 80 amb l'expansió a nivell global i l'abaratiment de les tecnologies de la informació els SIG van arribar a un gran nombre d'entitats tant publiques com

privades, facilitant la presa de decisions de caràcter estratègic, per exemple: la gestió territorial, la planificació de xarxes de distribució i transport, etc.

A partir dels 90 l'expansió de l'ús dels SIG es generalitza i entitats tant públiques com privades utilitzen els SIG com a eina de suport per a la presa de decisions estratègiques.

3.2 Definició

Existeix un ampli ventall de definicions dels SIG amb enfocaments també molt diversos, des dels més generalistes, fins als punts de vista tecnològics, tot passant pels arguments funcionals. A continuació se'n mostren alguns exemples:

Punt de vista generalista:

- *"Los SIG, más que una tecnología, son un instrumento nuevo de percepción y comprensión del territorio (DE ABREU, 1996)"*
- *"Un SIG es un intento más o menos logrado según los casos de constituir una visión esquemática de una realidad compleja (BOSQUE, 1994)"*
- *"Un Sistema de Información Geográfica puede ser concebido como una especialización de un sistema de bases de datos, caracterizado por su capacidad de manejar datos geográficos, que están georreferenciados y los cuales pueden ser visualizados como mapas (BRACKEN AND WEBSTER,1992)."*

Punt de vista tecnològic:

- *"Tecnología informática para gestionar y analizar la información espacial (BOSQUE, 1992)"*
- *"SIG como denominación de bases de datos computadorizada que contiene información espacial(CEBRIÁN, 1988)"*
- *"Modelo informatizado del mundo real, descrito en un sistema de referencia ligado a la tierra,establecido para satisfacer unas necesidades de información específicas respondiendo a un conjunto de preguntas concretas (RODRÍGUEZ PASCUAL, 1993)"*
- *"Sistema digital para el análisis y manipulación de todo tipo de datos geográficos a fin de aportar información útil para las decisiones territoriales (TOMLINSON, 1984)"*

Punt de vista funcional:

- *"Software utilizado para automatizar, analizar y representar datos gráficos georreferenciados y organizados según un modelo topológico (AESIGT, 1993)"*
- *"Sistema computarizado que provee los siguientes cuatro conjuntos de operaciones para tratar datos georreferenciados: 1) entrada de datos; 2) uso de los datos (almacenamiento y recuperación); 3) manipulación y análisis; 4) salida (ARONOFF, 1991)"*

- *"Un conjunto de herramientas para reunir, introducir, almacenar, recuperar, transformar y cartografiar datos espaciales sobre el mundo real para un conjunto particular de objetivos (BURROUGH y MCDONNELL, 1997)"*

- *"Sistema para capturar, almacenar, validar, integrar, manipular, analizar y representar datos referenciados sobre la tierra (DOE, 1987)"*

Resumint les definicions exposades es descriu un SIG com un sistema complex de maquinari, programari, dades, mètodes i usuaris encaminat al tractament i l'anàlisi de dades espacials de diversa procedència per tal de donar suport als processos de presa de decisions on les dades amb referència espacial tenen un paper determinant.

3.3 Components d'un SIG

Un SIG integra els components bàsics següents:

3.3.1 Maquinari

El maquinari és el component físic del sistema. És l'encarregat de l' entrada i sortida de les dades i de l'emmagatzematge d'aquestes. Es composa d'una plataforma (PC, estació de treball, servidors, etc.) i d'un seguit de perifèrics que poden variar molt en funció de l'ús i la especialització del SIG. Els perifèrics es divideixen en dos grups bàsics:

- **Perifèrics d'entrada**: Teclats, taulells digitalitzadors, escàners.
- **Perifèrics de sortida**: Mónitors, impressores, traçadors (plotters).

Una part fonamental dels SIG són les unitats d'emmagatzematge. En aquest apartat s'hi inclouen des dels discs compactes (CD) fins a unitats d'emmagatzematge fixes de gran capacitat, tot passant per cintes magnètiques per a fer còpies de seguretat o qualsevol altre suport d'emmagatzematge vàlid.

Alguns dels criteris fonamentals que cal tenir en compte alhora de determinar el maquinari idoni per a una organització han de ser: velocitat de transferència de dades, capacitat d'anàlisi, cost econòmic, suport tècnic, escalabilitat del sistema i la seguretat de les dades.

3.3.2 Programari

El programari d'un SIG dota el sistema de les funcions i eines necessàries per emmagatzemar, analitzar i visualitzar les dades geogràfiques objecte d'estudi. Els elements principals del programari han de ser:

- Sistema gestor de bases de dades, per a emmagatzemar i manipular les dades geogràfiques.
- Eines per a l'entrada i manipulació de dades geogràfiques
- Eines de suport per a la consulta, anàlisi i visualització de les dades geogràfiques.
- Una interfície gràfica d'usuari (GUI) que permeti, a l'usuari, el fàcil accés a les eines anteriorment d'escrites.

L'accés a les dades, la capacitat analítica i de processament, l'emmagatzematge, la tecnologia emprada en la implementació, les GUI i els elements de suport tant tècnic com d'usuari, seran elements essencials per a avaluar la qualitat d'un programari SIG.

3.3.3 Dades

Els models de dades geogràfiques fan referència a informació sobre la superfície terrestre i als objectes que hi podem trobar. Per a modelar les dades de la realitat cal passar pel procés d'abstracció següent:

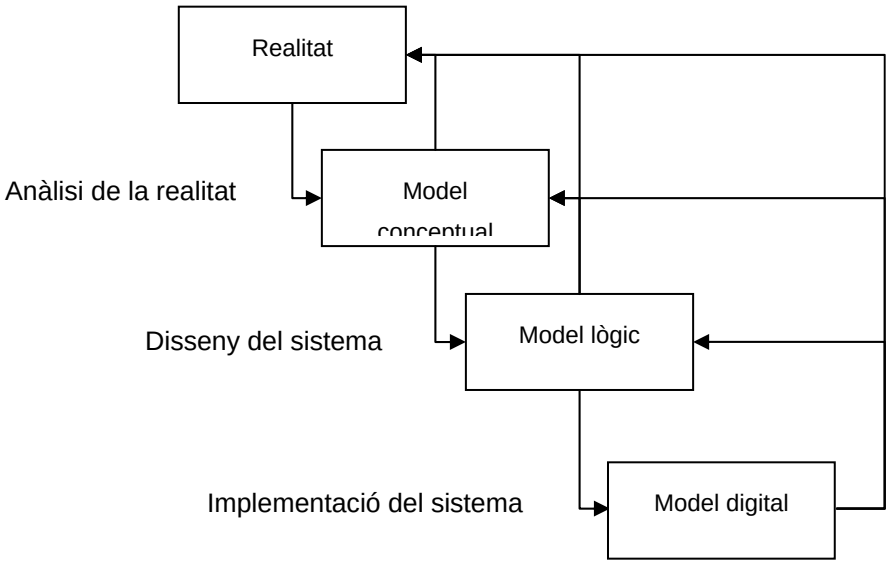

Figura 14: Diagrama de modelització de dades SIG

- **Realitat perceptible** (rius, muntanyes, boscos,etc.) nivell dels gestors del territori.

- **Model conceptual** Nivell dels científics que desenvolupen teories i hipòtesis sobre variables i processos que es produeixen a l'espai.
- **Model lògic** Nivell dels tècnics en SIG que utilitzen eines del sistema d'informació geogràfica per a fer les feines necessàries pels gestors i científics.
- **Model digital. Estructura de dades.** Nivell d'informàtics i desenvolupadors de SIG que desenvolupen les eines i les millores necessàries en els SIG.

Per tant, la construcció d'un model digital implica un procés d'abstracció per passar de la complexitat del món real a una representació simplificada que es pugui implementar en un llenguatge de programació intel·ligible per un computador.

La informació resultant d'aquest procés és emmagatzemada de tres maneres bàsiques:

- **Dades espacials:** Hi ha dos tipus de dades espacials. Les que contenen les *dades cartogràfiques digitals,* representen punts o objectes concrets com edificis o cruïlles, línees que descriuen carreteres o rius, i polígons que representen àrees naturals o divisions polítiques del territori. Aquestes dades son necessàries per a l'estudi de les relacions espacials i la confecció de mapes. I les que contenen la variació d'un atribut en funció de la situació geogràfica. Per exemple podem tenir la variació dels nivells de pol·lució al llarg d'un territori. En apartats posteriors definirem els diferents models lògics emprats per a emmagatzemar les dades espacials.
- **Dades tabulars o atributs:** són les dades descriptives que el SIG connecta amb les característiques cartogràfiques, les dades que representen els atributs dels objectes espacials. S'utilitzen per a analitzar la variació dels atributs en funció de la seva situació geogràfica i per a guardar dades difícilment representables gràficament. Algunes d'aquestes dades contenen ubicacions geogràfiques com domicilis, coordenades x,y, noms de poblacions, nombre d'habitants de la població o area geogràfica.
- **Imatges:** Aquest tipus de dades inclouen dades que s'han convertit d'un format imprès a un format digital, o alguns tipus de fotografies satèl·lit i aèries. Es poden utilitzar com a mapes unides amb altres dades espacials o bé com a atributs de característiques cartogràfiques. Per exemple, adjuntant un planell d'una edificació a la parcel·la on està construïda.

Les dades són la part fonamental de tot sistema d'informació. En un SIG les característiques espacials de les dades, que provoquen una major complexitat a l'hora

de la seva recollida i actualització fan que aquest sigui l'element més costos del projecte, arribant a consumir un 60-80% del pressupost d'implementació. La gran majoria de SIG fan servir sistemes gestors de bases de dades (a partir d'ara SGBD) per a crear i mantenir una base de dades per organitzar i manipular les dades.

3.3.4 Mètodes

Els mètodes emprats en cada projecte SIG:

- Planificació del treball
- Normes d'activitat
- Model de documentació estàndard
- Pràctiques operatives: protocols d'actuació, protocols de documentació

Aquests mètodes són propis de cada organització i marquen diferències substancials en el resultat final del projecte.

3.3.5 Usuaris

Un sistema d'informació no té cap sentit sense uns usuaris que en treguin profit. En aquest aspecte un SIG no divergeix en absolut de qualsevol altre SI. La funció principal dels SIG és donar suport a la presa de decisions en diferents activitats humanes, i per tant l'usuari és l'eix principal dels sistema. Podem diferenciar dos tipus bàsics d'usuari:

- **Usuaris especialitzats** encarregats del desenvolupament i manteniment dels sistema i que necessitaran una formació tecnològica important.
- **Usuaris finals** que en un moment determinat sol·licitaran informació del SIG per tal de rebre suport en la seva tasca principal i dels que no s'hauria de requerir un alt grau de formació tecnològica.

3.4 Comparació amb altres aplicacions

La característica principal que defineix un SIG és la capacitat de manipulació i anàlisi de dades geogràfiques. Tenint en compte aquesta particularitat podem trobar similituds entre els SIG i altres aplicacions i SI.

- **Elaboració de mapes d'escriptori:** L' activitat principal d'aquestes aplicacions és l'elaboració de mapes. Utilitzen la metàfora del mapa per a organitzar les

dades i la interfície d'usuari. Tot i tenir capacitat d'anàlisi de dades aquesta és sensiblement menor que la d'un SIG.

- **CAD:** Les aplicacions CAD són pensades per al disseny industrial i la creació de planells de construcció i d'infraestructures. Tenen capacitat gràfica, però molt poca capacitat analítica i de manipulació de grans quantitats de dades.
- **Sensors remots:** La detecció remota és la ciència de mesurar variables terrestres a partir de sensors, tals com càmeres aèries, satèl·lits i altres dispositius. Aquests sensors recullen dades en format d'imatge i estan dotats de capacitats per a la manipulació, anàlisi i visualització d'aquestes.
- **SGBD:** aquests sistemes tenen una gran capacitat d'emmagatzemar, classificar i analitzar tot tipus de dades. Però no presenten característiques especifiques per a la visualització gràfica de dades geogràfiques.

4 Sistemes d'emmagatzematge de dades espacials

Les dades són la part més important d'un SIG. Poden ser classificades en: gràfiques i alfanumèriques. Cada una d'elles tenen característiques específiques i requisits diferents per al seu emmagatzematge, processament i representació eficients.

4.1 Models i estructures de dades gràfiques emprats en els SIG

4.1.1 Model vectorial.

En el model vectorial s'utilitzen tres tipus de primitives gràfiques per a representar les entitats del món real:

- **Punts:** Són objectes espacials sense dimensió representats per coordenades (x,y). Amb aquest tipus d'objecte espacial es representen elements, les dimensions dels quals són inapreciables des de la perspectiva cartogràfica. Per exemple: cruïlles de camins, punts d'informació, vèrtex geodèsics.
- **Línees:** Són objectes espacials d'una dimensió definits per una successió de punts. Amb aquest tipus d'objectes espacials es representen elements com, per exemple: xarxes de carretes, rius.

- **Polígons:** Són objectes espacials de dues dimensions definits per un conjunt tancat de línees. Amb aquest tipus d'objectes espacials es representen, per exemple: àrees urbanes, corbes de nivell, àrees d'influència.

Els processos d'anàlisi en el model vectorial són més complexes que amb el model raster, que es veurà tot seguit, però ofereixen un precisió molt més gran. Es pot fer referència a les dades directament sobre un sistema de coordenades o bé emprant atributs com una adreça postal. Els atributs no espacials s'emmagatzemen en una base de dades alfanumèrica relacionada amb la base de dades cartogràfiques. Per tant, en el model vectorial no hi ha limitació de precisió de les referències espacials.

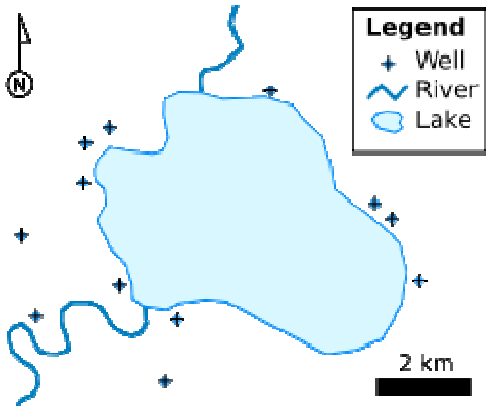

Figura 15: Exemple de gràfic vectorial

La principal avantatge sobre el model raster és la capacitat per expressar la informació topològica.

Les estructures de dades més importants del model vectorial són:

- **Estructura de dades Espagueti (llista de coordenades):** En aquesta estructura de dades s'emmagatzema, per a cada objecte espacial, un identificador i una llista de dades dels punts (o vèrtexs) que defineixen la seva posició a l'espai.
- **Diccionari de vèrtexs:** En aquesta estructura s'emmagatzemen les dades que representen els elements geogràfics en dos arxius : un conté l'identificador de vèrtex i les coordenades X,Y que el caracteritzen, i l'altre arxiu conté l'identificador de l'objecte geogràfic i la relació de vèrtexs que el defineixen.
- **Estructura arc-node:** L'element fonamental de l'estructura és l'arc que es defineix com la successió de línees o segments que comencen en un node i acaben en un altre node. Els nodes són els punts d'intersecció entre línees i, l'origen i la fi d'aquestes. En aquesta estructura s'utilitzen diferents taules per emmagatzemar les relacions topològiques: una taula per emmagatzemar els polígons, una per emmagatzemar els nodes, una pels arcs i una per a les coordenades dels arcs.

Espagueti	Diccionari de vèrtexs	Arc-node
Avantatges	Avantatges	Avantatges
Emmagatzema informació sobre la localització dels elements.	No hi ha redundància en l'emmagatzemament de coordenades.	Millora la informació topològica. Estalvia espai d'emmagatzematge. Facilita la digitalització i algunes de les operacions d'anàlisis.
Desavantatges	Desavantatges	Desavantatges
No emmagatzema la topologia. Genera informació redundant (registre dues vegades les coordenades d'un costat comú de dos polígons).	Representació poc acurada de la topologia.	Cal reconstruir la topologia després de cada actualització.

Taula 1: Taula comparativa d'estructures de dades vectorials

4.1.2 Model raster

Aquest model consisteix en la discretització de l'espai en cel·les fonamentals, normalment petits quadrats o rectangles, tot i que la geometria d'aquestes cel·les pot variar. La mida de les cel·les determina la resolució d'emmagatzematge i condiciona l'error en la precisió. Una malla de cel·les que contenen valors numèrics descriu la entitat cartogràfica i els seus atributs. Cada atribut és emmagatzemat en una capa independent. S'utilitzen per a representar atributs que representen propietats continues en l'espai.

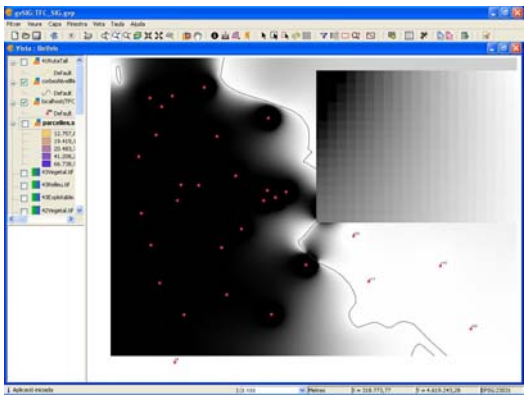

Figura 16: Detall de gràfic raster

La simplicitat en l'organització del model raster permet realitzar alguns anàlisis de dades amb gran facilitat, per exemple la superposició de capes mitjançant operacions amb matrius. Els inconvenients principals del model raster són el gran volum d'emmagatzematge que requereix, la baixa qualitat gràfica que permet degut a l'error de precisió produït per la discretització i la dificultat de fer anàlisis complexos de les dades. El model raster té series limitacions conceptuals en la precisió de la referència, amb un marge d'error equivalent a la meitat de la base i de l'altura de la cel·la fonamental. Un altre inconvenient afegit és que el model raster no permet reconèixer entitats físiques.

Hi ha diferents estructures de dades raster en les quals varia la regularitat de la malla de píxels. Per equiparar la precisió del model vectorial, el model raster necessita molt més espai d'emmagatzematge. Hi ha diferents aspectes que condicionen l'emmagatzematge de les dades:

- El volum d'emmagatzematge s'intenta minimitzar amb el mètodes següents:
    - **Run-length enconding :** agrupa les files d'una matriu raster en blocs amb el mateix valors.
    - **Quadtrees:** la imatge es divideix en quadrants i si l'entitat a representar apareix en un d'aquests quadrants, aquest es torna a subdividir en quadrants de mida més petita, això es fa successivament fins a un mínim de resolució. Aquesta estructura permet estalviar molt espai i utilitza cel·les de diferents dimensions.

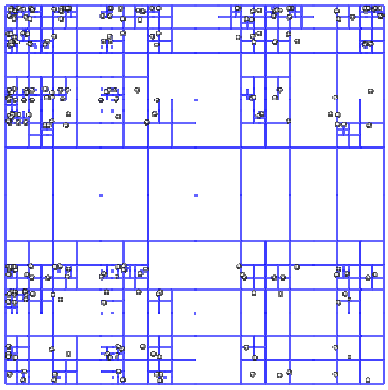

Figura 17: Point_quadtree

- La maximització en la eficàcia d'accés a la informació.
- Els temps de resposta per operar sobre la informació.

4.1.3 Comparativa entre model vectorial i model raster

Actualment els sistemes SIG mes avançats proporcionen ambdós tipus d'estructures de dades per a permetre obtenir els avantatges d'anàlisi i precisió que ofereix cada model. A la següent taula comparativa es veuran les principals diferències entre ambdós models:

Model vectorial	Model raster
Avantatges	Avantatges
Estructura de dades compacta que ocupa menys espai.	Estructura de dades simple.
Codifica les relacions topològiques entre elements geogràfics de manera més eficient.	Implementació simple de l'operació de superposició.
Disseny pensat per treballar amb gràfics i mapes amb elevada precisió.	Millor representació de la variabilitat de les variables continues.
Permet operacions de mesura de distancies, àrees i volums de manera precisa.	Procés d'anàlisi de dades més simple.
Permet la gestió d'entitats geogràfiques concretes.	Més eficient pel tractament d'imatges digitals.
Desavantatges	Desavantatges
Estructura de dades més complexa	Més volum d'emmagatzematge. En funció de la precisió de la representació necessària.
Operacions de superposició més complexes i costoses d'implementar.	Difícil representació de les relacions topològiques.
Tractament d'imatges digitals poc eficient. No permet representar de manera satisfactòria entitats complexes (fotografies, arbres, façanes, paisatges)	Representació gràfica menys acurada. Error en la precisió en funció de la mida del píxel.
Resulta poc eficient quan la variació espacial de les dades és elevada.	No reconeix de manera explicita entitats geogràfiques.

Taula 2: Taula comparativa model vectorial i raster

4.2 Dades alfanumèriques

Les dades alfanumèriques son la descripció de les característiques de les entitats gràfiques. S'emmagatzemen en taules o bases de dades.

4.3 Relacions entre dades espacials

Una de les característiques més significativa de les dades espacials és la relació que hi ha entre elles. Les relacions més importants són:

- **Relacions topològiques:** són la posició relativa entre dues o mes entitats o objectes.
- **Classificació:** els objectes del món real es poden classificar en diverses categories.
- **Agregació:** els objectes del món real es poden definir com agregacions d'altres objectes.

5 Fonts de dades espacials

Les fonts que poden proveir un SIG de dades espacials són moltes i molt variades. Es poden trobar des d'entitats oficials amb models de dades i processos de transferència normalitzats com Institut Cartogràfic de Catalunya, fins a proveïdors particulars de fotografies aèries, passant per tot tipus d'entitats i empreses amb diferents maneres de fer i que utilitzen un inimaginable nombre de tipus de dades, escales, processos,etc.

Per minimitzar els efectes d'aquesta disparitat de fonts, es va començar a treballar en les *infraestructures de dades espacials* (a partir d'aquí IDE) que haurien de facilitar la recerca i l'accés a les dades geogràfiques. Una definició de IDE pot ser:

> *"Una Infraestructura de Dades Espacials es pot definir com un conjunt de tecnologies, polítiques, estàndards i recursos humans necessaris per a adquirir, processar, emmagatzemar, distribuir i millorar la utilització de la informació geogràfica."* IDEC, versió1.0, Introducció a les Infraestructures de Dades Espacials, 18 juny 2004

Una de les primeres IDE es va du a terme a mitjans dels 90, quan EUA va iniciar el desenvolupament d'eines d'accés a dades, precursores de les IDE Nacionals, per tal de coordinar el desenvolupament, l'ús, intercanvi i difusió de la cartografia topogràfica i les dades espacials relacionades.

Al 1994, Bill Clinton va aprovar l'Ordre Executiva 12906 on deia:

> *"La informació geogràfica és vital per a promoure el desenvolupament econòmic aprofitar els nostres recursos naturals i protegir el medi ambient. La tecnologia moderna permet millorar l'adquisició, distribució i utilització de dades geogràfiques i cartogràfiques. La Revisió del Desenvolupament Nacional, ha recomanat que la branca executiva desenvolupi, en cooperació amb els estats, els governs locals i el sector privat, una Infraestructura Nacional de Dades Espacials per a recolzar les aplicacions de les dades geoespacials en el sector públic i privat, en àrees com el transport, el desenvolupament comunitari, l'agricultura, l'atenció d'emergències, la gestió ambiental i la tecnologia d'informació".*

Gràcies als avenços tecnològics i la facilitat de comunicació i intercanvi de dades que va suposar la difusió de l'ús d'Internet, es va plantejar la possibilitat de crear estàndards per a dades, procediments i tecnologies a nivell global que permetessin simplificar la recerca, intercanvi i el processament d'informació geogràfica i que per tant en minimitzessin el cost. Tot això ha estat possible gràcies a iniciatives com Global Spatial Data Infrastructure, Geography Network i organismes com l´Open Geospatial Consortium que han permès la interconnexió de les IDE a nivell global establint-ne una divisió jeràrquica que facilita la recerca i accés a la informació.

A nivell europeu, el 17 de gener del 2007 es van aprovar les directives marcades pel Parlament Europeu i el Consell de la Unió Europea, en matèria IDE relatives al projecte europeu d'infraestructures de dades geogràfiques conegut amb les sigles INSPIRE (INfrastructure for SPatial Information in the European Comunity).

5.1 IDE

En apartats anteriors ja s'ha pogut veure una idea general de que és una IDE i de quins organismes i entitats les gestionen i potencien. En el present apartat es farà un estudi més exhaustiu de les característiques tècniques estàndards d'una IDE, prenent com a model la infraestructura de dades espacials de Catalunya (IDEC).

Conceptualment les infraestructures de dades tenen la finalitat de millorar la comunicació, facilitar l'accés, incrementar el comerç i evitar duplicacions de la informació geogràfica.

5.1.1 Components d'una IDE

Es pot classificar els components d'una IDE de la manera següent:

5.1.1.1 Marc Institucional

Per dur endavant una IDE cal un gran suport institucional que garanteixi la posada en marxa de la iniciativa. La creació d'un marc legal que faciliti i incentivi la participació de diferents administracions en el projecte.

5.1.1.2 Les dades i les seves descripcions

La participació de les administracions públiques assegura una cartografia base suficient en quantitat i qualitat de dades, per engegar el projecte.

És necessària la descripció, mitjançant metadades, del contingut i les característiques de les dades per facilitar-ne l'accés. Les metadades han de ser emmagatzemades en un catàleg *on line* , consultable per qualsevol usuari, i descrites segons uns estàndards que aporten les pautes de com i quina informació s'ha de donar en cada cas.

5.1.1.3 Visualització i accés a les dades

L'OGC ha desenvolupat estàndards per a intercanvi i operativitat entre sistemes que són fonamentals en una IDE, i que permeten a usuaris de sistemes diferents, amb arquitectures i formats de dades diversos combinar cartografia sense cap esforç.

5.1.1.4 Usuaris i col·laboradors

Per tal que una IDE tingui sentit hi ha d'haver usuaris que la utilitzin. Amb aquest objectiu és fonamental donar a conèixer entre el públic en general i els professionals i empreses del sector, els serveis i dades geogràfiques de que disposa la IDE i la manera d'obtenir-los.

5.1.1.5 Elements bàsics

- Metadades.
- Catàleg de dades.
- Serveis d'accés a dades i serveis.
- Servidors de mapes amb proveïdors d'informació.
- Serveis de processos informàtics que manipulen i transformen dades espacials: transformació de coordenades,de projeccions,etc.

- Connexions a d'altres IDE's.

5.1.1.6 Nivells IDE

Les IDE a més de tenir relació amb els usuaris i proveïdors d'informació geogràfica de la seva zona, cal que mantinguin relació i cooperin amb les IDE del seu nivell i amb les d'altres nivells. En el següent gràfic es pot veure els diferents nivells i relacions que mantenen les IDEs:

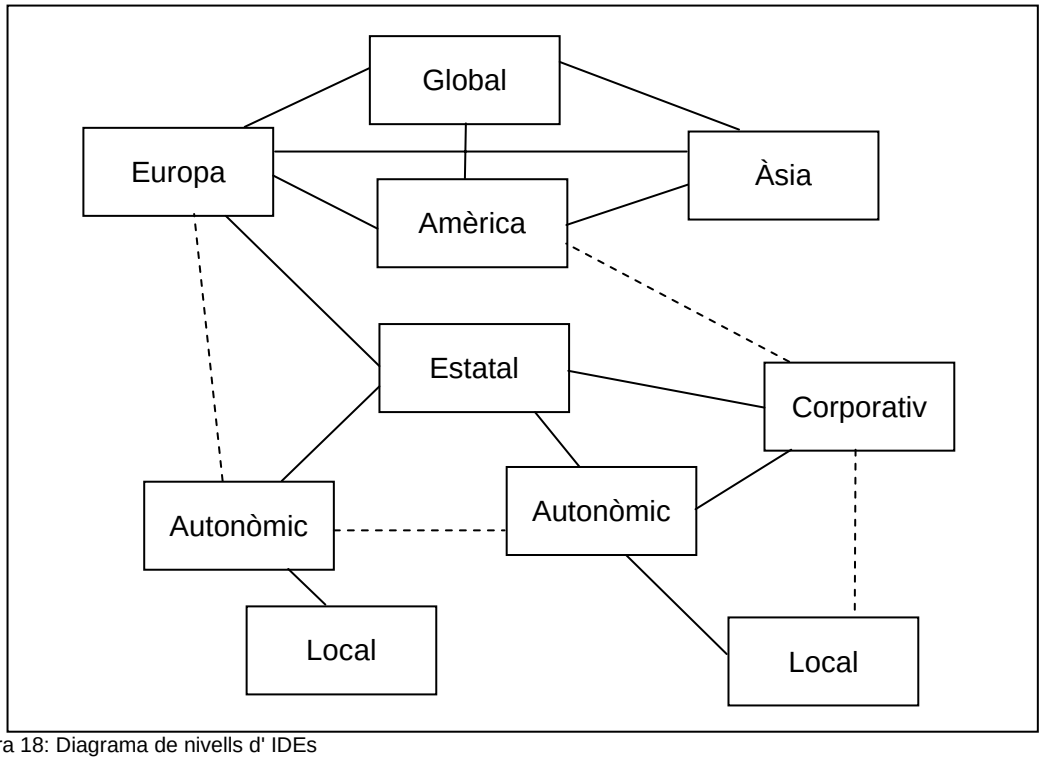

Figura 18: Diagrama de nivells d' IDEs

5.2 Catàlegs de dades

Els catàlegs de dades són bases de dades de metadades, accessibles en línia, que tenen per objectiu facilitar l'accés i el coneixement del contingut de les dades. Són un dels elements principals de les IDE. Permet als proveïdors d'informació de la IDE publicar els recursos de que disposen perquè el públic en tingui coneixement, i als usuaris trobar informació en un entorn distribuït. La cerca arreu del món de dades en entorns distribuïts és possible gràcies a la utilització d'estàndards en la elaboració de les metadades, els protocols de cerca i a la existència d'una xarxa de catàlegs global.

5.2.1 Metadades

Les metadades descriuen el contingut i les característiques de les dades espacials. Donen informació de les dades disponibles per a una zona geogràfica, el tipus de dada i el procediment per tenir-hi accés i processar correctament la informació. Les

metadades són importades a un servidor de catàleg i s'utilitzen per localitzar, avaluar i accedir a la informació geogràfica disponible.

Per a unificar el tipus d'informació i la manera de presentar-la s'han creat estàndards internacionals que especifiquen quina informació s'ha de donar en cada apartat. Aquests estàndards han estat creats pels organismes següents:

International Organization for Standarization (ISO) ha creat els següents estàndards per a la creació de metadades: ISO 19115, ISO 19119 i ISO 19139.

L'OGC ha creat els següents estàndards per al disseny de geoserveis: WMS, WFS, WCS, GML.

5.3 Llenguatge utilitzats en les IDE i Catàlegs de dades

A continuació es fa un breu repàs als llenguatges més utilitzats en els estàndards:

- **Unified Modeling language (UML)** és un llenguatge per a modelar tan dades com processos, a través de la representació gràfica de les entitats i relacions que conformen un sistema. Permet documentar i especificar els elements creats a partir d'un llenguatge comú per a descriure objectes.
- **Extensible Markup Language (XML)** és un metallenguatge extensible d'etiquetes desenvolupat pel W3C i adoptat per ISO. Consisteix en un seguit de tecnologies que permeten estructurar dades en un arxiu de text. És fàcil de processar, està pensat per ser utilitzat en qualsevol llenguatge i separa la informació de la seva presentació.
- **Simple Object Acces Protocol (SOAP)** és un protocol de missatgeria que permet que dos objectes de processos diferents es comuniquin mitjançant dades XML. S'utilitza en els serveis web.

5.4 Especificacions OGC

En aquest apartat es veu una breu explicació de les especificacions OGC.

- **Geography Markup Language (GML)** és un llenguatge derivat de XML utilitzat per al modelatge, transport i emmagatzematge d' informació geogràfica.
- **Web Map Service (WMS)** és una especificació que defineix un vocabulari comú per a la petició i lliurament de cartografia en format d'imatge digital. Els

formats d'imatge més utilitzats acostumen a ser PNG, GIF, JPEG i ocasionalment com a gràfics vectorials SVG o WebCGM.

- **Web Feature Server Interface Specification (WFS)** és un servei estàndard que ofereix la interfície de comunicació que permet interactuar amb els mapes servits per l'estàndard WMS. Permet realitzar consultes a objectes mitjançant el protocol HTTP. la resposta del servidor es dona en format GML.
- **Web Coverag Service (WCS)** permet l'accés a valors o propietats de localitzacions geogràfiques. És capaç de retornar cobertures extretes de diferents col·leccions de dades anomenades capa (layer).

Part 2

Capítol 4

6 Eines SIG

6.1 GvSIG

6.1.1 Definició

Per al desenvolupament del projecte s'ha triat l'eina SIG gvSIG en la seva última versió estable gvSIG v1.1.

gvSIG és una eina per al tractament i anàlisi de dades geogràfiques (SIG) desenvolupada per la empresa IVER Tecnologías de la Información, com a encàrrec de la Conselleria d'infraestructures i Transport de la Generalitat Valenciana, projecte coordinat i supervisat pel consorci TeIDE del qual forma part la Universitat Jaume I.

Es tracte d'un entorn de treball amigable, amb unes bones interfícies gràfiques d'usuari que permeten l'accés a les funcionalitats de l'aplicació a un ampli ventall de públic no especialitzat.

Tot i que és una eina eminentment vectorial també té capacitats d'accés a formats raster. Permet integrar en una vista tant dades locals com remotes a través d'un origen WMS, WCS o WFS.

Per últim remarcar que és un projecte de codi obert amb llicència GPL, aquest fet lligat a l'extensibilitat del projecte, permet que desenvolupadors d'arreu puguin ampliar les funcionalitats fàcilment, així com desenvolupar aplicacions totalment noves a partir de les llibreries utilitzades en gvSig (sempre sota llicència GPL).

6.1.2 Característiques tècniques

gvSIG està desenvolupat exclusivament amb el llenguatge de programació JAVA el que n'assegura la portabilitat i l'extensibilitat, per tant és una aplicació pensada per a diverses plataformes sempre que aquestes tinguin instal·lada la màquina virtual JAVA adequada. L'entorn de desenvolupament utilitzat en el projecte i recomanat per a desenvolupadors és Eclipse, aplicació de lliure distribució que facilita la feina de programació i correcció del codi font per a JAVA, així com la generació automàtica de documentació. gvSIG suporta un gran nombre de llengües i és molt fàcil crear noves traduccions a altres llengües del programa.

El projecte gvSIG es basa en tres parts clarament diferenciades:

- **Andami:** aplicació base extensible per mitjà de *plugins* . S'encarrega de gestionar la presentació de l'aplicació, crear finestres, carregar i gestionar extensions, inicialitzar idioma de l'aplicació. És una aplicació genèrica que es pot utilitzar per a qualsevol altre tipus de desenvolupament no necessàriament SIG.
- **FMAP:** És la llibreria de classes JAVA que permet crear aplicacions a mida. Inclou el nucli intern (*core*), els objectes de baix nivell necessaris per al seu funcionament i un conjunt d'objectes per treballar amb aquestes entitats. Dins d'aquesta llibreria i trobem classes per llegir i escriure els formats suportats, dibuixar mapes a l'escala adequada, definir simbologies, realitzar recerques, consultes, anàlisi, etc.
- **GUI:** Són les interfícies gràfiques d'usuari que contenen tot el necessari per a interaccionar amb l'usuari humà. Aquesta llibreria conté les classes necessàries per a la implementació de quadres de diàleg, formularis, etc.

6.1.3 Materials de suport

6.1.3.1 Portal web

El projecte gvSIG disposa d'un portal www.gvsig.gva.es on es troba tot el material que fa referència al projecte i a les diferents versions de l'aplicació.

El portal www.gvsig.gva.es ha superat amb èxit els principals tests d'accessibilitat. L'accessibilitat en un portal web consisteix en garantir l'accés a la informació i als serveis al major nombre de públic possible. El que suposa a nivell pràctic eliminar el major nombre de restriccions o limitacions, tant per motius de discapacitat de l'usuari

com per característiques tècniques del seu maquinari. L'estàndard en matèria d'accessibilitat són una sèrie de pautes i recomanacions indicades pel grup de treball Web Accesibility Initiative (WAI) que forma part del World Wide Web Consortium (W3C). Aquestes pautes s'estructuren en una sèrie de nivells des de A, AA, fins a AAA. Un gran percentatge de pàgines d'aquest portal assoleix el nivell AA, mentre que un nombre considerable arriben a AAA.

El portal també ofereix la descàrrega de les eines necessaris per a un correcte visualitzat de tota la documentació, que principalment és en format PDF.

6.1.3.2 Documentació

Com s'ha esmentat en l'apartat anterior, l'accés a la documentació és simple i ràpid. La majoria de documents es troben en format PDF que en facilita la transmissió i visualitzat correcta.

Els manuals són, com a norma general, documents explicatius que utilitzen imatges de pantalla i explicacions, pas a pas, per a seguir tot el procés de que són objecte. Al portal web s'hi troba relacionada la següent documentació:

- **Manual d'instal·lació i usuari de les diverses versions.** Amb passos diferenciats per a múltiples sistemes operatius.
- **Crear extensions en gvSIG versió 1.0.** Explica com crear noves extensions de gvSIG partint d'un model previ que facilita el portal.
- **Protocol per a la generació de metadades espacials**. Guia per a la creació de metadades de la Generalitat Valenciana que ha de produir resultats compatibles amb els estàndards de la resta d´IDEs.
- **Cursos i tutories diverses**.
- **Articles i ponències.**
- **Fe de errates dels manuals.**

6.1.3.3 Comunicació

Al portal web també es troben diverses eines de comunicació per a les diferents comunitats interessades en el projecte. Així doncs, hi ha tres llistes de distribució: una per usuaris, una per desenvolupadors per a les comunitats lingüístiques castellanoparlants i una de general per a la comunitat internacional en llengua anglesa. Hi ha també un apartat de notícies on es publiquen les entregues de noves distribucions, extensions i noticies en general referents al projecte. I un apartat amb

enllaços d'interès per a la comunitat, tant de fonts de dades geogràfiques, com d'altres projectes, consorcis i iniciatives relacionades amb el món SIG.

6.2 Sextante

6.2.1 Definició

Sextante és un sistema d'informació geogràfica desenvolupat per la Junta de Extremadura per satisfer les necessitats de gestió forestal del seu territori, fent èmfasi en les àrees d'anàlisi hidrològic, d'ordenació del territori rural i la simulació d'incendis. S'incideix en facilitar l'ús i la implementació de nous algoritmes d'anàlisi de dades geogràfiques. El desenvolupament és a càrrec de la Universidad de Extremadura. El plantejament incideix en que Sextante sigui un eina també útil des del punt de vista didàctic, i serveixi com a via d'introducció, per als estudiants, en el món SIG. Tot i que Sextante té algunes eines d'anàlisis vectorial, és una aplicació clarament enfocada a dades raster i és la potència en l'anàlisi d'aquest tipus de dades el que permetrà complementar la potència d'anàlisi vectorial de gvSIG.

En el plantejament del projecte objecte d'aquest document s'empraran les extensions Sextante per a gvSIG. Són un conjunt de més de cent setanta extensions que implementen les funcionalitats de Sextante versió 1.0 per gvSIG. És un paquet de funcionalitats en ple desenvolupament pel que es poden trobar condicionants derivats de les limitacions d'ambdós components, però no obstant és plenament utilitzable.

Sextante es va començar desenvolupant sobre un nucli SAGA, SIG de codi obert, però la seva última versió ha suposat la migració cap al nucli gvSIG. Per tant, Sextante segueix els plantejaments i criteris marcats en la direcció del programari lliure, i és distribuït sota llicència GPL.

6.2.2 Característiques tècniques

Per al desenvolupament del projecte s'utilitzarà la versió 1.0 de Sextante per gvSIG. Aquesta versió estable és la primera migració cap al nucli de gvSIG i està implementada en llenguatge JAVA. Cal disposar de la màquina virtual JAVA adequada, de la versió de gvSIG 1.1 i de l'entorn de desenvolupament Eclipse que facilita les feines de programació. Tenint en compte que és una aplicació JAVA es pot afirmar que Sextante és executable en qualsevol tipus de plataforma que tingui la versió adient de JAVA per tant, és garantida la portabilitat tant de l'aplicació com de les futures extensions.

Per altre banda, l'arquitectura de les extensions de Sextante gira al voltant d'un organitzador anomenat Gestor de extensiones, que classifica les extensions per funcionalitats i tipus de dades tractades. Es disposa d'una plantilla per a la fàcil i ràpida implementació dels algoritmes geogràfics. Les funcionalitats implementades en la plantilla gestionen l'agregació de la nova extensió en l'arbre d'extensions existent i tot el que fa referència a interfícies i relació amb gvSIG. Per tant amb uns coneixements limitats de JAVA es poden incloure noves extensions a Sextante i per tant a gvSIG.

6.2.3 Materials de suport

6.2.3.1 Portal web

El projecte Sextante disposa d'un portal web www.sextantegis.com on es troben enllaços a pàgines que faciliten l'accés al material relacionat amb el projecte, i alguns enllaços directes a alguns dels materials. El portal no compleix la majoria de requeriments de W3C en matèria d'accessibilitat. La interfície gràfica és pobre, no utilitza el color per a destacar les parts més rellevants. El contingut explicatiu és molt breu.

6.2.3.2 Documentació

La documentació inclosa al portal web és la següent:

- **Material per a l'extensió de gvSIG**.
- **Material executable:** inclou les diferents versions tant estables com beta de Sextante i Sextante per gvSIG.
- **Codi font:** inclou el codi font de totes les classes de les extensions Sextante.
- **Altres materials:** inclou el material per desenvolupadors: les plantilles d'extensions i el manual de desenvolupament.

En l'apartat de l'aplicació Sextante basada en SAGA hi ha el material següent:

- **Material executable:** L' executable de l'aplicació SEXTANTE per a Windows.
- El **codi font** de l' anterior.
- El **manual d'usuari** *"Fundamentos de análisis geográfico con SEXTANTE".*
- **Dades d'exemple.**
- I fitxers de **documentació d'exemple:** Exemples de documents creats per motor de documentació de Sextante.

6.2.3.3 Comunicació

L'enllaç del portal web www.sextantegis.com porta a una pàgina on es troben els noms i les adreces de correu dels desenvolupadors de Sextante.

L'enllaç Aula Libre y Abierta de Sextante porta al portal del campus virtual de la universitat d'Extremadura, on es pot trobar tot el material relacionat anteriorment i on hi ha un fòrum per a la comunitat Sextante.

7 Valoració del programari

A la següent taula es veu un resum de les característiques del programari triat per al desenvolupament del projecte. En molts casos coincidiran en descripció i funcionalitat ja que la versió avaluada de Sextante és una extensió de funcionalitats per gvSIG que s'incorpora dins l' entorn d'aquest, i no un executable de Sextante per Windows amb GUI pròpies.

	gvSIG v 1.1	Sextante v 1.0 per a gvSIG
Interacció amb l'usuari	GUIs amigables i acurades tant en l'aplicació com en el material de suport. Icones que recorden altres aplicacions SIG. Bon us del color per a destacar importància en títols, etc. Supera amb èxit proves accessibilitat WAI.	Les GUIs de l'aplicació són les de gvSIG, per tant amigables i acurades. Icones recorden altres aplicacions SIG. La presentació del material de suport menys acurada que ha gvSIG.
Edició	Us força intuïtiu de la gui, tot i que les icones no són representatives en alguns casos. Seguint els manuals pas a pas, l'edició resulta simple per a usuaris novells.	No hi ha informació contextual de la utilització de la extensió.
Anàlisi	L'ús del gestor de processos simplifica l'anàlisi. Bona explicació de la funcionalitat del procés.	No hi ha informació contextual de la utilització de la extensió.
Consulta	Mitjançant interfície gràfica intuïtiva. El procés de selecció de criteris de consulta resulta fàcil. Els resultats s'indiquen en les mateixes taules.	No hi ha informació contextual de la utilització de la extensió. El resultat es presenta en finestres separades de les dades originals.

Rendiment (tractament de dades)	Força lent quan es tracta d'analitzar grans volums de dades. Sobretot raster.	Segueix el patró de gvSIG.
Origen de dades	Diversos: fitxer local, GeoBD, WFS, WCS, WMS, ArcIMS	Diversos: fitxer local, GeoBD, WFS, WCS, WMS, ArcIMS
Personalització	Creació de noves extensions a partir de plantilles JAVA.	Creació de noves extensions a partir de plantilles JAVA.
Suport	Portal web, documentació exhaustiva, diverses vies de comunicació depenent interessos.	Portal web poc treballat. Portal web de comunitat universitària de suport. Únic manual d'usuari. Comunicació via correu electrònic. Fòrum poc actiu.
Exportació formats estàndard	Permet exportació a formats: shp, dxf, PostGIS, GML, Raster, Anotació	Segueix el patró de gvSIG.
Aspectes no coberts	Es desconeixen.	Es desconeixen.
Propietat intel·lectual	Llicència GPL.	Llicència GPL.

Taula 3: Taula de valoració del programari

Després d'una primera presa de contacte amb el programari triat per al desenvolupament del projecte, i de la consulta de les característiques tècniques i documentació esmentades en anteriors apartats, es valora com a molt positiva l'elecció per les següents raons:

- La tria de programari de codi obert permet l'estudi del codi font, tenint la possibilitat de consultar amb els desenvolupadors i fòrums de suport possibles dubtes i plantejar diversos punts de vista nous.
- El llenguatge de programació utilitzat per a la implementació, JAVA, permet assegurar la portabilitat, amb independència de la plataforma, i la extensibilitat.
- En aquest darrer aspecte, l'existència de plantilles que estalvien la feina d'integrar les noves extensions en el nucli gvSIG, faciliten la implementació de les noves funcionalitats, necessitant abordar només en el problema geogràfic, ja que el tecnològic és parcialment resolt.
- L'ús d'entorns gràfics amigables i intuïtius facilita l'assoliment dels coneixements propis de la matèria ja que no es necessari aprendre el funcionament d'un entorn de treball complex.

- L'existència de manuals pas a pas, facilita l'aprenentatge de les funcionalitats bàsiques.

Capítol 5

8 Projecte d'aplicació per al càlcul volumètric de terres

8.1 Fases del projecte

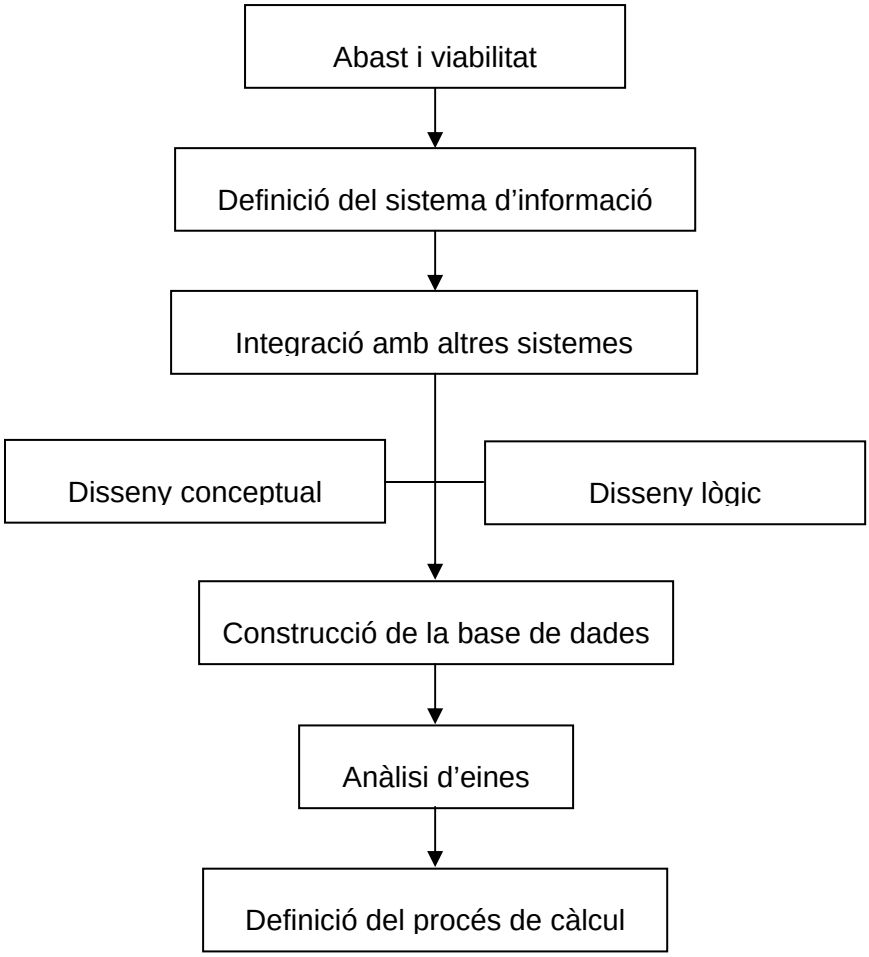

Figura 19: Diagrama fases del projecte

8.2 Abast i viabilitat del projecte

El projecte es centrarà en la utilització d'una solució de programari lliure, gvSig, per a la creació d'un SIG que ajudi a valorar quines són les parcel·les que disposen de més volum de terres per iniciar la seva explotació.

El mostreig de les dades del subsòl obtingut durant una campanya duta a terme en el territori es subministra en fulls de càlcul que contenen les dades de posicionament geogràfic en coordenades UTM i les cotes per a les capes de diferents tipus de subsòl. En el cas d'estudi es diferencien una capa més profunda de roca, una capa de material explotable i la capa més superficial de terra vegetal no explotable però que cal moure per accedir a l' anterior.

El propòsit per a dur a terme el projecte serà cercar la informació necessària per a la correcta situació dels sondejos i la delimitació administrativa de l'àrea d'estudi, així com la seva divisió territorial, la determinació d'un MDE de la superfície de l'àrea en qüestió i el posterior càlcul del volum de terra per a cada capa de tipus de subsòl per a unes determinades parcel·les prèviament seleccionades.

Cal tenir en compte la dispersió de les dades necessàries així com la disparitat de formats d'emmagatzematge d'aquestes que faran necessari un esforç important per l'accés i manipulació de dades. Tant les dades alfanumèriques facilitades pel client com les dades cartogràfiques cercades requeriran una homogeneïtzació i l'emmagatzematge en una base de dades per tal de facilitar-ne l'accés i manipulació. Tant les eines com la informació geogràfica necessàries no subministrades pel client són d'accés lliure i gratuït el que facilitarà la seva obtenció i el desenvolupament del projecte.

8.3 Definició del sistema d'informació

El SIG que es vol desenvolupar té com a objectiu principal el càlcul del volum de terres del subsòl d'unes parcel·les prèviament seleccionades.

Els objectius específics marcats per al desenvolupament del projecte seran els següents:

- **Construcció d'una infraestructura bàsica d'informació per a l'obtenció i registre de dades necessàries per al projecte**. Serà necessari l'anàlisi del tipus d'informació que requereix el sistema i el disseny i implementació de la estructura de dades necessària.
- **Anàlisi de les eines i extensions a utilitzar per a dur a bon terme el projecte**. Serà necessària la pràctica intensiva amb les eines triades per al desenvolupament del projecte mitjançant un procés d'aprenentatge de les seves funcionalitats. Donada l'extensió i durada del projecte no es preveu un anàlisis exhaustiu de funcionalitats. El procés per a la tria definitiva de les extensions i funcionalitats de les eines emprades tindrà en compte l'ús de les

vies de consulta facilitades per les eines com poden ser els fòrums especialitzats, així com el fòrum de l'aula del TFC.

- **Definició del procés necessari per a la realització dels càlculs demanats**. Un cop analitzades les eines, es definirà el procés que es consideri més eficient per als càlculs requerits pel client. Aquesta definició constarà dels passos necessaris per a fer els càlculs i farà referència a l'origen de les dades emprades.

8.3.1 Contingut d'informació del projecte

Informació	Cartogràfica	Alfanumèrica
Topogràfica Base topogràfica 1:5000 (BT-5M) v 2.0 de l'I.C.C. que ens servirà de cartografia de base. I trobarem les dades altimètriques necessàries per a la creació del MDE de l'àrea d'estudi.	SI	SI
Divisions administratives Cartografia cadastral de la direcció general del cadastre, capa WMS cadastre, que ens servirà de cartografia de base i on s'obtindrà les dades administratives de les parcel·les i la seva geometria.	SI	SI
Sondejos Representació espacial del mostreig dut a terme en el territori que inclou la situació dels sondejos i les dades del subsòl.	SI	SI
Cartografia temàtica Bases temàtiques que contemplen el tipus de subsòl, generades a partir de les dades dels sondejos.	SI	SI

Taula 4: Taula de contingut d'informació del projecte

8.3.2 Integració amb sistemes proveïdors de dades

Com s'ha vist en l'apartat anterior l'origen de les dades és molt diversificat i els formats aconseguits heterogenis. A continuació es detalla la relació d'aquests orígens i formats de dades.

8.3.2.1 Sondejos

Fitxers Microsoft Excel amb les dades dels sondejos i del tipus de terra i les cotes on es troben.

sondejos1.xls

CODI	POINT_X	POINT_Y	Z
general	numero	numero	numero

Taula 5: Format del fitxer sondejos1.xls

sondejos2.xls

descripció	terra vegetal	material a explotar	roca
general	numero	numero	numero

Taula 6: Format del fitxer sondejos2.xls

8.3.2.2 Cadastre

La informació de la geometria, identificador i superfície de les parcel·les s'obtindrà del portal de la oficina virtual del cadastre. Des d'aquest s'accedeix a dades de lliure distribució del terme municipal i la seva parcel·lació. Donada l'extensió i la durada del projecte es digitalitzarà la geometria de les parcel·les i s'introduirà la informació administrativa d'aquestes en el sistema de manera manual. Es reservarà l'automatització d'aquets procés per a futures extensions del projecte.

8.3.2.3 Altimetria

Les dades altimètriques necessàries per a la generació del MDE es troben en format .dxf al portal de l'I.C.C., previ registre, es pot descarregar la informació topogràfica escala 1/5000, on s'escollirà la capa relativa a les corbes de nivell.

8.4 Disseny conceptual i lògic del model de dades

8.4.1 Disseny conceptual

El projecte s'emmarca en un context territorial definit per un divisió parcel·laria on s'ha fet un mostreig del subsòl per a determinar-ne els diferents tipus de subsòl i a partir d'aquests resultats determinar-ne l'ús que se'n pot fer i calcular-ne el volum. Els elements bàsics del sistema (entitats) seran doncs les parcel·les i els tipus de subsòl, mentre que els fenòmens (relacions) seran els sondejos realitzats a cada parcel·la i que com a resultat tenen les cotes dels diferents tipus de subsòl.

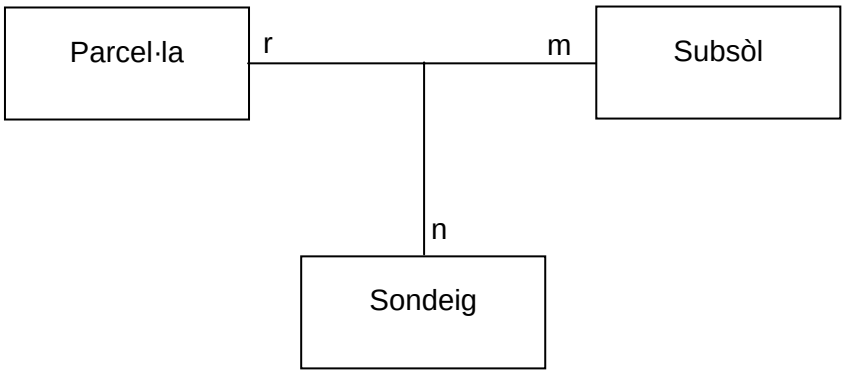

Figura 20: Diagrama conceptual d' elements bàsics del sistema

8.4.2 Disseny lògic

La traducció del disseny conceptual de l'apartat anterior detallarà els camps o atributs que caracteritzaran les entitats i relacions del sistema.

Diagrama entitat-relació d'elements bàsics del sistema

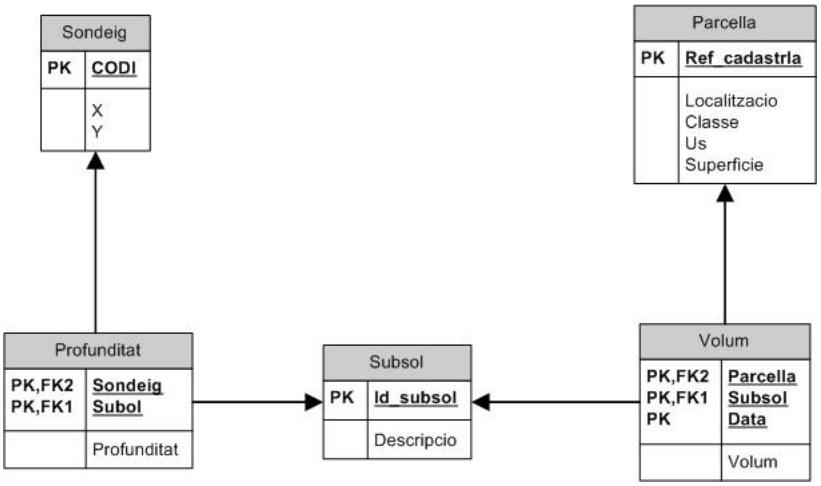

Figura 21:Diagrama entitat-relació d'elements bàsics del sistema

PK, elements en negreta i subratllats: Indiquen la clau primària de la relació.

FKx: Indica les claus foranes, o atributs que relacionen les taules principals amb les secundaries.

Parcella	Entitat que descriu una parcel·la		
Camp	Tipus	Descripció	Taula de ref.
Ref_cadastral	text	Identificador cadastral de la parcel·la	
Localitzacio	text	Adreça de la parcel·la	
Classe	text	Classificació del terreny	
Us	text	Us al que es destina el terreny	
Superficie	numèric	Superfície de la parcel·la	

Taula 7: Definició de la taula Parcella

Subsol	Entitat que descriu un tipus de sol		
Camp	Tipus	Descripció	Taula de ref.
Id_subsol	numèric	Identificador de tipus de subsòl	
Descripcio	text	Descripció del tipus de subsòl.	

Taula 8: Definició taula Subsol

Sondeig	Relació que descriu la situació geogràfica d'un sondeig		
Camp	Tipus	Descripció	Taula de ref
Codi	text	Identificador de la situació del sondeig	
X	numèric	Coordenada UTM que indica la posició X.	
Y	numèric	Coordenada UTM que indica la posició Y.	

Taula 9: Definició taula Sondeig

Profunditat	Relació que descriu un sondeig		
Camp	Tipus	Descripció	Taula de ref
Sondeig	Sondeig	Identificador de la situació del sondeig	Sondeig
Subsol	Subsol	Identificador del tipus de sòl del sondeig	Subsol
Profunditat	numèric	Profunditat a la que comença la capa de subsòl.	

Taula 10: Definició taula Profunditat

Volum	Relació que descriu el volum de sòl per tipus de sòl d'una parcel·la		
Camp	Tipus	Descripció	Taula de ref
Parcella	Parcella	Identificador de la parcella	Parcella
Subsol	Subsol	Identificador del tipus de sol	Subsol
Volum	numèric	Número que representa el volum en metres cúbics	
Data	Data	Data del càlcul del volum	

Taula 11: Definició taula Volum

Es crea una relació per a emmagatzemar el volum del subsòl de cada parcel·la pensant en la possible trobada de nous tipus de subsòl o be en el cas d'haver de tornar a calcular les dades un cop començades les extraccions.

Els atributs senyalats en negreta indiquen les claus primàries de les relacions, és a dir, aquells elements que no es poden repetir i que seran utilitzats per indexar la taula.

8.5 Construcció de la base de dades

Per a construir la base de dades es farà servir, donada la simplicitat del model de dades, un SGBD comercial sense necessitat de que sigui orientat a la gestió espacial. En el moment de plantejar el pla de treball es va preveure la utilització de Oracle com a sistema gestor de bases de dades. El desconeixement de la versió facilitada per fer el projecte i el temps que seria necessari per a estudiar-ne el funcionament fa que es cregui oportú un cop analitzades les necessitats del sistema, treballar amb Microsoft Acces, concretament la versió Acces 2000 9.0.2812, degut a un coneixement més ampli de l'eina que farà estalviar temps.

Per a construir la base de dades es segueixen els següents passos:

- Obrir Microsoft Acces.
- Donar nom a la nova base de dades: "*TFCSIG"*
- *"Crear una tabla en vista diseño "*
- Introduir els camps definits en l'apartat del disseny lògic a la nova taula que contindrà les parcel.les.
- Marcar com a clau primària *"Ref_cadastral"*
- Guardar la taula amb el nom "*Parcella"*

- Repetir els passos des de la creació de nova taula, per cada una de les relacions de l'apartat de disseny lògic marcant com a claus primàries els atributs senyalats amb negreta.
- Els camps de les taules que estiguin relacionats amb la taula de referència es definiran amb el tipus de dada adients i es relacionaran amb un quadre de llista amb la taula d'origen de les dades.
- El camp Data serà de tipus "*Fecha/hora"* amb tipus de data *"fecha corta"*.
- Un cop creades les taules cal obrir la finestra que permet crear les relacions entre taules.
- Afegir totes les taules.
- Crear les relacions a imatge de les següents:

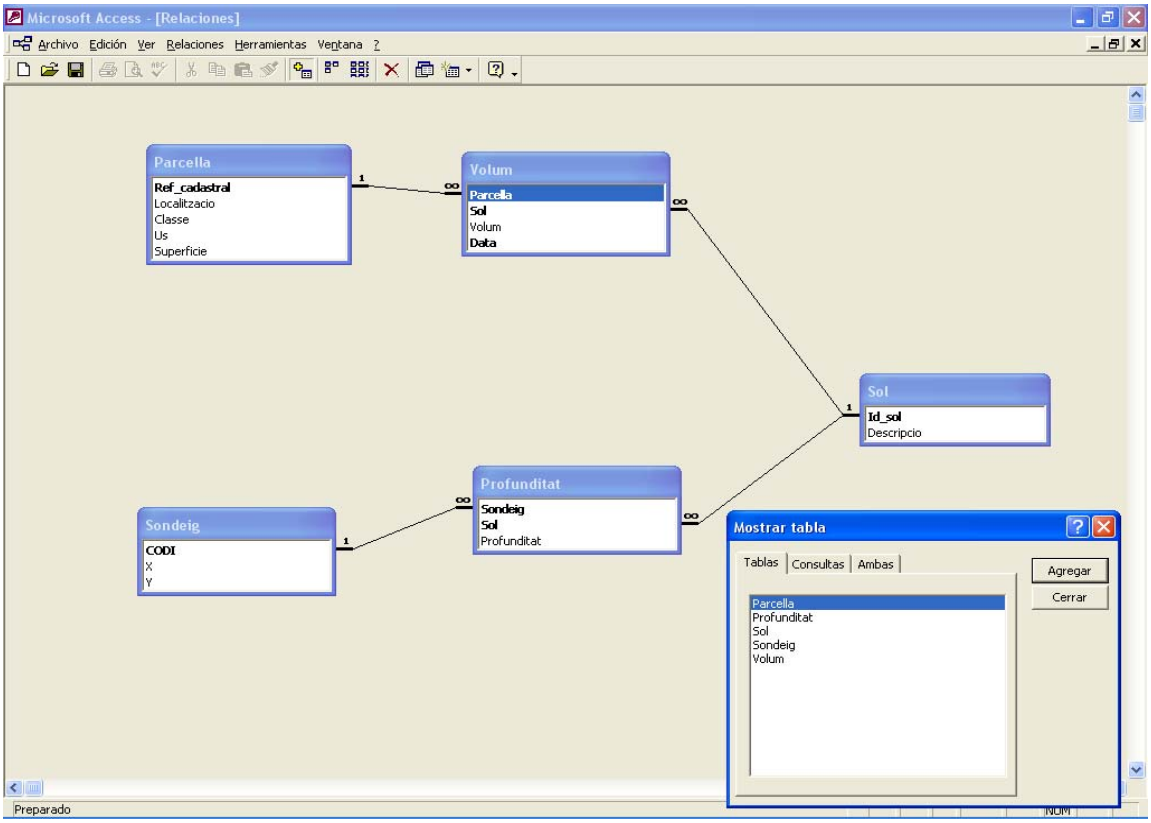

Figura 22: Relacions entre taules de la base de dades

- Guardar les relacions.

8.5.1 Càrrega de dades inicials al SGBD

Per tal de poder carregar les dades al SGBD primer serà necessari adaptar el format dels arxius originals de Microsoft Excel al format dels atributs de les taules.

- Primer es carregarà manualment la informació de la taula "*Subsol*" amb les dades següents:
- Per tal de fer l'adaptació es crearà els arxius de M.Excel següents:

amb nom **LocalitzacioSondeig.xls** i les columnes

CODI	X	Y
Conté les dades de la columna CODI de l'arxiu sondejos1	Conté les dades de la columna POINT_X de l'arxiu sondejos1	Conté les dades de la columna POINT_Y de l'arxiu sondejos1
text	numero	numero

Taula 12: Format del fitxer LocalitzacioSondeig.xls

amb nom **ProfunditatSol.xls** i les columnes

Sondeig	Sol	Profunditat
Conté les dades de la columna CODI de l'arxiu sondejos1	Conté els identificadors numèrics dels diferents tipus de sòl carregats a la base de dades	Conté la profunditat a la que es troba la cota inferior del tipus de sòl indicat pel Sol
text	numero	numero

Taula 13: Format del fitxer ProfunditatSol.xls

- S'importa les dades des de M. Acces.
- Primer s'importen les dades del fitxer "*LocalitzacioSondeig.xls*" a la taula "*Sondeig*".
- Després amb el mateix procés visualitzat anteriorment s'importa el fitxer "*ProfunditatSol.xls*" a la taula "*Profunditat*".

8.6 Procés de creació del projecte amb gvSig pas a pas

8.6.1 Creació del projecte amb gvSig.

- Obrir gvSig
- Guardar el nou projecte amb el nom **TFC_SIG** a la carpeta *TFC_Practic_Def*.
- Modificar la projecció per defecte a l'apartat de preferències a EPSG 23031.

8.6.2 Càrrega de dades del SGBD

- Crear les taules a partir de les dades emmagatzemades al SGBD.
- Es crearà les taules *Sondeig* i *Profunditat*.
- Crear una nova vista amb nom **Bellvis**.
- Obrir la vista i utilitzar l'eina *"Afegir capa d'esdeveniments"* per afegir els sondejos a la vista.
- Modificar les propietats de la capa perquè mostrin el codi dels sondejos com a etiquetes.
- Reanomenar la capa amb el nom "*Sondeig*".

8.6.3 Connexió amb les dades WMS

- Afegir una nova capa amb les dades cadastrals.
- Connectar amb el servidor del cadastre.
- Afegir la capa "*catastro".*
- Escollir el format d'imatge PNG que permet aplicar transparència a la capa per poder superposar-la a d'altres.
- Escollir la projecció EPSG:23031.
- Reanomenar la capa amb el nom *"Cadastre".*
- Crear un zoom que englobi just la zona d'estudi i guardar-lo amb el nom "*GeneralParcelles"*. Aquest zoom permet en qualsevol moment recuperar la visió sobre tota l'àrea d'estudi.

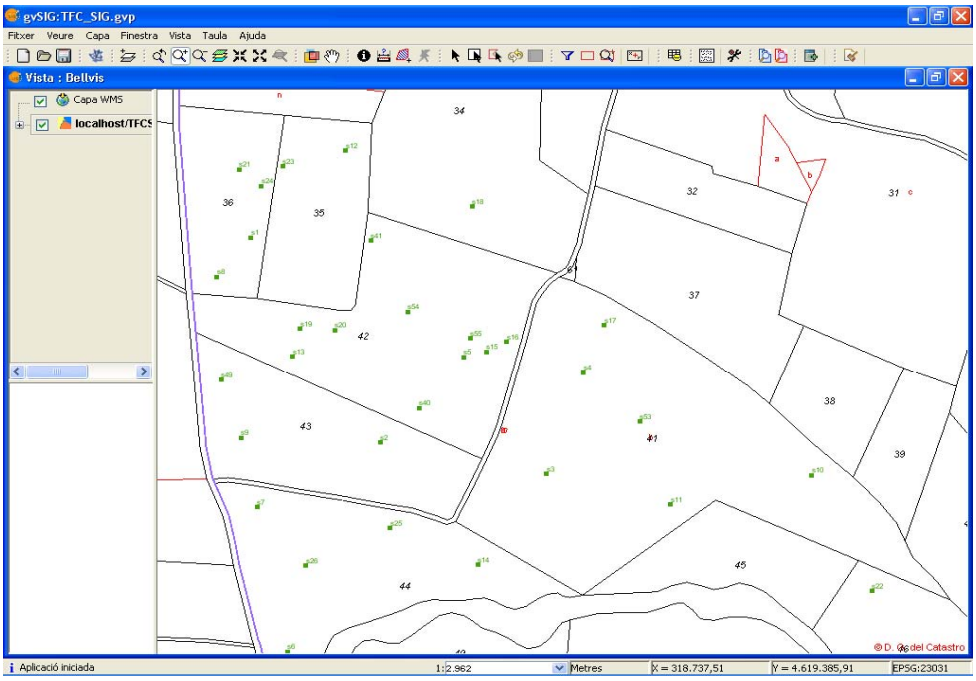

Figura 23: Situació dels sondejos

- Crear una nova capa *parcelles* amb la geometria de les parcel·les que contenen els sondejos. A la taula d'atributs de la capa afegir un camp per a guardar la referència cadastral de la parcel·la. Com que l'extensió del projecte ho permet aquest procés es farà manualment amb l'eina de crear polilínies. Es tindrà en consideració l'automatització d'aquesta funcionalitat per a ressenyar-la en l'extensibilitat de funcionalitats futures.

8.6.4 Càrrega de dades I.C.C.

- Afegir una capa des de fitxer. bt5mv20f257111xar02.dxf que contindrà les dades altimètriques del full que conté la zona d'estudi.
- Afegir una nova capa SHP anomenada RetallZonaEstudi que contindrà un polígon que englobi la zona a estudiar.
- Amb el geoprocés de gvSig Retallar, es retallarà l'àrea continguda en la capa RetallZonaEstudi de la capa bt5mv20f257111xar02.dxf.
- El producte del geoprocés són tres capes de les quals només s'utilitzarà l'anomenada corbesNivell_LIN.shp

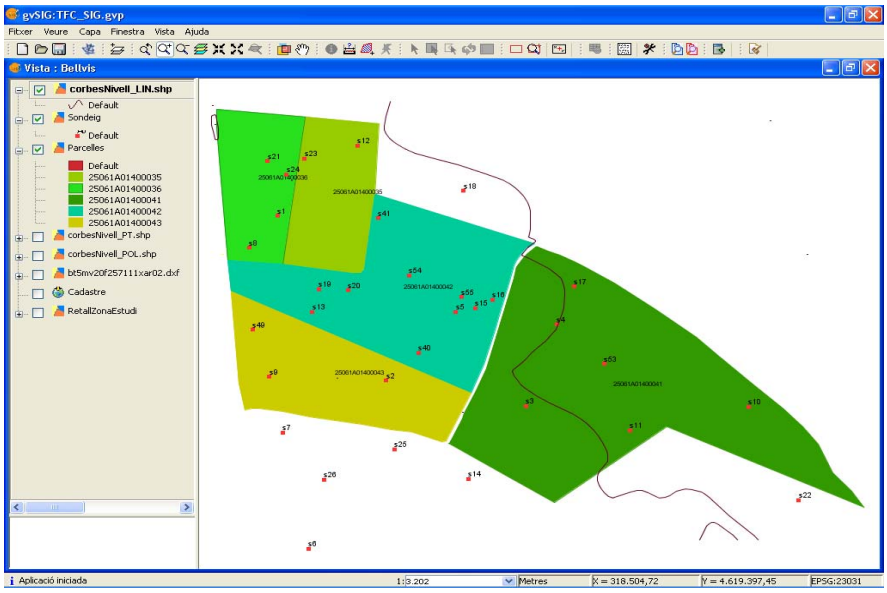

Figura 24: Sondejos, parcel.les i corbes de nivell

- Amb la capa corbesNivell_LIN.shp seleccionada s'obre la taula d'atributs associada es seleccionen totes les altures diferents a 0 .
- Amb aquesta selecció s'executa l'extensió SEXTANTE "*Nueva capa con entidades seleccionadas*". El resultat de la qual és una nova capa només amb les corbes de nivell diferents de zero que exportarem a shp amb nom corbesNivellNoZero.

8.6.5 Crear MDE

- Rasteritzar "corbesNivellNoZero" amb l'extensió "*Rasterizar capa vectorial*", dimensions de cel·la 1 i exportar a raster amb el nom "CorbesNivellRaster".
- Unir la taula "Profunditat" amb la taula "Sondeig" relacionant els camps "Sondeig" i "CODI" respectivament.
- A la nova taula hi haurà les cotes dels diferents tipus de terreny relacionades amb la referència geogràfica dels sondejos on s'han mostrejat.
- Per poder generar els MDT de cada un dels diferents tipus de terreny caldrà crear una capa que contingui només les cotes del tipus de terreny en qüestió, per fer-ho es seguirà els següents passos per cada tipus de terreny:
    - Obrir la taula d'atributs de la capa Profunditat.
    - Seleccionar tots els registres del tipus de terreny a estudiar indicat pel valor de l'atribut Sol.

- Amb l'eina "Nueva capa con entidades seleccionadas" generar la nova capa i reanomenar-la amb el nom del terreny.
- El resultat final seran les tres noves capes de noms "Superficie", "TerraVegetal" i "MaterialExplotable" amb les seves corresponents taules.

- Interpolar la capa "Superficie" amb l'opció "*Distancia inversa"* amb l'atribut "Profunditat", un radi de cerca de 20, l'extensió de sortida RetallZonaEstudi i un dimensió de cel·la de 1, el resultat es mostra a continuació:

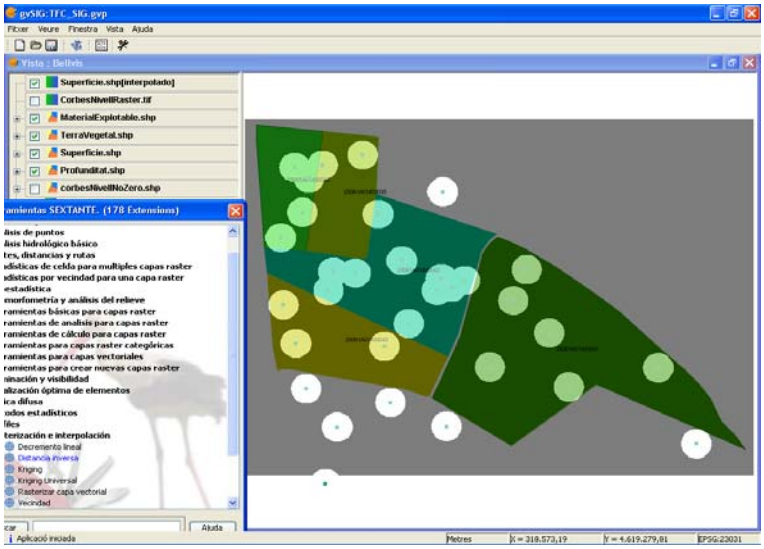

Figura 25: Interpolació de la capa superfície

- Amb l'eina SEXTANTE "Completar grid " es crea una nova capa resultat de la fusió dels valors de CorbesNivellRaster i Superficie[interpolado]. Amb el mètode d'interpolació de "Distancia inversa" i unadimensió de cel·la de 1. El resultat:

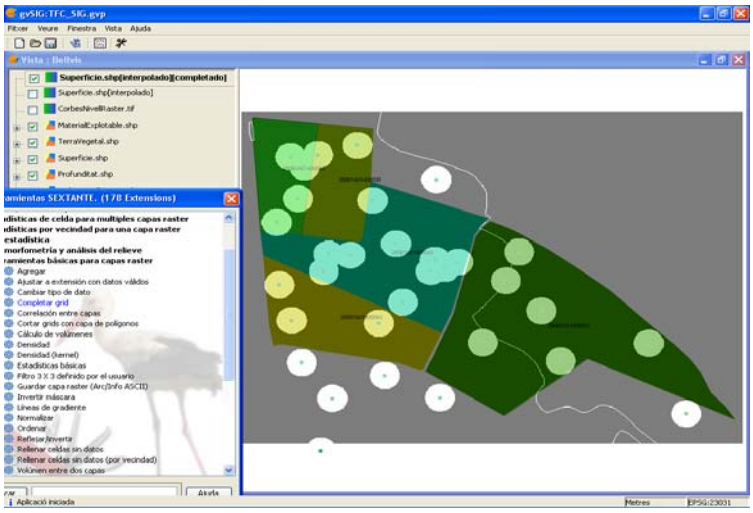

Figura 26: Grid completat amb les corbes de nivell

- Sobre el resultat anterior apliquem l'eina "Rellenar celdas sin datos" amb el paràmetre "Umbral de tension" igual a 0.1, i tenim el resultat:

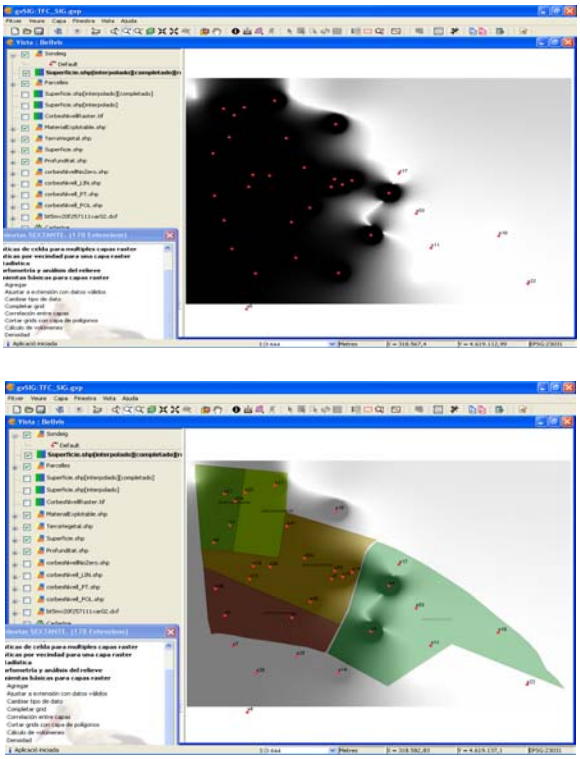

Figura 27: Resultat de completar les cel.les sense dades

- Interpolar les capes "TerraVegetal" i "MaterialExplotable" amb l'opció "*Distancia inversa"* amb l'atribut "Profunditat", un radi de cerca de 20, l'extensió de sortida RetallZonaEstudi i un dimensió de cel·la de 1, el resultat visualment és identic a la Figura 25.

- "Rellenar celdas sin datos" de tots tipus de terreny amb els paràmetre Umbral de tensión igual a 0.1. El resultat obtingut és:

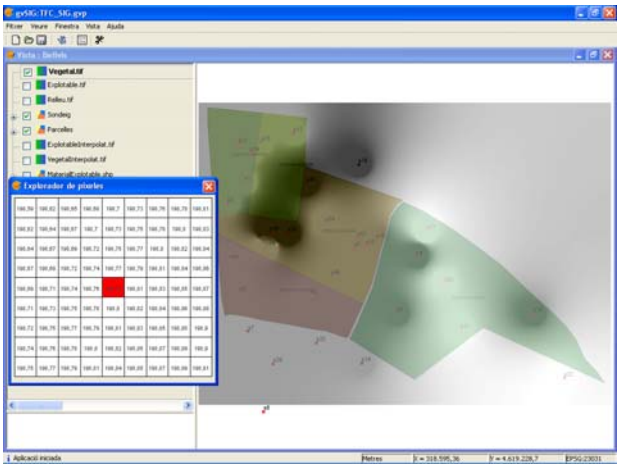

Figura 28: MDT Vegetal

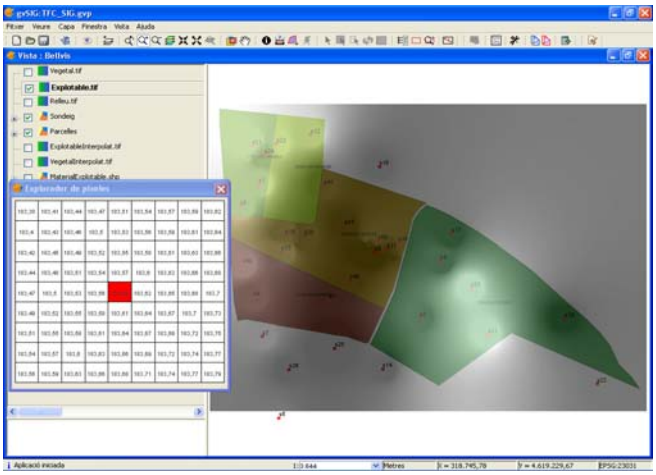

Figura 29: MDT Material explotable

8.6.6 Crear capes SHP de parcel·les

Per a cada una de les parcel·les a estudiar en el projecte es crea una capa SHP amb la geometria i l' identificador de parcel.la. Es seguiran els passos següents:

- Seleccionar una parcel.la
- Crear la capa SHP de polígons amb l'eina de generació de capa amb elements seleccionats de SEXTANTE.
- Exportar capa SHP amb nom "*parcellaX"* on X són els dos últims dígits de la referència cadastral.

8.6.7 Retallat del MDE i els MDT de cada tipus de subsòl .

Per retallar els MDT i MDE utilitzarem la opció SEXTANTE *"Cortar grids con capa de polígonos".* seleccionant les tres capes raster dels terrenys i cada una de les parcel·les.

El resultat són tres noves capes amb el grid retallat.

8.6.8 Càlcul del volum de terreny

A partir de les capes generades amb el retall dels grids fet en l'apartat anterior, amb l'opció SEXTANTE *"Volumen entre dos capas", es* calcula el volum de cada un dels terrenys que cal moure per realitzar l'explotació. És a dir, es calcula el volum de terra vegetal que cal moure per accedir al material explotable, ja que es tracta d'una explotació a cel obert, i el volum d'aquest.

S'aprecia una diferencia entre el càlcul del volum total de totes les parcel·les i el sumatori del càlcul del volum de cada una de les parcel·les, aquesta diferencia és

atribuïble a l'encavalcament produït en digitalitzar la geometria de les parcel·les i en el cas d'estudi es considera inapreciable degut als volums tractats. Es reflexa en la següent taula:

Parcel·la	Terreny Vegetal	Terreny Explotable
35	19419,13	149887,75
36	12757,8	104089,55
41	66738,98	709646,55
42	41208,28	468807,18
43	20483,74	287207,21
Sumatori	160607,93	1719638,24
Total	160616,71	1719717,8
Diferència	8,78	79,55

Taula 14: Resultats del càlcul dels volums

Cal esmentar que els resultats dels càlculs dels volums s'expressen en metres cúbics.

Desar manualment les dades a la taula "Volum" de la base de dades. En properes revisions es tindrà en compte l'automatització d'aquesta funció.

8.6.9 Visualització dels resultats

- Modificar l'estructura de la taula d'atributs de la capa *"parcelles"* afegint-hi les columnes *"Vegetal"* i *"Explotable"* per guardar-hi les dades dels volums del subsòl de tipus *"Terra vegetal"* i "Material Explotable". Un cop creades les noves columnes s'introdueixen manualment les dades, es reserva l'automatització d'aquest procés per a futures millores.
- Modificar les propietats de la capa "parcelles" per tal de:
    - Mostra els elements de la capa usant una gamma de colors en funció del valor del camp d'atributs *"Explotable"* , aquest camp conté el volum del material explotable de cada parcel·la. La visualització amb gradació de colors ens facilitarà la identificació de les parcel·les amb més volum, de color verd més fosc. S'haurà de parametritzar els camps de la pestanya Simbologia de la manera següent:

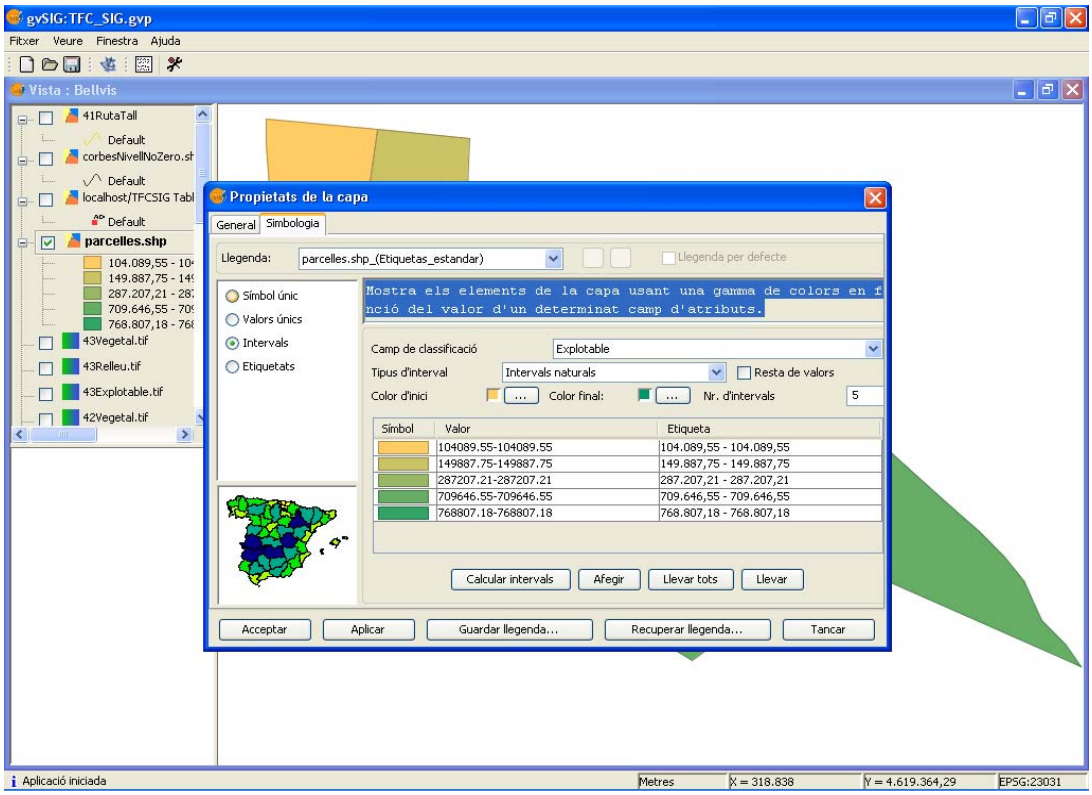

Figura 30: Gradació de colors per a mostrar els resultats

- Guardar la llegenda.
- Habilitar l'etiquetatge i escollir el camp *"Ref_cad"* com a text per a l'etiquetatge i l'altura fixa de text 7. L' identificador de cada parcel·la surt damunt d'aquesta a la vista.
- Des del gestor de projectes de gvSig es crea un nou mapa i es reanomena *"VolumExplotable"*
- Obrir el nou mapa i afegir-hi la vista Bellvis desactivant l'opció d'enllaç viu. També s'hi afegeix la llegenda de la capa *"parcelles.shp"* . L'escala gràfica, l' indicador del nord i un caixetí amb el nom del municipi, el tipus d'identificador de parcel·la usat i el tipus de subsòl representat.
- Seguint els passos anteriors es crea un nou mapa per al tipus de subsòl Terra vegetal.
- El mapa resultant en el cas del material explotable és el següent:

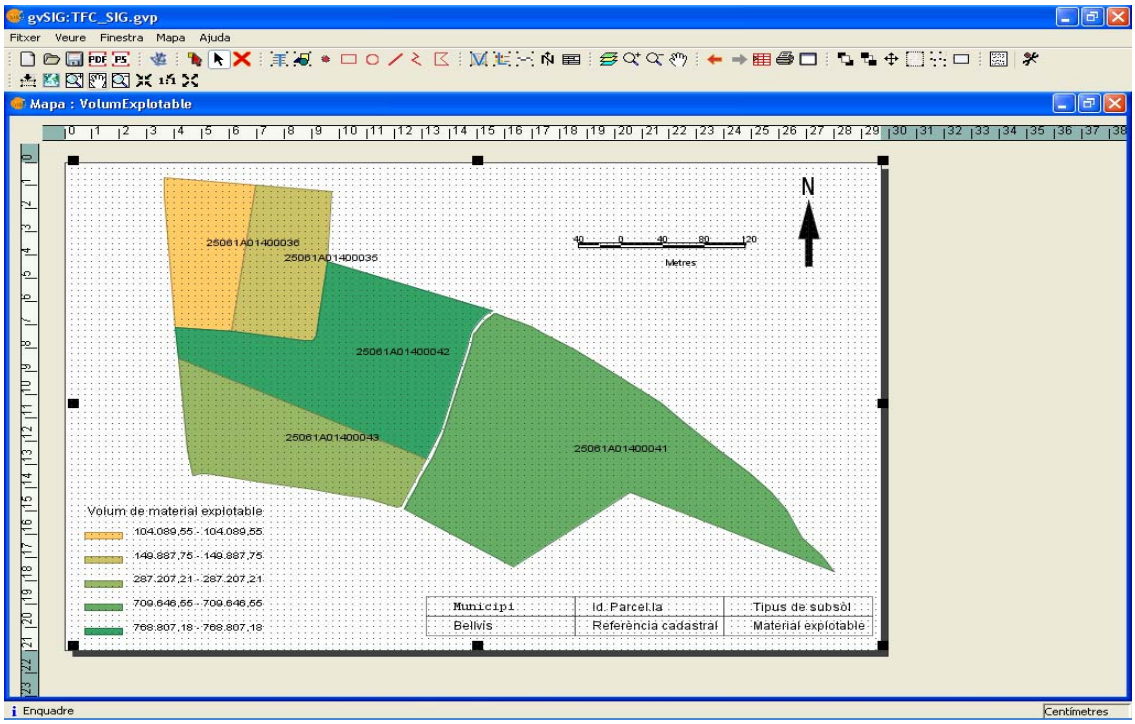

Figura 31: Mapa de volums del material explotable per parcel.la

Per a futures revisions caldrà tenir en compte eines que facilitin la generació de models en 3D que podrien millorar la percepció de l'usuari dels resultats obtinguts.

Referències

Pàgines web consultades:

Cartesia. http://www.cartesia.org/article.php?sid=99

Dices.net. http://www.dices.net/

Departamento de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas.

http://www.fao.org/sd/spdirect/gis/EIgis000.htm

Encarta. http://es.encarta.msn.com/encyclopedia_761576060/Geodesia.html#s4

EuroGi. http://www.eurogi.org/

Estudios gis. http://www.estudiosgis.com/

Geotecnologias.http://www.geotecnologias.com/

GSDI Association. http://www.gsdi.org/

Geografia para llevar. http://podespacial.com/index.php?post_category=Geodesia

IDENA.http://idena.navarra.es/busquedas/descargas.aspx?lang=eng

IGN. http://www.ign.es/ign/es/IGN/home.jsp

Institut Cartogràfic de Catalunya

http://www.icc.es

http://www.icc.es/web/content/ca/prof/geodesia/inici_geodesia_catnet_geofons_geodata.html

IDEE. http://www.idee.es/newsListViewer.jsp?lang=CA

Instituto de investigación de recursos biologicos Alexander Von Humboldt.

http://www.humboldt.org.co/humboldt/mostrarpagina.php?codpage=70001

IDEC. http://www.geoportal-idec.net/geoportal/IDECServlet?idioma=cat

IDRISI. http://www.sigte.udg.es/idrisi/

Mapping Interactivo.

http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=69

Mathematical Association of America.

http://www.maa.org/editorial/mathgames/mathgames_08_01_05.html

Mercator.org. http://www.mercator.org/

Miramón. http://www.creaf.uab.es/Miramón/index_ca.htm

nosolosig.com.
http://www.nosolosig.com/option,com_events/task,view_mónth/Itemid,1/mónth,11/year,2006.html

OGC. http://www.opengeospatial.org/

Topografia Global. http://www.topografiaglobal.com.ar/teoria.php?orden=MDT

topologia.org. http://www.topologia.org/

Topologia en SIG. http://146.83.41.79/profesor/jhp/carto/Topologia.pdf

Universidad de Cadiz.http://www.uca.es/dept/filosofia/TEMA%201.pdf

University of Melbourne.

http://www.sli.unimelb.edu.au/research/publications/IPW/INET98_final.html

University of New York.http://www.geog.buffalo.edu/~dmark/GISLIS89.html

Universidad Distrial FJC.

http://www.udistrital.edu.co/comunidad/profesores/rfranco/vector_raster.htm

Universidad de Oviedo. http://www.etsimo.uniovi.es/~feli/CursoMDT/Tema_1.pdf

Wikipedia.

http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Informaci%C3%B3n_Geogr%C3%A1fica

http://es.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%A1fico_vectorial

http://en.wikipedia.org/wiki/Raster_graphics

http://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_digital_del_terreno