

**Construcció d'un SIG de base municipal
amb assignació automàtica del nom de
carrer a les illes d'habitatges d'una
determinada població**

Germán Mira Sánchez
Estudiant ETIG

Jordi Ferrer Duran
Consultor

Gener 2006

Dedico aquest Treball Final de Carrera a la meva família, en especial als meus pares, que sense el seu suport mai hagués pogut acabar aquests estudis.

Resum

El present Treball Final de Carrera és un apropament als Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG), segons dues vessants: la teòrica, oferint informació general sobre els SIG, i la pràctica, mostrant el desenvolupament d'una aplicació concreta basada en programari SIG.

En la part teòrica es fa, en primer lloc, una aproximació als SIG. Per una banda, esmentem les seves aplicacions (biòtiques, d'administració i gestió, socioeconòmiques i de caràcter global) i quins són els seus usuaris (administracions públiques, empreses de gestió de serveis, organitzacions supraestats).

Per altra banda, explorem quin és el context històric en el que han aparegut els SIG i veiem com s'ha resolt, en diverses etapes històriques, la necessitat d'utilització de la informació geogràfica fins arribar als SIG.

Finalment, establim una definició sobre els SIG, i els contraposem amb altres sistemes semblants (CAM, CAD, SGBD i sistemes de teledetecció), destacant les diferències existents entre ells.

En segon lloc, indiquem els diferents components que constitueixen els SIG: el maquinari i programari informàtic, la informació geogràfica i l'organització on està implantat el SIG.

En tercer lloc, i per acabar la part teòrica, estudiem la modelització de la informació geogràfica, diferenciant entre realitat perceptible, model conceptual, model lògic i model digital. Del model lògic, destaquem l'existència dels formats raster i vectorial, i estudiem les seves diferències i quan convé utilitzar l'un o l'altre.

En la part pràctica, mostrem el procediment seguit per crear un procés automàtic integrat en el programari Geomedia. El procés consisteix en omplir els atributs d'illes urbanes amb els noms dels carrers més propers. Presentem, així mateix, el codi font generat i els resultats obtinguts amb captures de pantalla.

Índex

Dedicatòria	2
Resum.....	3
Índex	4
Índex de Figures	5
Capítol 1. Introducció	6
1.1 Justificació del TFC i context en el qual es desenvolupa: punt de partida i aportació del TFC	6
1.2 Objectius	6
1.3 Enfocament i mètode seguit	7
1.4 Productes obtinguts	7
1.5 Breu descripció dels altres capítols de la Memòria.....	8
 PRIMERA PART: Descripció Dels Sistemes d'Informació Geogràfica	
Capítol 2. Aproximació als Sistemes d'Informació Geogràfica.....	9
2.1 Aplicacions i usuaris dels SIG.....	9
2.2 Context històric dels SIG	12
2.3 Definició i comparació amb altres sistemes.....	16
Capítol 3. Components dels SIG	19
3.1 Maquinari	20
3.2 Programari	23
3.3 Informació geogràfica	25
3.4 Organització.....	27
Capítol 4. Modelització de la Informació Geogràfica.....	28
4.1 El model conceptual.....	29
4.2 El model lògic.....	31
4.3 El format Raster	35
4.4 El format vectorial	36
 SEGONA PART: Desenvolupament d'un projecte SIG	
Capítol 5. Projecte: Assignació de noms de carrers a illes urbanes.....	39
5.1 Descripció del Projecte	39
5.2 Model de Dades.....	40
5.3 Creació del GeoWorkSpace	41
5.4 Programació amb Geomedia	46
5.5 Resultats	51
Conclusions	54
Glossari	55
Bibliografia.....	59

Índex de Figures

Figura 1. Mapa de Grècia, realitzat l'any 1664 per Hendrick Doncker.	13
Figura 2. Els components dels SIG	19
Figura 3. Errades produïdes durant l'entrada de dades.	23
Figura 4. L'esfera terrestre i una projecció en el pla.....	26
Figura 5. Un model representa la realitat mitjançant símbols.....	28
Figura 6. Tipus d'entitats: a) punt, b) línia, c) polígon OO, d) polígon Arc-Node.....	30
Figura 7. Models lògics per representar variables qualitatives.....	32
Figura 8. Model conceptual de la superfície i diferents models lògics.....	33
Figura 9. Models lògics per representar entitats.....	34
Figura 10. Codificació d'una variable qualitativa en format raster.	35
Figura 11. Model de dades georeferenciat.	37
Figura 12. Notació UML del model de dades sobre les Illes i Carrers.....	40
Figura 13. Full del mapa topogràfic de l'ICC corresponent al nucli urbà de Mollet del Vallès.	41
Figura 14. Porció del full del mapa topogràfic utilitzat com a base geogràfica.....	42
Figura 15. Registre d'imatge corresponent al nostre mapa.....	43
Figura 16. La imatge es deforma per fer coincidir els punts de control amb la quadrícula.	44
Figura 17. Entitats vectorials Illes i Carrers, així com punts de control.	45
Figura 18. Aspecte general del mapa amb totes les entitats vectorials.....	45
Figura 19. Illa amb ID1=147 abans d'executar el procés automàtic.....	51
Figura 20. Illa amb ID1=147 després d'executar el procés automàtic.....	52
Figura 21. Finestra de dades abans d'executar el procés automàtic.	52
Figura 22. Finestra de dades després d'executar el procés automàtic.	53

Capítol 1

Introducció

1.1 Justificació del TFC i context en el qual es desenvolupa: punt de partida i aportació del TFC

Una de les principals utilitats dels Sistemes d'Informació Geogràfica la trobem en els nuclis urbans. Aquest és l'àmbit d'aplicació d'aquest treball, els SIG destinats a treballar amb informació de nuclis urbans i, més en concret, els que utilitzen informació sobre illes urbanes i carrers.

Els usuaris a qui va destinat el treball són tant les administracions locals com les empreses encarregades d'oferir serveis públics (com són la distribució de l'aigua, l'electricitat, la telefonia i d'altres), que empren els SIG per gestionar els recursos urbans i per la presa de decisions que afectaran al municipi.

Aquest treball pretén facilitar la tasca a qualsevol projecte SIG que treballi amb informació sobre illes urbanes i carrers, i aprofitar les característiques dels SIG per ressaltar les relacions geogràfiques que existeixen entre aquests dos tipus d'entitats. En particular, aporta un mecanisme automàtic per vincular els noms dels carrers a les illes a les que pertanyen.

1.2 Objectius

Els objectius plantejats en aquest treball són els següents:

- Conèixer les circumstàncies que envolten i expliquen l'aparició dels Sistemes d'Informació Geogràfica. En concret, saber perquè han aparegut i en quin moment històric, conèixer els sistemes anteriors als SIG, quines aplicacions tenen i qui demana aquestes aplicacions.
- Conèixer les característiques tècniques dels SIG. Això suposa saber de quines parts consten els SIG i comprendre el procés de modelització de les dades geogràfiques.

- Saber plantejar un projecte SIG. És a dir, entendre les singularitats d'un projecte SIG, degut a la naturalesa geogràfica de les dades, i saber resoldre el problema de manera encertada.
- Aprendre a realitzar una aplicació SIG sobre un programa d'ús general. En altres paraules, aplicar els coneixements adquirits, utilitzant les eines que ens proporcionen els SIG per resoldre un problema concret.

1.3 Enfocament i mètode seguit

El Projecte s'ha estructurat en dues parts amb continguts ben diferenciats, la part teòrica i la pràctica, que es corresponen amb fites temporals del Treball.

La part teòrica conforma la primera fita, on es pretén donar informació general sobre el món dels SIG i conèixer les seves principals característiques. Per tal d'aconseguir-ho, hem recopilat informació de llibres inclosos en la bibliografia recomanada de l'assignatura i hem fet una cerca en Internet de pàgines web que tracten sobre els SIG.

La part pràctica comprèn la segona fita, on s'aborda la tasca de realitzar una aplicació SIG integrada en el programari Geomedia. Per tal d'assolir els objectius marcats, hem estudiat la documentació de l'usuari i del programador que brinda aquest programari amb la seva instal·lació, i hem consultat pàgines web relacionades amb la programació del Geomedia.

1.4 Productes obtinguts

El producte obtingut és un procés automàtic integrat en la interfície del Geomedia, mitjançant un botó en la barra de tasques, que l'usuari pot executar en qualsevol moment.

El procés esmentat fa un recorregut per totes les illes d'un nucli urbà, i omple els seus atributs amb els noms dels carrers als que pertany cada illa. Com a màxim, s'ha establert el nombre de quatre carrers per illa.

1.5 Breu descripció dels altres capítols de la Memòria

La PRIMERA PART del Treball es correspon amb la part teòrica, i fem una descripció dels Sistemes d'Informació Geogràfica. Consta dels capítols 2, 3 i 4.

El capítol 2, s'introdueix informació general sobre els SIG: s'esmenta quines són les seves aplicacions i quins usuaris demanen aquestes aplicacions; es situa l'aparició dels SIG en el seu context històric; s'estableix una definició de SIG i es destaca les diferències entre aquests sistemes i altres semblants.

En el capítol 3, s'exposen els components que formen els SIG: maquinari i programari informàtic, informació i l'organització. Es fa una descripció de cadascun dels components, destacant el tret que singularitza aquest tipus de sistemes: la naturalesa geogràfica de les dades.

En el capítol 4, s'explica el procés de modelització de la informació geogràfica. En altres paraules, es descriu com es relacionen la realitat perceptible, el model conceptual, el model lògic i el model digital de les dades. Es destaca l'existència dels formats lògics raster i vectorial.

La SEGONA PART del Treball es correspon amb la part pràctica. Consta del capítol 5.

En el capítol 5, es presenta la part pràctica. S'explica en què ha consistit la pràctica i es mostren els passos que han conduït a la seva resolució: la definició del model de dades, la creació del Geoworkspace i la programació amb el Geomedia. Així mateix, es mostren els resultats d'executar l'aplicació.

PRIMERA PART:

Descripció Dels Sistemes d'Informació Geogràfica

Capítol 2

Aproximació als Sistemes d'Informació Geogràfica

2.1 Aplicacions i usuaris dels SIG

La possibilitat d'accés a la informació adequada en el moment precís significa un avantatge competitiu respecte a qui no té aquesta possibilitat. Per aquest motiu, la informació ha passat a ser un recurs més per tal d'obtenir béns i proporcionar serveis. D'altra banda, és evident que l'activitat humana s'ha desenvolupat, al llarg de la seva Història, sobre la superfície terrestre i, en conseqüència, l'accés i el control sobre la informació referida al territori un factor molt important. Així doncs, no seria exagerat afirmar que la informació geogràfica és, entre tots els tipus d'informació que podem identificar, una de les més importants, degut a l'abundància de continguts, a l'aprofitament econòmic que es pot aconseguir i al seu valor geopolític i social.

La informació geogràfica ens permet identificar molts dels problemes que ocorren en el nostre entorn, i ens permet enfrontar-nos a ells amb millors perspectives d'èxit. Però les característiques concretes de la informació geogràfica i la seva complexitat fan

necessàries eines especialitzades en el seu tractament, com són els Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG).

Els SIG ens permeten: emmagatzemar la informació geogràfica seguint models de dades adequats; consultar les dades imposant condicions de consulta com, per exemple, saber quines parcel·les són limítrofes a una donada, o quantes propietats immobles superen una determinada extensió; visualitzar les dades en un entorn de quatre dimensions (tres espacials i el temps) de manera que ajudi a la comprensió del component espacial de les dades; analitzar les dades per aconseguir nova informació, verificar hipòtesis sobre la distribució espacial de les variables estudiades, o per la presa de decisions sobre ordenació territorial, estudis d'impacte ambiental, etc.

Establirem diferents grups d'aplicacions segons la similitud del tema que tracten: aplicacions biòtiques, d'administració i gestió, socioeconòmiques i de caràcter global.

2.1.1 Aplicacions biòtiques

En aquest grup trobem les que fan referència a l'agricultura. Donada la importància d'aquesta activitat, la informació sobre la situació agrícola i l'ús del sòl sobre un determinat territori és molt important. Podem combinar els SIG amb dades rebudes dels satèl·lits i dades de tipus meteorològic per saber en quin estat es trobaran les collites en el moment de la recol·lecció. També podem decidir quin tipus de collita establir en un terreny en funció del tipus de sòl, nivell d'erosió d'aquest, o si podem aprofitar l'existència d'aqüífers subterranis pel regadiu.

Un altre tipus d'aplicacions que es poden incloure en aquest grup és el de la gestió de recursos naturals. Fan referència a la informació sobre la distribució i el tipus de recursos naturals que hi ha sobre la superfície terrestre, com poden ser els recursos minerals, la localització de zones amb aigua abundant en el subsòl, o la localització de zones amb característiques tendents a la formació de bosses petrolíferes.

2.1.2 Aplicacions d'administració i gestió

En aquest grup trobem les activitats de les administracions públiques i empreses de gestió de serveis.

Les aplicacions cadastrals són un exemple. El *Sistema de Información Catastral (SIC)*, portat a terme per l'Estat espanyol, és un bon exemple de la utilització dels SIG en un projecte d'informació cadastral, ja que constitueix el conjunt d'informació geogràfica més important, pel que fa a extensió i detall, en tot l'Estat espanyol. Està gestionat pel *Centro de Gestión Catastral y Cooperación Tributaria (CGCCT)* del *Ministerio de*

Economía y Hacienda, i es va crear amb la intenció de fer un inventari exhaustiu de les dades i característiques dels béns immobles urbans i rústics, i conèixer les seves característiques físiques, econòmiques i jurídiques. L'objectiu és que aquesta informació serveixi per fer una bona gestió cadastral i que sigui, a la vegada, un instrument d'anàlisi i explotació d'aquesta informació geogràfica per part de totes les administracions de l'Estat.

Un altre exemple, en aquest grup d'aplicacions, són la planificació i gestió de serveis públics. En aquest cas, les usuàries són les empreses que ofereixen aquests serveis, és a dir, les companyies de telefonia, aigua, gas, electricitat, etc. Els SIG proporcionen, en aquest context, una relació directa entre les dades geogràfiques amb dades alfanumèriques de la xarxa, donant una capacitat d'anàlisi molt alta. Els beneficis poden ser: fer una previsió de la demanda davant d'una propera expansió, donar criteris per situar la localització d'una nova planta de producció o de difusió o fer el manteniment de la xarxa.

Les aplicacions urbanes tenen relació amb la gestió dels municipis que realitzen els ajuntaments. La informació que utilitzen és molt variada i involucra diferents nivells de responsabilitat: la cartografia bàsica municipal, el control d'edificacions, la gestió de comicis electorals, la gestió de recursos urbans, els usos del sòl, la gestió cadastral, la gestió mediambiental o el planejament del transport públic.

Un darrer tipus d'aplicacions dintre d'aquest grup són les relacionades amb la seguretat i la defensa. La informació geogràfica, en qualsevol acció bèl·lica, permet disposar d'un avantatge estratègic respecte l'enemic que no la té. Els SIG poden treballar juntament amb les imatges de satèl·lits i els sistemes GPS per localitzar els efectius de l'exèrcit enemic, i disposar els efectius militars sobre el terreny. Pel que fa a la seguretat civil, els SIG permeten la prevenció i la gestió de situacions de crisi tant a les forces de seguretat dels estats, als cossos de bombers o a les unitats de protecció civil.

2.1.3 Aplicacions socioeconòmiques

Els censos permeten conèixer les característiques que presenta la població. Com la població està ubicada geogràficament, aquesta informació la podem integrar en un SIG, i en aquest cas podem aprofitar els avantatges que ens donen els SIG. Podrem planificar i gestionar serveis que cobreixin les necessitats concretes de la població en cada territori d'una manera molt precisa com, per exemple, la implantació de noves guarderies en zones amb una alta natalitat.

Els estudis de mercat pretenen donar informació a les empreses sobre la població que sigui valuosa per la seva activitat comercial. L'àmbit d'aquests estudis tendeix a ser petit geogràficament, per tal de caracteritzar millor la població d'estudi. És per això que la informació geogràfica ha de ser molt detallada i precisa, cosa que permeten els SIG.

2.1.4 Aplicacions de caràcter global

En els darrers anys han aparegut iniciatives amb l'objectiu d'estudiar el comportament climàtic, i en concret les causes dels desequilibris que pateix el medi ambient a escala global. Aquestes iniciatives les han impulsat organitzacions supraestatsals com les Nacions Unides o la Unió Europea. Destaquem el projecte CORINE (Coordinated Information on European Environment) desenvolupat per la UE; el projecte UNEP (United Nations Environmental Program), amb l'objectiu d'estudiar l'estat dels oceans, l'evolució de la desertització o la pol·lució; o les bases de dades mundials gestionades per la pròpia ONU i sorgides a partir del projecte UNEP, amb la finalitat de crear una xarxa global de dades sobre recursos naturals i medi ambient.

2.2 Context històric dels SIG

2.2.1 Antecedents històrics del SIG.

En els seus inicis, la geografia es va anar construint a partir dels treballs dels viatgers, exploradors, biòlegs, topògrafs, cartògrafs i empírics. Es tractava de conèixer noves terres, elaborar els primers mapes, descobrir els cursos dels rius, determinar el relleu del territori, i explicar fenòmens com els volcans, les inundacions, les sequeres i els eclipsis.

Els primers mapes dels que tenim notícia daten del 2.300 a.c. realitzats a Babilònia, i consistien en el mesurament de terres amb la fi de cobrar impostos. En aquesta primera etapa de la història, els mapes s'utilitzaven, sobretot, per establir localitzacions, distàncies i recorreguts, però també per representar la Terra des d'una perspectiva religiosa.

Les primeres directrius per la representació científica de la superfície terrestre les van posar els cosmògrafs, astrònoms i matemàtics grecs. Tota la geografia matemàtica desenvolupada posteriorment, fins arribar a l'actualitat, es basa en els coneixements aportats per aquests savis grecs.

Després de la caiguda de l'Imperi Romà, es produeix a Europa un retrocés cultural general. Desapareix el sistema de mesurament per coordenades, i la geografia matemàtica és substituïda per una geografia basada en expressions de la Bíblia. Els mapes, en aquesta època, reflecteixen una concepció teològica del món, i deixen de tenir utilitat pràctica.



Figura 1. Mapa de Grècia, realitzat l'any 1664 per Hendrick Doncker.

En qualsevol cas, a partir del segle XIII i fins ben bé el XVII, la importància del comerç fa tornar a prevaler la concepció més utilitària i científica, i es desenvolupen les cartes marítimes, que són quaderns d'instruccions que indiquen les rutes per mar. Les rutes s'establien en funció dels vuit vents principals, i l'aparició de la brúixola i l'astrolabi van afavorir una major precisió en les dades geogràfiques. Malgrat que les cartes nàutiques no tenien coordenades, estaven fetes a escala, el que permetia conèixer les distàncies.

En síntesi, podríem dir que fins el segle XVIII la geografia es va dedicar a l'acumulació de dades geogràfiques, i que no va ser fins el segle XIX que els fenòmens naturals es van començar a estudiar com un conjunt i no com fenòmens separats. En aquest moment nasqué la geografia moderna, entesa com la ciència que estudia les relacions existents entre els grups humans i el territori. Les diferents corrents teòriques defensaven en quin grau el mitjà físic determinava les activitats humanes, o si era a l'inrevés.

Ja ben entrat el segle XX, han emergit noves corrents teòriques i metodològiques. En aquesta època, el desenvolupament tecnològic ha afavorit l'aparició d'aparells com els satèl·lits i tota mena de sensors electrònics, amb els que hem estat capaços d'estudiar

el territori amb una precisió extraordinària. Paral·lelament han sorgit diversos tipus de sistemes informàtics capaços d'analitzar i gestionar gran quantitat de dades geogràfiques.

2.2.2 Els Sistemes d'Informació Geogràfica

En la dècada dels anys 50 comencen a aparèixer les primeres temptatives per implementar sistemes que aprofitessin la potència dels ordinadors, nascuts en aquella època, per realitzar tasques cartogràfiques. Són projectes individuals, que neixen independents els uns dels altres, principalment als Estats Units, Gran Bretanya i Canadà. Un exemple el trobem en l'*Atlas of the British Flora*, que utilitzant una tabuladora modificada i una targeta perforada es van realitzar prop de dos mil mapes, estalviant un trenta per cent del temps respecte al treball manual.

Amb el pas dels anys l'interès per aquest tipus de tecnologia va en augment, en bona part motivat per la ràpida evolució dels ordinadors i per les grans possibilitats que oferien en l'automatització de les tasques. Aviat es va veure, però, que oferien altres possibilitats, com les anàlisis espacials, i és per això que, ja en la dècada dels seixanta, diferents col·lectius inicien projectes per satisfer les seves necessitats d'anàlisi.

Entre aquests col·lectius figuren institucions i instàncies governamentals (en ocasions, fins i tot, diverses instàncies d'una mateixa administració posen en marxa diferents projectes de manera aïllada) que es dediquen al tractament de la informació geogràfica, les universitats, interessades principalment en l'anàlisi de les dades geogràfiques, i les grans empreses, que veuen un camp profitós per investigar.

Com a projectes influents en la història i el desenvolupament dels SIG, podem destacar els següents:

- El *Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis (LCG)*. Va ser fundat el 1966 per Howard Fisher en la Graduate School of Design de la Universitat de Harvard. Va ser la primera institució creada expressament per crear programari dedicat a les aplicacions cartogràfiques, encara que el seu interès era, sobretot, les capacitats d'anàlisi espacial.

El *LCG* va crear el 1968 el *Symap*, un sistema que permetia elaborar mapes d'isolínies i coropletes. Per problemes de finançament, el *LCG* desenvolupa el 1973 el *polyvrt*, que permetia representar les relacions espacials existents entre els diferents elements geogràfics. El 1975 es crea l'*Odissey*, el qual podríem considerar, des de la perspectiva actual, com un vertader SIG. Utilitzava l'estructura vectorial arc/node i la

superposició com a base de l'anàlisi espacial, tecnologies utilitzades encara actualment. El LCG va desaparèixer a finals dels anys vuitanta, però la seva aportació al món dels SIG ha estat molt important, tenint en compte, a més a més, que els especialistes en SIG més importants en els nostres dies van estar vinculats al LCG.

- L'Administració dels Estats Units. Els treballs sobre cens portats a terme pel *United States Census Bureau (USCB)* van donar com a fruit el sistema de codificació *DIME (Dual Independent Map Encoding)*, fonamentat en la descripció de la estructura urbana en base a les relacions topogràfiques dels carrers. Aquesta labor va continuar amb l'elaboració de atlas urbans que van servir per millorar les estructures topològiques de dades vectorials. Alguns sistemes sorgits del DIME són l'*Artihmicon* i el *Tiger*.

Un altre cas destacat va ser el de *United States Geological Survey (USGS)*. Aquesta institució va desenvolupar el *GIRAS* l'any 1973, amb la finalitat de realitzar la gestió i anàlisi de la informació dels recursos del sòl. Una versió millorada, el *GIRAS 2*, afegia la conversió entre estructures de dades vectorials i raster.

- La iniciativa privada als Estats Units. Podem destacar algunes empreses que van tenir iniciativa investigadora en el món dels SIG com *Intergraph*, *ComputerVision*, *Synercom* o, en especial, l'*Environmental Systems Research Institute (ESRI)*, empresa que ha tingut una notable influència en el desenvolupament dels SIG actuals.

- El Canadian Geographic Information System (CGIS). Aquest programari canadenc, desenvolupat a partir del 1966, va ser una iniciativa personal de Roger Tomlinson, i es considera que és el primer SIG. Tomlinson treballava en una empresa dedicada a treballs topogràfics, i cercava el desenvolupament d'eines que fossin capaces de fer el tractament i anàlisi de dades geogràfiques, donant rellevància a aquest últim aspecte. Tomlinson va desenvolupar el seu projecte en col·laboració amb el Departament d'Agricultura i IBM, i va ser el primer sistema que va incorporar una estructura de dades vectorial topològica de tipus arc/node i d'altres funcions que incorporen la majoria de SIG actuals.

- L'evolució a la Gran Bretanya. El cas britànic és molt semblant al cas nord-americà, malgrat que el pes de la iniciativa privada no és tan significatiu. En l'àmbit universitari, l'objectiu principal era l'anàlisi de les dades, mentre que en l'àmbit institucional l'objectiu era automatitzar els processos de producció cartogràfica. Destaquem els casos de la *Experimental Cartographic Unit (ECU)* en la universitat, i de la *Ordnance Survey (OS)* en l'administració. Ambdós projectes es van influir mútuament.

2.3 Definició i comparació amb altres sistemes

2.3.1 Definició

Primer de tot, cal precisar que no existeix un consens clar per establir una definició del que és un SIG, i els motius que porten a aquesta confusió terminològica són varis: per una banda, els intents de monopolitzar els SIG i rendibilitzar-los en exclusiva per part de les diferents ciències i activitats lligades a la informació geogràfica; d'altra banda, la forta demanda comercial fa que moltes empreses venguin com SIG productes que s'assemblen però que no ho són; i un darrer factor és la ràpida evolució tecnològica, que aporta nous conceptes i estratègies de treball per explorar.

Segons la utilitat que es doni als SIG, podem distingir tres enfocaments diferents: el cartogràfic, que veu els SIG com una eina que automatitza la tasca de tractament d'informació cartogràfica, i és propi d'organismes productors de cartografia oficial (com l'*Institut Cartogràfic de Catalunya* o l'*Instituto Geográfico Nacional*); el segon enfocament veu els SIG com un tipus especial de bases de dades, i està influenciat per la forta evolució conceptual i tecnològica dels sistemes d'informació i gestors de bases de dades. Es posa l'èmfasi en les característiques i el funcionament de la base de dades, i és un enfocament propi d'entitats que gestionen el territori, com l'administració municipal, el cadastre o les empreses de serveis públics; el tercer enfocament veu els SIG com una eina d'anàlisi espacial, i és propi d'entitats encarregades de l'anàlisi i estudi del territori, com ara les universitats, centres d'investigació o departaments de planejament.

Segons Comas i Ruiz (1993), la definició més citada durant uns anys ha estat la de Burrough: "Un SIG és un potent equip instrumental per la recollida, l'emmagatzematge, recuperació, transformació i la representació de dades espacials relatives al món real" (Burrough, 1986, pág.6), definició que reflexa les preocupacions tecnològiques pròpies dels anys vuitanta. Seguint la línia dels autors que hem pres com a referència en aquest treball, entenem que la millor definició per als SIG és la que està més enfocada als nous reptes dels SIG, com la modelització, anàlisi i presa de decisions territorials, que en veu de Goodchild i Kemp correspondria a:

"Sistema d'informació compost per maquinari, programari i procediments per capturar, utilitzar, manipular, analitzar, modelitzar i representar dades georeferenciades, amb l'objectiu de resoldre problemes de gestió i planificació" (Goodchild i Kemp, 1990, p.1).

2.3.2 Comparació amb altres sistemes

La utilització dels ordinadors com a eina de producció cartogràfica ha causat l'aparició de nous mètodes i conceptes, moltes vegades confosos entre ells per la seva similitud. Les persones que van iniciar el desenvolupament dels SIG no eren conscients de que ho estaven fent, simplement buscaven nous mètodes i eines que els permetessin tractar la informació geogràfica d'una manera eficient. Així doncs, és natural pensar que l'evolució dels SIG va lligada a l'evolució d'altres sistemes molt semblants.

Un d'aquests sistemes és el de Cartografia Assistida per Ordinador (CAM, per les seves sigles en anglès, *Computer Automated Mapping*). La podem definir com un conjunt de processos relatius a la organització, accés, representació i tractament de dades geogràfiques per a l'elaboració de mapes i gràfics mitjançant sistemes informàtics.

La CAM fa possible disposar de mapes interactius que permeten crear associacions entre els diferents components del mapa i interactuar amb la informació. Malgrat tot, es pot interpretar que la CAM és encara un simple procés de confecció de mapes, i que només canvia el suport on es presenta la informació espacial. Però, en l'actualitat, la CAM ha adquirit noves característiques expressades a través de la Visualització Geogràfica, l'objectiu de la qual és desenvolupar les possibilitats de representació dels fenòmens espacials mitjançant eines informàtiques.

La principal diferència que observem entre els sistemes de CAM i els SIG és que els primers no pretenen fer anàlisi de les dades, sinó presentar-les, fer-les accessibles i entenedores, i possibilitar un possible procés d'anàlisi posterior.

Els sistemes de Disseny Assistit per Ordinador (CAD) s'utilitzen per dissenyar i dibuixar nous objectes. Posen l'èmfasi en les funcionalitats gràfiques, per això aviat es van utilitzar per representar mapes que s'estructuraven en capes temàtiques, millorant el procés de producció. Les principals diferències entre els sistemes CAD i els SIG estan en la major diversitat de dades que utilitzen els segons i, sobretot, en la capacitat d'integrar dades georeferenciades per realitzar posteriors anàlisis.

Els Sistemes Gestors de Bases de dades (SGBD) són sistemes desenvolupats per emmagatzemar i manipular grans volums d'informació alfanumèrica, però no disposen de funcionalitats gràfiques. S'utilitzen conjuntament amb els SIG per tractar les dades geogràfiques, sempre que el disseny que es faci de la base de dades tingui en compte la naturalesa geogràfica de les dades.

Els sistemes de teledetecció, o de captació de imatges per satèl·lit, es consideren una font de matèria primera que nodreix els SIG. Aquests sistemes tracten la informació

que reben a través de sensors remots, que són capaços de captar la radiació que emet la superfície terrestre. Posen l'èmfasi en la classificació de les dades que reben, però les seves capacitats d'anàlisi són escasses. Es poden connectar als SIG i, fins i tot, ambdós sistemes poden estar totalment integrats en un sol producte.

Capítol 3

Components dels SIG

Els Sistemes d'Informació Geogràfica són sistemes d'informació. És a dir,

“són sistemes que recullen, emmagatzemen, processen i distribueixen conjunts d'informació entre els diversos elements que configuren una organització, i entre l'organització mateixa i el seu entorn” (Barceló i Pastor, 2004).

Tenen, però, una característica particular que els fa diferents d'altres tipus de sistemes d'informació: la naturalesa georeferenciada de les dades que manipula. Amb tot i això, els components bàsics que formen part dels SIG són els mateixos que qualsevol altre sistema d'informació: el maquinari i programari informàtic (el que podríem anomenar component informàtic), la informació i l'organització.



Figura 2. Els components dels SIG

Podríem fer la descripció del component informàtic des de la seva arquitectura o des de la seva funcionalitat. Pensem que és la seva funcionalitat la que dona raó d'ésser a un SIG, per tant, serà aquest aspecte el que descriurem. Pel que fa a l'arquitectura,

només farem algunes observacions en cada apartat quan creiem que aporta informació rellevant, però no entrarem en detall perquè considerem que l'arquitectura del sistema no afecta essencialment la funcionalitat d'aquest, que és el que ens interessa exposar.

3.1 Maquinari

El maquinari informàtic és una de les tecnologies que ha experimentat un procés de creixement més dinàmic durant els darrers cinquanta anys. L'evolució, des dels primers ordinadors en la dècada dels quaranta, que ocupaven una superfície d'uns 160 metres quadrats, pesaven 30 tones, que només podien emmagatzemar 20 números de 10 dígit cadascun i que podien realitzar 5.000 operacions per segon, ha estat meteòrica. Avui dia existeixen ordinadors que els podem portar a la mà, que no superen el mig kilogram de pes, i que realitzen varis milers de milions d'operacions per segon.

La influència de la informàtica ha canviat la nostra societat, ens ha estalviat fer molta feina repetitiva i feixuga, ens ha fet la vida més còmoda i ha eixamplat els límits de la investigació científica. La informàtica ha trobat aplicacions en qualsevol àmbit de la nostra vida, i el factor clau que ho ha permès ha estat l'evolució tecnològica que ha sofert el maquinari.

Pel que fa a la seva aplicació en el món del tractament de la informació geogràfica, gairebé els primers ordinadors comercials, apareguts pel voltant dels anys cinquanta i que funcionaven amb targetes perforades, ja es van utilitzar per projectes cartogràfics. El maquinari que es va utilitzar en el projecte que es considera el primer SIG, el Canadian Geographic Information System impulsat per Roger Tomlinson, va ser un escàner de tambor, un *mainframe* IBM 360/65 i taules digitalitzadores especialment dissenyades per aquell projecte.

3.1.1 Unitat Central

Avui dia, el tipus d'ordinador utilitzat depèn més de l'arquitectura informàtica utilitzada en l'organització que de les prestacions d'un tipus determinat d'ordinador. Els ordinadors més utilitzats són els ordinadors personals, amb capacitat de procés més que suficient per realitzar les tasques d'un SIG, i els servidors, típicament utilitzats com servidors SGBD.

3.1.2 Perifèrics d'entrada de dades

En aquest apartat trobem els perifèrics habituals en un equip informàtic, el teclat i el ratolí, i d'altres que són més específics per treballar amb dades espacials. El teclat, en un entorn de SIG, s'utilitza bàsicament per introduir dades alfanumèriques, i el ratolí serveix per interactuar amb el programari.

Entre els perifèrics més específics per tasques amb dades geogràfiques trobem les tauletes digitalitzadores i els escàners. El que fan ambdós aparells és digitalitzar plànols analògics, per tal de que el SIG pugui treballar amb la informació que ens interessa.

Les tauletes digitalitzadores consisteixen en un taulell pla que en el seu interior té una malla densa de fils metàl·lics, i sobre aquests taulell situem el mapa o plànol que volem digitalitzar. Aquests fils detecten l'impuls electrònic que emet el cursor, que és l'aparell que utilitzem per localitzar i marcar els punts sobre el mapa que ens interessin. A través dels impulsos electrònics que emet el cursor, es projecta la posició del punt de mira del cursor cap a la malla de fils. A partir d'aquesta operació les dades són georeferenciades automàticament conforme al calibrat cartogràfic definit al principi de la sessió.

Els escàners són aparells que converteixen un document en una imatge digital. Funcionen emetent raigs de llum sobre tots els punts del document (com més resolució, més precisió i més punts serà capaç l'escàner d'identificar). Un sensor capta el reflex de la llum i emmagatzema la posició i la intensitat de cada punt. Són ideals per treballar amb el model de dades raster, com veurem més endavant.

3.1.3 Perifèrics de sortida de dades

Els perifèrics més habituals en aquest grup són els monitors gràfics, les impressores i els *plotters*.

Els monitors gràfics formen part de l'equip informàtic habitual. En el monitor veiem la informació mentre treballem amb l'ordinador, i no és necessàriament permanent. Pot estar, o no, emmagatzemada en el sistema.

Impressores tenim de moltes tecnologies diferents. Segons el pressupost i la qualitat que desitgem en el resultat final serà més convenient un tipus o un altre. Les impressores matricials està en desús, però encara s'utilitzen per fer llistats molt grans. En els SIG s'utilitzen per fer llistats estadístics. Les impressores de injecció de tinta són les més habituals avui dia en l'entorn domèstic i la petita oficina. Ofereixen una

qualitat gràfica força acceptable a un cost relativament reduït. Les impressores tèrmiques ofereixen una qualitat superior a les de injecció de tinta, però el seu cost també és més alt, i la impressió és més lenta. Les impressores làser són molt utilitzades en oficines grans, on la velocitat d'impressió és important. Ofereixen una qualitat d'impressió molt bona, i els costos són cada vegada més reduïts. Les grandàries d'impressió, en totes aquestes tecnologies, són habitualment DIN A4 i DIN A3.

Els plotters són aparells que ofereixen una qualitat molt alta d'impressió i cobreixen grandàries des de DIN A4 fins documents de gran format DIN A0. Funcionen amb un traçador que recorre el document imprimint segons les instruccions que hi ha en un arxiu de traçat. Són aparells molt habituals en entorns professionals on els gràfics tenen un paper important. Així doncs, és fàcil entendre que són els perifèrics de sortida de dades més habituals en els SIG.

3.1.4 Perifèrics d'emmagatzematge de dades

En aquest grup tenim els discos magnètics, els discos òptics i les cintes magnètiques.

Els discos magnètics poden ser fixos (discos durs) o portables (diskettes). Els diskettes tenen molt poca capacitat d'emmagatzematge, i cada vegada s'utilitzen menys. Els discos durs tenen una capacitat d'emmagatzematge de centenars de Gigabytes, i fins i tot Terabytes. L'accés a les dades és aleatori i és on s'emmagatzema la base de dades.

Els discos òptics emmagatzemen les dades amb un làser que grava impressions òptiques en el disc. Són discos òptics els CD (*Compact Disc*) i els DVD (*Digital Versatil Disk*). Són discos portables i, encara que certs tipus de discos permeten la reescriptura, es solen utilitzar com dispositius d'una sola escriptura, ja que el procés requereix un programari especial i no és tan automatitzat com l'escriptura en els discos magnètics. És a dir, s'utilitzen per emmagatzemar dades que seran llegides moltes vegades però rarament modificades. Els DVD poden arribar a varis Gigabytes de capacitat.

Les cintes magnètiques són de lectura seqüencial. S'utilitzen per emmagatzemar grans quantitats de dades que seran llegides molt rarament. Una utilitat que tenen són les còpies de seguretat.

3.2 Programari

Hi ha varis tipus de programari que formen part d'un SIG. Per una banda, tenim els sistemes operatius i, per altra banda, els paquets SIG pròpiament dits. En aquest àmbit parlarem dels Sistemes Gestors de Bases de Dades (SGBD) com un subsistema dels SIG, malgrat que són productes independents i que els SGBD poden formar part d'aplicacions heterogènies que res tenen a veure amb els SIG.

El programari SIG pròpiament dit és el que dóna funcionalitat al SIG. De fet, molts autors sobreentenent que quan parlen de SIG es refereixen al programari SIG. Depenent de l'arquitectura informàtica dissenyada en l'organització, el programari SIG pot funcionar autònomament en un ordinador o pot estar implantada en un o varis servidors (llavors parlem d'arquitectura client/servidor i arquitectura distribuïda, respectivament) que donen servei a la xarxa interna de l'organització. El que sí acostuma a estar sempre en un servidor són les dades emmagatzemades en un SGBD, i les diferents aplicacions SIG accedeixen remotament. En qualsevol cas, i com hem comentat al principi d'aquest capítol, l'arquitectura no afecta la funcionalitat del SIG i, per tant, no entrarem en més detalls.

Les principals funcions del programari SIG són: d'entrada, de gestió, de manipulació, d'anàlisi i de representació de dades.

Les funcions d'entrada permeten digitalitzar dades cartogràfiques amb les seves coordenades georeferenciades d'acord amb un sistema de referència convencional.

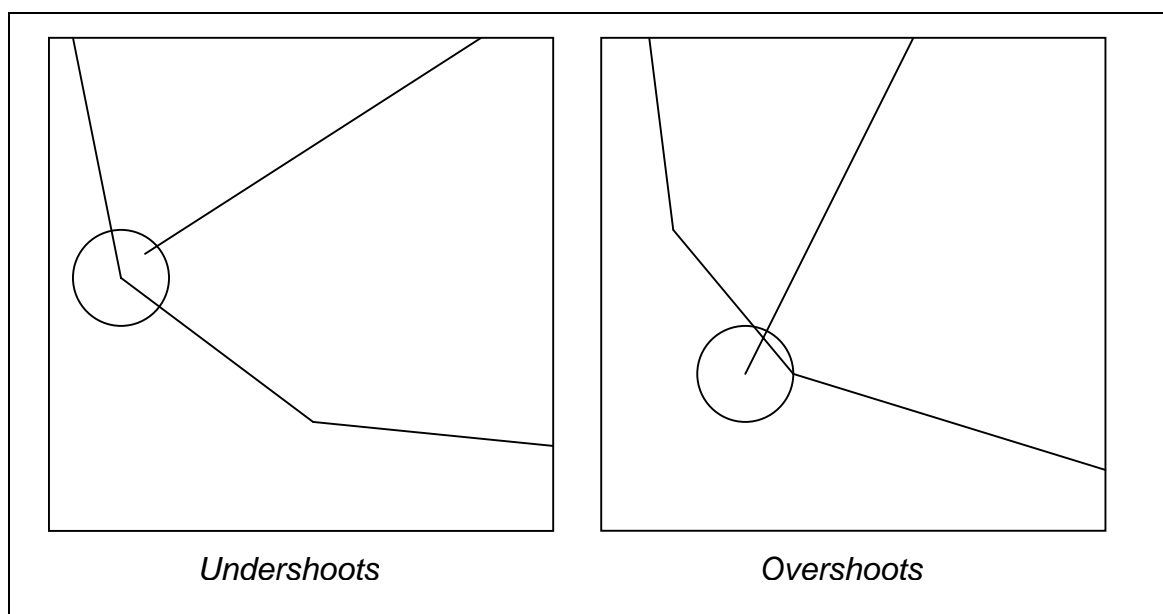


Figura 3. Errades produïdes durant l'entrada de dades.

Les funcions d'entrada tenen capacitats d'edició per esborrar de manera interactiva les entitats errònies o resoldre errors en les dades introduïdes. Els paquets SIG poden solucionar errors com els de la figura 3 de manera automatitzada. També poden suavitzar les línies i simplificar-les. L'entrada de dades es fa d'una manera interactiva i, durant el procés, l'usuari pot assignar una simbologia preestablerta per tal de distingir els diferents tipus d'entitats.

Les funcions de gestió són les que realitza el SGBD. Aquest subsistema s'encarrega de controlar l'organització física i lògica de les dades, el seu emmagatzematge, actualització i recuperació. Altres funcions, no poc importants, són preservar la integritat de les dades i garantir l'accés simultani de diversos usuaris. Donada la peculiaritat de la naturalesa de les dades geogràfiques, però, es fan necessaris models de dades avançats que representin de manera precisa la realitat geogràfica, i moltes vegades, els SGBD estàndards no poden aconseguir-ho. Fins ara, una solució molt estesa era utilitzar dos SGBD: un sistema estàndard per tractar les dades alfanumèriques i un altre de disseny propi per tractar les dades geogràfiques. Però en els darrers anys han aparegut productes híbrids que pretenen integrar en un sol producte tota la gestió de dades que suporta un SIG. Són les anomenades Bases de Dades Espacials (SDBMS, o Spatial Data-Base Management System), productes com ESRI SDE, PostGIS o Oracle Spatial.

Les funcions de manipulació són les que permeten l'estructuració, la transformació i la integració de les dades geogràfiques i les temàtiques. Les més importants són les d'estructuració, que permeten definir les relacions geomètriques entre entitats geogràfiques. Aquestes funcions només tenen sentit en models vectorials. Les funcions de transformació consisteixen en canvis de projecció i de coordenades per poder, per exemple, unificar dades obtingudes de diferents fonts. Les funcions d'integració permeten el canvi de format de les dades.

Les funcions d'anàlisi espacial són les que distingeixen els SIG d'altres sistemes que poden ser semblants. Són aquelles que tracten conjuntament les dades geogràfiques i les dades temàtiques. Les classifiquem segons el criteri adoptat per Aronoff (1989, p.195-196): recuperació, superposició, veïnatge i connectivitat.

Les funcions de recuperació modifiquen només les dades temàtiques. Consisteixen en consultes sobre les dades per trobar entitats geogràfiques en funció dels seus atributs, canviar la classe d'algunes entitats en funció dels seus atributs (agregació i

desagregació), calcular distàncies, àrees, perímetres o realitzar estadística espacial descriptiva.

Les funcions de superposició són les que permeten crear noves entitats a partir de la intersecció de vàries entitats, i també s'aplica als atributs temàtics.

Les funcions de veïnatge avaluen les característiques de l'àrea que envolta una localització determinada.

I les funcions de connectivitat, que van acumulant valors al llarg de l'àrea que travessen. Poden basar-se en un o més valors, i els resultats poden ser quantitatius (per exemple, el consum de benzina en un recorregut) o qualitatius (estar o no a més de cent metres d'una central nuclear).

Les funcions de representació són les que permeten representar els resultats obtinguts de l'anàlisi i tractament de les dades. Els resultats expressen tant els resultats de la base de dades com les manipulacions fetes. Formen part d'aquestes funcions el tractament de textos, la simbolització i la transformació dels resultats.

El tractament de textos consisteix en la creació d'etiquetes de text explicatives en els mapes, la llegenda, l'indicador del nord.

La simbolització d'entitats cartogràfiques consisteix en assignar diferents símbols als diferents tipus d'entitats representades en els mapes. Requereix procediments d'enllaç entre les entitats i les llibreries de símbols.

La transformació dels resultats consisteix, bàsicament, en funcions que transformin els resultats a una sintaxi entenedora pels perifèrics de sortida, en especial els *plotters*.

3.3 Informació geogràfica

Són la matèria primera dels SIG, i allò que aporta el component geogràfic al sistema. Les dades geogràfiques tenen unes peculiaritats que les diferencien d'altres tipus de dades i les fan més complexes. Podríem dir que tenen una naturalesa combinada, amb components geogràfics i atributs no geogràfics. Les seves principals característiques són: la posició, els atributs descriptius, les relacions espacials i el temps.

La posició d'una entitat geogràfica fa referència a la seva localització en l'espai. Aquesta característica permet esbrinar on es troben situades les entitats geogràfiques, o bé quina entitat hi ha en una posició determinada. La localització, en l'àmbit dels

SIG, es fa en relació al geoide terrestre, que és una representació geomètrico-matemàtica de la Terra, i és per això que se la coneix amb el terme de *georeferenciació*.

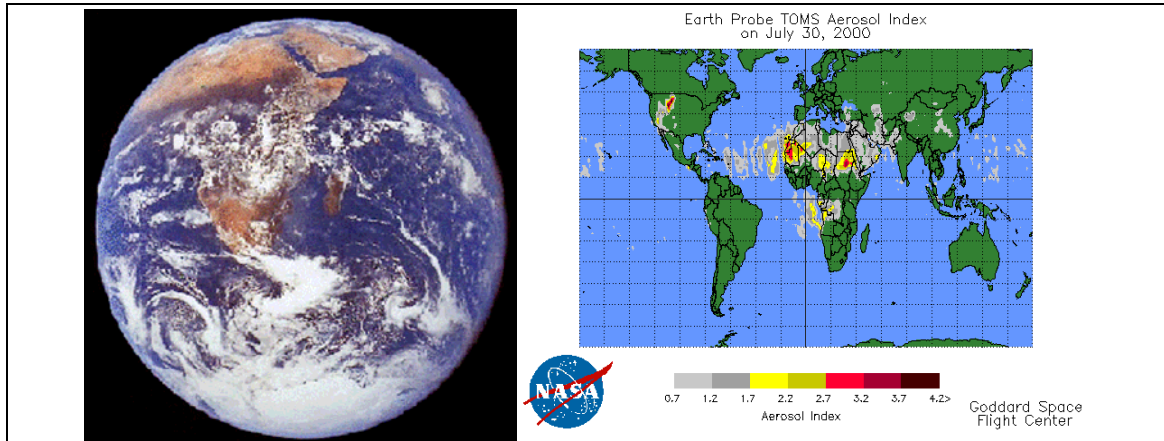


Figura 4. L'esfera terrestre i una projecció en el pla.

El problema principal que trobem en aquest procés és que és impossible transformar les coordenades de tot l'esferoide en coordenades planes (el que s'anomena projecció) sense provocar deformacions. La ciència que estudia la forma i grandària de la Terra i les posicions sobre ella és la Geodèsia, i la que estudia els sistemes de projecció sobre superfícies planes és la Cartografia.

Els atributs descriptius representen les característiques alfanumèriques de les entitats geogràfiques.

Les relacions espacials ens permeten establir relacions geogràfiques entre les entitats. Per exemple, ens permet saber quins pobles trobarem en un tram de carretera, o si travessarem algun riu, etc. Aquestes relacions són difícils de poder transmetre al sistema. Les persones distingim les relacions espacials d'una manera inherent quan observem el territori, però en els SIG hem de fer-les explícites. Aquest procés es coneix en la terminologia dels SIG com *estructuració topològica*.

La dimensió temporal de les entitats espacials és important perquè el territori no és immutable i estàtic, les activitats humanes i la pròpia naturalesa s'encarreguen de transformar el territori. A on fa pocs anys hi havia un bosc, ara pot haver una urbanització, i cal tenir les dades actualitzades. Un segon motiu per donar importància al component temporal és que moltes aplicacions necessiten saber amb precisió la data concreta de la recollida de les dades, i fins i tot potser la hora. Pensem en un estudi de la temperatura en una zona. Haurem de distingir en quina època de l'any fem l'estudi i a quina hora del dia.

En el capítol “Modelització de la informació geogràfica” veurem amb més detall com passar de la observació del territori a un model de dades geogràfiques vàlid per poder treballar amb ell.

3.4 Organització

Un SIG ha de complir un objectiu en l'organització on està implantat. Els SIG poden aportar eficàcia, més enllà del mer tractament cartogràfic. Pot aportar eficàcia en el tractament integrat de diversos registres d'informació (com pot ser, per exemple, la informació urbanística, la fiscalitat de la propietat o el padró) dintre d'un sistema centralitzat.

Així mateix, pot aportar eficàcia en la millora de la comunicació entre diferents nivells jeràrquics de l'organització, com el directiu, el de gestió i l'operatiu. El nivell directiu fixa objectius, assigna recursos i estableix normativa pel funcionament intern de l'organització; el nivell de gestió tradueix les decisions de direcció en plans d'actuació; i el nivell operatiu s'ocupa de la producció i entrega d'un bé o servei. En aquest aspecte, un SIG pot millorar el procés d'anàlisi de les dades geogràfiques aportant més eficàcia i velocitat, i esdevenir un factor estratègic clau en la presa de decisions que afectin al territori.

Un SIG, en determinats casos, pot comportar un canvi organitzatiu que pot arribar a ser molt profund, sobretot en les organitzacions on el tractament de la informació és la seva principal activitat.

Capítol 4

Modelització de la Informació Geogràfica

Els sistemes informàtics, i per inclusió els SIG, treballen amb dades que representen la realitat, però que no són la mateixa realitat. Donada la gran complexitat de l'espai territorial, la seva representació només es pot assolir d'una manera parcial i, per aquesta raó és necessari simplificar la informació i prioritzar uns aspectes en detriment d'altres.

Els ordinadors necessiten treballar amb dades precises i no ambigües, i amb unes regles lògiques estrictes que els permetin tractar les dades. Cal establir estructures de dades i regles per accedir a la informació associada a les diferents entitats espacials. Aquest procés de simbolització i simplificació de la realitat, per tal de fer-la abordable en el seu tractament per part dels SIG, és el que anomenem modelització de la informació geogràfica.

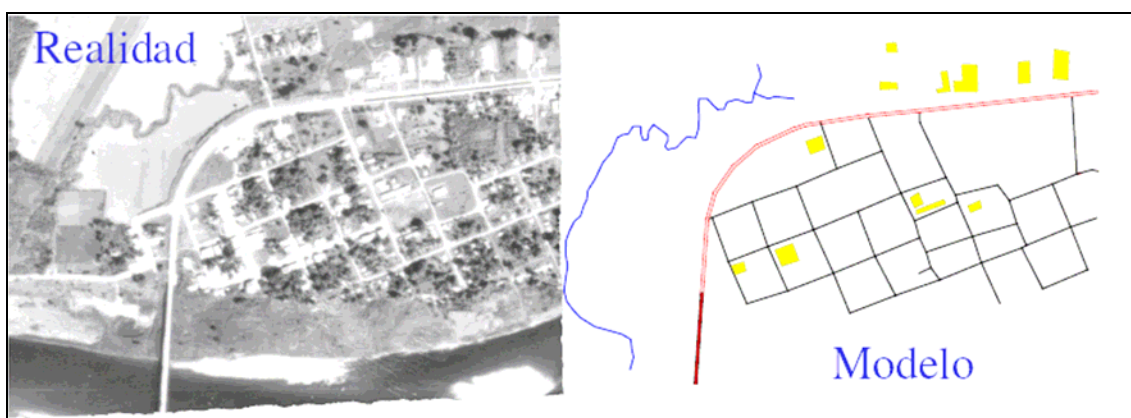


Figura 5. Un model representa la realitat mitjançant símbols.

Podem considerar diferents nivells d'abstracció: realitat perceptible, model conceptual, model lògic i model digital (o estructura de dades).

Per realitat perceptible entenem el territori en si mateix (les ciutats, carrers, muntanyes, rius, etcètera), que és el que volem estudiar i sobre el que volem prendre decisions. És el nivell dels gestors.

El model conceptual és el nivell de les teories sobre la composició i el coneixement de la superfície i sobre el funcionament dels fenòmens terrestres. En aquest nivell el món real es representa mitjançant *entitats* i *variables*. Qualsevol fenomen que passi sobre

la superfície terrestre s'ha de poder explicar aplicant aquests dos tipus d'elements. Aquest és el nivell dels científics (geògrafs, geòlegs, ecòlegs, etcètera).

El model lògic és el nivell dels tècnics en SIG, que utilitzen les eines del sistema per aconseguir que els ordinadors facin les tasques requerides pels gestors o els científics. No treballa directament amb la realitat, sinó amb representacions d'ella. Bàsicament hi ha dos tipus: *raster* i *vectorial*. Cada tipus de representació té unes característiques diferenciades, i cal decidir quina s'utilitza en funció del problema a resoldre i les variables disponibles. Es tractaran amb més profunditat en els propers apartats.

El model digital és el nivell dels informàtics i desenvolupadors de SIG. Consisteix en l'optimització de les estructures de dades utilitzades per tal que puguin ser emmagatzemades en suport digital.

4.1 El model conceptual

La realitat es pot entendre segons dos models conceptuals diferents i, en principi contradictoris:

- Com un continu definit per una sèrie de variables de tipus qualitatiu (usos del sòl, litologia, etcètera) o bé tractar-se de *superfícies* (elevacions, precipitacions, densitat de vegetació, etcètera), entenent amb aquest terme variables quantitatives que varien de forma suau a través de l'espai.
- Com la juxtaposició *d'entitats* amb límits ben definits i amb característiques homogènies (parcel·les de propietat, carreteres, nuclis urbans). Mentre que les variables ocupen tot l'espai de forma completa, les capes formades per entitats poden no fer-ho.

4.1.1 Superfícies

Si estudiem la realitat com un conjunt de superfícies definides per variables quantitatives que adquireixen diferents valors en diferents punts de l'espai, com més a prop estiguin els punts, els seus valors seran més semblants. Aquesta propietat es coneix com *correlació espacial*.

Les superfícies són objectes tridimensionals, amb dues dimensions que representen els eixos espacials i una tercera que representa la variable quantitativa estudiada en cada punt de l'espai. Aquest tipus de model es sol denominar de dues dimensions

topològiques i mitja (gràfics 2,5D), perquè la tercera dimensió volumètrica, la Z, no es representa en el model. Els anàlisi que necessiten realment les tres dimensions volumètriques de l'espai, com ara algunes aplicacions per Geologia, Oceanografia o Meteorologia, han de recórrer a altres models de dades més complexos.

L'exemple més típic de superfície és l'elevació sobre el nivell del mar, representada pels Models Digitals d'Elevació (MDE). Aquests models representen les alçades en cada punt del territori, però, en realitat les superfícies poden representar qualsevol variable que experimenti variacions contínues en l'espai.

4.1.2 Entitats

Si considerem la realitat com una juxtaposició d'objectes, qualsevol d'aquests objectes pot modelitzar-se a l'escala adequada com un objecte de la geometria euclidiana. Segons les seves dimensions poden ser:

- *Objectes puntuals*: tenen dimensió zero, i la seva localització espacial es representa per un parell de coordenades (X,Y).
- *Objectes lineals*: tenen una dimensió, i la seva localització espacial es representa com una successió de punts anomenats vèrtexs, excepte el primer i l'últim que es denominen nodes.
- *Objectes poligonals*: tenen dues dimensions, i es representen com una línia tancada, o una successió de línies.

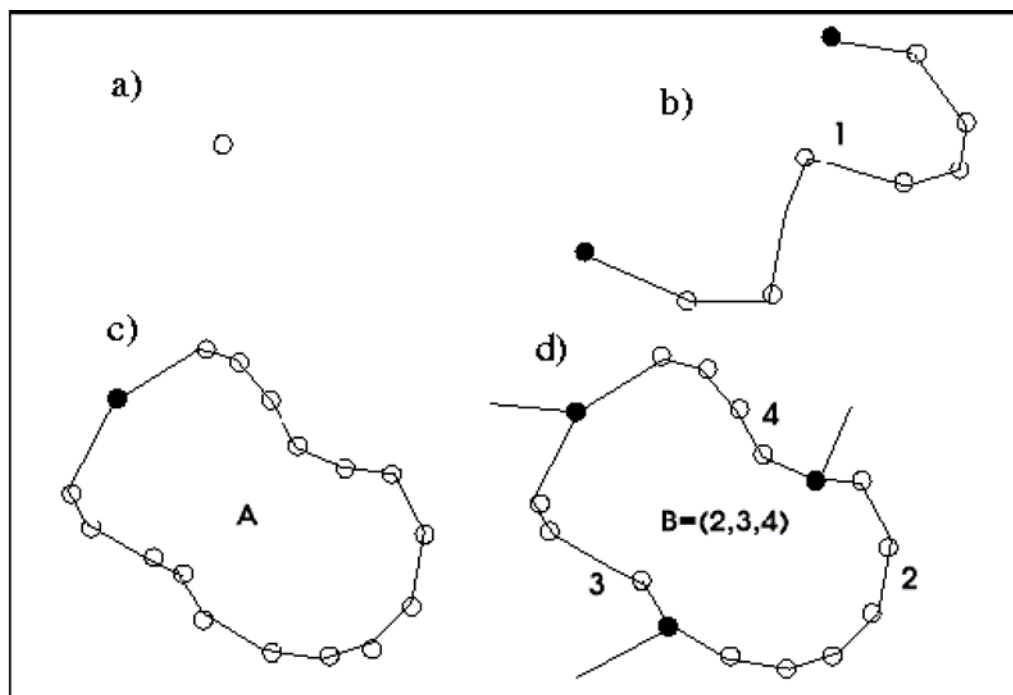


Figura 6. Tipus d'entitats: a) punt, b) línia, c) polígon OO, d) polígon Arc-Node

Escollir un tipus d'objecte o un altre per representar un objecte dependrà de l'escala a la que es vulgui treballar i del tipus d'abstracció que es vulgui donar. Per exemple, una carretera representada a escala gran pot ser poligonal, però a escala petita pot ser lineal. Si fem un estudi urbà, les ciutats seran poligonals, però si no, seran puntuals.

Les entitats porten associades cinc tipus d'informació:

1. *Identificador*: variable quantitativa que identifica un objecte entre un conjunt d'objectes del mateix tipus. Per tant, cada identificador serà únic.
2. *Posició*: Indiquen la situació de l'objecte en l'espai, i implícitament la seva dimensió. Així, segons el nombre de dimensions d'un objecte, aquest tindrà una sèrie de propietats espacials de grandària i forma que poden ser directament extrets de la seva estructura espacial: els objectes lineals tenen longitud, sinuositat i orientació; els objectes poligonals tenen àrea, perímetre, allargament màxim i diversos índexs calculables a partir de les propietats anteriors.
3. *Propietats espacials*: són variables quantitatives que indiquen algun aspecte espacial no representable degut a l'escala o a la dificultat de representació.
4. *Propietats no espacials*: Són variables quantitatives o qualitatives que no tenen res a veure amb l'espai, però que aporten informació sobre els objectes, ja siguin descripcions o resultats de mesuraments.
5. *Relacions amb l'entorn*: els objectes geogràfics tenen relacions amb la resta d'objectes que els envolten. Poden ser relacions topològiques (objectes veïns), o físiques. Es poden codificar explícitament en la base de dades o estar implícitament en la codificació de la seva localització espacial. Aquestes relacions poden donar lloc a la creació de tipus compostos d'objectes (xarxes, mapes de polígons, etcètera).

4.2 El model lògic

El model lògic fa referència a com s'implementen les variables i entitats per aconseguir una representació de la realitat el més adequada possible. En els SIG existeixen bàsicament dos models lògics: el *raster* i el *vectorial*.

4.2.1 El format Raster

En el format raster, l'espai es divideix en un conjunt regular de cel·les, i en cada cel·la s'emmagatzema un valor numèric. Aquest valor pot ser: l'identificador d'un objecte, si es tracta d'una capa que conté objectes; o el valor d'una variable, si la capa conté aquesta variable. Examinarem aquest format més endavant.

4.2.2 El format Vectorial

El format vectorial representa els objectes mitjançant punts, línies i polígons. La representació dels punts i les línies és immediata, però amb els polígons no és així. Si es tracta d'un model *Orientat a l'Objecte*, quan hi ha juxtaposició de dos polígons, els dos objectes conserven totes les línies que formen els seus polígons. Però si el model és *Arc-Node*, primer es codifiquen totes les línies per separat i després es defineixen tots els polígons a partir del conjunt de línies que els componen. D'aquesta manera, per cada juxtaposició de polígons només es codifica una sola línia. Això estalvia memòria i facilita algunes operacions dels SIG. Tal i com hem establert amb el format raster, abordarem el format vectorial en els propers apartats.

4.2.3 Representació de superfícies, variables qualitatives i entitats

Tradicionalment es considera que el format vectorial és el més adequat per representar entitats i variables qualitatives, i el format raster per representar superfícies. Però això no és necessàriament així.

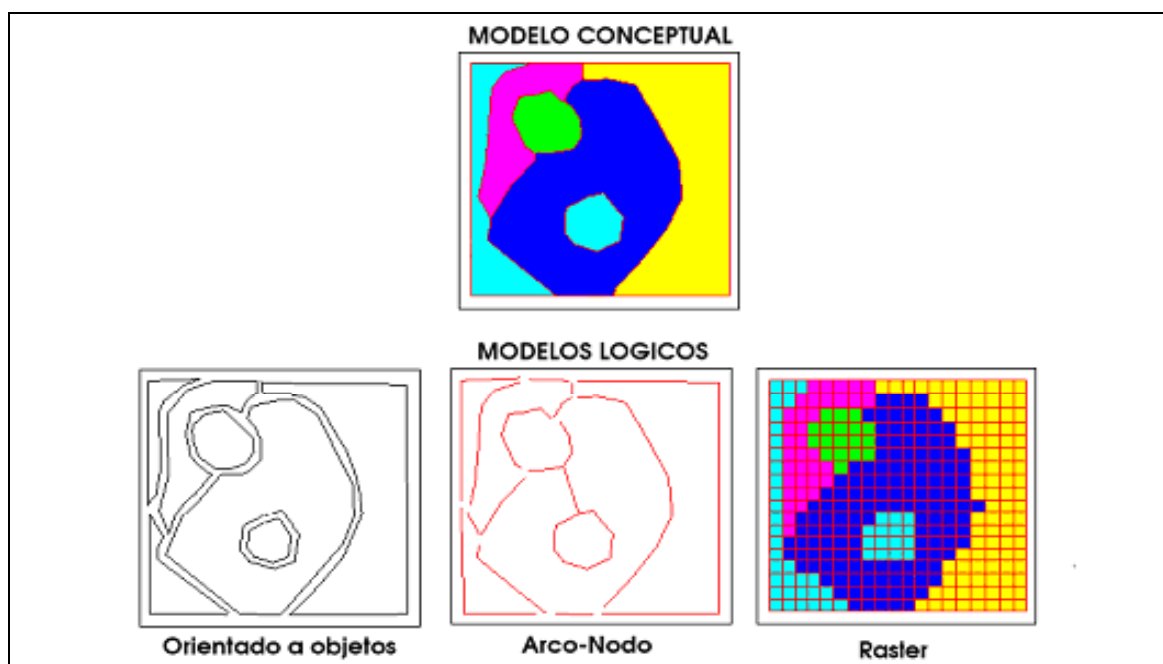


Figura 7. Models lògics per representar variables qualitatives.

Per representar superfícies podem valorar els següents models:

- Malla regular de punts. A cada punt se li assigna el valor de la variable mesurat en ell.
- Xarxa Irregular de Triangles¹. Els punts es concentren allà on la variable representada té més variabilitat.
- Isolínies. Línies en les que l'identificador es substitueix pel valor de la variable.
- Raster. L'àrea de treball es divideix en cel·les.

Els tres primers models són representacions en format vectorial, perquè utilitzen punts i línies per representar les variables. El problema que tenen aquests models és que no representen, com sí fa el model raster, tot l'espai, i és per això que cal un procés d'interpolació per completar els valors de tots els punts de l'espai.

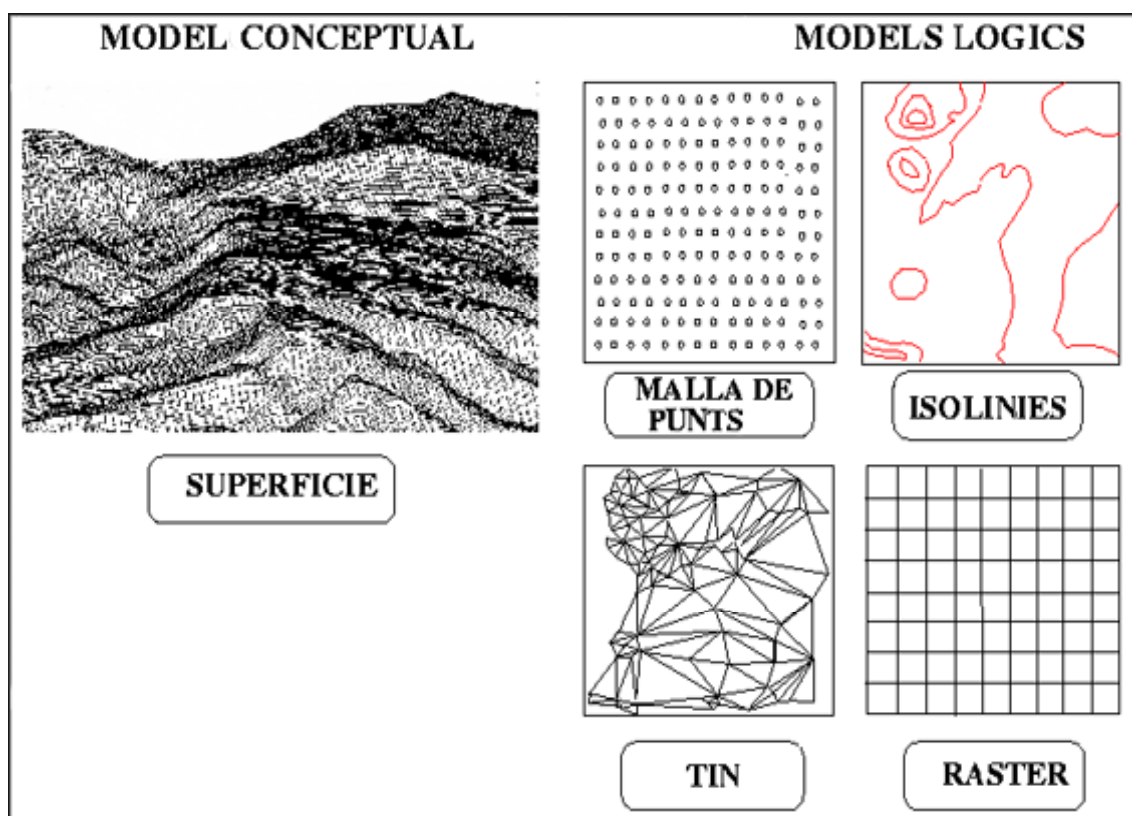


Figura 8. Model conceptual de la superfície i diferents models lògics.

¹ en anglès, Triangulated Irregular Network (TIN)

Per representar variables qualitatives i objectes podem fer servir els models:

- Raster
- Vectorial Arc-Node o Orientat a l'Objecte

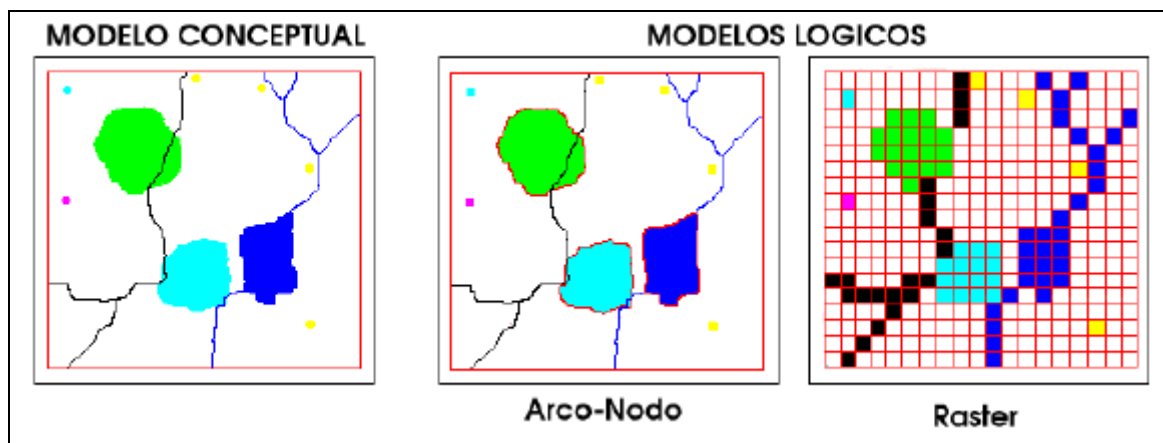


Figura 9. Models lògics per representar entitats.

Hem de tenir present que per representar objectes en el model raster, aquests no poden estar en la mateixa capa si coincideixen en l'espai.

4.2.4 Format raster vs. vectorial

Les superfícies es representen millor en format raster, i només es poden representar en format vectorial mitjançant models híbrids (malles de punts, TIN o isolínies), que no són gaire apropiats per un posterior anàlisi degut a que les operacions seran més lentes que en el model raster.

Pel que fa als objectes, sempre s'ha considerat que el model vectorial és el més apropiat perquè ocupa menys espai en disc i els fitxer són més utilitzables. No obstant això, el model vectorial és més lent que el raster a l'hora de fer anàlisis espacials i consultar localitzacions concretes.

En el cas de les variables qualitatives, és un cas intermedi dels dos anteriors.

Entre els avantatges del model raster trobem la simplicitat de les dades resultants, la velocitat d'execució dels operadors i que és el model que utilitzen les imatges de satèl·lit o els MDT (Models Digitals del Terreny). Entre els desavantatges, trobem la inexactitud de les dades, que depèn de la resolució de les dades, i la gran quantitat d'espai d'emmagatzematge que requereix.

Avui dia, les eines SIG tendeixen a compatibilitzar ambdós models, utilitzant un model o un altre segons ens convingui en cada ocasió.

4.3 El format Raster

El format *raster* consisteix bàsicament en dividir l'espai en un conjunt regular de cel·les. Una capa raster està formada per quatre elements principals:

- la *matriu de dades*. Cadascuna de les cel·les pot contenir: l'identificador numèric d'un objecte, si es tracta d'una capa d'objectes²; un valor numèric si la variable representada és quantitativa; un identificador numèric que es correspon amb una etiqueta de text que descriu el valor de la variable.
- *Informació geomètrica* referida a la matriu i la seva posició a l'espai: nombre de files i columnes, coordenades dels cantons de la capa, i grandària del píxel en latitud i longitud.
- *Taula de colors* que permeti pintar les cel·les segons el seu valor.
- En cas de que la variable sigui qualitativa, una taula que faci correspondre cada identificador numèric amb una *etiqueta de text* descriptiva.

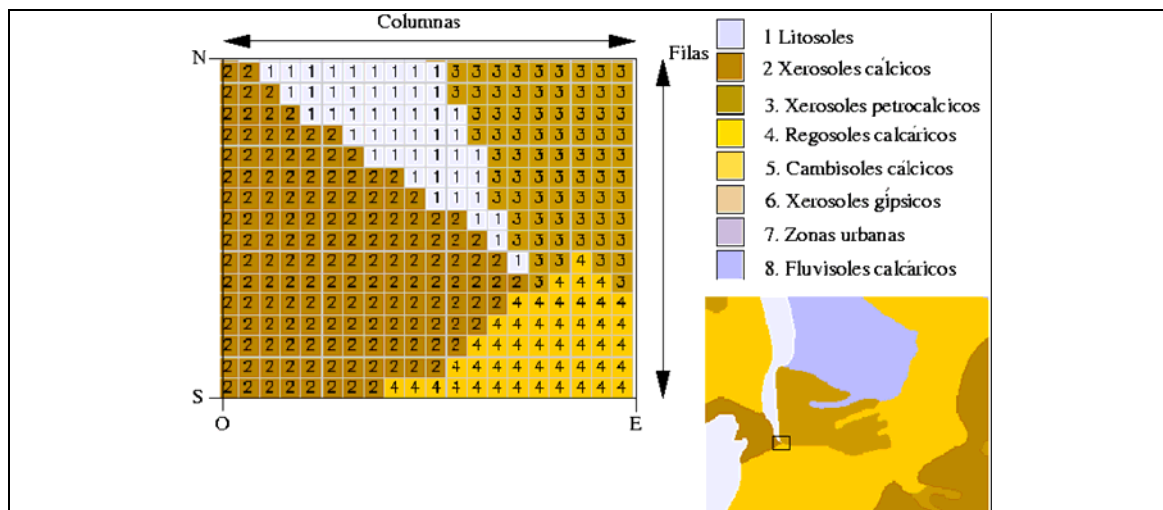


Figura 10. Codificació d'una variable qualitativa en format raster.

² Encara que el format raster entén només de variables contínues, es poden representar objectes fent que el contingut de les cel·les sigui l'identificador de l'objecte.

4.3.1 Àlgebra de mapes

Una de les utilitats més importants dels SIG és aconseguir noves capes d'informació a partir d'altres prèviament disponibles. Això permet realitzar anàlisi de les dades, modelització de processos i presa de decisions. En una capa raster, això s'aconsegueix aplicant algorismes que realitzen una mateixa operació en totes les cel·les de la capa, i són coneguts com *operadors*. Els operadors es poden dividir en diverses categories, segons les cel·les implicades en el càlcul:

- operadors locals. El nou valor de cada cel·la surt d'aplicar l'operador en la mateixa cel·la en altres capes.
- de veïnatge. El nou valor de cada cel·la surt d'aplicar l'operador en cel·les contigües.
- de bloc. El nou valor de cada cel·la surt d'aplicar l'operador en un bloc de cel·les al mateix temps, no cel·la a cel·la.
- d'àrea. Calculen algun paràmetre (superfície, perímetre, distàncies, etcètera) per a una zona prèviament coneguda. Permet anar més enllà dels anàlisis cel·la a cel·la, fent anàlisis sobre agrupacions homogènies de cel·les.
- globals. Afecten a tota la capa raster, i es basen en el concepte de distància. Permeten saber la distància de totes les cel·les a una entitat determinada, afegint el concepte de fricció (dificultat per travessar una cel·la).

4.4 El format vectorial

Com ja hem comentat anteriorment, el format vectorial defineix objectes geomètrics mitjançant la codificació explícita de les seves coordenades. Mentre que l'estructura raster codifica de forma explícita l'interior dels objectes i de forma implícita l'exterior, el format vectorial codifica explícitament la frontera dels objectes i implícitament l'interior. Això significa que en format raster és fàcil esbrinar què hi ha en un punt qualsevol, però en format vectorial calen algorismes d'àlgebra de mapes més elaborats i costosos.

En el format vectorial és possible establir relacions topogràfiques entre les diferents entitats geogràfiques. Això permet generar noves entitats d'ordre superior. Això es coneix, en la terminologia dels SIG, com a *topologia*.

La informació associada a cada objecte no es pot extreure directament de la seva localització, sinó que està emmagatzemada en la base de dades amb una de les columnes representant l'identificador d'objecte.

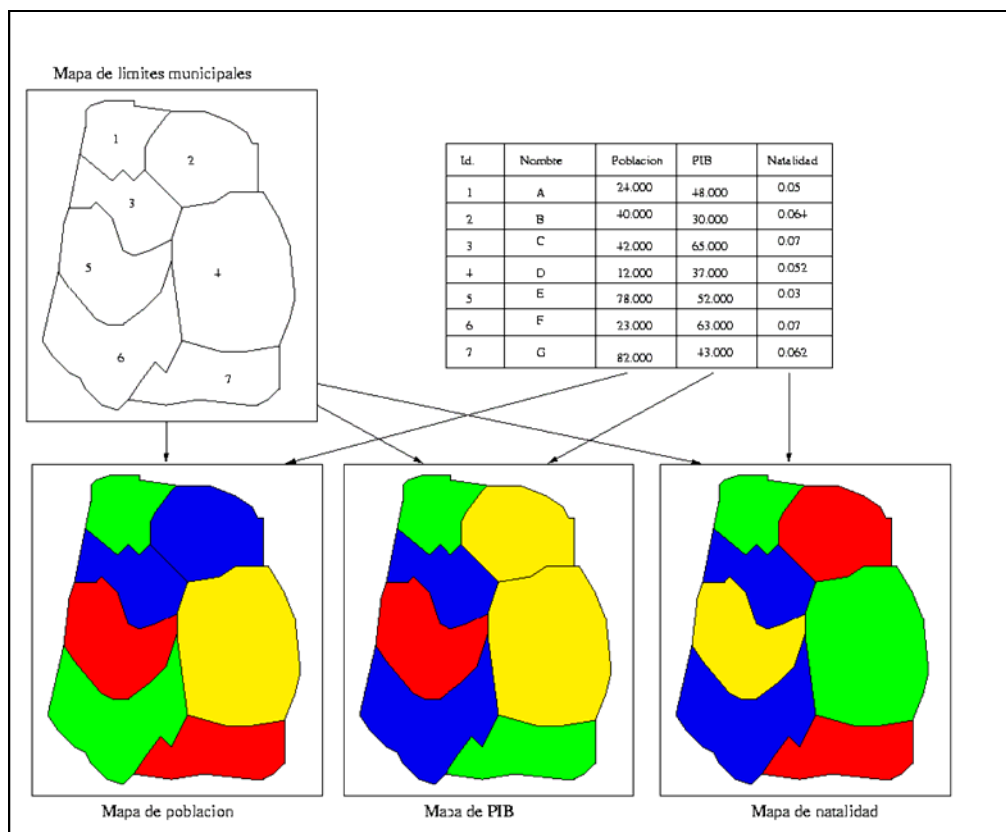


Figura 11. Model de dades georeferenciat.

4.4.1 Anàlisi espacial

L'*anàlisi espacial* d'entitats tracta sobre l'estudi de la distribució espacial d'entitats puntuals, les relacions que existeixen entre entitats lineals interconnectades (xarxes), i les relacions existents entre polígons fronterers.

L'anàlisi de la distribució de punts en l'espai tracta, fonamentalment, tres aspectes:

- calcular un conjunt d'estadístics de la distribució en l'espai (centre mitjà, desviació típica de distàncies, etcètera).
- calcular la densitat de punts.
- determinar el caràcter agregat, distribuït o aleatori dels objectes.

L'anàlisi de les entitats lineals interconnectades en forma de xarxa pot tractar-se des de la teoria de grafs, el que permet determinar el grau de comunicació recíproca entre

els elements de la xarxa o determinar la configuració òptima per millorar els fluxos de comunicació.

L'anàlisi d'autocorrelació de polígons tracta d'esbrinar si els valors que adopta una variable en els diferents polígons estan influenciats pels valors que apareixen en els polígons veïns.

4.4.2 Àlgebra de mapes

En el format vectorial hem de distingir dos casos:

- Quan treballem amb la mateixa capa i diferents variables associades a les diferents entitats de la capa. En aquests cas, les variables poden combinar-se en operacions semblants als operadors locals en raster per obtenir noves variables.
- Quan treballem amb diferents capes que volem creuar. En aquest cas, s'intersequen ambdues capes per obtenir un nou conjunt d'entitats i una nova taula en la base de dades a on queda establerta la relació entre els polígons resultants i els originals mitjançant els identificadors.

L'àlgebra de mapes per a dades vectorials utilitza operadors que retornen diferents tipus de valors:

- retornen cert o fals, si el que volem saber és si una entitat està dintre d'un polígon, o si una línia creua una altra entitat, etc. És a dir, si volem saber si es compleixen certes condicions espacials entre entitats.
- retornen una geometria, si fem una intersecció, unió o diferència entre entitats.
- retornen valors numèrics, com les coordenades d'una entitat, la longitud, àrea o perímetre d'una entitat, la distància entre entitats, etc.

SEGONA PART:**Desenvolupament d'un projecte SIG**

Capítol 5**Projecte: Assignació de noms de carrers a illes urbanes****5.1 Descripció del Projecte**

La part pràctica d'aquest treball consisteix en desenvolupar un procés automàtic que faci una cerca sobre els carrers, com a màxim quatre, que estan més a prop de les illes que es troben dins d'una zona urbana, i actualitzi les dades de les illes segons la cerca feta. Per desenvolupar la funcionalitat demanada:

- cal crear un GeoWorkSpace amb un mapa georeferenciat d'una zona urbana,
- definir les illes i carrers que seran tractats,
- programar la funcionalitat, i
- fer que el Geomedia tingui accés al procés i el pugui executar.

En concret, crearem una llibreria d'accés dinàmic (un fitxer .dll) a on estigui tota la funcionalitat, la instal·larem en el sistema perquè el Geomedia la pugui utilitzar i la farem visible a través d'un botó en el Geomedia. D'aquesta manera, prement el botó, s'executarà el procés que realitza les tasques demanades. Mentre el procés estigui en marxa, apareixerà una barra de progrés en la part inferior de l'aplicació, indicant quant falta per acabar l'execució, i el ratolí estarà en mode espera.

Els resultats es podran veure fent doble clic sobre les illes del mapa i en una finestra de dades sobre les Illes. S'observaran els atributs que informen sobre els carrers més propers omplerts amb les dades correctes.

5.2 Model de Dades

Representa l'estructura de la informació que utilitzarem. La intenció d'aquest treball es centra en el tractament d'un tipus molt característic de dades, les dades geogràfiques i, per tant, altres aspectes no havien d'afegir complexitat al tema central.

En conseqüència, el model de dades resultant és bastant senzill, i es compon de dues entitats geogràfiques: les *Illes* i els *Carrers*. Els Carrers només emmagatzemen el seu nom. Les Illes emmagatzemen informació dels noms dels carrers als que pertanyen, però no pot superar el nombre de quatre carrers. En cas de que hi hagi més, només es tractaran els quatre primers carrers trobats sense especificar cap criteri específic d'ordenació, i la resta de carrers no es tracten. En notació UML, tenim el següent gràfic:

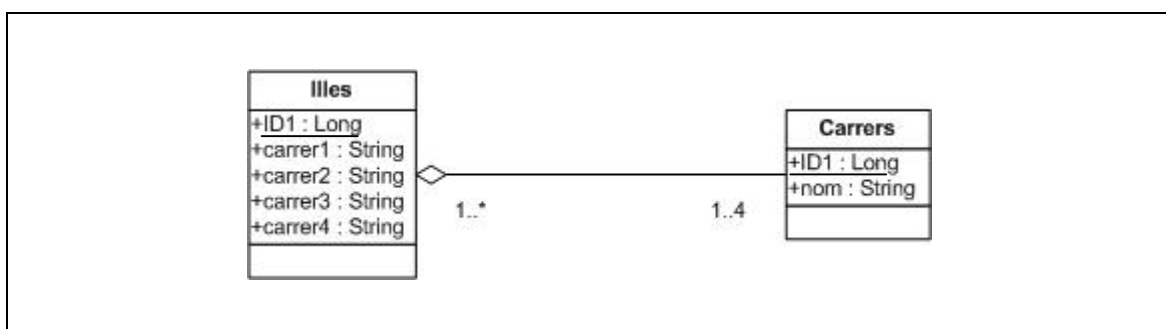


Figura 12. Notació UML del model de dades sobre les Illes i Carrers.

5.3 Creació del GeoWorkSpace

5.3.1 cerca de dades geogràfiques

Un GeoWorkSpace (.gws) és el tipus de fitxer amb que treballa el Geomedia. Permet introduir i editar tota la informació necessària per desenvolupar un projecte SIG, emmagatzemar entitats geogràfiques, connectar-se a una Base de Dades amb informació descriptiva de les entitats geogràfiques, etc.

Primer de tot, necessitem entitats geogràfiques vectoritzades, però, com no disposem d'aquestes dades, les haurem de crear. Per tenir dades geogràfiques de certa qualitat, hem cercat mapes urbans que incloguin alguns punts amb les seves coordenades geogràfiques reals. El mapa utilitzat correspon a una porció del full 290-119 del mapa topogràfic a escala 1:5000 realitzat per l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC) sobre el conjunt del territori de Catalunya, i correspon al nucli urbà de Mollet del Vallès. És el següent:

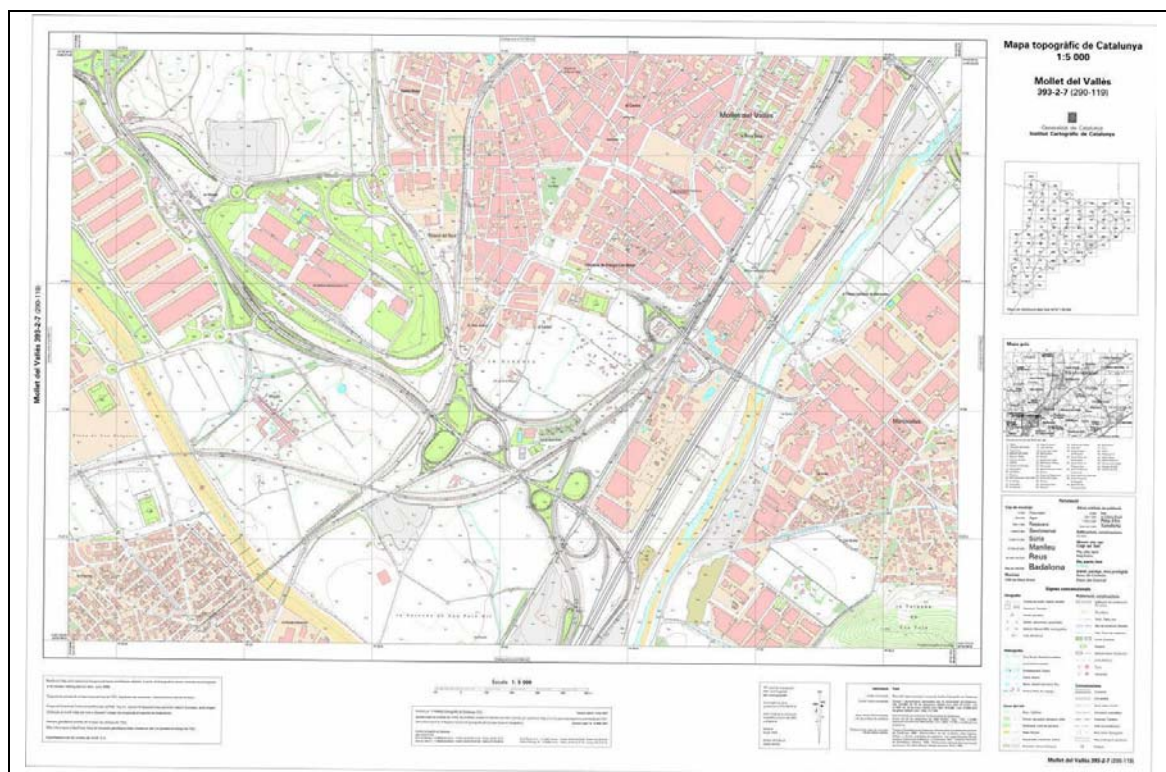


Figura 13. Full del mapa topogràfic de l'ICC corresponent al nucli urbà de Mollet del Vallès.

D'aquest full, hem utilitzat la part central:

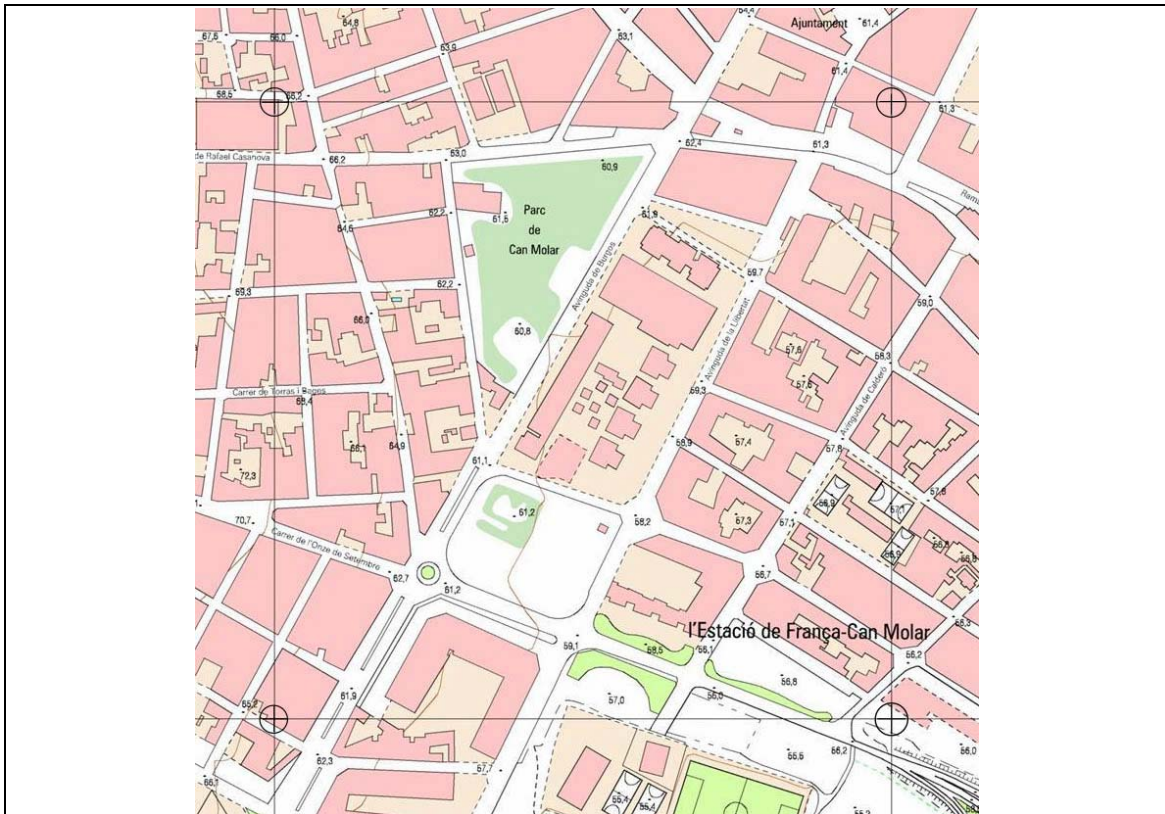


Figura 14. Porció del full del mapa topogràfic utilitzat com a base geogràfica d'aquest treball.

5.3.2 Georeferenciació del mapa

5.3.2.1 Marc de referència

Existeixen diversos formats de fitxers que inclouen, en el mateix mapa o en un fitxer adjunt, les coordenades geogràfiques de la zona representada, però no és el nostre cas. Per tant, una vegada introduït el mapa en el GeoWorkSpace com a entitat raster, cal conèixer el marc de referència utilitzat i georeferenciar el mapa d'alguna manera. La institució autora del mapa, l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC), és qui ens proporciona les dades necessàries per realitzar aquesta tasca.

El sistema de referència utilitzat és el sistema oficial anomenat ED50 (European Datum 1950), establert com a reglamentari pel Decret 2303/1970 i constituït per:

- El·lipsoide Internacional (Hayford, 1924)
- Datum Potsdam (Torre de Helmert)

El sistema de representació plana és la projecció *Universal Transversa de Mercator* (UTM), establerta com a reglamentària pel Decret 2303/1970. El fus corresponent a la zona geogràfica és el 31.

Aquesta informació ens servirà per configurar el fitxer "UTM_ED50_fus31.csf", que estableix el Sistema de Coordenades del GeoWorkSpace.

5.3.2.2 Georeferenciació

El programari Geomedia permet la georeferenciació d'una imatge raster mitjançant un mecanisme que anomena "registre de imatges". Per executar aquest mecanisme necessitem introduir en el GeoWorkSpace varis punts de control amb coordenades conegudes i que puguin ser identificats en el nostre mapa. Llavors, el Geomedia s'encarrega de fer coincidir les parelles de punt imatge/punt de control, deformant la imatge original en cas necessari.

En concret, en el nostre mapa, la quadrícula ens proporciona els punts de control. Creem una nova classe d'entitat de tipus punt, els "PuntsGeoreferenciats", i introduïm quatre punts amb les coordenades de control. El registre queda tal com s'observa en la figura següent:

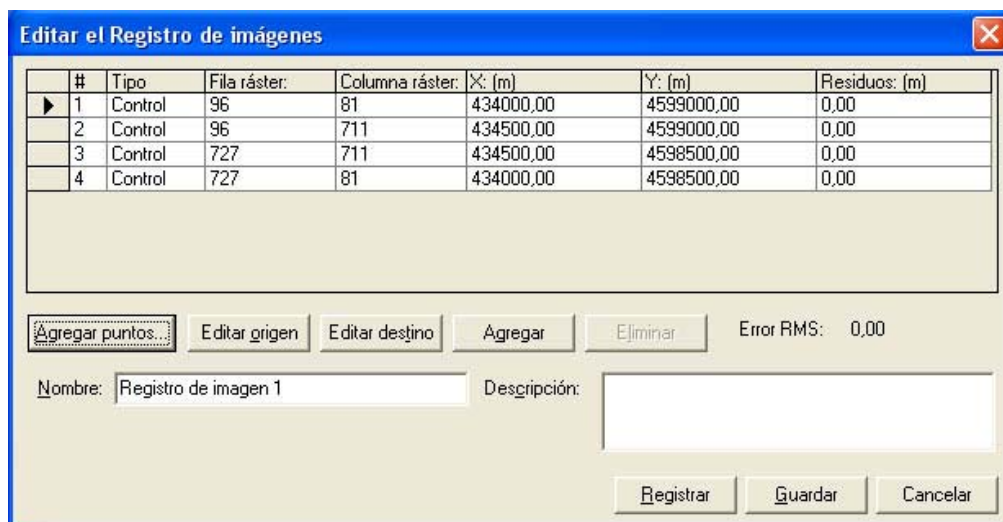


Figura 15. Registre d'imatge corresponent al nostre mapa.

Ara observem el resultat sobre el mapa, com coincideixen els punts de control amb les interseccions de la quadrícula:

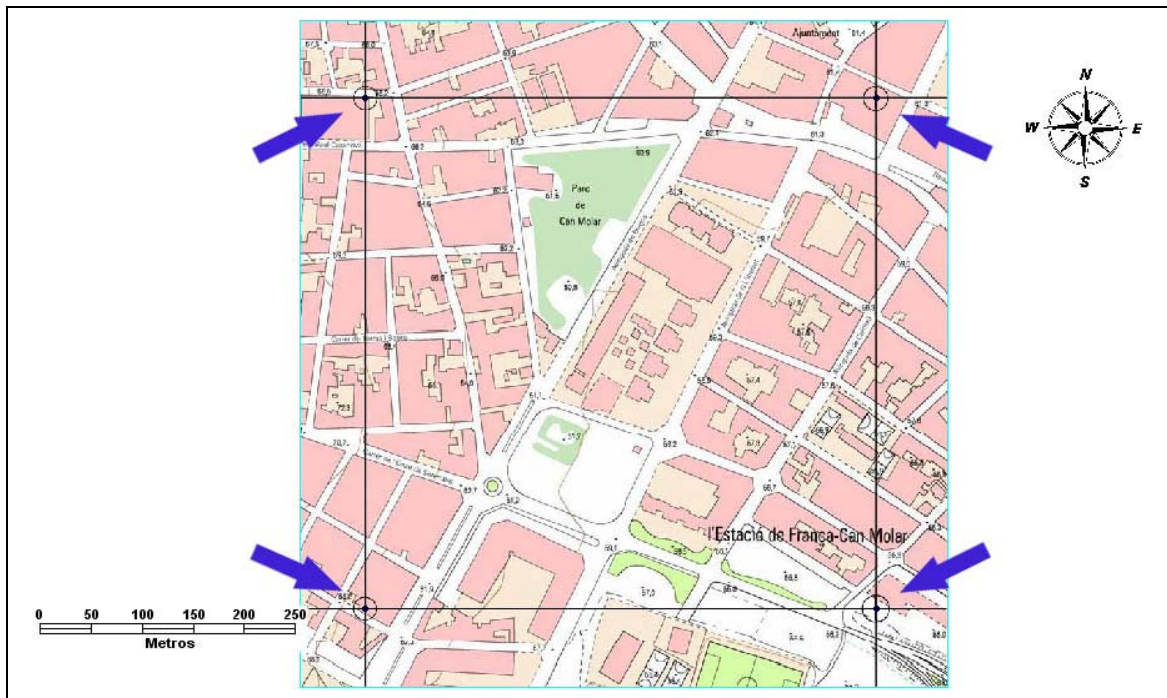


Figura 16. La imatge es deforma per fer coincidir els punts de control amb la quadrícula.

En aquest moment ens trobem en situació de poder introduir les classes d'entitat que realment ens interessa: les Illes i els Carrers.

5.3.3 Classes d'entitat geogràfiques vectorials: les Illes i els Carrers

El programari Geomedia proporciona eines amb les que poder introduir i editar entitats geogràfiques de tipus vectorial. Les classes d'entitat es poden definir en un magatzem amb connexió oberta amb el GeoWorkSpace, així com els seus atributs. Hem definit les classes d'entitat i atributs següents:

- *Illes*. De tipus Àrea, amb els atributs *ID1* (clau principal), *carrer1*, *carrer2*, *carrer3* i *carrer4*.
- *Carrers*. De tipus línia, amb els atributs *ID1* (clau primària) i *nom*.

La figura següent mostra el resultat de la introducció d'aquestes classes d'entitat en format vectorial. També es mostren els punts de control, les etiquetes amb els noms dels carrers, la llegenda, la fletxa nord i la barra d'escala:

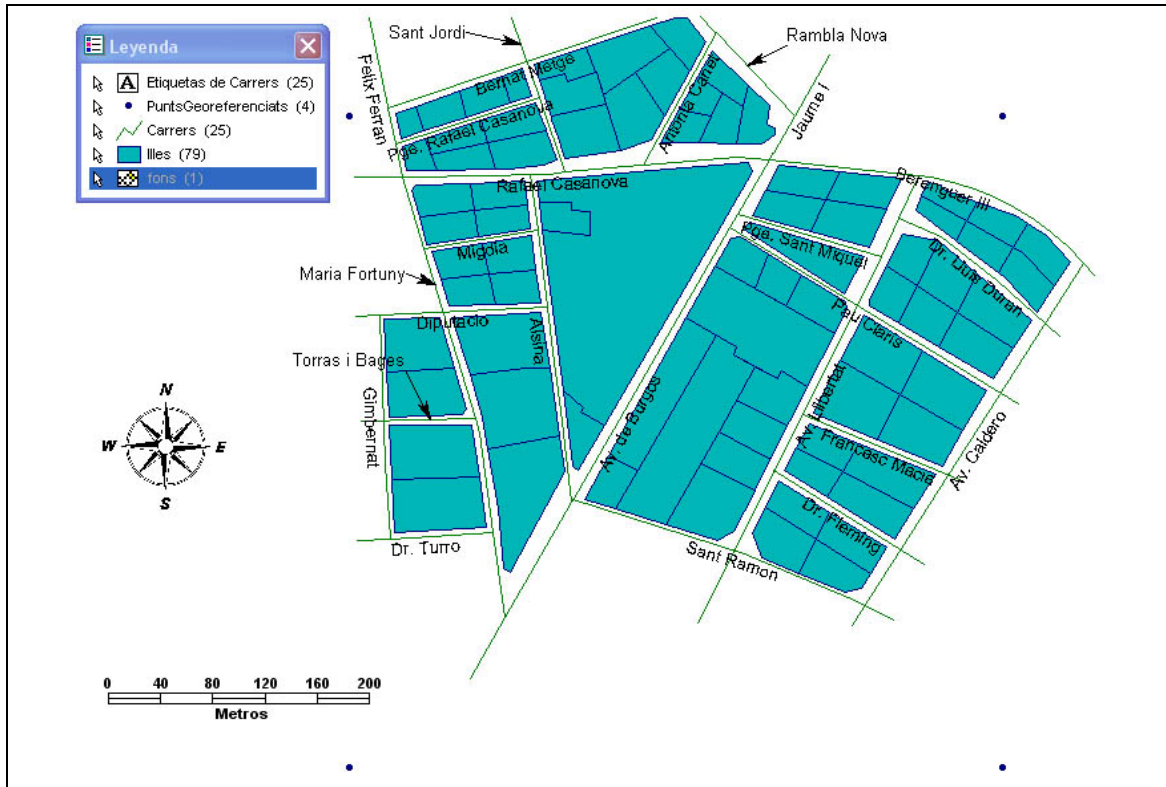


Figura 17. Entitats vectorials Illes i Carrers, així com punts de control.

Si afegim el mapa de fons, l'aspecte és el següent:

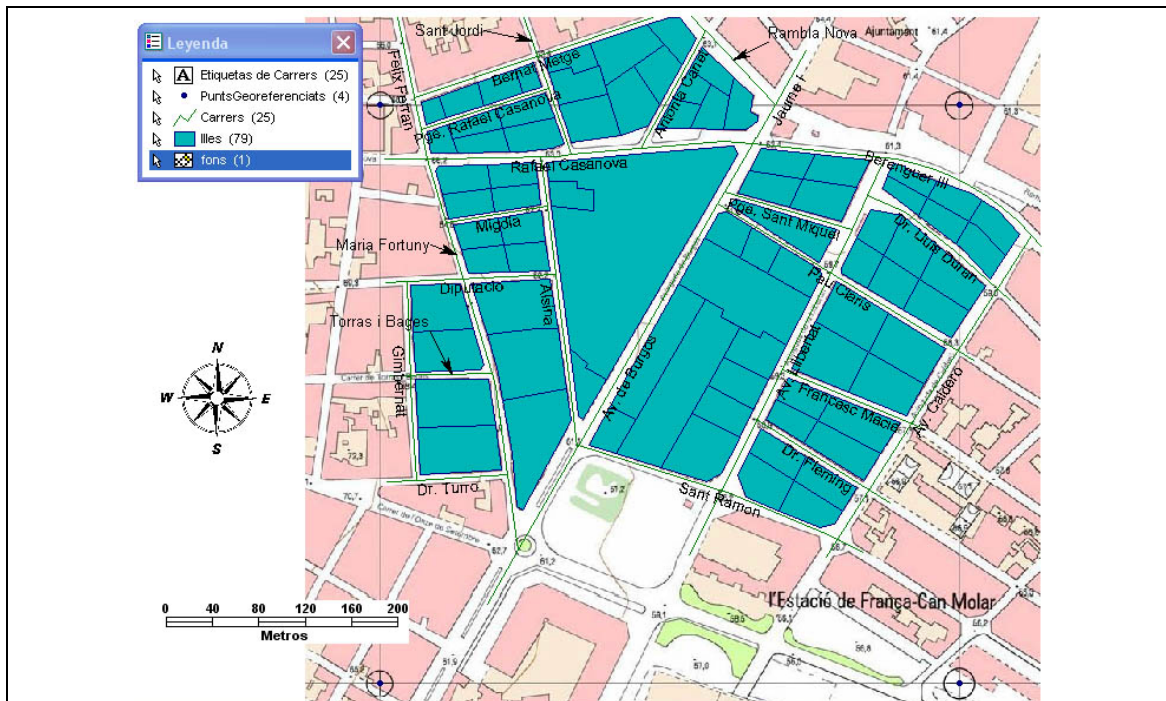


Figura 18. Aspecte general del mapa amb totes les entitats vectorials.

5.4 Programació amb Geomedia

Existeixen varies maneres de programar amb el programari Geomedia: mitjançant aplicacions basades en components Geomedia, mitjançant aplicacions controladores de Geomedia i mitjançant comandes.

Les aplicacions basades en components Geomedia són aplicacions independents de Geomedia, però que utilitzen els seus controls i les seves biblioteques de tipus d'objectes per realitzar la seva tasca.

Les aplicacions controladores de Geomedia són aplicacions que creen Geomedia en la seva execució i controlen la seva activitat.

Les comandes de Geomedia són aplicacions integrades en la interfície gràfica i que poden contenir tota la funcionalitat existent en l'aplicació. És l'usuari qui decideix executar el procés en el moment que cregui oportú.

Donades les característiques del nostre procés, calia que l'usuari pogués executar-lo des de la mateixa interfície gràfica del Geomedia sense necessitar crear una aplicació específica per dur a terme la tasca. Per tant, creiem que el sistema més adequat entre els tres presentats és, sens dubte, crear una comanda. Geomedia ofereix un Assistent de generació de comandes (*Command Wizard*), que automatitza en gran mesura la tasca.

Funciona com un Complement de Visual Basic, i la seva execució dóna com a resultat un projecte Visual Basic amb els procediments i funcions bàsiques per executar una comanda. L'Assistent ofereix diferents opcions per adaptar el codi generat a les característiques de la nostra comanda. En el nostre cas hem escollit les següents opcions:

- Comanda modal. El nostre procés bloqueja el Geomedia fins que acaba totes les operacions que ha de fer. Així ens assegurem que els canvis en la Base de dades es realitzen sense interferències de l'usuari.
- No existeix formulari perquè no hi ha interacció amb l'usuari i tampoc necessitem afegir components OCX.
- Les condicions d'activació estableixen les condicions que s'han de complir perquè la nostra comanda es pugui executar. En el nostre cas, s'ha de complir que estigui obert el GeoWorkSpace anomenat "IllesCarrers.gws" i tingui una connexió de magatzem oberta.

- No necessitem activar les opcions d'escoltar mapes ni capturar events.

A continuació mostrarem el codi de cada procediment o funció, i farem un petit comentari sobre la seva responsabilitat. Cal comentar que s'han eliminat alguns mètodes generats amb el *Command Wizard* que no s'han cregut necessaris en el nostre projecte, com el *CanActivate*, el *CanDeactivate*, l'*AddView* i d'altres.

5.4.1 Initialize

S'executa una única vegada, just després de la creació de l'objecte de comanda. S'inicialitzen les variables que fan referència a l'aplicació i fa la connexió amb la Base de Dades.

```
Sub Initialize(ByVal objApplication As Object, ByVal objViewListeners As
Object)
    'The Initialize method is called once per command server creation.

    'Save the pointer to the Application object and the View Listeners object.
    'The application object is the top of application's automation model.
    Set gobjGeoApp = objApplication
    Set mobjGeoViewListeners = objViewListeners

    'Es connecta a la BD
    connexioBD

End Sub
```

5.4.2 Activate

S'executa cada vegada que l'usuari prem la comanda. Comprova que es compleixen les condicions de permís d'execució i, en cas afirmatiu, activa la barra de progrés i executa el procés principal. En cas negatiu dona un avís i no fa res.

```
Sub Activate()

    'Esbrinem si es compleixen les condicions per poder activar el control
    If (CanEnable) Then
        'Iniciem la barra de progrés
        gobjGeoApp.BeginProgressBar
        gobjGeoApp.BeginWaitCursor
        gobjGeoApp.SetProgressBarRange 0, db.GTableDefs("Illes").RecordCount
        gobjGeoApp.SetProgressBarPosition 0

        'Iniciem el procediment que omple els atributs de les illes
        ompleCarrersIlles
    Else
        MsgBox "Aquesta acció només està disponible per al GeoWorkSpace " &
Chr(13) & Chr(10) & "'IllesCarrers.gws' amb una connexió a BD oberta.",
vbExclamation, "Acció no permesa"
    End If

End Sub
```

5.4.3 CanEnable

Estableix les condicions que s'han de complir per poder executar el procés. En concret, cal que el GeoWorkSpace obert sigui el "IllesCarrers.gws" i tingui una connexió oberta amb un magatzem de dades.

```
Function CanEnable() As Boolean

    'Activem el control només si estem treballant amb el document
    'IllesCarrers.gws"
    If (gobjGeoApp.Document Is Nothing) Then
        CanEnable = False
    Else
        If (gobjGeoApp.Document.Name = "IllesCarrers.gws" And
gobjGeoApp.Document.Connections.Count > 0) Then
            CanEnable = True
        Else
            CanEnable = False
        End If
    End If
End Function
```

5.4.4 Terminate

Descarrega de la memòria les variables creades com a globals.

```
Sub Terminate()

    'Perform any shutdown cleanup activities before we are released.
    ' let go local copies of application ptr and ViewListeners ptr
    Set gobjGeoApp = Nothing
    Set mobjGeoViewListeners = Nothing
    Set objConnections = Nothing
    Set objConnACC = Nothing
    Set db = Nothing
End Sub
```

5.4.5 ConnexioBD

Realitza la connexió amb la Base de Dades.

```
Sub ConnexioBD()
    'Realitzem la connexió a la BD Access on tenim les dades de les Illes i
els Carrers
    Set objConnections = CreateObject("GeoMedia.Connections")
    Set objConnACC = objConnections.Add("ConexionAccess")

    objConnACC.Location = "c:\warehouses\IllesCarrers.mdb"
    objConnACC.Description = "Connexió a la BD Access IllesCarrers.mdb"
    objConnACC.Type = "Access.GDatabase"
    objConnACC.Mode = gmcModeReadWrite
    objConnACC.Connect

    Set db = objConnACC.Database
    db.OpenDatabase ("c:\warehouses\IllesCarrers.mdb")
End Sub
```


5.4.6 OmpleCarrersIlles

És el procediment principal. Volem trobar els carrers que estan a menys de 10 metres de distància de cada illa i afegir els noms dels carrers trobats en els atributs corresponents de les illes, fins a un màxim de quatre. Fem la cerca espacial mitjançant un *SpatialSubsetPipe*, i en cada iteració sobre el conjunt d'illes esborrem les dades existents en la Base de Dades, per evitar possibles resultats indesitjables. Per detalls més concrets sobre el procediment, remetem als comentaris posats sobre el codi en cada grup d'operacions.

```
Sub OmpleCarrersIlles()
  'Utilitzem un SpatialSubsetPipe per realitzar la cerca espacial. Tindrem
  'el recordSet d'entrada amb els carrers i el recordSet filtre amb les illes.
  'El recordSet de sortida contindrà els atributs de 'Illes' amb els noms dels
  'carrers que estiguin a menys de 10 metres de cada illa.

  Dim OrigPipe As OriginatingPipe
  Dim IllesRS As GRecordset
  Dim illesRSFiltre As GRecordset
  Dim CarrersRS As GRecordset
  Dim outRS As GRecordset
  Dim objQry As SpatialSubsetPipe
  Dim strID1 As String
  Dim countIlles As Integer

  'Definim el RecordSet dels carrers.
  objConnACC.CreateOriginatingPipe OrigPipe
  OrigPipe.GeometryFieldName = "Geometry"
  OrigPipe.Table = "Carrers"
  Set CarrersRS = OrigPipe.OutputRecordset

  'Definim el RecordSet de les illes, per poder tractar-les totes.
  Set OrigPipe = Nothing
  objConnACC.CreateOriginatingPipe OrigPipe
  OrigPipe.GeometryFieldName = "Geometry"
  OrigPipe.Table = "Illes"
  Set IllesRS = OrigPipe.OutputRecordset

  'Fem el tractament de totes les illes
  IllesRS.MoveFirst
  countIlles = 0
  Do Until IllesRS.EOF

    countIlles = countIlles + 1

    'Esborrem els noms que puguin existir en la taula per evitar resultats
    inesperats
    IllesRS.Edit
    IllesRS.GFields("carrer1").Value = ""
    IllesRS.GFields("carrer2").Value = ""
    IllesRS.GFields("carrer3").Value = ""
    IllesRS.GFields("carrer4").Value = ""
    IllesRS.Update

    'Actualitzem la Barra de Progrés que informa sobre l'acabament de l'acció
    gobjGeoApp.SetProgressBarPosition countIlles

  Set objQry = Nothing
  Set illesRSFiltre = Nothing
```

```

Set outRS = Nothing
Set OrigPipe = Nothing

strID1 = "ID1 = " + Str(IllesRS.GFields("ID1"))
'Definim el RecordSet de la illa que tractarem en cada iteració.
objConnACC.CreateOriginatingPipe OrigPipe

With OrigPipe
    .GeometryFieldName = "Geometry"
    .Table = "illes"
    .Filter = strID1
End With
Set illesRSFiltre = OrigPipe.OutputRecordset

Set objQry = New SpatialSubsetPipe
objQry.FilterGeometryFieldName = OrigPipe.GeometryFieldName

'Fem la consulta espacial i obtenim un RecordSet amb els carrers
'que estan a menys de 10 metres de la illa tractada.
With objQry
    Set .FilterRecordset = illesRSFiltre
    Set .InputRecordset = CarrersRS
    .InputGeometryFieldName = OrigPipe.GeometryFieldName
    .SpatialOperator = gmsgWithinDistance
    .Distance = 10
    .NotOperator = False
    .OutputStatusFieldName = "Status"
End With
'Si no s'han trobat carrers a prop, no fa res
If (objQry.OutputRecordset.EOF = False) Then
    Set outRS = objQry.OutputRecordset

    'Omplim els atributs de les illes amb els noms dels carrers trobats
    'per cada illa.
    outRS.MoveFirst
    If (outRS.EOF = False) Then
        IllesRS.Edit
        IllesRS.GFields("carrer1").Value = outRS.GFields("nom")
        IllesRS.Update
        outRS.MoveNext
        If (outRS.EOF = False) Then
            IllesRS.Edit
            IllesRS.GFields("carrer2").Value = outRS.GFields("nom")
            IllesRS.Update
            outRS.MoveNext
            If (outRS.EOF = False) Then
                IllesRS.Edit
                IllesRS.GFields("carrer3").Value = outRS.GFields("nom")
                IllesRS.Update
                outRS.MoveNext
                If (outRS.EOF = False) Then
                    IllesRS.Edit
                    IllesRS.GFields("carrer4").Value = outRS.GFields("nom")
                    IllesRS.Update
                End If
            End If
        End If
    End If
End If
End If

IllesRS.MoveNext
Loop

'Finalitzem la Barra de progrés i el cursor d'espera
gobjGeoApp.EndProgressBar
gobjGeoApp.EndWaitCursor

End Sub

```

5.5 Resultats

A continuació mostrarem diverses captures de pantalla per demostrar els resultats de l'execució del procés automàtic d'ompliment dels atributs de les Illes.

Observem els atributs d'una mateixa Illa seleccionada en la Finestra de Mapa abans i després de l'execució:

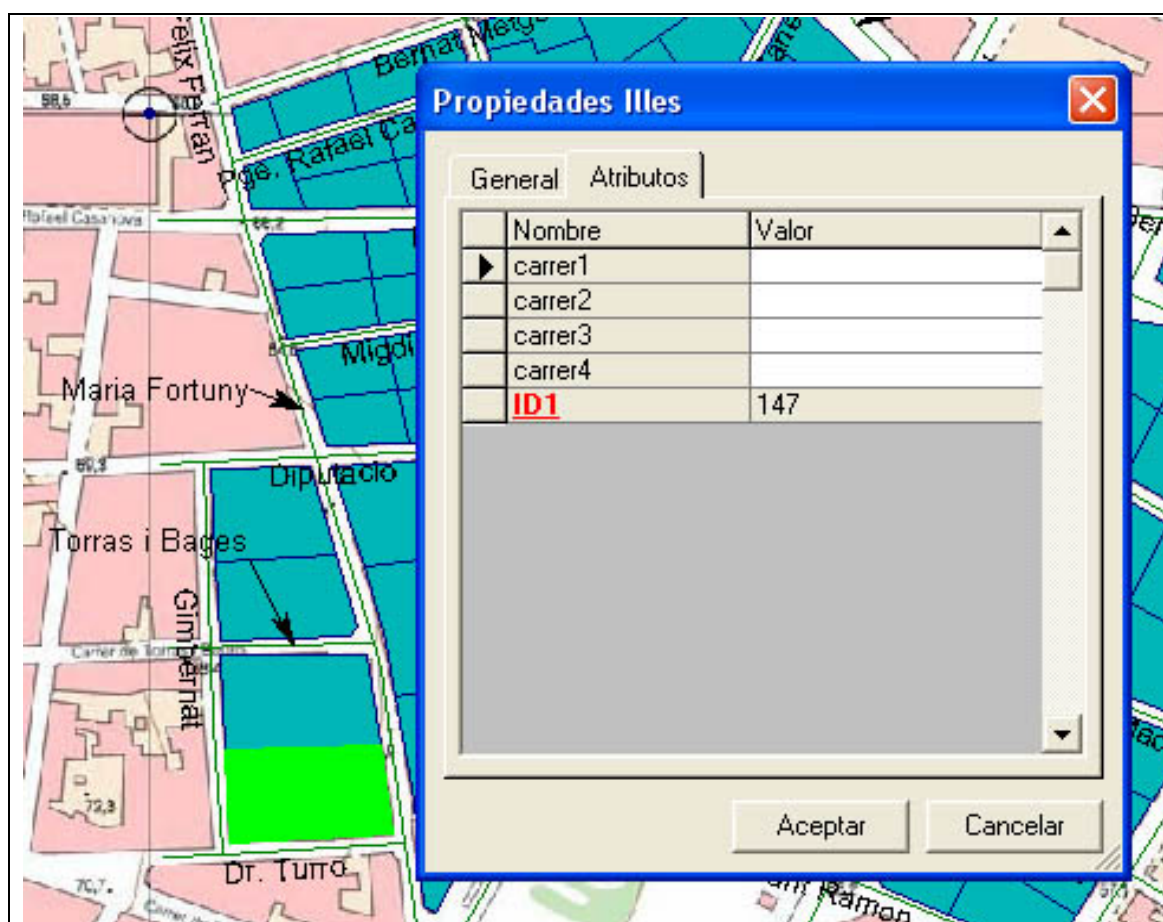


Figura 19. Illa amb ID1=147 abans d'executar el procés automàtic.

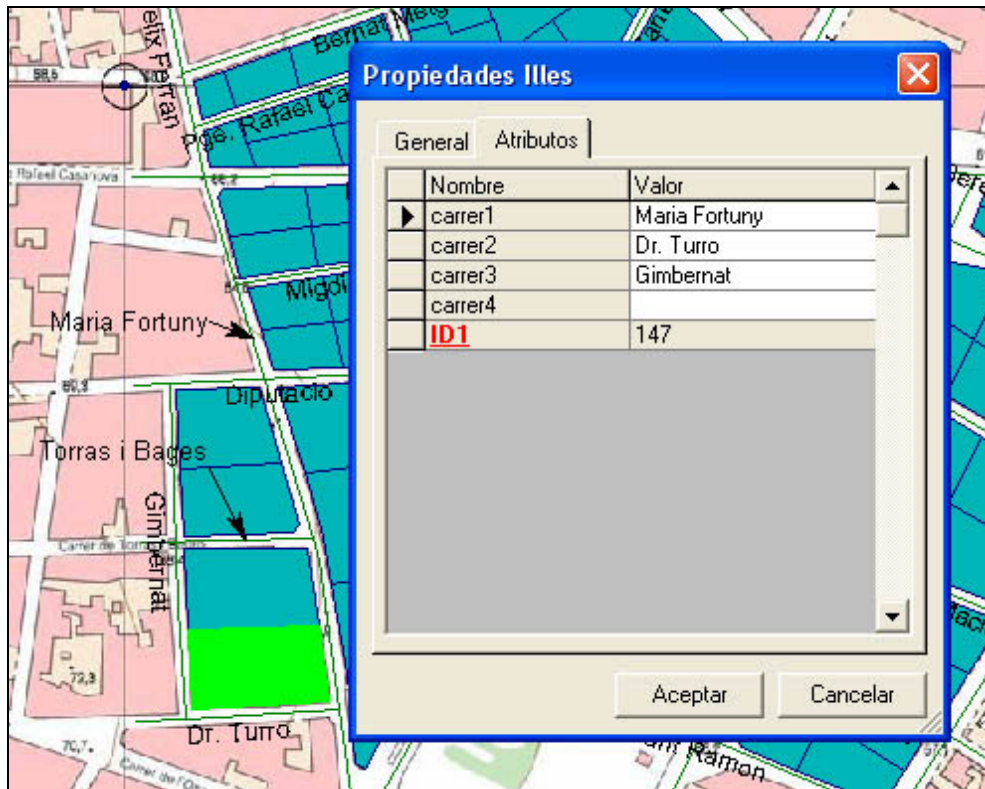


Figura 20. Illa amb ID1=147 després d'executar el procés automàtic.

Ara fem el mateix amb la finestra de dades, i observarem els resultats dels primers 30 registres d'Illas abans i després d'executar el procés automàtic:

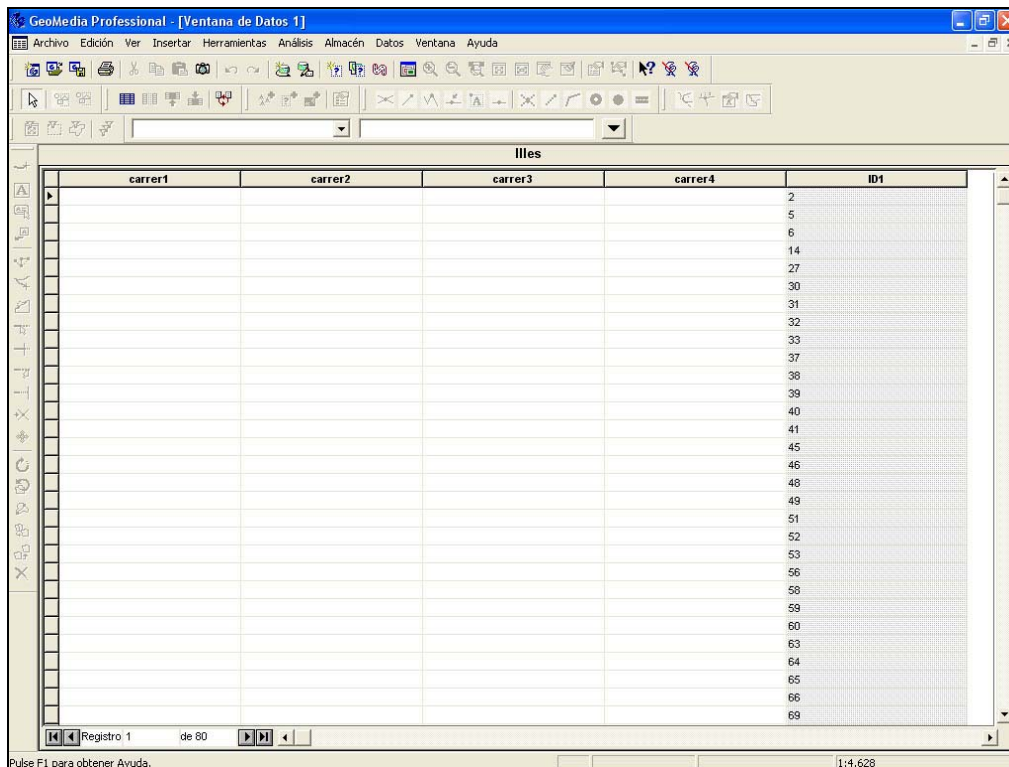


Figura 21. Finestra de dades abans d'executar el procés automàtic.

The screenshot shows the 'GeoMedia Professional - [Ventana de Datos 1]' window. The main area displays a table with the following data:

carrer1	carrer2	carrer3	carrer4	ID1
Alsina	Migdia			2
Av. de Burgos	Rafael Casanova	Antonia Canet	Sant Jordi	5
Av. de Burgos	Alsina			6
Av. de Burgos	Pau Claris	Pge. Sant Miquel		14
Felix Ferran	Bernat Metge	Pge. Rafael Casanova		27
Sant Jordi	Bernat Metge	Pge. Rafael Casanova		30
Bernat Metge	Pge. Rafael Casanova			31
Bernat Metge	Pge. Rafael Casanova			32
Rafael Casanova	Felix Ferran	Maria Fortuny	Pge. Rafael Casanova	33
Pge. Rafael Casanova				37
Sant Jordi	Pge. Rafael Casanova			38
Rafael Casanova	Sant Jordi	Alsina		39
Rafael Casanova				40
Sant Jordi	Bernat Metge			41
Sant Jordi	Pge. Rafael Casanova			45
Sant Jordi				46
Rambra Nova	Antonia Canet	Bernat Metge		48
Bernat Metge				49
Antonia Canet				51
Antonia Canet				52
Antonia Canet				53
Rambra Nova	Jaume I			56
Antonia Canet				58
Antonia Canet				59
				60
Av. de Burgos	Pge. Sant Miquel			63
Pge. Sant Miquel				64
Av. de Burgos	Jaume I	Rafael Casanova	Berenguer III	65
Berenguer III				66
Alsina	Migdia			69

At the bottom of the window, it shows 'Registro 1 de 80' and '1:4.628'.

Figura 22. Finestra de dades després d'executar el procés automàtic.³

³ Per llegir millor els resultats, és suficient amb augmentar el zoom del document.

Conclusions

En aquest treball hem fet, en primer lloc, una aproximació general al món dels SIG, coneixent diferents aspectes sobre aquest món. Hem après quines són les principals aplicacions que tenen i quins són els seus usuaris; hem situat l'aparició dels SIG en el seu context històric, destacant la importància que sempre ha tingut el tractament de la informació geogràfica, i els hem confrontat amb altres sistemes semblants, destacant les diferències entre ells.

Seguidament, hem conegut quins són els components que conformen els SIG, i hem fet una descripció de cadascun d'ells. Hem destacat, així mateix, que la característica que determina la peculiaritat d'aquest tipus de sistemes és la naturalesa geogràfica de les dades.

A continuació, hem descrit el procés de modelització de la informació geogràfica, que ens permet manipular amb el programari adequat la informació extreta de la realitat.

Tota aquesta informació ens ha aportat el coneixement necessari per comprendre quin és el paper que hi juguen els SIG en la nostra societat i afrontar el desenvolupament d'un projecte d'aquestes característiques.

Els SIG apliquen els avantatges de la tecnologia digital al tractament de les dades geogràfiques, dels quals en destaquem dos: la capacitat d'emmagatzemar grans quantitats de dades, incloses dades històriques, gràcies a la integració amb les bases de dades, i la facilitat d'editar, manipular, transportar i analitzar les dades emmagatzemades, atès que la seva funcionalitat s'ha desenvolupat en aquest sentit.

Per aquests motius, considero que els SIG es mostren com l'eina més eficaç de les estudiades, per les tasques de gestió i, sobretot, per l'anàlisi de les dades sobre el territori. A més, el gran augment de la demanda que ha tingut aquest tipus de sistemes en els darrers anys arreu del món posa de manifest la maduresa en la seva evolució des dels seus inicis.

Glossari

Atribut descriptiu. Informació no espacial que representa una característica concreta d'una entitat geogràfica.

Barra d'escala. Gràfic que ens indica l'escala del mapa.

Base de dades. Conjunt estructurat de dades que representa entitats i les seves relacions.

Base de dades alfanumèrica. En el context dels SIG, base de dades que emmagatzema les dades no espacials associades a les entitats geogràfiques.

Base de dades geogràfica. Base de dades que emmagatzema les dades que defineixen geogràficament una entitat.

CAD. Sigla de *Computer Aided Design*. Sistema de disseny assistit per ordinador.

CAM. Sigla de *Computer Automated Mapping*. Sistema de cartografia assistida per ordinador.

Cartografia. Ciència que s'ocupa dels mapes i de la seva realització.

Cel·la. Element espacial bàsic d'un sistema d'informació geogràfica en el que s'utilitza el format raster.

Component de programari. Unitat de programari compilada i reutilitzable amb una interfície ben definida, i que pot col·laborar amb altres components per resoldre un problema.

Dades. Informació representada segons unes regles de significació, i que es pot emmagatzemar en un suport.

Dades geogràfiques. Dades referides a informació espacial del territori.

Datum. Model matemàtic de l'esfera terrestre que s'utilitza per càlculs geodèsics.

Entitat geogràfica. Element del món real que no pot ser dividit en altres fenòmens de la mateixa classe.

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

Fus. Àrea situada entre dos meridians de la Terra. En el sistema de representació plana UTM, un fus es correspon amb una zona UTM.

Geodèsia. Ciència que estudia i determina la figura i magnitud de tot el globus terrestre o de gran part d'ell, i construeix els mapes corresponents.

Geografia. Ciència que descriu la Terra i assenjala la distribució en l'espai dels elements i fenòmens que es desenvolupen en la seva superfície.

Georeferenciació. Assignació de dades de posició a les entitats geogràfiques en base a un sistema de referència estàndard.

Geoworkspace. Format de fitxer que utilitza el programari Geomedia, amb totes les dades necessàries per desenvolupar un projecte SIG.

GIS. Sigla de *Geographic Information System*. Veure SIG.

GPS. Sigla de *Global Positioning System*. Sistema global de navegació per satèl·lit utilitzat per la localització de persones, vehicles o naus en qualsevol punt de la Terra.

ICC. Sigla de l'Institut Cartogràfic de Catalunya.

Interfície. En el context dels components de programari, punt d'accés d'un component.

Línia. Objecte geomètric representat per una sèrie de punts.

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

Llibreria d'accés dinàmic. Component de programari que una aplicació utilitza en temps d'execució.

Magatzem. Terme utilitzat en el context del programari Geomedia per fer referència a la base de dades que utilitza un Geoworkspace.

Maquinari. Components físics d'un sistema informàtic.

MDT. Sigla de *Model Digital del Terreny*. Model quantitatiu del relleu de la superfície terrestre que conté informació sobre la posició i l'altitud dels elements de la superfície.

Model conceptual. Descripció simplificada de la realitat mitjançant variables i entitats.

Model lògic. Implementació del model conceptual orientada a que els ordinadors facin les tasques requerides sobre les dades.

Model digital. Estructuració de les dades utilitzades per tal que puguin ser emmagatzemades en suport digital.

Model de les dades. Abstracció de les entitats geogràfiques del món real que incorpora només propietats rellevants per complir els objectius d'una organització.

OCX. Tipus de component de programari desenvolupat amb el llenguatge de programació Visual Basic.

Programari. Suport lògic que organitza, dirigeix i dóna consistència a tot el sistema informàtic.

Polígon. Objecte geogràfic format per línies que delimiten una superfície, representant una regió amb característiques uniformes.

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

Punt. Objecte geomètric representat per un parell de coordenades, amb un àrea i una longitud igual a zero.

Punt de control. Punt amb coordenades conegudes i que pot ser identificat gràficament en una imatge, utilitzat per registrar una imatge en el Geomedia.

Raster. Model de dades lògic que utilitza una matriu de cel·les que cobreixen un àrea, i que contenen valors numèrics per la representació de l'espai. Les relacions topològiques entre les entitats geogràfiques estan definides implícitament per la disposició de les cel·les en la matriu.

Registre de imatge. Mecanisme del programari Geomedia que permet la georeferenciació d'una imatge.

SGBD. Sigla de *Sistema Gestor de Bases de Dades*. Programari especialitzat en l'organització i la gestió de les dades en una base de dades.

SIG. Sigla de *Sistema d'Informació Geogràfica*. Sistema d'informació compost per maquinari, programari i procediments per capturar, utilitzar, manipular, analitzar, modelitzar i representar dades georeferenciades, amb l'objectiu de resoldre problemes de gestió i planificació.

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

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

Teledetecció. Tècnica que es dedica a la recopilació a distància d'informació de la superfície terrestre. Normalment fa referència a fotografies des de satèl·lits espacials, però en un sentit més ampli del terme, pot englobar fotografies des d'avions.

TIN. Sigla de *Triangulated Irregular Network*. Model lògic de dades, considerat híbrid entre el raster i el vectorial, que consisteix en una xarxa triangular de punts per representar una superfície.

Topologia. Definició matemàtica explícita de les relacions espacials de les entitats geogràfiques representades per punts, línies i polígons.

UML. Sigla de *Unified Modeling Language*. Model estàndard per a la construcció de programari orientat a objectes.

UTM. Sigla de *Universal Transversa de Mercator*, sistema de representació plana establert com a reglamentari pel Decret 2303/1970.

Vectorial. Model de dades lògic molt utilitzat en els SIG. Utilitza els elements geomètrics *punt*, *línia*, *polígon* i *volum*. Les relacions existents entre ells queden expressades explícitament mitjançant la *topologia* i les característiques descriptives estan caracteritzades per dades alfanumèriques.

Bibliografía

Primera part

Alonso, Francisco. *Sistemas de Información geográfica*. [en línea]. www.um.es/geograf/sigmur/SIGgf2000/temario.pdf [data de consulta: 20/10/2005].

Asociación Española de Sistemas de información Geográfica (AESIG). [en línea]. <http://www.aesig.org> [data consulta: 18/10/2005]

Barceló, M. i Pastor, Joan Antoni. (2004). *Gestió d'Organitzacions i Projectes Informàtics*. Barcelona: Universitat Oberta de Catalunya.

Bédard, I. (1993). *Curso Sobre El Modelado De Datos Georeferenciados*. [en línea]. http://www.gisits.com/docs/Modelado_geodatabases.pdf [data consulta: 25/10/2005]

Bosque, J. i Zamora, H. (2002). *Visualización Geográfica y nuevas Cartografías*. [en línea]. http://geofocus.rediris.es/docPDF/Articulo4_2002.pdf [data de consulta: 20/10/2005].

Comas, D. i Ruiz, E. (Primera edició: 1993). *Fundamentos de los sistemas de información geográfica*. Barcelona: Ariel Geografía.

GIS.com. [en línea]. <http://www.gis.com> [data consulta: 18/10/2005]

Guevara, A. i Javaloyes, C. *Software SIG*. [en línea]. http://www.turismo.uma.es/alumnos/arcinfo/Tema_2.html [data consulta: 21/10/2005]

Historia:docs:cartografia. [en línea]. <http://www.mgar.net/var/cartogra.htm> [data consulta: 20/10/2005].

Intergraph Corporation. [en línea]. <http://www.intergraph.com> [data consulta: 10/11/2005]

Vrsalovic, V. (2005). *Introducción a las tecnologías SIG*. [en línea]. <http://www2.ing.puc.cl/~dmery/charla04.ppt> [data consulta: 25/10/2005]

Segona part

Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC). [en línea]. <http://www.icc.es> [data consulta: 20/11/2005]

Intergraph Corporation (2004). [arxiu PDF]. *Manual del usuario de GeoMedia Professional*. Huntsville, Alabama.

Intergraph Corporation (2004). [arxiu CHM]. *Aprendizaje de GeoMedia Professional*. Huntsville, Alabama.

Intergraph Corporation (2004). [arxiu PDF]. *Programación en GeoMedia Professional*. Huntsville, Alabama.

Intergraph Corporation (2004). [arxiu PDF]. *Referencia de objetos GeoMedia Professional*. Huntsville, Alabama.

MyGeomedia. [en línia]. <http://www.mygeomedia.com> [data consulta: 10/11/2005]