

UNIVERSITAT OBERTA DE CATALUNYA

Enginyeria Informàtica (2on cicle)

Projecte Final de Carrera

Creació d'un Sistema d'Informació Geogràfica de Carreteres

Problema logístic de l'empresa Vall Companys Grup

Autor:

Eduard Allué Pont

Director:

Antoni Pérez Navarro

Curs 2004-2005 (1^{er} semestre)

A totes les persones que m'han ajudat en aquests tres anys i mig de carrera i, en especial, a la meva família i a la meva dona que han patit les conseqüències de les nits d'estudi. Sense el vostre suport, no hagués arribat al final. Moltes gràcies de tot cor.

Resum

En la logística de Vall Companys Grup, un problema fonamental a resoldre és el de la situació geogràfica de tots els elements que participen en la logística, com són fàbriques, granges, camions i magatzems; i estudiar les seves interrelacions per aconseguir un aprofitament òptim dels recursos disponibles. Per resoldre aquest problema, l'eina adequada seria un Sistema d'Informació Geogràfica (SIG).

En aquest projecte s'estudia què és un SIG, els conceptes que engloba i se'n presenta un de comercial: GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2. Utilitzant aquest producte, s'ha construït un prototipus que senta les bases per aconseguir resoldre el problema de logístic de Vall Companys Grup i mostra les potencialitats de GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2.

La memòria reflecteix aquests objectius i s'estructura en sis capítols:

- *Capítol 1:* Es presenta el projecte indicant-ne els objectius, els mètodes seguits i els continguts, mostrant-ne la situació de partida i la situació a la que es vol arribar.
- *Capítol 2:* S'introdueix el concepte de SIG les principals característiques, demostrant les potencialitats d'aquest i les avantatges que ofereix en front de sistemes semblants.
- *Capítol 3:* S'estudien conceptes de la ciència de la Cartografia i la Geodèsia. En especial, els conceptes relacionats amb la informació geogràfica i la georeferenciació dels elements en la superfície terrestre. Es mostren diferents tipus de projecció i es comprova que la més útil és la emprada per les coordenades UTM.
- *Capítol 4:* Es parla sobre els formats en que s'emmagatzemen les dades geogràfiques i les diferents maneres d'obtenir-les, mostrant quan és útil cada format. Ja s'introdueix l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC) com a font principal de dades, mostrant-ne els principals serveis i productes que ofereix..
- *Capítol 5:* Es presenta el SIG comercial GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 com un dels SIG amb més potencialitats, mostrant-les i veient que aquest producte és altament útil per la resolució de projectes SIG.
- *Capítol 6:* Es presenta el problema logístic de Vall Companys Grup en detall, així com una solució i l'àmbit que se'n desenvoluparà en aquest projecte. Es mostra els processos seguits per construir el prototipus i es presenten exemples de resultats. Es demostrarà que GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 és un SIG molt adequat per resoldre el problema logístic, encara que es farà necessària la programació d'aplicacions que ataquin aquest SIG.

Índex

Resum	1
Índex	2
Índex de figures	5
Índex de taules	7
Introducció	8
1.1 Justificació del PFC	8
1.2 Objectius del PFC	8
1.3 Enfocament i mètode seguit	9
1.4 Planificació del projecte	9
1.5 Productes obtinguts	10
1.6 Descripció dels capítols de la memòria	10
Introducció als SIG	12
2.1 Què és un SIG?	12
2.2 Antecedents dels SIG	14
2.3 Diferències entre SIG i sistemes de disseny assistit per ordinador (CAD)	14
2.4 Composició d'un SIG	15
2.4.1 Maquinari	15
2.4.2 Programari	15
2.4.3 Dades	16
2.4.4 Usuaris	16
2.4.5 Regles de negoci	16
2.5 Tipus d'informació que utilitza un SIG	17
2.5.1 Informació gràfica	17
2.5.2 Informació alfanumèrica	17
2.5.3 Base de dades	17
2.6 Aplicacions dels SIG	18
2.7 Sistemes per extreure dades d'un SIG	19
2.7.1 Selecció d'objectes	19
2.7.2 Formats de sortida	19
Introducció a la Cartografia	21
3.1 Què és la cartografia?	21
3.2 Coordenades geogràfiques	22
3.2.1 Meridians	22

3.2.2	Paral·lels	23
3.2.3	Longitud	24
3.2.4	Latitud	24
3.3	Conceptes geodèsics per a l'ús de SIGs	25
3.3.1	Geoide	25
3.3.2	El·lipsoide de referència.....	26
3.3.3	<i>Datum</i>	26
3.4	Reducció i projecció de la superfície terrestre.....	27
3.5	Projeccions de l'el·lipsoide en el pla	28
3.5.1	Projeccions cilíndriques	29
3.5.2	Projeccions còniques.....	32
3.5.3	Projeccions planars	32
3.5.4	Sistema de Projecció UTM	33
3.6	Coordenades UTM	34
3.6.1	Divisions en fusos.....	34
3.6.2	Divisions en zones	34
3.6.3	Càlcul del fus i la zona.....	35
3.6.4	Avantatges i inconvenients del sistema de projecció UTM.....	36
Representació i Obtenció de la Informació Geogràfica		37
4.1	Format <i>raster</i>	37
4.1.1	Què és el format <i>raster</i> ?.....	38
4.1.2	Obtenció de dades i <i>rasterització</i>	39
4.2	Format vectorial	40
4.2.1	Què és el format vectorial?	40
4.2.2	Obtenció de dades i vectorització.....	41
4.3	Exemples de formats	42
4.3.1	Formats <i>raster</i>	42
4.3.2	Formats vectorials.....	43
4.4	Diferències entre format vectorial i format <i>raster</i>	44
4.5	Fonts de dades.....	45
4.5.1	Què és l'ICC?	45
4.5.2	Dades que ofereix l'ICC.	46
GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2		49
5.1	Història de GEOMEDIA	49
5.2	Característiques generals	50
5.2.1	Àrea de treball	51
5.3	Funcions.....	51
5.3.1	Anàlisi de dades.....	51
5.3.2	Publicació de resultats	53
5.3.3	Traces per lots	54
5.3.4	Captura i manteniment de dades gràfiques	55
5.4	Càrrega de dades des de l'ICC	56
5.4.1	Format <i>raster</i>	56
5.4.2	Format vectorial.....	57
TREBALL PRÀCTIC		59
6.1	Introducció a l'empresa	59

6.2	Descripció del problema	60
6.2.1	Característiques de la logística	60
6.2.2	Problema logístic	62
6.2.3	Àmbit del treball.....	64
6.3	Descripció de les eines i el model de dades	65
6.3.1	Bases de dades corporatives	65
6.3.2	Base de dades amb coordenades UTM	67
6.3.3	Magatzem de dades geogràfiques.....	67
6.4	Creació del prototipus.....	69
6.4.1	Sistema de coordenades	69
6.4.2	Base municipal de Catalunya	70
6.4.3	Ortofotos	72
6.4.4	Entitats logístiques i magatzems de dades	73
6.4.5	Digitalització d'entitats.....	74
6.5	Anàlisi de dades	76
6.5.1	Zones d'influència, Relacions i Consultes d'atributs	76
6.5.2	Mapes temàtics i atributs funcionals.....	78
CONCLUSIONS.....		81
7.1.1	Treballs futurs.....	82
Referències		83
Introducció als SIG		83
Introducció a la Cartografia.....		84
Representació i Obtenció de la Informació Geogràfica		85
GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2		87
TREBALL PRÀCTIC.....		87

Índex de figures

Figura 1. Mapa de Catalunya [46].....	13
Figura 2. Projectió de la Terra al pla [12]	22
Figura 3. Meridià de Greenwich [12]	23
Figura 4. Pla de l'equador [21]	23
Figura 5. Paral·lel de l'equador [12].....	24
Figura 6. Càlcul de la longitud d'un punt [12].....	24
Figura 7. Càlcul de la latitud d'un punt [12].....	25
Figura 8. Representació del geoide [19][14].....	26
Figura 9. Comparació de la superfície terrestre, el geoide i l'el·lipsoide de referència[14],	26
Figura 10. Reducció a l'el·lipsoide i projectió al pla [19].....	27
Figura 11. Anamorfosi en les projeccions	29
Figura 12. Projectió cilíndrica [23].....	30
Figura 13. Projectió de Mercator [19].....	30
Figura 14. Projectió cilíndrica transversa [13]	31
Figura 15. Projectió de Cassini [19]	31
Figura 16. Projectió cilíndrica obliqua.....	32
Figura 17. Projectió cònica [23]	32
Figura 18. Projectió UTM de tota la Terra.....	34
Figura 19. Quadrícula UTM en fusos i zones [13].....	35
Figura 18. Divisió de l'espai en categories [1].....	39
Figura 19. Representació d'elements a través del format vectorial [25]	41
Figura 20. Organització de les cobertures.....	44
Figura 20. Imatge del satèl·lit NOAA.....	46
Figura 21. Composició de GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 [43].....	54
Figura 21. Logística del grup Vall Companys Grup, S.A.U.	61
Figura 22 . Estructura de la base de dades de logística.....	66
Figura 23. Digitalització de la xarxa viària.....	68
Figura 24. Deformacions pel sistema de coordenades.....	70
Figura 25. Creació d'entitats en dades CAD.....	71
Figura 26. Base municipal de Catalunya	72
Figura 27. Càlculs per registrar una ortofoto.	73
Figura 28. Creació de tipus d'entitats.....	74
Figura 29. Digitalització d'un camí.....	75
Figura 29. Icones de les entitats	76

Figura 30. Consulta magatzems en ruta. Primera part.....	77
Figura 31. Consulta magatzems en ruta. Segona part.....	77
Figura 32. Consulta magatzems en ruta. Primera tercera part	78
Figura 33. Consulta magatzems en ruta. Resultat	78
Figura 34. Nivell d'ocupació de les granges. Primera part	79
Figura 35. Nivell d'ocupació de les granges. Segona part.....	79
Figura 36. Nivell d'ocupació de les granges. Resultat	80

Índex de taules

Taula 1. Planificació del projecte.....	10
Taula 2. Diferències entre SIG i sistemes CAD[5][3][2]	15
Taula 3. Avantatges i inconvenients del sistema UTM [13][19].....	36
Taula 4. Representació dels elements de l'espai en format raster[9].....	38
Taula 5. Representació dels elements de l'espai en format vectorial [30].....	41
Taula 6. Avantatges del model raster [9].....	45
Taula 7. Avantatges del model vectorial [9]	45
Taula 8. Tipus de captura de dades	56
Taula 9. Rangs de visibilitat i estils de la base municipal.....	71
Taula 10. Rangs de visibilitat i estils de la base de dades geogràfica.....	76

Capítol 1

Introducció

En aquest capítol es situarà el punt de partida del projecte, indicant-ne les motivacions per desenvolupar-lo i els seus objectius. Es mostrarà la planificació temporal i el mètode seguit per crear-lo. Finalment s'introduirà el contingut de la resta dels capítols que integren la memòria.

1.1 Justificació del PFC

El grup d'empreses Vall Companys Grup té un dels principals problemes en la logística tant de la fàbrica de pinso com de les granges que té integrades. La base per resoldre aquest problema és situar geogràficament tots els elements que intervenen en la logística i crear-ne o consultar-ne interrelacions per fer una gestió molt més àgil i òptima dels recursos logístics.

El sistema que resoldria aquest problema seria un SIG que permetés les consultes adequades al problema, tant interactuant-hi directament com a través del programari ja disponible en l'entorn de logística. Per aconseguir-ho, primer s'ha d'estudiar en què consisteix un SIG i tots els conceptes d'altres ciències que també hi intervenen. Després, s'ha de desenvolupar un prototipus de SIG on es mostrin totes les potencialitats d'aquest per avaluar-ne la utilitat i la viabilitat.

Aquest projecte, aporta el coneixement suficient per desenvolupar i mantenir un SIG en el grup d'empreses, com també un prototipus del sistema que es desenvoluparà més a fons, en un futur.

1.2 Objectius del PFC

Els objectius d'aquest projecte són tres:

- *Conèixer en què consisteix un SIG:* Per això, s'ha d'estudiar el què és un SIG en particular. Però també tots els conceptes que engloben el món dels SIG, però que són conceptes d'altres ciències, com la cartografia la geodèsia i la informació gràfica.
- *Conèixer el SIG comercial GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2:* S'ha d'estudiar les possibilitats que ofereix, així la flexibilitat tant en la gestió diària com en la introducció de dades noves.
- *Desenvolupar un prototipus en GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2:* S'ha de desenvolupar un prototipus que posi en pràctica els conceptes relacionats amb els SIG i que demostrï les potencialitats dels SIG en general, i aquest en concret, per resoldre el problema logístic del grup d'empreses Vall Company Grup.

1.3 Enfocament i mètode seguit

Per la realització d'aquest projecte, on una gran quantitat d'esforços han anat destinats al coneixement dels conceptes relacionats amb el SIG i menys a la realització de l'estudi pràctic del cas concret, les tasques s'han centrat en la recollida de dades de moltes fonts diferents i al fet d'escollir la informació important i contrastar-la amb, almenys, una altra font de dades totalment diferent. Així, els processos a seguir per cada bloc, han estat:

- *Obtenir informació:* S'obté informació general sobre el contingut del bloc, per poder centrar els punts a tractar.
- *Desenvolupament dels punts concrets:* Es centra l'objectiu del punt amb la informació obtinguda. Llavors es busquen altres fonts de dades més especialitzades en el punt concret, per donar una visió més precisa i sense ambigüitats del punt.
- *Seleccionar i contrastar la informació:* Un cop seleccionada la informació a donar, aquesta s'havia de contrastar amb dos o tres fonts de dades totalment diferents.
- *Redactar adequadament els punts:* Redactar el punt amb el màxim de rigor i claredat possible.

Pel que fa al treball pràctic en GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2, aquest s'ha desenvolupat seguint, en gran mesura, els criteris de visibilitat i utilitat per l'usuari final. Així, s'ha definit en quina escala era útil mostrar cada tipus d'informació i en quines altres escales molestava el fet de veure algun tipus de dada.

Com a font de dades gràfiques pel treball pràctic, s'ha escollit l'Institut Cartogràfic de Catalunya, degut a la gran quantitat de dades que ofereix sobre Catalunya i l'ampli ventall de formats en què els ofereix.

1.4 Planificació del projecte

La planificació del projecte està resumida en la taula 1, on apareixen el nom de les apartats en que s'han dividit les tasques per realitzar el projecte i una petita descripció del contingut. Sobre cada apartat, apareix la data d'inici i la data de finalització de l'apartat.

Apartat	Data inici	Data fi
Pla de treball: L'objectiu d'aquest apartat és la creació del pla de treball per poder fer un seguiment de l'evolució del treball, segons el que estava previst inicialment.	21-09-04	27-09-04
Introducció als SIG: Consisteix en adquirir els coneixements necessaris realitzar un projecte relacionat amb els SIG. Així, es buscarà informació sobre aquest camp i es recollirà per al seu anàlisi i la seva posterior inclusió en la memòria.	28-09-04	18-10-04
Formats estàndards d'intercanvi de dades: Té com a objectiu l'estudi dels formats estàndards d'intercanvi de dades entre els SIG i els sistemes externs.	13-10-04	02-11-04
Introducció a un SIG comercial: GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2: En aquest bloc es pretén conèixer un exemple de SIG comercial:	27-10-04	18-11-04

GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2. Per això s'haurà d'instal·lar i estudiar-ne les principals característiques.		
Definició d'un SIG real de carreteres: Aquest bloc fa referència a la part pràctica del treball. Es tracta de crear un SIG real de carreteres. En concret, es tracta d'estudiar el problema logístic del transport de pinso a granges, de l'empresa Vall Companys Grup, per crear un prototipus amb GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2. sobre la possible solució.	14-11-04	11-12-04
Revisió de la memòria i creació de la presentació: Aquest bloc és el bloc en què es generarà, o en el seu cas, es revisarà, la documentació a presentar com a resultat final del treball. Aquesta documentació ha de reflectir l'assoliment dels objectius marcats en l'inici del treball.	12-12-04	10-01-05

Taula 1. Planificació del projecte

1.5 Productes obtinguts

En aquest projecte, per la seva definició, s'han de generar dos productes:

- *Memòria:* És aquest document on, a part de detallar la feina feta, també es donen els conceptes necessaris per conèixer els SIG en general i les característiques del SIG GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2, que era un dels objectius inicials del projecte.
- *Projecte GEOMEDIA:* Aquest producte inclou tant el *Geoworkspace* com les bases de dades utilitzades. En concret, aquest producte serà el prototipus del SIG per Vall Companys Grup, on es mostraran les possibilitats d'aquest SIG per resoldre el problema.

1.6 Descripció dels capítols de la memòria

Els capítols que segueixen són 5 i els primers faciliten els coneixements necessaris per entendre els SIG i els últims es centren més en el SIG comercial GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 i en el problema logístic del grup Vall Companys Grup:

- *Capítol 2:* En aquest capítol s'introdueix al lector en el món dels SIG, explicant en què consisteixen, com estan compostats, quines utilitats tenen i què els diferencia d'altres sistemes semblants.
- *Capítol 3:* S'explica el problema existent en representar la Terra en el pla. Es veu que aquest és un problema no solucionat completament, però es presenten aproximacions amb deformacions menyspreables. Es presenta el mètode utilitzat en aquest projecte i el seu sistema de coordenades.
- *Capítol 4:* S'introdueix al lector en el món de la representació de la informació geogràfica, explicant els dos sistemes per emmagatzemar-la i les diferències i semblances entre ells. A més, s'explica com produir aquest tipus d'informació i es fa referència a la institució que es farà servir com a font de dades principal en aquest projecte.
- *Capítol 5:* Es presenta el programari comercial GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2, explicant-ne els avantatges que ofereix, a part dels intrínsecs per tractar-se d'un SIG. I es presenten les utilitats que es faran servir en aquest projecte.
- *Capítol 6:* Es presenta el grup d'empreses Vall Companys Grup i es centra el problema logístic que es vol tractar. Se'n expliquen els detalls i es centra l'àmbit d'aquest projecte i la part del

problema que es resoldrà en aquest. Es mostra totes les accions dutes a terme en GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 i els resultats obtinguts.

Capítol 2

Introducció als SIG

En aquest capítol, es donarà una visió general sobre el Sistemes d'Informació geogràfica (SIG). Els temes que es tractaran són:

- *Què és un SIG?:* Es donaran diverses definicions sobre SIG.
- *Antecedents dels SIG:* S'explicaran els orígens dels SIG actuals i l'evolució que han tingut fins arribar al dia d'avui.
- *Diferències entre SIG i sistemes de disseny assistit per ordinador (CAD):* Es destacaran els punts de distanciament entre els dos sistemes.
- *Composició d'un SIG:* S'explicarà els mòduls o elements que componen un SIG.
- *Tipus d'informació que utilitza un SIG:* S'explicaran els tipus de dades utilitzats en un SIG i la informació emmagatzemada en cada tipus.
- *Aplicacions dels SIG:* Es donaran diversos exemples de potencialitats d'un SIG.
- *Sistemes per extreure dades d'un SIG:* S'explicaran les formes en que es pot consultar informació en un SIG.

2.1 Què és un SIG?

En aquest capítol es donaran diverses definicions sobre SIG i s'introduirà les idees bàsiques per entendre en que consisteix.

Un SIG és un conjunt de recursos que permeten la gestió d'informació geogràfica; la gestió de la relació dels objectes geogràfics entre ells; i l'enllaç amb la informació alfanumèrica sobre les propietats relatives a aquests objectes geogràfics. El resultat és un sistema que permet l'anàlisi d'informació geogràfica i de les propietats dels objectes georeferenciats.

Existeixen diverses definicions sobre què és un SIG:

- *Base de dades computeritzada que conté informació espacial. [9]*
- *Un sistema basat en l'ordinador que proporciona els següents quatre conjunts de capacitats per la manipulació de dades georeferenciades: Entrada de dades, gestió de les dades (emmagatzemament i recuperació), manipulació i anàlisis i sortida de dades. [9]*
- *Un sistema de maquinari, maquinari y procediments dissenyats per realitzar la captura, emmagatzemament, manipulació, anàlisi, modelatge i presentació de dades referenciades espacialment per la resolució de problemes complexes de planificació i gestió. [9]*

- *Programari utilitzat per automatitzar, analitzar i representar dades gràfiques georeferenciades i organitzades segons un model tipològic [6].*
- *Model informatitzat del món real, descrit en un sistema de referència lligat a la terra, creat per satisfer unes necessitats d'informació específiques responnent a un conjunt de preguntes concretes [6].*

Tant els SIG com els mapes tradicionals de paper, a simple vista, utilitzen la mateixa codificació geomètrica per mostrar la informació. Aquest fet es pot comprovar en la figura 1, on, per marcar un punt concret, com un poble petit com els Alamús o Vensilló, utilitzen un punt; per marcar un objecte amb recorregut, com un riu o una carretera, en la figura el riu Segre o l'autovia Nacional II, utilitzen una línia; i per marcar un objecte amb amplada, com un llac, un mar, una muntanya o una ciutat, utilitzen una àrea, en la figura la ciutat de Lleida o el poble de Bellvís. A més, tant els mapes com els SIG poden aportar informació addicional, com l'alçada dels objectes, la densitat de població, la temperatura mitjana, etc. La diferència entre un mapa i un SIG és que un SIG utilitza una base de dades per emmagatzemar la informació addicional a un mapa. Aquest fet afegeix als SIG tot un ampli ventall de possibilitats, relatives a utilitzar les dades alfanumèriques associades als objectes marcats en el SIG per fer-hi consultes molt més avançades i molt més àmplies.



Figura 1. Mapa de Catalunya [46]

Una de les propietats fonamentals dels SIG que ha fet que aquests es desenvolupessin fins als nivells actuals, és que van més enllà de la cartografia i d'una base de dades amb informació d'objectes. Un SIG conté una base de dades amb informació més o menys àmplia d'uns objectes referenciats a una cartografia. A partir d'aquí s'obre la possibilitat de combinar les preguntes que es fan a un mapa (on és aquest objecte?, a quina distància està un objecte d'un altre?, quants objectes hi ha a prop d'un altre objecte?, etc.) a les preguntes que es fan a una base de dades (Quins objectes compleixen unes determinades condicions?). Amb els SIGs es poden preguntar coses com:

- *Quins objectes a menys d'una certa distància, entre ells, compleixen una determinada condició?*
- *Quants objectes, que compleixen una condició, tenen a prop objectes que compleixen una altra condició?*
- *Quin és el camí més curt entre un objecte i un altre, sense passar pel costat d'objectes que compleixen una condició?*
- ...

2.2 Antecedents dels SIG

Els SIG són sistemes que utilitzen la tecnologia més avançada. Però per arribar fins aquí, hi ha hagut una evolució de les tècniques i dels mapes. En aquest capítol es presenta, a grans trets, l'evolució des dels primers mapes utilitzats pels antics fenicis fins als SIG actuals.[1]

El primer antecedent dels SIG, en la història, és la cartografia primitiva. Els primers a desenvolupar una cartografia primitiva van ser els antics fenicis, que van colonitzar el Mediterrani entre els segles XI i IX a.C[11]. Utilitzaven una sèrie de símbols pictòrics que els ajudaven en les seves exploracions, tant terrestres com marines.

Una cartografia més científica va ser la dels grecs, on van millorar la cartografia dels antics fenicis, utilitzant la geometria. Els grecs van arribar al seu màxim esplendor com a cultura i, per tant, també en la cartografia en el segle V a. C [10]. Aquests ja utilitzaven mapes. Aquestes tècniques cartogràfiques les van utilitzar també els romans en la seva expansió de l'Imperi Romà.

Més recentment, l'impuls dels SIG va començar als anys seixanta i va venir d'Estats Units i de Canadà. A Canadà, l'any 1962, va ser on es va encarregar el primer projecte on un sistema informàtic treballava amb dades geogràfiques. Estats Units també encapçalava aquesta àrea amb projectes com el LUNR (*Land Use and Resource Information System*), MLMIS (*Minnesota Land Management Information System*), el PIOS (*Polygon Information Overlay System*), etc. Als anys setanta es va organitzar la primera conferència sobre SIG, amb 40 participants [6].

En aquests anys 60 i 70, les investigacions es centraven més en la cartografia i, bàsicament, en la generació automàtica de mapes de gran qualitat i no tant en l'anàlisi de la informació espacial.

Els anys 80 van ser els anys on més impuls es va donar a aquests sistemes, en part, degut al gran desenvolupament de les eines de disseny assistit per ordinador, més conegudes per les sigles en anglès CAD (*Computer Aided Design*) i a la proliferació d'ordinadors molt més potents. Aquest fet va provocar la creació de nous organismes, tant en l'àmbit universitari, com en l'àmbit de l'administració pública o el de l'empresa privada. Aquest impuls es va rebre, sobretot, des d'Estats Units. Allí va ser on, l'any 1988, es va crear el *National Center for Geographic Information and Analysis*, que a partir de llavors seria qui duria l'impuls en les investigacions sobre SIG.

Els anys 90 van ser els de la consolidació dels SIG gràcies, entre altres, a l'augment de la potència dels ordinadors i, per tant, del programari que podien suportar. Aquests són els anys en què Europa començar a apostar per aquests sistemes.

2.3 Diferències entre SIG i sistemes de disseny assistit per ordinador (CAD)

En el punt anterior s'ha introduït el concepte de CAD relacionat amb l'impuls dels SIG. En aquest capítol s'explicaran les diferències entre els dos conceptes i com els sistemes CAD complementa al SIG.

Els sistemes CAD són paquets de dibuix, més o menys complexos, on es gestionen i s'emmagatzemen dades geomètriques. En canvi, els SIG són sistemes que gestionen i emmagatzemen informació geogràfica, però també informació descriptiva dels objectes, els quals els permeten fer un anàlisi dels objectes que va més enllà de les dades geogràfiques.

Tot seguit es presenta la taula 2 on s'indiquen les diferències més destacades entre els dos sistemes:

SIG	CAD
Utilitza i emmagatzema dades geomètriques que descriuen llocs de la superfície terrestre, georeferenciats.	Utilitza i emmagatzema dades geomètriques d'objectes bidimensionals o tridimensionals, que no han de ser georeferenciats
Utilitza i emmagatzema propietats i atributs dels objectes del SIG; és a dir, dades alfanumèriques. Aquestes dades són molt útils en el moment de fer les cerques o presentar segons quins tipus de resultats.	Només utilitza i emmagatzema dades geomètriques dels objectes i no en pot emmagatzemar cap que no sigui geomètric.
El sistema es basa en l'anàlisi de les dades, tant geomètriques com descriptives, ja existents, per crear extraccions en mapes i informes. És a dir, la informació gràfica es complementa amb la informació alfanumèrica.	Només utilitzen les coordenades geomètriques i les dades geomètriques que defineixen els objectes, a l'hora de presentar resultats.
Pot utilitzar informació capturada de diversos tipus: Vectorials o <i>raster</i> , que es veuran ampliament en el capítol 4. Aquests formats de captura de dades es poden utilitzar en els SIG, segons les preferències de l'usuari i els objectius del projecte.	Només pot utilitzar dades de tipus vectorial i l'usuari no pot utilitzar cap altre tipus de dada, sense convertir-la a format vectorial.

Taula 2. Diferències entre SIG i sistemes CAD[5][3][2]

2.4 Composició d'un SIG

Fins aquí s'ha definit què és un SIG i s'ha comparat amb altres sistemes que hom podria considerar semblants. Tanmateix encara no s'ha detallat de què es compona un SIG. En aquest punt es veuran quines parts el componen i com es relacionen entre elles.

Els SIG estan compostats per 5 blocs, que són el maquinari, el programari, les dades, els usuaris i les regles de negoci:

2.4.1 Maquinari

És el lloc on s'executa el SIG. Segons el tipus de SIG els requeriments en maquinari són diferents. Existeixen SIGs que es poden executar en ordinadors personals i SIGs molt més complexos que necessiten diversos processadors, en la mateixa màquina o diferent, treballant en paral·lel.

A part dels ordinadors, el maquinari també està format pels perifèrics connectats als ordinadors. Hi ha dos tipus de perifèrics:

- *Entrada de dades*: Taules digitalitzadores, *scanners*, teclat, ratolí, etc.
- *Sortida de dades*: *Plotters*, impressores, monitors, etc.

2.4.2 Programari

Es confon moltes vegades amb el SIG, ja que es creu que un SIG és només el programari que l'implementa. Aquesta és la part que té la lògica de funcionament del SIG. Així, aquesta part defineix les eines que podrà utilitzar l'usuari, la informació que emmagatzemarà, etc.

Els components de programari que componen un SIG són:

- *Manipulador d'informació geogràfica*: Són eines que permeten tot tipus de maneig de la informació geogràfica.
- *Gestor de Base de Dades*: És el component que permet l'accés a la base de dades on s'emmagatzema tant la informació geogràfica com la descriptiva.
- *Eina de gestió*: És l'eina que conté la lògica del negoci. És la que decideix que fer amb la informació i com fer-ho.
- *Interfície gràfica*: És el lloc on l'usuari pot interactuar amb el sistema, per fer consultes, per manipular dades o per veure el resultat d'alguna consulta.

2.4.3 Dades

Les dades són, probablement, la part més important dels components de programari dels SIG. Poden ser tant de tipus gràfic com de tipus alfanumèric i aquestes es poden obtenir d'alguns organismes oficials que les cedeixen gratuïtament i que serveixen com a cartografia de base o comprant-les a empreses especialitzades. Normalment, una bona part del pressupost del projecte està destinada a l'adquisició de les dades.

Les dades s'emmagatzemen en el programari de base de dades, on s'integren tant les dades espacials com les dades alfanumèriques. També existeix la possibilitat que les dades gràfiques estiguin en una base de dades i les alfanumèriques en una altra. El programari gestor de la base de dades és el que accedeix a aquestes dades perquè siguin utilitzades per l'eina de gestió, en les cerques.

2.4.4 Usuaris

Les persones que utilitzen el SIG també són un component del SIG ja que un SIG no pot funcionar per si sol. Un SIG és una eina per extreure informació d'un conjunt de dades geogràfiques i d'atributs d'aquestes, per la qual cosa, és necessari que un usuari interpreti i interactui amb la part de programari del SIG, per introduir el que vol fer i utilitzar aquesta informació.

A part, l'usuari també ha de mantenir actualitzada la base de dades del SIG, sempre que aquest hagi estat dissenyat per reflectir un món que variï en el temps, com per exemple, en un SIG que permetés la gestió dels carrers d'una ciutat, l'usuari hauria d'introduir els nous carrers, els canvis de sentit de circulació, les noves rotondes, etc.

2.4.5 Regles de negoci

Quan una empresa o una institució decideix implementar un SIG per resoldre un problema, ho fa marcant uns objectius que ha de complir aquest. Per arribar a aquest objectius, l'organització defineix com serà aquest SIG, en quin àmbit estarà definit, com s'hi interactuarà, com seran els resultats de les consultes, etc.

2.5 Tipus d'informació que utilitza un SIG

S'ha explicat que els SIGs treballaven amb informació gràfica i amb informació alfanumèrica. En aquest capítol es definiran aquests conceptes i se'n donaran exemples. També s'explicarà com i on es guarda aquesta informació i es definirà el concepte de base de dades geogràfica.

2.5.1 Informació gràfica

És el tipus d'informació on s'emmagatzemen les coordenades geogràfiques de cada objecte. Els objectes, per poder-los emmagatzemar en una base de dades geogràfica, s'han d'assimilar a elements geomètrics, per poder-ne fer un tractament informàtic. Així, tenim tres tipus d'objectes:

- *Punt*: És un objecte que, en un mapa i respecte al seu entorn, és tan petit que es representa per un punt. Per exemple, una masia en un SIG que representi una comarca.
- *Línia*: És un objecte que en l'escala del mapa, la seva amplitud és menyspreable. Per exemple, una carretera o un riu, en un SIG que representi la orografia d'una comunitat autònoma.
- *Àrea*: És un objecte que té una superfície no lineal; és a dir, que la seva amplada no és menyspreable. Per exemple, l'àrea metropolitana d'una ciutat o un llac, en un SIG que representi l'orografia d'un territori.

De totes maneres, el mateix objecte vist en un mapa o en un altre, es pot assimilar a un element geomètric o a un altre. Així, en un mapa d'Europa, una ciutat es marcaria com un punt. En canvi, en un mapa de la comarca de la ciutat, la ciutat s'assimilaria a una àrea, perquè té una àrea metropolitana no menyspreable.

2.5.2 Informació alfanumèrica

És el tipus d'informació que descriu els atributs, propietats i característiques de la informació gràfica. Depenent de l'àmbit en que estigui definit el SIG, la informació alfanumèrica tindrà una estructura o una altra.

Així, la informació alfanumèrica d'un SIG definit en l'àmbit de les granges d'una empresa integradora parlarà sobre: Capacitat d'animals, edat dels animals, pes dels animals, tones de pinso consumides en l'última cria, percentatge de baixes, etc. I la informació alfanumèrica d'un SIG definit en l'àmbit del transport de farina panificadora parlarà sobre: Magatzems de cereals, tipus de cereals en els magatzems, pastisseries, tones de farina mitjanes consumides en l'últim mes, periodicitat del repartiment, etc.

2.5.3 Base de dades

Tant la informació gràfica com la informació alfanumèrica s'ha d'emmagatzemar en una base de dades. Les dades que contenen les base de dades geogràfiques són les següents:

- *Dades gràfiques*: Aquestes dades s'organitzen depenent del format de captura utilitzat. Els formats possibles són el *raster* i el vectorial, que es definiran més endavant en el capítol 4. Però, en resum el format *raster* divideix la cartografia en cel·les (*pixels*), identificant-los en un sol codi d'objecte. El format vectorial identifica els objectes a través de les seves coordenades al pla i identifica cada conjunt de coordenades amb un sol codi d'objecte.
- *Dades alfanumèriques*: Aquestes dades s'organitzen a través d'entitats. Aquestes entitats agrupen objectes de les mateixes característiques. En aquest cas, no s'organitzen a través de la

seva representació (punts, línies i àrees), sinó a través del seu significat en el món real. Així, per exemple, la base de dades geogràfica del SIG que representa la logística d'una empresa que fabrica i reparteix pinso, tindria les entitats següents: Granja, carretera, fàbrica, magatzem, port, punts de servei de combustible, etc.

La relació entre els dos tipus de dades es porta a terme a través del codi d'objecte. Ja s'ha dit que, segons el format escollit per representar la cartografia, s'assigna un identificador a cada element d'aquesta. Aquest identificador és el que s'utilitza per relacionar les dades gràfiques amb els seus atributs, que són les dades alfanumèriques.

2.6 Aplicacions dels SIG

La utilitat principal d'un SIG és la representació del món real sobre un ordinador a través d'una base de dades geogràfica. A partir d'aquí, un SIG representa una àrea concreta de la superfície terrestre i es pot utilitzar per analitzar qualssevol dades espacials [2].

Es pot utilitzar per analitzar el que ha passat en una àrea i en un àmbit d'anàlisi concret. Per exemple, es pot representar l'evolució de la massa forestal en l'àrea de Catalunya durant els 20 darrers segles. Per fer-ho, s'haurien de definir les ciutats d'aquesta àrea, els diferents tipus de vegetació, l'altitud de cada objecte, etc. I es podrien fer consultes de l'estil: Quants quilòmetres quadrats de pi blanc hi havia prop de les ciutats de més de deu mil habitants en el segle X, quants quilòmetres quadrats de pi pinyoner hi havia per damunt dels 2000 metres d'altitud en el segle V, etc.

També es pot utilitzar per saber què està passant actualment en una àrea, sobretot si es disposa d'informació en temps real sobre els objectes del SIG. Així, per exemple, es pot saber on estan situats els camions d'una agència de transports i analitzar el grau d'aprofitament dels recursos de l'agència, sabent la matèria, els quilos que porten, la velocitat a la que van, el temps que han estat carregant, descarregant, etc. Per aquest exemple, és necessari l'ús d'una eina que informi al SIG de la posició real dels camions, com ara un GPS, i una eina de gestió en el propi camió, que indiqui les dades relatives al vehicle (hores descarregant, hores carregant, velocitat, etc.). Tota aquesta informació s'ha d'enviar al punt central de control, on el SIG rebrà aquestes dades, a través de l'eina de comunicació del camió (un dispositiu amb un mòdem GPRS).

Una altra utilitat dels SIGs és la de tenir emmagatzemada la informació relativa a una situació d'una àrea en un àmbit concret i poder fer consultes sobre aquesta. Així, per exemple, es pot tenir un SIG municipal on els objectes identificats en el municipi siguin objectes com: El clavegueram, els carrers, les canonades d'aigua, les línies de corrent, les antenes de telefonia mòbil, els edificis públics, els bancs, els arbres, etc. I fer consultes com ara: Les antenes de telefonia que estiguin a menys de 300 metres d'un col·legi o d'una residència; les línies de clavegueram que passen a menys d'un metre de les canonades d'aigua, etc.

I també es pot utilitzar per representar una previsió d'evolució d'un tema concret en una àrea concreta. Així, un cop s'ha determinat la funció que marcarà l'evolució d'aquest àmbit, s'han de fer els càlculs sobre les variables i introduir els resultats en la base de dades del SIG. Aquest SIG ha de mostrar com evolucionarà l'àrea en els anys, segons el model previst. Per exemple, es podria utilitzar per saber la densitat de població de l'àrea de Catalunya, segons la previsió de natalitat, d'immigració, d'emigració i l'esperança de vida. Així, fent els càlculs, per cada any, del nivell de població de cada objecte, el SIG podria mostrar geogràficament la densitat de població pels anys calculats.

En definitiva, un SIG és útil per representar geogràficament els càlculs d'un model d'evolució, tant passat com futur, per tenir informació en temps real del que està passant en una àrea concreta i per tenir emmagatzemada informació relativa a una àrea per fer consultes de gestió.

2.7 Sistemes per extreure dades d'un SIG

Fins aquí s'ha vist en què consistia un SIG, quina informació emmagatzema i per a què es pot utilitzar. En aquest punt s'explicarà com es poden extreure dades d'un SIG, quines consultes bàsiques es poden fer i en quins formats l'usuari pot veure aquestes dades. La combinació de les consultes aquí esmentades i altres específiques de l'empresa o institució propietària del SIG, fan que els aquests siguin sistemes molt complexos i que aportin un gran valor afegit a l'empresa o institució que l'utilitza.

2.7.1 Selecció d'objectes

La millor representació d'un SIG per un usuari, és un mapa amb diversos objectes significatius, que tenen associats una sèrie d'atributs, que es poden consultar. El que espera un usuari quan utilitza un SIG és extreure un subconjunt dels objectes que conté el mapa, segons unes condicions que ha especificat. Hi ha diverses formes de fer aquesta selecció [9][1]:

- *Cerca per atribut:* Aquesta cerca consisteix en seleccionar objectes a través dels valors dels seus atributs. Les cerques seran especificant una sèrie de condicions lògiques (*AND, OR, XOR, NOR, NOT, etc.*) i aritmètiques (*<, >, <=, >=, <>*) a una sèrie d'atributs dels objectes del SIG.

En el cas d'un SIG dissenyat en l'àmbit d'una fàbrica, una possible cerca seria: Seleccionar totes les màquines que siguin de *tipus = 'motor'*, amb *potència >=10000W* i que s'hagin *ultima reparació > 1 mes*.

- *Cerca per situació espacial:* Consisteix en seleccionar un objecte directament per la situació on es troba, utilitzant un punter o qualsevol altre perifèric que permeti seleccionar un objecte directament.
- *Cerca per condició espacial:* Consisteix en seleccionar un objecte per una sèrie de condicions aplicades a la seva situació espacial. Les condicions seran lògiques i aritmètiques.

En el cas d'un SIG municipal, que representi els objectes més destacats d'una població, una possible cerca per condició espacial, serien tots els objectes que tinguin una àrea superior 2 m^2 i que no tinguin cap objecte a menys de 10 metres del seu costat.

- *Cerca per condició espacial i per atribut:* Aquesta cerca seria la que combinaria els dos sistemes explicats anteriorment i que, a través de condicions lògiques i aritmètiques, permetria la selecció d'objectes dins del SIG.

En el cas d'un SIG dissenyat per ajudar en les tasques d'assignació de viatges a camions d'una empresa dedicada al repartiment de pinso a granges, una possible consulta d'aquest tipus seria seleccionar tots els objectes que fossin del *tipus = granja*, que la *distància* a un objecte (zona) amb un de *tipus = magatzem matèria primera*, sigues $< 20 \text{ Km}$ i l'estoc de pinso fos *estoc < 10%*.

2.7.2 Formats de sortida

Un cop seleccionats els objectes, s'han de representar a l'usuari de la manera més adequada, depenent de l'ús que en vulgui fer. Així, hi ha diversos tipus de sortida, encara que totes es poden mostrar per pantalla o per impressora o *plotter* en el seu cas:

- *Llistat d'objectes:* Aquesta sortida s'utilitzaria quan l'usuari només volgués saber quins objectes ha seleccionat i obtenir-ne alguns dels seus atributs. Així, podria servir per seleccionar

les poblacions sense un CAP (Centre d'Atenció Primària) a menys de 20 km. Aquest llistat podria incloure el número d'habitants de la població i la distribució per edats dels habitants. Aquest llistat podria ser útil per un conseller de Sanitat que necessita invertir en la creació de nous CAPs.

- *Mapa:* Aquesta sortida seria útil quan es volguessin situar els objectes directament sobre el mapa, per veure'n característiques espacials. Per exemple, es podria utilitzar per saber la situació, en temps real, dels camions d'una agència de transports.
- *Mapa amb atributs:* Aquesta sortida seria la combinació de les anteriors i consistiria en la presentació, dels objectes seleccionats, en un mapa, incloent un llistat d'atributs, en una part de la pantalla, cada cop que es marqui un objecte. En el cas que es volgués treure el mapa per impressora o per *plotter*, els atributs dels objectes també es mostrarien, però, per espai, se'n mostrarien menys. A més, es mostrarien al costat de l'objecte i no en una finestra a part, per facilitar-ne la comprensió.

Capítol 3

Introducció a la Cartografia

Per indicar un lloc concret, els SIGs utilitzen coordenades georeferenciades. Aquestes coordenades indiquen un punt determinat de la superfície terrestre, marcat en el pla. Tanmateix, la Terra no és plana i la representació que s'utilitza en un SIG per representar-la és en un pla. La cartografia, junt amb la geodèsia, són àrees del coneixement que ajuden a resoldre aquest problema.

En aquest capítol es donarà una visió general sobre els conceptes de cartografia i de geodèsia necessaris per construir un SIG. Els temes que es tractaran seran els següents:

- *Què és la cartografia?:* On es donaran els coneixements bàsics per entendre una cartografia.
- *Coordenades geogràfiques:* On s'explicaran el tipus de coordenades geogràfiques.
- *Conceptes geodèsics per l'ús de SIG:* On es donaran alguns conceptes geodèsics necessaris per comprendre els SIG.
- *Projeccions de l'el·lipsoide al pla:* On es veuran els diferents tipus de projeccions
- *Coordenades UTM:* On es s'explicarà a fons l'exemple de la projecció UTM.

3.1 Què és la cartografia?

Existeixen diverses definicions de cartografia:

- *La cartografia és la ciència que té per objectiu la realització de mapes, i aglutina el conjunt d'estudis i tècniques que intervenen en la seva realització. [16]*
- *La cartografia és la ciència que estudia la representació plana de l'esfera o de l'el·lipsoide, intentant obtenir, mitjançant el càlcul, les coordenades dels punts del pla corresponents als que estan situats en aquestes superfícies. [17]*
- *La cartografia és la ciència que estudia els diferents mètodes o sistemes per representar, sobre un pla, una part o la totalitat de la superfície terrestre, de manera que les inevitables deformacions que es produeixen siguin mínimes, i sempre conegudes, o bé que la representació plana obtinguda compleixi diverses condicions especials, que interessin des de el punt de vista de la seva utilització posterior. [18]*

En definitiva, el problema que intenta resoldre la cartografia és la representació de la superfície terrestre sobre el pla.

Si es simplifica la forma geomètrica de la Terra en una esfera o en un el·lipsoide; es pot comprovar que no existeix cap mètode per representar aquestes figures geomètriques sobre el pla sense provocar

una deformació en aquestes. A la figura 2 es pot comprovar que la projecció (concepte explicat en el punt 3.4) més senzilla, que resultaria de crear un el·lipsoide en un paper tallat en quadres i, després, estirar el paper, no es possible.

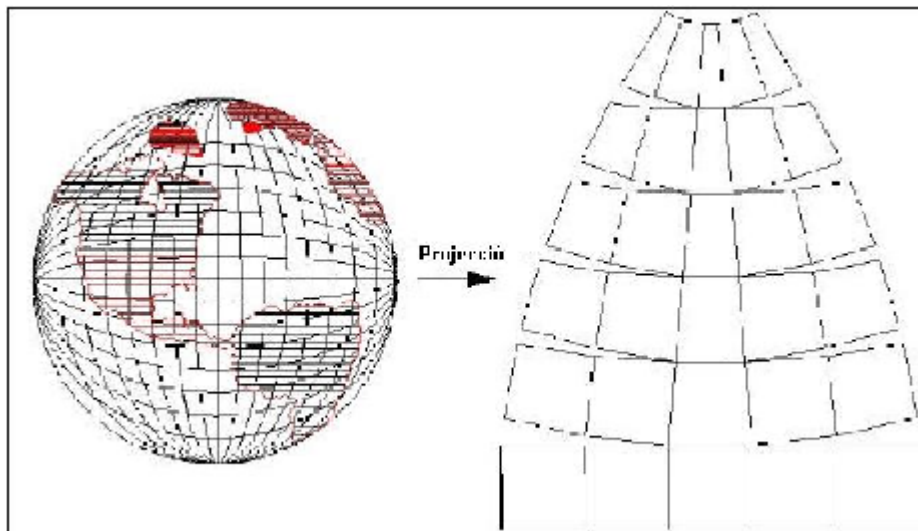


Figura 2. Projecció de la Terra al pla [12]

Com que no hi ha cap manera de representar exactament la superfície d'un el·lipsoide sobre un pla, del que s'encarrega la cartografia és de buscar la millor manera de fer-ho. Hi ha diverses tècniques i mètodes per dur-les a terme. Totes deformen d'alguna manera la superfície i es tracta de triar la que deformi menys l'àrea que es vol representar. Així, el tipus de projecció que s'utilitza depèn tant de la mida com de la situació de la superfície a representar.

En els capítols següents s'aprofundeix en els tipus de projeccions més estesos i els adequats per a cada situació, centrant-se en la projecció UTM, que és la utilitzada per l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC) [22]. Abans però, es farà una introducció als conceptes de coordenades geogràfiques i als conceptes geodèsics utilitzats en aquest capítol.

3.2 Coordenades geogràfiques

Un cop definit el concepte de cartografia, en aquest punt s'introduiran conceptes de coordenades geogràfiques, com ara meridià, paral·lel, longitud i altitud, perquè són utilitzats a l'hora de definir les projeccions de l'el·lipsoide al pla.

Utilitzant els conceptes de longitud i latitud es pot localitzar un punt únic en la superfície terrestre [12]. En aquest capítol s'explicarà com localitzar-lo, encara que l'objectiu del capítol és situar-lo a través de les coordenades UTM.

Per la definició d'aquests conceptes es defineix l'eix de rotació de la Terra com la recta ideal de gir de la Terra, en el moviment de rotació [12]; és a dir, la recta que uneix els dos pols, com es veu en la figura 3. A més, com mostra la figura 4, l'eix de l'equador es defineix com l'eix paral·lel a l'eix de la Terra i que passa pel mateix centre de la Terra [21].

3.2.1 Meridians

Els meridians són les línies d'intersecció amb la Terra dels infinits plans que contenen l'eix de la Terra [12], o és el semicercle imaginari que connecta els dos pols [20].

El meridià que serveix d'origen és el meridià 0° , també anomenat meridià de Greenwich perquè passa per aquest suburbi de Londres. Aquest meridià origen serveix com a referència per calcular la longitud d'un punt terrestre. A partir d'aquest es defineixen els altres 23 meridians de referència, que són els que defineixen els fusos horaris. Així, es defineixen 24 fusos horaris, amb una diferència de 15° , a partir del meridià 0° ($360^\circ/24h =$ diferència de 15°).

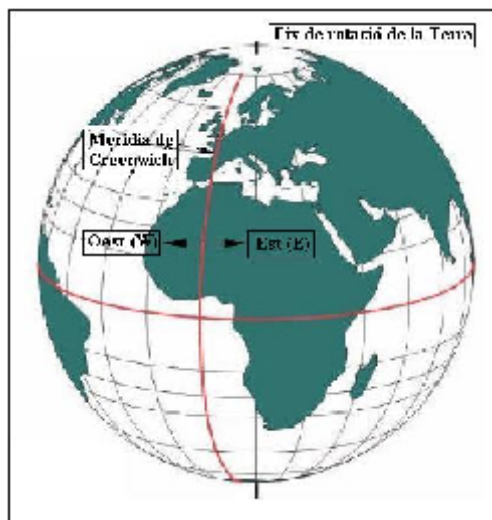


Figura 3. Meridià de Greenwich [12]

3.2.2 Paral·lels

Els paral·lels són les línies d'intersecció dels infinits plans perpendiculars a l'eix de rotació de la Terra, amb la superfície terrestre [12], o són els plans paral·lels al pla de l'equador, que es defineix com el pla que passa per l'eix de l'equador i és perpendicular a qualsevol pla que es formi a partir de l'eix de la Terra, com mostra la figura 4 [21].

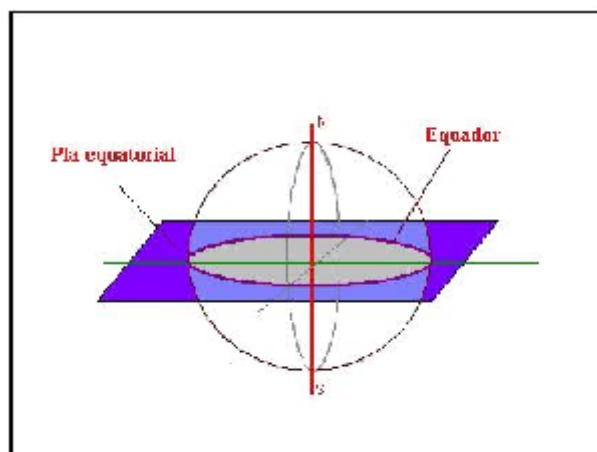


Figura 4. Pla de l'equador [21]

El paral·lel de referència és el paral·lel de l'equador, que es defineix com el paral·lel que es troba a la màxima distància del centre de la Terra. A partir de l'equador, la Terra queda dividida entre l'hemisferi Nord o Boreal i l'hemisferi Sud o Austral, com es mostra en la figura 5.

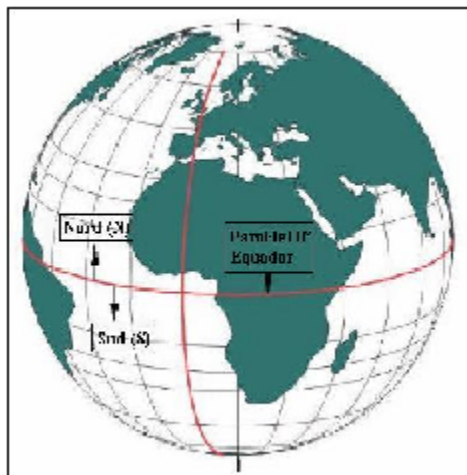


Figura 5. Paral·lel de l'equador [12]

3.2.3 Longitud

La longitud d'un punt és l'angle que formen el pla del meridià que passa pel punt i el meridià d'origen [12], com es mostra en la figura 6, on es pot veure que el pla del meridià que passa pel punt és el que defineixen els punts A, P i O; i el meridià d'origen és el que defineixen el punt B i el punt O.

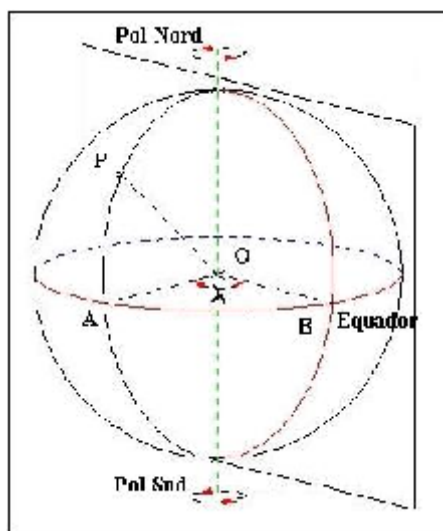


Figura 6. Càlcul de la longitud d'un punt [12]

El rang de valors que pot prendre la longitud va de 0° a 180° , en direcció Est des del meridià de Greenwich i 0° a 180° en direcció Oest al meridià de Greenwich.

La longitud d'un punt s'expressa indicant l'angle complet i si està a l'est o a l'oest del meridià de Greenwich. Per exemple: $47^\circ 32' 24''$ O.

3.2.4 Latitud

Es defineix la latitud d'un punt de la superfície terrestre com l'angle format pel pla que passa pel punt i pel centre de la Terra i el pla de l'equador [12], com es mostra en la figura 7, on es pot veure que P és el punt i ω és l'angle format pels dos plans.

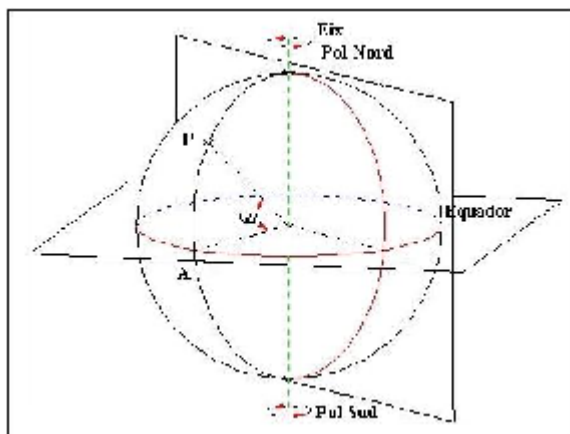


Figura 7. Càlcul de la latitud d'un punt [12]

El rang de valors que pot prendre la latitud va de 0° a 90° cap al Nord i 0° a 90° cap al Sud, partint del paral·lel de l'equador. Els 90° , tant en el sud com en el nord, coincideixen amb els pols.

La latitud d'un punt s'expressa així indicant l'angle complet i l'hemisferi corresponent. Per exemple: $23^\circ 48' 57''$ N.

3.3 Conceptes geodèsics per a l'ús de SIGs

En aquest capítol s'introdueixen diversos conceptes geodèsics necessaris per explicar les irregularitats de la Terra i les simplificacions necessàries per assimilar la Terra a una figura geomètrica on poder fer operacions matemàtiques.

3.3.1 Geoide

El geoide es defineix com la superfície teòrica de la Terra que uneix tots els punts que tenen la mateixa atracció gravitatòria. La situació teòrica de la Terra per calcular-ho, resulta de suposar els oceans en repòs i prolongats per davall dels continents [14]. És a dir, seria la superfície d'equilibri de les masses oceàniques sotmeses a l'acció gravitatòria i a l'acció de la força centrífuga del moviment rotatori i de translació de la Terra. D'aquesta manera la força de la gravetat seria perpendicular i constant a tots els llocs de la Terra [19].

La Terra està constituïda per una superfície irregular, a causa tant de factors interiors com la composició del sòl i la diferència de densitat; com de factors exteriors com les mareas o les interaccions amb el sistema solar. Aquests factors fan que la Terra no tingui la mateixa atracció gravitatòria en tota la seva superfície. Per tant, el geoide és una superfície irregular que representa la superfície de la Terra. En la figura 8 es poden veure aquestes irregularitats, tant mostrant el contorn de la Terra i el contorn del geoide, com mostrant l'estructura de la superfície terrestre i pintant en colors, les diferències entre el geoide i la superfície.

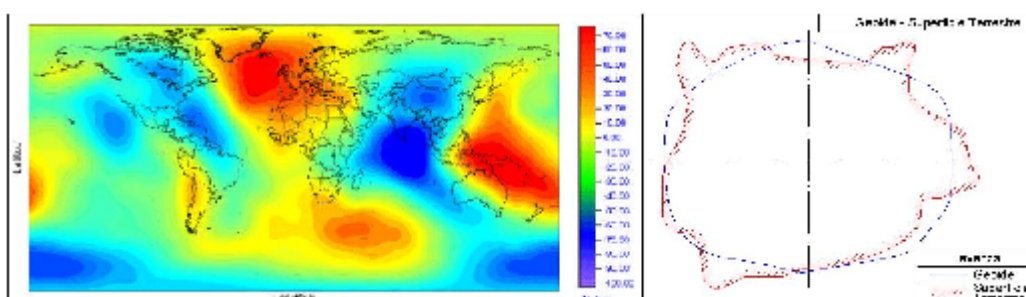


Figura 8. Representació del geoida [19][14]

3.3.2 El·lipsoide de referència

Per poder fer càlculs matemàtics sobre la superfície de referència de la Terra, és necessari que aquesta tingui una forma geomètrica estable, sense deformacions ni pertorbacions ni depressions. La forma escollida és la de l'el·lipsoide, ja que minimitza les diferències entre la superfície real i la teòrica.

L'el·lipsoide es defineix com un radi polar (A), un radi equatorial (B) i un factor d'aixafament, definit segons el punt A i el punt B .

L'el·lipsoide de referència es l'el·lipsoide que compleix que el centre gravitatori terrestre coincideix amb el centre de l'el·lipsoide; que el pla definit per l'equador terrestre coincideix amb el pla de l'el·lipsoide; i la suma dels quadrats de les altures geoidals és mínima. L'altura geoidal representa les diferències entre el geoida i l'el·lipsoide. [19].

Com que es tracta d'una simplificació del geoida, segons la zona geogràfica que interressi representa es tria un el·lipsoide o un altre, ja que n'existeixen diversos que compleixen les condicions anteriors. Per aquest motiu, no s'utilitza un el·lipsoide de referència per tota la Terra, sinó que cada regió utilitza el que millor s'adapta a aquella regió. Aquests s'anomenen El·lipsoïdes de referència Local.

En la figura 9 es poden observar les diferències existents entre la superfície terrestre, el geoida i l'el·lipsoide de referència. Es pot observar que la superfície terrestre és molt irregular i presenta bastants diferències amb el geoida. En canvi, el geoida i l'el·lipsoide presenten menys diferències, cosa que fa que la transformació del geoida a l'el·lipsoide no generi diferències substancials.

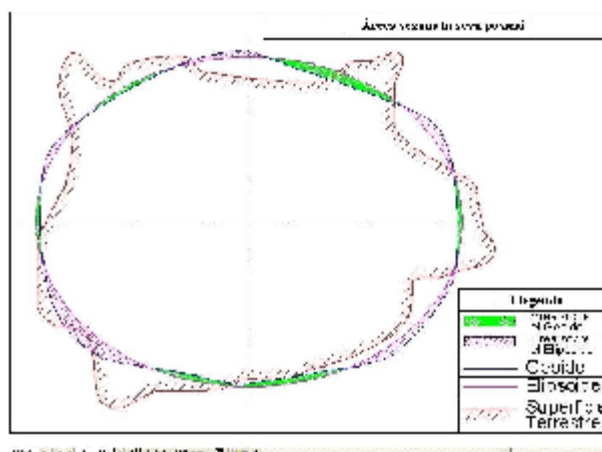


Figura 9. Comparació de la superfície terrestre, el geoida i l'el·lipsoide de referència[14].

3.3.3 Datum

El *Datum* es defineix com el punt tangent a l'el·lipsoide i al geoida, on els dos són coincidents [14], i està definit per:

- Els paràmetres de l'el·lipsoide: A o radi major, B o radi menor i factor d'aixafament.
- El punt Fonamental: és el punt on el geoida i l'el·lipsoide són tangents. Aquest punt està definit en coordenades geogràfiques de:
 - Longitud
 - Altitud
 - Acimut, que és l'angle definit entre el nord i el punt, en el sentit de les agulles del rellotge [16].

Per tant, el *datum* és un dels punts en què coincideixen l'el·lipsoide de referència i la superfície terrestre. Un cop definit aquest punt, ja es tenen els paràmetres que permetran referenciar el punt origen del geoide i de l'el·lipsoide amb la seva localització geogràfica [14].

3.4 Reducció i projecció de la superfície terrestre

El procés que es segueix des que es captura una dada en la superfície terrestre fins que aquesta es referència sobre una superfície plana, és el que es descriu en la figura 10. Generalitzant, seria la següent:

- La recollida de dades en la superfície terrestre s'ha de traslladar al sistema de referència del Geoide, que és l'estructura on tots els seus punts tenen una atracció gravitatòria igual.
- El geoide no permet càlculs matemàtics senzills, perquè està format per depressions i pertorbacions, que fan que sigui una superfície no uniforme i, per tant, molt difícilment tractable amb un sistema matemàtic. D'aquesta manera, la superfície representada en el Geoide s'ha de representar en el sistema de referència que permet fer càlculs matemàtics, que és l'el·lipsoide de referència. Aquest procés es coneix amb el nom de Reducció, que indica que la superfície terrestre s'ha equiparat a un element geomètric tractable matemàticament.
- Un cop les dades han estat reduïdes a l'el·lipsoide de referència, aquestes s'han de poder expressar sobre el pla. Aquest procés s'anomena Projecció.

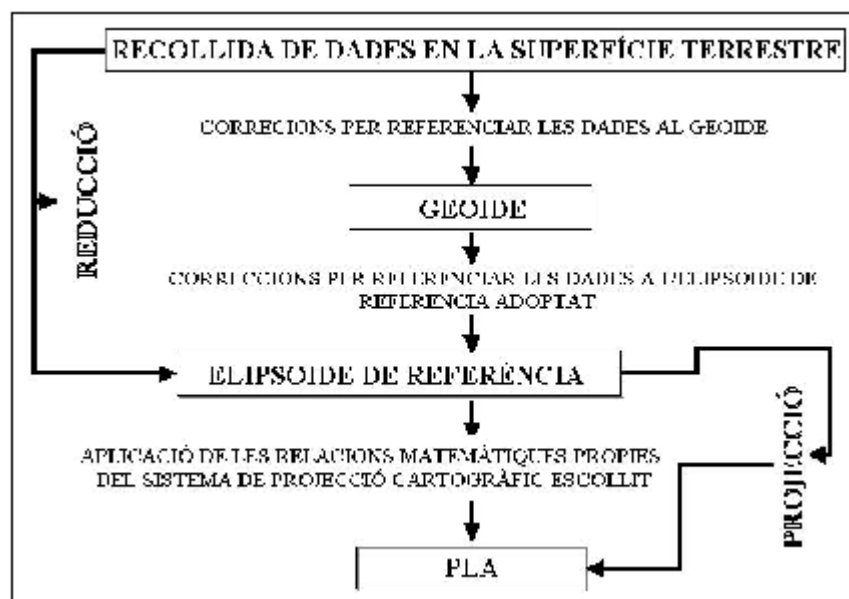


Figura 10. Reducció a l'el·lipsoide i projecció al pla [19].

En aquest capítol es detallaran diversos mètodes de projectar l'el·lipsoide sobre el pla. Els diferents mètodes s'explicaran agrupats segons l'element geogràfic utilitzat per projectar l'el·lipsoide per, posteriorment, obtenir-ne els resultats en el pla. Aquests seran: cilindres, cons i objectes planars i s'obtidran projeccions cilíndriques, còniques i planars.

3.5 Projeccions de l'el·lipsoide en el pla

Una projecció és una correspondència entre un conjunt de punts de la superfície terrestre i un conjunt de punts del pla, a través de la projecció d'aquest punts sobre una figura geomètrica desenvolupable [18].

A causa de la impossibilitat de representar un el·lipsoide en un pla, qualsevol projecció que es defineixi tindrà associades unes deformacions, anomenades **anamorfosi**. Aquestes deformacions poden ser de tres tipus [19], com es mostra en la figura 11, on la representació etiquetada amb G representa l'el·lipsoide i les projeccions G1, G2 i G3 són les representacions de Mercator, cilíndrica equiàrea de Lambert i la d'acimut equidistant, respectivament, que s'explicaran al llarg del punt 3.5:

- *Anamorfosi lineal*: És la deformació que es produeix quan les distàncies en l'el·lipsoide i en el pla són diferents. El mòdul de la deformació lineal (m) es defineix com el quocient entre la longitud mitja en la superfície terrestre (L) i la longitud mitja, de la mateixa superfície, en el pla (L'):

$$m = L/L'$$

En la figura es pot veure que la distància representada en l'el·lipsoide (L) es manté constant en la representació G3, cosa que significa que l'anamorfosi lineal és 1.

- *Anamorfosi superficial*: Es produeix quan la superfície en l'el·lipsoide (S) es diferent a la superfície en el pla (S'). L'anamorfosi superficial (s), es defineix com:

$$s = S/S'$$

En la figura es pot observar que l'àrea de l'el·lipsoide G és manté constant en la representació G2, la qual cosa indica que la representació G2 no té anamorfosi superficial.

- *Anamorfosi angular*: Es produeix quan els angles en la superfície de l'el·lipsoide (α) són diferents als angles obtinguts en el pla (α'). El mòdul de l'anamorfosi angular és:

$$m = \alpha - \alpha'$$

En la figura es pot observar que els angles que es formen en l'el·lipsoide G es mantenen constants en la projecció G1, la qual cosa indica que l'anamorfosi angular té valor 0.

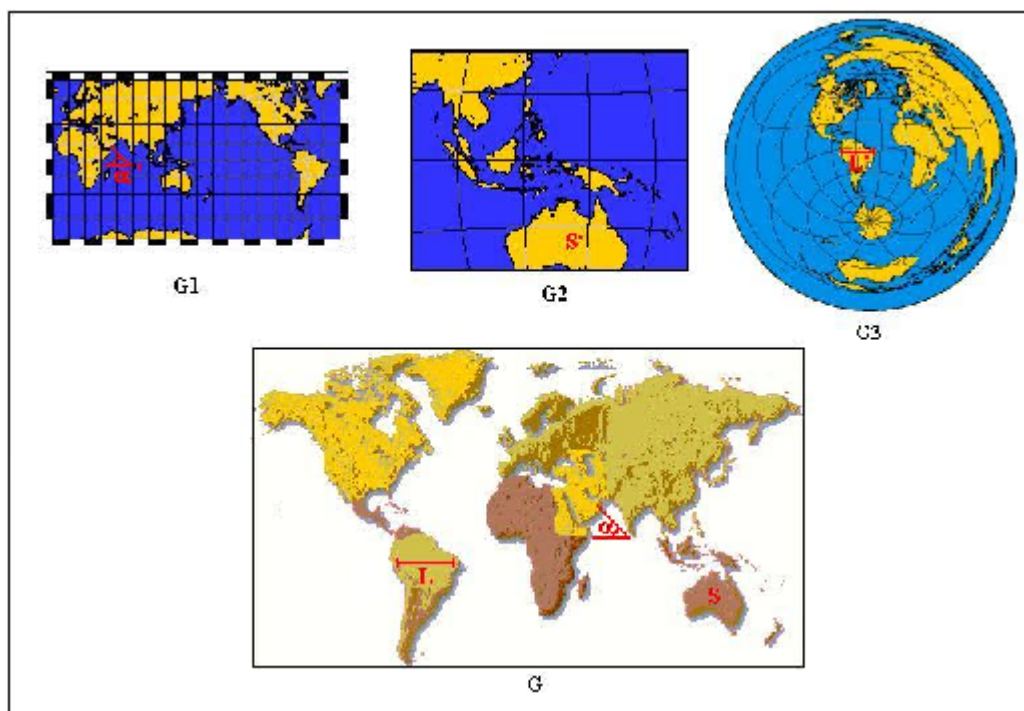


Figura 11. Anamorfoosi en les projeccions

A partir del concepte d'anamorfoosi, les projeccions es poden classificar segons el tipus de variable que conservin. Així, les projeccions es poden classificar en:

- *Projeccions conformes*, que conserven els angles originals en la projecció al pla. Els angles originals han de tenir una relació de 1 amb els angles en el pla, en el càlcul de l'anamorfoosi angular. Exemples d'aquests tipus de projeccions són la de Lambert i la projecció UTM, que s'explicaran al llarg del punt 3.5.
- *Projeccions equivalents*, que conserven les distàncies originals en el pla. La relació entre les distàncies també ha de ser 1. Exemples d'aquest tipus de projeccions poden ser les de Bonne i la sinusoidal.
- *Projeccions afluàctiques*, que té tant anamorfoosi angular com superficial; és a dir, que no conserva ni les distàncies ni els angles. Un exemple d'aquesta projecció és la UPS, que significa Universal Polar Estereogràfica i que s'utilitza en les zones polars.

Un altre tipus de classificació de les projeccions, és la que les classifica segons la figura geomètrica sobre el que es projecta i és la que s'utilitzarà en l'apartat següent:

- *Projeccions cilíndriques*, on la figura geomètrica és un cilindre.
- *Projeccions còniques*, on la figura geomètrica és un con.
- *Projeccions planars*, on es projecten sobre el pla.

En els apartats següents es tracten amb detall aquests tipus de projeccions.

3.5.1 Projeccions cilíndriques

En les projeccions cilíndriques la figura geomètrica utilitzada és un cilindre que, un cop projectada la imatge al seu interior, aquest es desenvolupa i s'obté la representació de la Terra en el pla [19].

Segons on es col·loca el cilindre, es dona lloc a projeccions cilíndriques del tipus:

- *Projeccions cilíndriques regulars*: En aquestes projeccions el cilindre és tangent o secant a la Terra per l'equador, com es mostra en la figura 12. La característica particular d'aquesta

projecció és que es pot adaptar perquè no tingui anamorfosi lineal o no tingui anamorfosi superficial o no tingui anamorfosi angular.

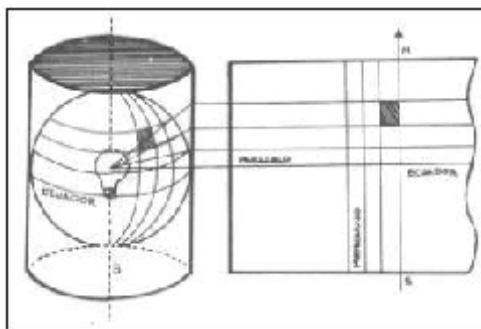


Figura 12. Projecció cilíndrica [23]

La projecció de Mercator, que es pot observar en la figura 13, és la predecessora de la projecció UTM. Té la característica de ser una projecció conforme; és a dir, que no té anamorfosi angular i així conserva les línies paral·leles. Aquest fet va fer que aquesta projecció sigui molt utilitzada en navegació durant els segles XVII i XVIII, ja que conservava paral·lels els rumbos que ho eren. Ho aconseguia alterant la separació entre paral·lels. Això fa que no es pugui utilitzar en altes latituds.

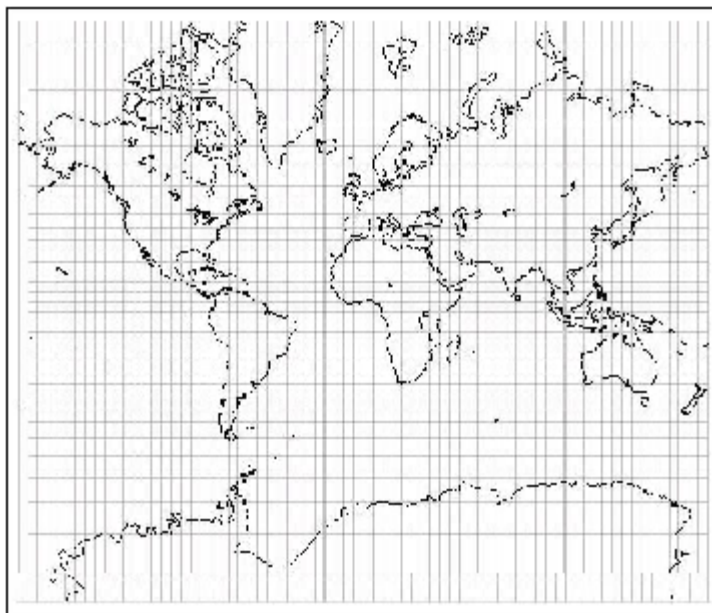


Figura 13. Projecció de Mercator [19]

Un altre exemple és la projecció de Lambert, que es va crear en el 1772 i té la propietat de no tenir anamorfosi superficial. Es pot observar en la projecció G2 de la figura 11.

- *Projeccions cilíndriques transverses:* En aquestes projeccions el cilindre s'ha girat 90°, de manera que és tangent al meridià central, com mostra la figura 14.

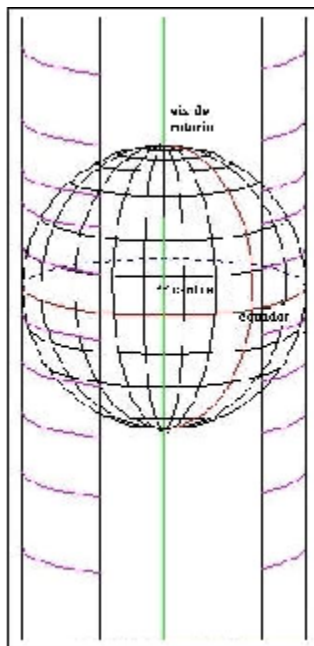


Figura 14. Projecció cilíndrica transversa [13]

Com a exemples d'aquest tipus de projeccions, existeix la projecció transversa de Mercator, que va construir Lambert i va modificar Gauss. Aquesta última modificació de Gauss va ser l'utilitzada per les coordenades UTM, que s'expliquen en el punt 3.5.4.

La projecció de Cassini, que no té anamorfosi angular, també n'és un exemple. La figura 15 en mostra el resultat, on es pot comprovar que a mesura que augmenta la longitud, respecte el meridià utilitzat com a central, les deformacions fan que aquesta projecció no es pugui utilitzar en aquelles longituds.

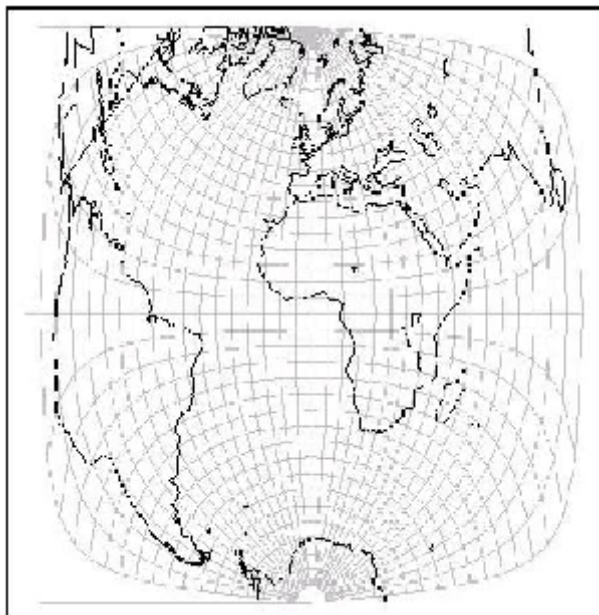


Figura 15. Projecció de Cassini [19]

- *Projeccions cilíndriques obliqües*: En la figura 16, es pot observar com es realitza una projecció cilíndrica obliqua, on el cilindre està rotat 45° respecte a quan estava tangent a l'equador de l'elipsoide. Aquest tipus de projeccions cilíndriques s'utilitzen a l'Àsia i a l'Amèrica Central.

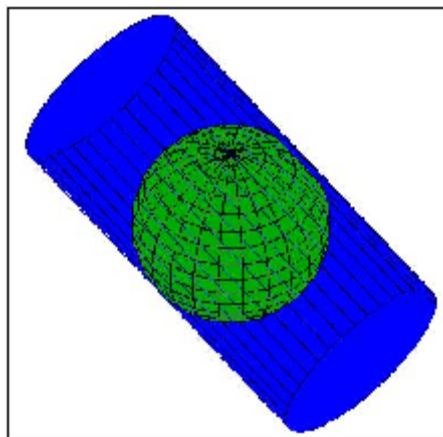


Figura 16. Projecció cilíndrica obliqua

3.5.2 Projeccions còniques

En aquest tipus de projeccions, l'objecte sobre el que es fa la projecció és un con. Aquest és tangent o secant un paral·lel mig de la Terra, com es mostra en la figura 17. Aquestes representacions tendeixen a presentar deformacions accentuades a mesura que es varia l'altitud, respecte el paral·lel mig, i per això no són gaire utilitzades. On es poden utilitzar és en zones en que l'altitud no variï gaire i sí ho faci la longitud [19], com als Estats Units.

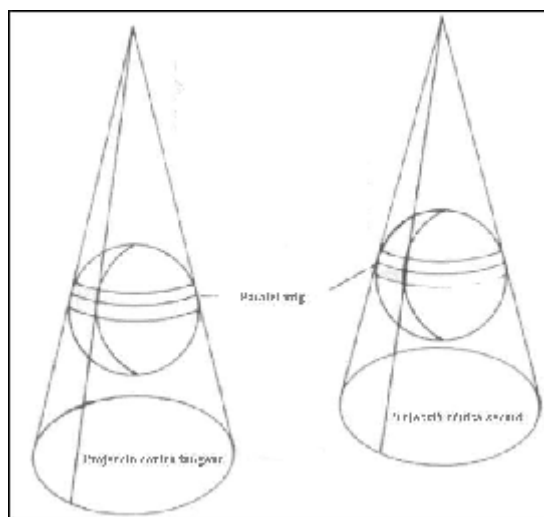


Figura 17. Projecció cònica [23]

Exemples de projeccions còniques són:

- *Projecció cònica simple*, que no té anamorfosi lineal.
- *Projecció cònica conforme de Lambert*, que no té anamorfosi angular.
- *Projecció cònica equiàrea de Albers*, que no té anamorfosi superficial.

3.5.3 Projeccions planars

Aquest tipus de projeccions es caracteritzen per col·locar un pla tangent a qualsevol lloc de la superfície de la Terra, fent incidir llum, en diverses posicions. Existeixen diversos tipus de projeccions planars segons la col·locació del focus de llum[19]:

- *Projecció gnomònica*: El feix de llum té com origen el centre de la Terra.
- *Projecció estereogràfica*: El feix de llum té com origen el costat oposat de la Terra, d'on el pla és tangent.

- *Projecció ortogràfica*: Els feixos de llum estan situats a l'infinit i són paral·lels entre si.

3.5.4 Sistema de Projecció UTM

El sistema de projecció UTM, que són les sigles d'*Universal Transverse Mercator*, és el sistema de projecció que va establir com estàndard l'exercit americà durant els anys quaranta, i que va facilitar perquè la resta del món també el prengués com un estàndard [13]. Es basa en la projecció definida per Mercator, encara que en aquest cas, el cilindre és transvers a l'eix de rotació de la terra; és a dir, amb l'eix sobre l'equador [19], com indica la figura 14. Per tant, el cilindre és tangent a l'el·lipsoide, al voltant de la línia del meridià central o origen.

Les regles bàsiques que marquen el sistema de projecció UTM són les següents [19]:

- *El·lipsoide de referència*: En el sistema de projecció UTM es pot utilitzar qualsevol el·lipsoide vàlid. De tota manera, l'Associació Internacional de Geodèsia, l'any 1930, va recomanar la utilització de l'el·lipsoide de Hayford, que es defineix pels paràmetres [16]:
 - $a=6378388$, que és el radi polar.
 - $b=6356911.946$, que és el radi equatorial.
 - Aixafament=1:297, que és el factor d'aixafament.
- *Datum o punt fonamental*: En l'Europa occidental, el datum de referència és el de Postdam, situat a la població de Postdam a Alemanya.
- *Sistema de representació*: El sistema de representació utilitzat és el de Gauss, que no es aplicable a grans extensions de terreny degut a les deformacions. Aquest sistema té la característica que no presenta anamorfosi angular.

A causa del sistema de representació escollit, de Gauss, l'única línia automecoica (és a dir, línia que no presenta anamorfosi lineal, conservant-ne les distàncies [19]) que existeix és la que forma el meridià central. A mesura que la superfície a representar creix en longitud i latitud, les deformacions creixen, fins a arribar a ser greus. Per evitar aquest fet, s'ha arribat a dos convenis:

- *Fusos*: Com que l'única línia automecoica és la del meridià central, s'ha decidit que la projecció UTM només serà vàlida per pocs graus est i oest respecte al meridià central. Per tant, la Terra s'ha dividit en fusos, on cada fus té un meridià central. Així, creant molts més meridians centrals, s'aconsegueix que la superfície a representar estigui dins dels graus límits en que les deformacions són menyspreables, com es pot comprovar en la figura 18, on es veu que la projecció UTM dividida en fusos, no presenta deformacions apreciables, en longitud.
- *Latitud màxima*: Les deformacions en latitud són menys pronunciades, degut a la geometria del cilindre i a la geometria de l'el·lipsoide, però es fan intolerables a latituds molt grans, com es pot comprovar en la figura 18 on els paral·lels es representen molt separats a partir de 80°. Per tant, s'ha arribat al conveni que les deformacions existents en latituds menors a 80° són acceptables, però no les superiors a 80°, tant nord com sud. Així, per latituds superiors, el sistema de projecció UTM no és vàlid i s'utilitza la xarxa UPS.

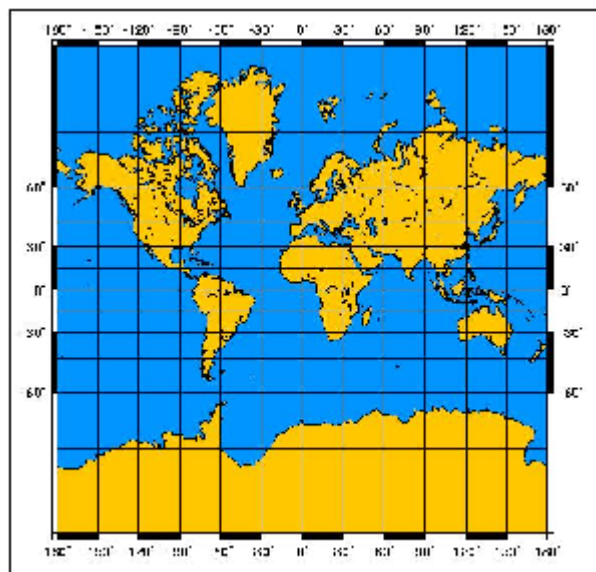


Figura 18. Projecció UTM de tota la Terra

3.6 Coordenades UTM

Les coordenades UTM són les coordenades que permeten localitzar un punt terrestre en un mapa confeccionat utilitzant el sistema de projecció UTM, explicat en el punt anterior, i que també permeten localitzar un punt o una zona marcada en un mapa creat utilitzant el sistema de projecció UTM, en la superfície terrestre.

Les coordenades UTM es caracteritzen per referenciar primer el fus on es troba, després la zona dins del fus i, finalment, la distància en metres que es troba el punt, tant des de l'origen de longituds de la zona com de l'origen de latituds de la zona.

En els següents punts es defineixen els conceptes de fus i zona, per acabar mostrant com es calculen les coordenades UTM.

3.6.1 Divisions en fusos

Degut a les elevades deformacions que presenta el sistema de representació de Gauss i per minimitzar-les, s'ha dividit la Terra en 60 agrupacions, anomenades fusos. Un fus està separat 6° dels seus veïns (60 fusos * 6° = 360°) [19].

El fus es calcula utilitzant el meridià central del fus, com el meridià origen en la projecció. Així, el meridià central forma una línia automecoica, que és l'origen de longituds. A partir de l'origen de longituds, es referència la distància que separa l'origen de longituds del punt a marcar, en metres. Per evitar valors negatius, l'origen de longituds es marca com a 500.000 metres.

3.6.2 Divisions en zones

Per facilitar la localització de punts, els fusos es divideixen latitudinalment en zones. Aquestes zones es reparteixen des dels 80° 30' S en latitud, fins als 80° 30' N en latitud. Les divisions es fan cada 8°, creant 20 zones [19].

Les zones es marquen amb lletres de la C fins a la X, excloent les lletres I, LL i O.

La divisió de la Terra en fusos i zones és la que mostra la figura 19, on els fusos s'indiquen en la part superior, de l'1 fins al 60 i els graus de separació dels fusos en la part inferior. Les zones es marquen amb les lletres corresponents a la part dreta i amb els graus de separació a la part esquerra. En aquesta figura es pot comprovar on queda emmarcada la zona de Catalunya: Fus 31 i Zona T: 31T

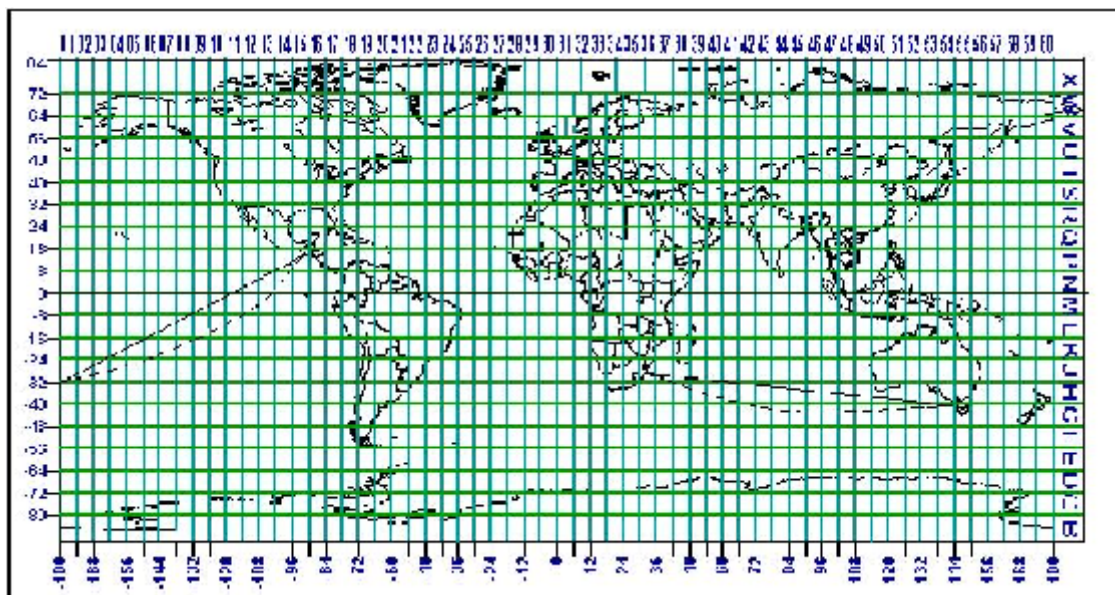


Figura 19. Quadrícula UTM en fusos i zones [13].

3.6.3 Càlcul del fus i la zona

Per indicar un punt concret de la superfície terrestre, el primer que s'ha de concretar és el fus on pertany. Tot seguit s'indicarà la zona dins del fus, a la que pertany. Indicant el número de fus i la lletra de la zona, el punt queda limitat en un quadrat de 6° longitudinalment i 8° latitudinalment.

Per referenciar el punt concret s'ha d'utilitzar el concepte d'origen de longituds i el concepte d'origen de latituds:

- *Origen de longituds:* És el meridià central en el fus i té un valor de 500.000 metres.
- *Origen de latituds:* Es defineix en l'equador. Per punts situats en l'hemisferi nord, l'origen de latituds té un valor de 0 metres; i per l'hemisferi sud, té un valor de 10.000.000 metres, per evitar valors negatius.

Un cop situat el punt a localitzar en el fus i la zona corresponents, s'ha d'indicar a quina distància relativa, dins del quadrat definit pel fus, es troba del límit oest del fus. Aquest valor tindrà un màxim de 10.000 metres, que serà que es troba situat al límit est del fus. Després, s'ha d'indicar a quina distància es troba el punt, latitudinalment, de l'origen de latituds, que és l'equador. Aquest valor no pot ser superior a 10.000.000. El valor 10.000.000 seria un dels pols i, el sistema de projecció UTM, té deformacions excessives a partir de 80° en latitud.

Un cop definida la distància relativa, les coordenades UTM es poden expressar segons la resolució emprada [13]:

- *Resolució quilomètrica:* Les distàncies relatives s'expressen en quilòmetres. Així, si la distància longitudinal és de 385.823 metres i la distància latitudinal és del 4.721.245 a la zona de Catalunya, la coordenada UTM seria: 31 T 385 4721 Datum ED50.
- *Resolució 1 metre:* Les distàncies relatives s'expressen en metres. Seguint l'exemple anterior, la coordenada UTM s'expressaria així: 31 T 385823 4721245 Datum ED50.

3.6.4 Avantatges i inconvenients del sistema de projecció UTM

Els avantatges i inconvenients de les coordenades UTM són intrínseques al sistema de projecció, de Gauss, i extrínseques per l'organització que ho va estandaritzar, l'exèrcit d'Estats Units. En la taula 3 es comparen els avantatges i inconvenients del sistema.

Avantatges	Inconvenients
No presenta anamorfosi angular; és a dir conserva els angles.	Presenta anamorfosi lineal i superficial. S'ha de solucionar establint fusos, per minimitzar l'impacte de les deformacions longitudinals i també s'ha de limitar el seu ús en latituds molt elevades, per minimitzar les deformacions greus en latitud.
No presenta deformacions, de manera apreciable, per davall dels 80° en latitud.	Sí les presenta a partir dels 80° en latitud. Això comporta que per sobre dels 80° en latitud, s'hagi d'utilitzar un sistema de projecció diferent, l'UPS.
El sistema determina un lloc o una zona determinada de manera concreta i de forma senzilla.	En els extrems dels fusos o en latituds pròximes als 80°, les deformacions no permeten la presa de mesures en escala molt petita, degut a les deformacions.
El sistema de projecció UTM és un sistema a escala mundial i utilitzat mundialment. Per tant, permet l'intercanvi de cartografia entre diferents zones de la Terra.	L'intercanvi de cartografia exclou les zones situades a més de 80° en latitud, ja que utilitzen el sistema UPS i no l'UTM.

Taula 3. Avantatges i inconvenients del sistema UTM [13][19]

Capítol 4

Representació i Obtenció de la Informació Geogràfica

La informació geogràfica és la base principal d'un SIG, tant per situar objectes sobre una cartografia, com per fer càlculs utilitzant la informació alfanumèrica relacionada amb els objectes geogràfics. En aquest capítol es parlarà sobre els dos sistemes d'emmagatzemament de la informació. Es mostrarà també en quins formats es poden trobar els formats d'arxiu principals que s'utilitzen pel seu emmagatzemament i, finalment, es donaran algunes indicacions per saber quan utilitzar un format o un altre. Es conclourà el capítol tractant les fonts de dades d'informació geogràfica i centrant-se en l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC). Concretament, els punts que es tractaran són:

- *Format raster*: En aquest punt s'explicarà en que consisteix i com s'obtenen les dades en aquest format.
- *Format vectorial*: Es parlarà sobre les seves característiques i la forma en què s'obtenen les dades.
- *Exemples de formats*: En aquest apartat, s'introduiran exemples de formats d'arxiu que emmagatzemen objectes en el format *raster* i vectorial.
- *Diferències entre format vectorial i format raster*: Es faran les comparatives necessàries per identificar el cas en què és útil utilitzar un format o un altre.
- *Fonts de dades*: En aquest punt s'indicaran els llocs i les institucions que cedeixen cartografia, centrant el tema en l'ICC.

4.1 Format *raster*

En aquest punt s'explicarà en què consisteix representar zones geogràfiques i els elements continguts en elles, en format *raster*. Es veuran les particularitats d'aquest format, en contraposició amb el format vectorial. I, finalment, s'explicarà com s'obtenen les dades geogràfiques i quin procés segueixen fins a poder-les representar en format *raster*.

4.1.1 Què és el format *raster*?

El format *raster* es defineix com un conjunt de cel·les localitzades en coordenades contigües, implementades en una matriu de dos dimensions (2D) [30].

Aquest format dóna més importància a les propietats dels elements de l'espai que representa que a la forma dels elements de l'espai [9]. Discretitza l'espai en porcions significatives, dividint l'espai en cel·les, formant una graella. Les cel·les de la graella s'anomenen *pixels* i, de la mateixa manera que el concepte de *pixels* utilitzat per definir el color d'un punt d'una imatge, aquests *pixels* indiquen un punt que conté informació significativa. Els *pixels* poden ser de la grandària desitjada, encara que s'acostumen a definir el prou petits per localitzar tots els elements de l'espai i prou grans per fer suportable el tractament informàtic de les dades emmagatzemades. Aquest fet provoca que aquest format no sigui precís a l'hora de localitzar els elements de l'espai.

La forma en què el format *raster* identifica els diferents elements de l'espai és la que s'indica a la taula 4, on es pot comprovar que tots els conceptes giren al voltant de la unitat mínima en format *raster*, el *pixel*.

Element de l'espai	Representació
Un element concret, per exemple una ciutat, en una representació a nivell de Catalunya.	Es representa per un <i>pixel</i> .
Un element lineal, com una carretera, en una representació a nivell de Catalunya.	Es representa a través d'una successió de <i>pixels</i> alineats.
Un element amb superfície, per exemple una comarca, a nivell de Catalunya.	Es representa per conjunt de <i>pixels</i> continus associats.

Taula 4. Representació dels elements de l'espai en format *raster*[9]

Aquest format es caracteritza per associar a cada *pixel* un significat; és a dir, cada *pixel* està codificat i, en la base de dades d'informació alfanumèrica, té associat un valor concret. Per poder representar informació de diferents categories, dins del mateix espai, hi ha d'haver tantes capes de *pixels* que marquin el mateix punt en l'espai, però que tinguin codi diferent en el SIG, com categories es vulguin representar. Així, cada categoria diferent que es vol representar s'anomena capa i té la seva pròpia codificació de *pixels*. Per exemple, quan sobre un mapa es vol representar l'altitud, la temperatura mitjana i la pluviositat mitjana, s'han de crear tres categories i, per tant, tres conjunts de *pixels* referenciant el mateix punt en l'espai, però cadascun amb informació relativa a la categoria a la que pertany. La figura 18 mostra com, en un mateix espai hi poden existir diferents categories que, en aquest cas, s'haurien de classificar com tres capes diferents, ja que del món real es vol classificar els clients, els edificis i els carrers.

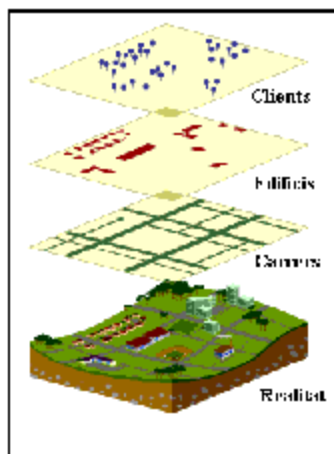


Figura 18. Divisió de l'espai en categories [1]

4.1.2 Obtenció de dades i *rasterització*

Els mètodes utilitzats per obtenir dades en format *raster* són els que permeten emmagatzemar tots els punts de la imatge, independentment de la forma que tinguin o de les figures que formin.

Tot seguit es detallen algunes de les tècniques que permeten obtenir dades en format *raster* [26]:

- *Tècniques manuals*: Aquests tipus de tècniques consisteixen en introduir les dades de l'espai de forma manual. El primer que s'ha de decidir és la grandària del *pixel*, que molts autors defineixen com la meitat de l'element més petit. Les tècniques definides a continuació es caracteritzen per identificar els elements significatius de la imatge i no la imatge sencera. Les tècniques existents són les de:
 - *Presència/Absència*, que es caracteritza per identificar els *pixels* amb un 0 o un 1, depenent de si existeix o no l'element en la cel·la definida pel *pixel*. Es crearan tantes representacions com elements es vulguin identificar
 - *Número d'elements*, on es crearà un mapa quantitatiu indicant les vegades que ha aparegut un element en l'espai, emmagatzemant les dades del lloc on han aparegut en un altre mapa.
 - *Valor temàtic*, on s'assigna a cada *pixel* el valor de l'element contingut en el *pixel*. Així, la identificació de l'element està emmagatzemada directament en el *pixel*.
- *Tècniques automàtiques*: Aquestes tècniques es basen en l'obtenció de dades *raster* a través d'aparells que ja discretitzen l'espai en cel·les o *pixels*. Existeixen diverses tècniques:
 - *Fotografia aèria*: Es tracta de capturar dades des d'un avió, un globus aerostàtic o altres elements aeris. És la tècnica, probablement, més utilitzada.
 - *Imatges de satèl·lit*: Són imatges que engloben una gran quantitat de territori, encara que no es poden utilitzar per l'estudi a petita escala. Les imatges més comuns tenen una resolució de 10 a 30 metres.
 - *Scanners*: Són instruments capaços de convertir fotografies en imatges en format *raster*. La capacitat de resolució és molt elevada i, per tant, molt útil. Actualment ja existeixen *scanners* de resolució DIN-A0.
 - *Ortofotografies* [39]: Són fotogrametries aèries, que després d'un procés de rectificació, han perdut la perspectiva cònica i han passat a ser ortogonals. Així les ortofotografies resultants tindran una escala constant i les mesures que s'hi prenguin seran reals, a escala. La ortofotografia digital és una eina molt eficaç per obtenir mesures reals a un cost relativament baix.

Una altra forma d'obtenir imatges en format *raster* és el procés de *rasterització*. Aquest procés és el que es segueix quan es vol convertir una imatge a format *raster*, partint de la imatge en format vectorial, com s'explica en l'apartat 4.2. Existeixen dos tipus de *rasterització* [27]:

- *Rasterització sintàctica*: Aquest tipus de *rasterització* es caracteritza per convertir una imatge emmagatzemada en format vectorial, a format *raster*. Com es veurà en el següent apartat, el format vectorial emmagatzema les característiques de les imatges en nodes, arcs i polígons. Per tant, el procés de *rasterització* consisteix a convertir les coordenades vectorials a *pixels raster*. Així, la conversió d'un node és molt senzilla i consisteix a situar les coordenades del node i marcar el *pixel* amb la informació del node.

La conversió d'un arc és més complexa i existeixen diversos algorismes per dur-ho a terme, entre els que cal destacar: Algorisme de força bruta, Analitzador digital de diferències, algorisme de Bresenham, etc.

La conversió de polígons també es complex i, bàsicament, s'usen dos algorismes per dur-ho a terme, Test intern-extern i l'algorisme *ScanLine*.

- *Rasterització real*: Aquest tipus de *rasterització* és el més habitual i es el que fa l'ull humà en cada moment. Consisteix a captar l'espai a través d'un instrument, el més habitual dels quals és una càmera fotogràfica. Un cop capturada la fotografia aquesta s'ha de convertir a format digital, si no n'és ja, a través de diferents tècniques, com per exemple, l'escaneig de fotografies.

4.2 Format vectorial

En aquest punt s'introduirà el format vectorial, en contraposició al format *raster*. S'explicaran les seves característiques principals i les diferents formes en què es poden obtenir les representacions de les zones geogràfiques, en format vectorial.

4.2.1 Què és el format vectorial?

El format vectorial es defineix com una llista de coordenades 2D, que defineixen els vectors que dibuixen els elements de l'espai que es vol representar [30]. Així, els vectors contenen els límits dels elements a representar.

Aquest format és un format molt més precís que el *raster*, ja que pot dibuixar molt més estrictament la forma dels elements de l'espai, sense haver d'emmagatzemar una quantitat d'informació tan elevada com el format *raster*. Encara que també s'ha d'arribar a un compromís entre l'exactitud en la representació de l'element de l'espai i la quantitat d'informació a emmagatzemar.

Les unitats bàsiques que s'utilitzen en aquest format són les que s'expliquen en la taula 5 i s'il·lustren a través de la figura 19, on es pot veure representat un element amb superfície, compost per nodes i arcs.

Element de l'espai	Representació
Un punt concret que no és possible representar amb amplitud ni amb llargada, degut a que l'àrea que ocupa és molt menor que l'àrea de l'espai a representar. Per exemple, un refugi de muntanya quan es representa l'orografia catalana.	Es representa per un node , marcat per dues coordenades (X,Y)

Els elements als quals no té sentit representar l'amplitud, ja que és menyspreable davant de l'àrea de l'espai a representar.	Es representen per un arc , descrit per un parell de coordenades X, Y. (X1-Y1) (X2-Y2).
Els elements amb superfície, com pugui ser una muntanya en un SIG de Catalunya.	Es representa per un polígon , definit per un conjunt d'arcs tancats

Taula 5. Representació dels elements de l'espai en format vectorial [30]

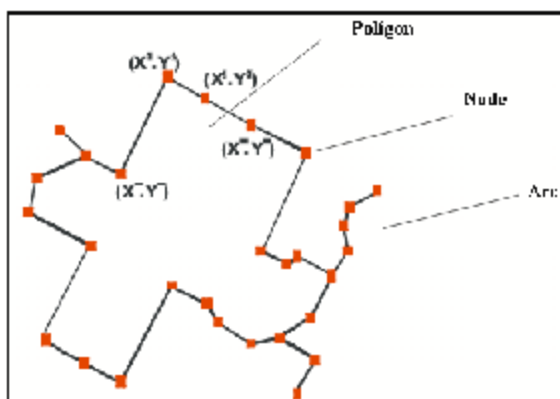


Figura 19. Representació d'elements a través del format vectorial [25]

En aquest format, la informació gràfica no només serveix per calcular la grandària de l'element de l'espai o la posició que ocupa, sinó que porta associada informació referent a la seva forma i, per tant, la possibilitat d'analitzar també les interrelacions cartogràfiques entre els elements de l'espai. La informació alfanumèrica pot estar associada tant a tots els elements de la representació (nodes, arcs i polígons) [25].

La representació de l'espai és molt més precisa, molt més semblant a la percepció humana dels elements i molt més intuïtiva.

4.2.2 Obtenció de dades i vectorització

Les imatges en format vectorial es caracteritzen per determinar els límits dels elements continguts en l'espai. Així, els mètodes d'obtenció de dades, seran aquells capaços d'identificar els nodes, els arcs i els polígons de l'espai.

Com en l'obtenció de dades *raster*, les tècniques d'obtenció de dades vectorials es poden diferenciar en tècniques manuals i tècniques automàtiques o semiautomàtiques [26]:

- *Tècniques manuals*: Consisteixen en introduir els elements de l'espai a través de programari CAD, directament des de la pantalla de l'ordinador, com per exemple programari AUTOCAD.
- *Tècniques automàtiques o semiautomàtiques*: Aquestes tècniques es caracteritzen per realitzar la digitalització de l'espai directament sobre la pantalla de l'ordinador o sobre una taula digitalitzadora. En el primer cas és imprescindible disposar prèviament d'una cartografia georeferenciada. En els dos casos, un operari ha d'identificar els elements significatius de l'espai i introduir-los en l'ordinador. Existeixen dos tècniques per fer-ho:
 - *Punt a punt*: On l'operari ha d'identificar tots els punts significatius dels elements de l'espai a representar. És una tècnica lenta, però, depenent de l'experiència de l'operari, bastant exacta.

- *Mode continu*: L'operari ha d'introduir les línies dels elements a identificar amb un punter o un llapis òptic i l'ordinador ja crea els nodes necessaris per identificar les línies marcades per l'operari. És una tècnica molt més ràpida, però menys exacta i susceptible d'emmagatzemar molta més informació de la necessària.

El procés de vectorització és el que es segueix quan es vol convertir una imatge en format *raster* a format vectorial. Aquesta conversió acostuma a ser automàtica utilitzant programari especialitzat, on, per exemple, el programari *Corel Trace* n'és un dels més utilitzats. Les tècniques segueixen tres passos per vectoritzar:

- *Obtenció de l'estructura de cada node o línia.*
- *Extracció de les seves coordenades.*
- *Reconstrucció de la topologia.*

4.3 Exemples de formats

Els fitxers que emmagatzemen les dades de les imatges emmagatzemades en format *raster* o vectorial, tenen estructures diferents i característiques diferents, que fan que uns tipus de fitxers siguin més útils per emmagatzemar un tipus d'informació diferent a la que pot emmagatzemar un altre tipus de fitxer.

Així, en aquest capítol es veuran els tipus de fitxers més comuns que emmagatzemen dades en format *raster* i vectorial, donant més rellevància als que subministrats per l'ICC. [33] [32].

4.3.1 Formats *raster*

El format *raster* es caracteritza per emmagatzemar les imatges en *pixels*, que són cel·les de la graella en què s'ha dividit la imatge. Per tant, els arxius en format *raster* es caracteritzaran per emmagatzemar tota la informació relativa a les cel·les de la graella, emmagatzemant les relacions de veïnatge entre cel·les.

Els fitxers que emmagatzemen les imatges en format *raster* es poden dividir entre aquells que també emmagatzemen la referència geogràfica i aquells que no la emmagatzemen.

Exemples de fitxers *raster* que no emmagatzemen la informació geogràfica, són [29]:

- *BitMap(BMP)*: És el format d'arxiu més senzill, ja que emmagatzema tots els *pixels* de la imatge, sense compressió. Pot arribar a emmagatzemar de 1 a 24 bits per *pixel*, arribant a diferenciar 16.777.216 de colors.
- *Graphic Interchange Format (GIF)* [28]: És un sistema que comprimeix la informació de la imatge *raster*, utilitzant un sistema de compressió sense pèrdua d'informació (compressor Lempel-Ziv-Welch). Emmagatzema els *pixels* utilitzant 8 bits, cosa que implica que només pot diferenciar 256 colors.
- *Joint Photographics Expert Group File Interchange Format (JPEG o JPG)*: Aquest format de fitxer també comprimeix la imatge que emmagatzema, encara que, en aquest cas, amb pèrdua d'informació. El nivell de compressió, i per tant la pèrdua d'informació, es pot seleccionar. Pot emmagatzemar fins a 24 bits per imatge; és a dir, pot diferenciar 16.777.216 de colors.
- *Tagged Image File Format (TIFF)* : Aquest format es caracteritza per emmagatzemar la informació de la imatge en forma d'etiquetes. L'estructura interna s'organitza en una capçalera i 320 classes diferents d'etiquetes, que emmagatzemen les dades. La grandària del *pixel* pot ser de 1 a 24 bits. És el format més adequat per emmagatzemar imatges molt grans, degut a la flexibilitat de creixement.

Els formats gràfics capaços d'emmagatzemar imatges georeferenciades es poden dividir en formats estàndards que utilitzen un fitxer que conté la localització d'uns determinats *pixels* claus de la imatge, en una projecció seleccionada; i formats que intrínsecament ja estan georeferenciats. Uns exemples de fitxers que emmagatzemen imatges *raster*, conservant la informació geogràfica, són:

- *GeoTIFF* [36]: Aquest format emmagatzema intrínsecament la imatge *raster* georeferenciada. Partint del format d'etiquetes *TIFF*, es va desenvolupar el format *GeoTIFF*, capaç d'emmagatzemar la imatge *raster* georeferenciada. Suporta diferents tipus de projeccions, com la UMT, la transversal de Mercator, la cònica conforme de Lambert, etc. Aquest format difereix del format original principalment, a part de la georeferenciació de la imatge, en l'ús de menys etiquetes.
- *JPEG o TIFF* [37]: Aquests formats gràfics són iguals que els que no emmagatzemen la imatge georeferenciada, però afegint un fitxer ASCII amb la localització d'uns determinats punts de la imatge, en una projecció. Aquesta forma de georeferència la imatge no queda correctament georeferenciada
- *MrSID*[47]: Aquest format va ser desenvolupat per LIZARDETECH. És adequat per tractar imatges de gran resolució, perquè permet una reducció de la grandària de l'arxiu de fins al 95%, en front de sistemes sense compressió.

4.3.2 Formats vectorials

Els fitxers que emmagatzemen imatges en format vectorial són, generalment, fitxers utilitzats en els sistemes CAD i també cobertures (anomenades *coverages* en anglès).

Els fitxers CAD que es tractaran en aquest bloc són els fitxers utilitzats pel programari *AUTOCAD*, de la marca *AUTODESK*, que tenen extensió *DWG*, *DWF* i *DXF*, el fitxer *SHP* de la marca *ESRI* i el fitxer *DGN* de la marca *MICROSTATION*:

- *DWG*: És el format estàndard en que s'emmagatzemen les dades en *AUTOCAD*. Es caracteritza per emmagatzemar la informació introduïda en format vectorial, utilitzant capes.
- *Drawing Web Format (DWF)*: Format d'intercanvi de dades vectorials a través de web. És una variació del format original d'*AUTOCAD*, preparat per exportar dades per publicar en web.
- *Drawing Exchange Format (DXF)*: És el format d'intercanvi de dades vectorials entre diversos programes CAD, utilitzat per *AUTOCAD*. Aquests fitxers estan estructurats en objectes, que són els elements que no tenen part gràfica i les entitats, que contenen les parts gràfiques de la representació.
- *ShapeFile (SHP)*: És un format que no emmagatzema informació topològica i, aquest fet, li facilita un dibuix en pantalla molt més ràpid. El lloc que ocupa en disc també és menor i, per tant, la càrrega d'escriptura/lectura.
- *DGN*: És el format equivalent de *DWG*, però per la marca *MICROSTATION*, on també s'utilitzen capes.

El sistema de cobertures és un sistema propietari de la marca *ARCINFO*. Les cobertures són directoris on s'emmagatzemen tots els fitxers que contenen informació relacionada amb una capa, tant informació gràfica com informació descriptiva dels elements, com l'àrea d'un polígon o l'extensió d'una línia. Com es pot observar en la figura 20, les cobertures s'organitzen en una àrea de treball, dins el qual s'emmagatzemen les cobertures i, dins les cobertures, s'emmagatzemen els elements relacionats amb la cobertura. El directori info, inclòs en les cobertures, és el directori que conté la informació d'administració de les cobertures en l'àrea de treball.

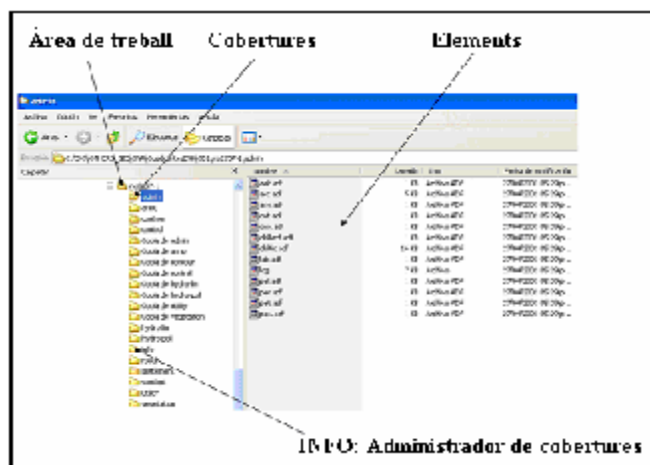


Figura 20. Organització de les cobertures

Els elements que poden contenir les cobertures són polígons, arcs, línies, punts, anotacions, etiquetes de punts, nodes, regions i rutes.

4.4 Diferències entre format vectorial i format *raster*

Els dos formats són útils per emmagatzemar les dades referents a l'espai a representar pel SIG. Històricament els SIG's s'han dividit en els que utilitzaven el format *raster* i en els que utilitzaven el format vectorial. Actualment combinen els dos formats, utilitzant el que millor s'adapta a les necessitats específiques d'una part concreta del SIG.

En aquest apartat es mostrarà en quins casos es fa servir un o un altre tipus de format. En la taula 6 es veuran els avantatges del format *raster*, enfront les diferències del format vectorial, així com per a emmagatzemar quin tipus d'informació és adequat el format *raster*. I, en la taula 7 es presentaran els avantatges del format vectorial davant el format *raster*, indicant per quin tipus de dades és millor el format vectorial.

Avantatges format <i>raster</i>	Inconvenients format vectorial
La captura de les dades és més ràpida, degut a que només s'ha de discretitzar l'espai, en porcions, <i>pixels</i> , prou petits per ser significatius i suficientment grans per no treballar amb més informació de la necessària.	El format vectorial ha d'extreure els nodes, els arcs i els polígons de la imatge i, aquesta, no és una tasca gaire ràpida.
L'estructura de la base de dades és més simple, ja que només s'ha d'emmagatzemar els <i>pixels</i> i els valors d'aquests <i>pixels</i> .	L'estructura de la base de dades és més complexa, ja que s'han d'emmagatzemar les coordenades dels vectors i la informació alfanumèrica associada a l'element que formen els vectors.
L'anàlisi de l'espai és molt més senzilla, ja que els elements a dibuixar ja estan continguts en els <i>pixels</i> i només cal representar una imatge. La simulació també és més senzilla, ja que la imatge a modificar ja està construïda i només s'ha	L'anàlisi de l'espai és més complexa, ja que abans s'ha de construir el model de l'espai, segons els vectors emmagatzemats. A més la simulació executada sobre vectors també és més complexa.

de modificar, segons les regles de simulació	
El maquinari que ha d'executar qualsevol anàlisi, no ha de ser gaire potent, ja que només ha de tractar amb imatges. Encara que el fet de mostrar imatges <i>raster</i> requereix manipular un gran volum d'informació	El maquinari que executi anàlisi sobre un espai en format vectorial, ha de ser més potent, perquè ha de manejar vectors.

Taula 6. Avantatges del model raster [9]

Avantatges format vectorial	Inconvenients format raster
Les dades a emmagatzemar són menys i, per tant, l'ocupació de la base de dades serà menor.	Les dades a emmagatzemar són moltes, degut a que qualsevol punt de la grandària d'un <i>pixel</i> s'ha d'emmagatzemar en la base de dades.
Guarda la forma dels elements i, per tant, es poden fer anàlisis tenint en compte la topologia de l'element i amb la relació amb la resta d'elements de l'espai	La forma dels elements no queda gaire clara i, per tant, no es poden fer consultes implícites, utilitzant les dades de la proximitat.

Taula 7. Avantatges del model vectorial [9]

4.5 Fonts de dades

Les dades són els elements més costosos d'obtenir quan es vol construir un SIG. A l'estat espanyol existeixen diverses institucions que cedeixen dades cartogràfiques. Entre elles, cal destacar:

- *Institut Cartogràfic Valencià [38]*: Es caracteritza per cedir mapes cartogràfics en format vectorial, concretament en fitxers de tipus DWG i ECW.
- *Diputació Floral de Bizcaia [40]*: Ofereix cartografia en format vectorial, utilitzant el format d'intercanvi DXF.
- *Confederació Hidrogràfica de l'Ebre [41]*: Ofereix cartografia de la zona de l'Ebre, en format de cobertures de ARCINFO.

Però, a Catalunya, la institució que cedeix més dades i de més qualitat és l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC) [22]. Per això en aquest apartat es tractarà aquesta institució i sobre les dades que ofereix.

4.5.1 Què és l'ICC?

L'ICC és una entitat de dret públic de la Generalitat de Catalunya, que es va crear a l'Octubre de l'any 1982. Les funcions que té assignades són les de desenvolupament de la informació cartogràfica i geològica.

Les seves activitats principals són:

- *Creació i/o manteniment de la informació geogràfica en l'àmbit de Catalunya*
- *Coordinació en l'obtenció de dades per parts d'altres organismes públics o privats.*
- *Publicació i difusió de la documentació tècnica sobre cartografia, geodèsia, geologia, etc.*

- *Tasques d'anàlisi del territori per prevenir o combatre fenòmens naturals com incendis, allaus, etc.*
- *Tasques de suport davant de projectes públics i/o privats que impliquen consulta d'informació cartogràfica.*
- *Edició de la revista TERRA, que és la revista catalana de Geografia, que es publica periòdicament.*

4.5.2 Dades que ofereix l'ICC.

En aquest bloc es detallaran els serveis que ofereix l'ICC, centrant-se en la informació cartogràfica.

L'ICC ofereix serveis de:

- *Prevenió d'allaus i sismes*, avaluant-ne les variables i avisant-ne dels riscos.
- *Recursos geodèsics*, oferint els serveis que envolten els càlculs geodèsics. Un exemple seria oferir informació dels vèrtexs geodèsics de Catalunya, eines que ajuden als càlculs geodèsics, localització dels GNNS (Sistema de Navegació Global per Satèl·lit), etc.
- *Cartoteca*, que és la unitat del ICC encarregada de posar al servei del públic el fons bibliogràfic, cartogràfic, fotogràfic i documental de l'ICC.
- *Catàleg de cartografia*, que inclou el catàleg de vols, d'escala grans, de sèries i de toponímia de l'ICC.
- *Cartografia geològica*, de l'àmbit català, on es pot observar la composició geològica del territori, en capes de profunditat.
- *Imatges en satèl·lit*, que permet obtenir imatges d'alguns dels satèl·lits que orbiten al voltant de la Terra i estan destinats a la meteorologia, com es pot observar en la fotografia emesa pel satèl·lit NOAA, de la figura 20.
- *Toponímia*, que és la major base de dades toponímica de Catalunya, conté els noms de les comarques catalanes i dels seus municipis. També permet obtenir les coordenades UTM dels municipis.

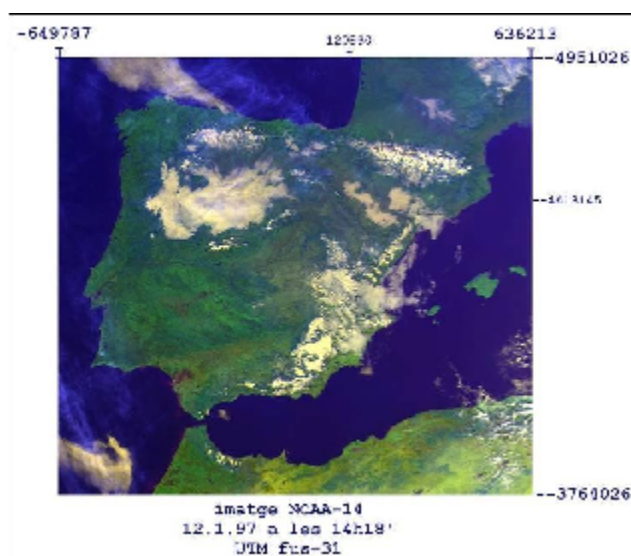


Figura 20. Imatge del satèl·lit NOAA

Dins dels productes que l'ICC ofereix al públic, cal diferenciar entre la cartografia existent, que es pot descarregar des de la web de la institució i els productes comercials que l'ICC pot realitzar sota petició de l'usuari.

Pel que fa als productes cartogràfics disponibles, l'ICC ofereix:

- *Talls de les sèries*, que estan disponibles en escala 1:5.000, 1:25.000 i 1:50.000, es poden obtenir en dos fitxers vectorials: El format SHP de la marca *ESRI* i el format DGN de la marca *MICROSTATION*.
- *Base municipal de Catalunya*, on estan disponibles la informació local i comarcal a escala 1:1.000.000 i que es poden obtenir en format vectorial: EXPORT cobertura de la marca *ARCINFO*, DXF de la marca *AUTOCAD* i DGN de la marca *MICROSTATION*.
- *Mapa de carreteres de Catalunya*, on, a escala 1:300.000 hi ha la informació de les carreteres de Catalunya a l'any 2001. Està en format *raster* i el fitxer és de tipus JPG.
- *Caps de Municipi*, on s'obtenen les coordenades UTM dels caps de tots els municipis catalans.
- *Mapa turístic de Catalunya*, on apareixen les principals vies de comunicació, ciutats, rius i accidents muntanyosos. Està en format *raster*, concretament en un fitxer JPG.
- *Catalunya Full a Full (CFAF)*, que és una aplicació que permet la localització de 52.743 topònims. Les imatges que es poden obtenir d'aquests topònims poden ser cinc:
 - *Ortofotomapa 1:5.000*
 - *Ortofotomapa 1:25.000 en color*
 - *Ortofotomapa 1:25 en infraroig*
 - *Topogràfic 1:10.000*
 - *Topogràfic 1:5.000*

I, es poden descarregar en format JPG en la mida de 800x548, 1024x701 o 2048x1403 *pixels*; o senceres en format MRSID.

Els serveis que ofereix l'ICC per la creació de dades cartogràfiques, són els que es detallen a continuació, encara que no es poden obtenir si no es arribant amb un acord comercial amb l'ICC:

- *Sistemes de captura primària de dades*: Els sistemes de captura primària de dades són aquells que utilitzant més o menys tecnologia, es poden obtenir sense realitzar un tractament a les dades obtingudes. Exemples d'aquests tipus de dades són els vols fotogramètrics, vols multiespectrals, altimetria làser, recollida terrestre d'informació, sistemes de posicionament, sistema de posicionament geodèsic integrat de Catalunya, xarxes geodèsiques, sistema de posicionament en temps real, georeferenciació d'elements territorials, etc.
- *Base de dades cartogràfiques i cartografia topogràfica a diferent escala*: Les escales poden ser des de grans (1:1.000, 1:2.000) fins a petites (1:250.000), passant per mitjanes (1:25.000, 1:50.000). Depenent de l'escala, es poden realitzar també bases de dades toponímiques, aixecaments taquimètrics, generalització cartogràfica, etc.
- *Cartografia d'imatge*: Aquest procés consisteix en el tractament de les dades capturades en la captura primària. Els processos poden ser la creació d'ortofotos, la creació d'ortoimatges a escales grans, ortoimatges de satèl·lit, cartografia a partir d'imatges de radar, etc.
- *Fotogrametria i sistemes de representació cartogràfics*: Consisteix en la creació, per part de l'ICC, de fotogrametria terrestre, sistemes de representació cartogràfica en 3D, etc.
- *Coneixement aplicat*: Consisteix en aplicar el coneixement de l'ICC i dels seus professionals per a resoldre problemes. Aquests problemes poden ser creació de cadastres, anàlisi de riscos sísmics, cartografia d'usos del sol, etc.

- *Sistemes complets:* Consisteix en que l'ICC sigui l'encarregat de començar, desenvolupar i acabar un projecte, com la creació d'un SIG, cadenes de producció fotogramètrica i cartogràfica o la formació de personal.

Capítol 5

GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2

Fins aquest capítol s'ha vist en què consisteix un SIG i quines característiques té. S'ha parlat de la cartografia, relacionada amb l'ús que en pot fer un SIG i també s'ha parlat dels formats en què es poden emmagatzemar les dades gràfiques, com són el format *raster* i vectorial.

En aquest capítol es recopilen tots els conceptes introduïts en els capítols anteriors, a través de la introducció d'un exemple de SIG: GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2.

5.1 Història de GEOMEDIA

En aquest capítol s'explicaran els inicis de GEOMEDIA PROFESSIONAL

INTERGRAPH va crear, l'any 1996 el primer software amb tecnologia SIG, que era el producte GEOMEDIA, que aportava els següents avantatges [42]:

- *Windows*: S'executava sobre plataforma WINDOWS i incorporava els estàndards de funcionament d'aquest, per facilitar l'adaptació dels usuaris acostumats a treballar sota aquesta plataforma, a GEOMEDIA.
- *No necessitat de conversió de formats*: Els formats de dades, tant SIG com CAD, no era necessari al format propietari de GEOMEDIA o a un estàndard, per poder treballar amb ells. Aquests s'introduïen directament sobre en el programa, sense necessitat de conversions.
- *Base de dades*: Les dades, tant gràfiques com alfanumèriques, les emmagatzemava en una base de dades, per la facilitat en compartir-ho amb altres sistemes i per la facilitat en accedir a les dades, per part de GEOMEDIA.
- *Programació*: Els llenguatges de programació externs, han pogut accedir a les dades GEOMEDIA i utilitzar GEOMEDIA com una eina de càlcul.

Amb el temps, GEOMEDIA ha anat evolucionant, fins a crear diferents productes SIG utilitzats per diferents propòsits:

- *GEOMEDIA*: La versió actual és la 5.2 i es caracteritza per ser el producte SIG clàssic d'INTERGRAPH, incorporant les utilitats necessàries per usuaris a nivell no corporatiu.
- *GEOMEDIA GRID*: La versió actual del producte és la 5.1. És el producte GEOMEDIA amb graelles que permet tot tipus d'anàlisi a través de graelles.

- *GEOMEDIA OBJECTS*: La versió actual del producte és la 5.1. És el producte GEOMEDIA adequat per consultories i enginyeries, que permet personalitzar l'aparença del sistema i que no incorpora la visió del sistema clàssic.
- *GEOMEDIA PARCEL MANAGER*: La versió actual del producte és la 5.1 i es caracteritza per facilitar la gestió d'empreses i institucions que hagin de mantenir informació cartogràfica relacionada amb parcel·les, propietats, etc.
- *GEOMEDIA PROFESSIONAL*: La versió actual del producte és la 5.2 i es tractarà a fons en aquest capítol. És la versió de GEOMEDIA més encarada al sector professional.
- *GEOMEDIA PUBLIC WORKS*: La versió actual del producte és la 5.2. Està encarada a empreses i institucions dedicades a la gestió de les xarxes d'aigua i clavegueram.
- *GEOMEDIA SMMS*: La versió actual és la 5.1 b i està encarat cap a la gestió de metadades espacials estandaritzades.
- *GEOMEDIA TERRAIN*: La versió vigent és la 5.1 i està dissenyat per ajudar a la creació i el manteniment de xarxes d'antenes, ja que està especialitzat en gestió de visibilitat.
- *GEOMEDIA TRANSACTION MANAGER*: La versió és la 5.1 i està dissenyat per la gestió de projectes llargs en el temps, que requereixen protecció i seguretat en entorns multiusuari.
- *GEOMEDIA TRANSPORTATION MANAGER*: La versió actual és la 5.2 i està dissenyat per la gestió de la referenciació lineal. És a dir, la gestió de xarxes lineals que impliquin trànsit en la línia, com pugui ser una xarxa de ferrocarrils, carreteres, etc.
- *GEOMEDIA VIEWER*: La versió és la 5.1 i és l'eina gratuïta que permet visualitzar dades emmagatzemades en GEOMEDIA. És l'eina d'usuari que només ha de visualitzar dades.

En els següents punts es tractarà a fons el programari GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2, on s'explicarà:

- *Característiques generals*, on s'explicarà que el diferencia de la resta de SIG's del mercat.
- *Funcions*, on s'explicarà com GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 realitza les funcions principals que caracteritzen als SIG's.
- *Carrega de dades des de l'ICC*, on s'explicarà quines dades es poden carregar des de l'ICC i com es fa la carrega.
- *Magatzems de dades*, on es parlarà sobre les bases de dades que suporta GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 i es tractarà a fons el cas de MICROSOFT ACCESS I ORACLE 9i.

5.2 Característiques generals

En aquest punt es donarà una visió general sobre aquest SIG, remarcant les particularitats que el caracteritzen i mostrant les seves potencialitats. També s'inclourà un apartat on es parla de l'objecte principal de GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2, que és l'àrea de treball.

GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 [42] pretén ser un estàndard tant per a usos a l'administració, com a la indústria o, fins i tot, educatius. Els trets que fan que GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 tingui un valor afegit al de les funcionalitats intrínseques dels SIG són:

- *Visualització i anàlisi de dades en el format original*: Permet la integració d'arxius gràfics en el seu format original. També permet que arxius en formats diferents es mostrin i es facin tasques d'anàlisi en el mateix entorn i sense necessitat de cap conversió.
- *Anàlisi de dades de diferents magatzems de dades i diferents fonts*: Permet que en una mateixa àrea de treball existeixen dades de diversos magatzems de dades, o sigui bases de dades, i que

aquests siguin de diversos gestors de base de dades. Alguns dels gestors de base de dades que suporta són MICROSOFT ACCES, ORACLE, SQL SERVER, DB2, etc.

- *Integració en l'entorn ofimàtic:* Permet la integració de les dades en qualsevol de les aplicacions de l'entorn ofimàtic de MICROSOFT. Entre altres funcions, permet la generació d'informes amb MICROSOFT WORD, la creació de presentacions amb MICROSOFT POWERPOINT, etc. Es fa utilitzant la tecnologia MICROSOFT de servidors OLE.
- *Integració en entorns de desenvolupament d'aplicacions externes:* Permet que un entorn de desenvolupament pugui utilitzar les funcionalitats internes de GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2, fent-ho transparent a l'usuari. Suporta entorns de desenvolupament com VISUAL BASIC 6, BORLAND DELPHI, VISUAL C++, etc.

5.2.1 Àrea de treball

GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 té com a unitat central de treball l'àrea de treball, que l'aplicatiu anomena *Geoworkspace*. És el fitxer GEOMEDIA PROFESSIONAL central perquè és on s'emmagatzemen totes les configuracions que l'usuari ha introduït per personalitzar el SIG que està creant.

En un *Geoworkspace* s'hi emmagatzemen tots els objectes de l'aplicació. Per exemple:

- *Les llegendes:* Tant el contingut de la llegenda, com l'aparença, la prioritat, els estils, etc.
- *Connexions:* Són les connexions de GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 cap als magatzems de dades externs.
- *Aparença:* Són les configuracions d'interfície d'usuari, que emmagatzemen la posició de les finestres, les opcions d'usuari, etc.

5.3 Funcions

En aquest punt es presenten les tasques habituals que caracteritzen els SIGs i que GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 du a terme de forma particular.

5.3.1 Anàlisi de dades

En aquest punt es veuran les possibilitats que ofereix GEOMEDIA PROFESSIONAL per analitzar dades gràfiques i les dades alfanumèriques introduïdes en el SIG.

GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 és una potent eina d'anàlisi tant amb dades geoespacionals com amb dades alfanumèriques i en la combinació d'ambdues, que és la més utilitzada. L'anàlisi de dades es pot fer utilitzant diversos conceptes [43][45]. Tot seguit s'exposaran alguns dels conceptes utilitzats, centrant-se en els que seran més útils per aquest treball.

Els exemples que es posaran per explicar cadascun dels conceptes estan relacionats amb el prototipus de SIG que es vol construir en aquest treball. És a dir, en un SIG que ajudi en el problema logístic del repartiment de pinso a granges de porcs i pollastres, i en la recollida de matèria primera en el retorn a la fàbrica de pinso. En resum, consisteix en la creació de comandes de pinso a granges; l'assignació d'una o diverses comandes a un viatge que, posteriorment, s'assignarà a un camió concret. També consisteix en la creació de comandes de matèria primera, per quan el camió hagi descarregat el pinso, que torni carregat de matèria primera per fer pinso.

- *Zones d'influència:* Són les àrees al voltant d'una o diverses entitats, en què es poden delimitar consultes espacials. El territori i les entitats incloses en una zona d'influència es poden marcar gràficament canviant el seu aspecte, per tenir-les identificades. L'ús de zones d'influència és adequat a l'hora d'analitzar les dades en una àrea concreta de tot el territori.

Per exemple, es poden seleccionar totes les granges que tinguin un estoc de pinso inferior a dos dies, que mengin pinso de penúltima edat i que tinguin un estoc d'animals superior a 1000 animals, en la zona d'influència definida a l'entorn de 30 Km de Mollerussa. Aquesta consulta seria útil quan es té una comanda de mig camió de pinso medicat a la zona de Mollerussa i es vol completar amb una altra comanda al voltant de Mollerussa, però amb pinso amb alta tolerància a contaminacions per un possible contacte amb pinso medicat. Llavors, s'ha de definir una zona d'influència, perquè no seria útil fer la consulta per a totes les granges de l'empresa, ja que s'intenta minimitzar el cost del transport i, per tant, s'han de fer distàncies curtes en els repartiments entre diverses granges.

- *Mapes temàtics:* Els mapes temàtics són mapes que permeten un anàlisi de les dades relacionades amb el grau de pertinença a la consulta realitzada. Permeten definir un territori, que pot ser una zona d'influència o directament la globalitat del territori, i segons el valor d'uns atributs, poder seleccionar el format en què es visualitzaran les entitats.

Per exemple, si es vol saber la densitat d'animals per comarca, s'ha de seleccionar l'atribut densitat d'animals per comarca, que ja s'haurà calculat si no existeix, i seleccionar-lo per crear el mapa temàtic. S'ha de seleccionar el màxim i el mínim que es vol mostrar, així com els colors i altres formats que s'utilitzaran per marcar les diferents densitats.

- *Relacions:* Les relacions són el vincle que s'estableix entre dos tipus d'entitats o consultes, per tal que es puguin compartir els atributs de cadascuna, en una sola consulta. Les relacions són útils a l'hora de compartir atributs entre entitats o consultes diferents.

Per exemple, s'ha d'enviar un camió a buscar matèria primera, però el camió és un camió *tràiler* i no té accés a tots els magatzems o molls de càrrega del port. Llavors, es faria una relació entre les entitats magatzems i molls de càrrega, amb l'atribut *AccésPerCamio* i l'atribut *PesPendentCarrega*. A partir d'aquesta relació, ja es podria consultar quins llocs de càrrega hi pot caber el camió *tràiler* i en quins hi ha més matèria primera a carregar.

- *Atributs funcionals:* Aquests són atributs que es defineixen a partir d'altres atributs i s'utilitzen com a camps calculats. Es poden utilitzar com un atribut més, a l'hora de fer qualsevol consulta.

En l'exemple de les Relacions, la densitat d'animals per comarca seria un atribut funcional que es calcularia a partir d'un camp calculat que seria l'agrupació de les granges per comarques, sumant-hi el número d'animals en la granja i dividint-ho per la superfície de cada entitat comarca. La fórmula seria la següent

$$\frac{\sum_{i=1}^{GrangesEnComarca} AnimalsEnGranja(i)}{SuperfícieComarca(i)}$$

- *Consultes:* Les consultes es poden fer directament sobre les dades, utilitzant els fulls de dades, on es poden consultar les dades, fent filtres, modificant-les o eliminant-les. Les dades tenen una relació directa amb les imatges que es mostren i ofereixen funcions com seleccionar les entitats, en la part gràfica, en el moment que es seleccionen en el full de dades.
- *Agregació:* Consisteix en agrupar les entitats d'un territori, per a totalitzar-ne algun dels atributs de les entitats. És a dir, agrupar entitats segons la seva relació espacial i calcular-ne resultats dels seus atributs.

Així, quan en l'exemple de la densitat d'animals en una comarca, es calculava el nombre d'animals en cada comarca, s'hauria d'haver creat una agrupació de les entitats *granges* pertanyent a la mateixa comarca, per sumar-ne el número d'animals a cada granja.

- *Càlculs sobre la geometria*: Consisteix en, un cop introduïda la geometria del territori a avaluar, calcular-ne dades només prenent com a referència la seva forma.

Així, uns exemples serien el calcula de les àrees de les entitats identificades amb un polígon o la llargada de les entitats identificades amb una línia. Per exemple, podria ser l'àrea d'una comarca, en el cas dels polígons o la llargada d'un carrer, en el cas de les línies.

La combinació d'aquests conceptes i d'altres que incorpora GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 fan que sigui un dels SIG més potents del mercat, pel que a l'anàlisi de les dades. En aquests exemples ja s'ha vist que es molt útil la combinació d'alguns d'aquests conceptes per a obtenir els resultats esperats.

5.3.2 Publicació de resultats

En aquest punt es veuran les possibilitats que ofereix GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 per a la publicació de resultats.

Els informes que permet emetre GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 es creen a través de la finestra de Composició [43]. Aquesta finestra de composició, permet la creació de fulls de composició, que són l'eina de treball bàsica per crear l'informe.

Els fulls de composició només poden contenir objectes anomenats *Marc de Composició*. Aquests objectes són els que emmagatzemen les dades que apareixen en la Composició. Poden contenir els mapes i les seves notes marginals, com són la llegenda, la barra d'escala o la fletxa que indica el nord. Els Marcs de Composició no tenen perquè ser iguals a la finestra de treball, ja que es poden configurar de manera independent.

En la figura 21 es pot observar un exemple de composició on existeixen quatre marcs de composició. El que està situat a dalt a l'esquerra, conté un mapa, i una barra d'escala. El marc que està a la dreta d'aquest conté un mapa, la llegenda del mapa principal i la fletxa que indica on és el nord del mapa. Dels dos marcs de la part inferior de la pàgina, un conté una imatge que és el logotip de l'empresa i l'altre ja només conté text amb el format adequat.

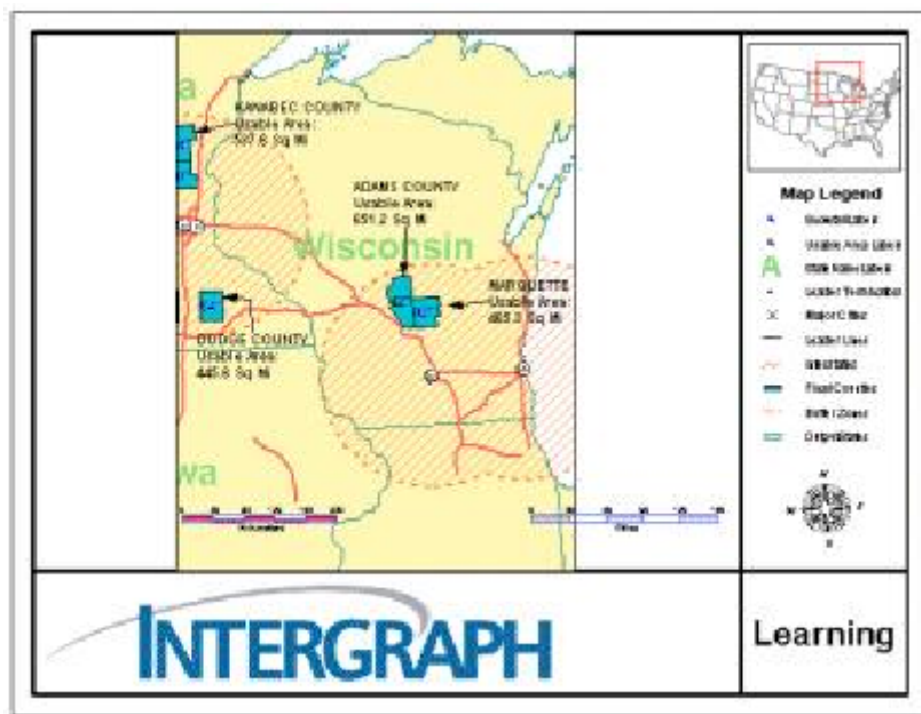


Figura 21. Composició de GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 [43]

5.3.3 Traces per lots

En aquest punt es veuran les possibilitats que ofereix GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 en la creació de traces per lots. S'explicarà en què consisteixen les traces per lots i es detallaran els dos tipus existents: Composició i selecció.

Els arxius de traces per lots són arxius que contenen seqüències de comandes per a la realització de fulls de composició, que són els informes que utilitza GEOMEDIA PROFESSIONAL per a presentar resultats per escrit. S'emmagatzemen com arxius en format XML. És a dir, són les eines que automatitzen la creació de fulls de composició. Aquests tipus d'arxius admeten dos tipus de comandes:

- *Seqüències en línia de comandes:* Consisteix en introduir totes les comandes que s'escriurien en l'interpret de comandes, o finestra d'indicadors de comandes, per arribar a fer un full de composició. Les primitives que utilitza són dues: Print i Export, que es complementen amb tots els paràmetres que suporten.
- *Interfície gràfica:* És un aplicatiu extern, que s'instal·la junt amb GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 i que permet la creació de traces per lots de manera gràfica i amb l'estil dels programes WINDOWS.

Existeixen dos tipus de traces per lots, segons la font de dades que utilitzen:

- *Composició:* Aquests tipus de traces per lots es caracteritzen per crear nous fulls de composició a partir dels fulls existents. Pren com a base una plantilla de composició creada prèviament, una definició de forma d'extensió de mapa o de forma de traça. És a dir, a partir d'una plantilla de composició i un conjunt de registres que tenen com origen una entitat i s'emmagatzemen com una traça o directament com una consulta.
- *Selecció:* En canvi, aquest tipus de traces per lots es caracteritzen per la utilització d'arxius de fulls de composició ja existents. El procés de creació consisteix en la selecció dels fulls de composició que es volen traçar.

5.3.4 Captura i manteniment de dades gràfiques

En aquest punt s'explicarà com es capturen les dades i com es du a terme el manteniment d'aquestes. També s'indican les facilitats que ofereix GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 per realitzar aquestes tasques [43] [44].

La captura de dades, en GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 es pot dividir en dos:

- *Presa de dades amb aparells de mesura:* Un cop definit un territori a representar, en GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2, es poden introduir punts georeferenciats obtinguts a través d'aparells de mesura, com puguin ser els GPS. Aquests punts que s'introdueixen, no han de ser entitats sense amplada ni llargada, sinó que es poden prendre les mesures necessàries per definir una entitat i, un cop introduïts en l'aplicatiu, convertir-los en una entitat amb amplada i/o llargada; és a dir, línies i/o polígons.
- *Creació d'entitats des de GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2:* Aquest mètode d'obtenció de dades, requereix la presència d'una representació *raster* dels objectes a digitalitzar, per tal de localitzar-los adequadament en el territori. Així, la imatge *raster* que conté tots els detalls de les entitats a incloure, s'ha d'introduir en l'àrea de treball existent. Si n'existeix una amb dades ja digitalitzades, la imatge *raster* s'haurà de registrar adequadament en l'àrea de treball.

El procés de registre consisteix en identificar diversos punts de la imatge *raster*, que ja estiguin referenciats en l'àrea de treball existent i associar-los, perquè l'aplicatiu pugui col·locar la imatge *raster* adequadament.

Un cop es disposa de la imatge correctament registrada en l'aplicatiu, es pot procedir a la digitalització de les entitats. En GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 existeixen diverses utilitats que ajuden a la identificació de punts claus en la imatge. Aquestes són les que es descriuen en la taula 8, on es pot veure el nom amb el qual se'l coneix en l'aplicatiu, la descripció on s'indica perquè s'utilitza l'eina i quin és el format de la imatge d'entrada en què es pot utilitzar cada eina. La imatge *raster* només és una ajuda per referenciar les entitats noves a crear.

Tipus de captura	Descripció	Format de la imatge
Intersecció de dos línies	Captura el punt d'intersecció de dos línies vectorials.	Vectorial
Punt final	Captura el punt final d'una entitat representada per una línia	Vectorial
Vèrtex	Captura el vèrtex d'una entitat, tant sigui, de tipus línia, punt o vector.	Vectorial
Sobre l'element	Captura de qualsevol punt que no sigui vèrtex en entitats tipus línia o tipus polígon.	Vectorial
Origen	Captura el punt d'origen d'un entitat tipus punt o d'un text o d'un símbol.	Vectorial
Punt mig	Captura el punt mig d'una entitat de tipus línia o polígon.	Vectorial
Intersecció	Captura el punt d'intersecció de dos línies <i>raster</i> .	Raster

Final de línia	Captura el final d'una línia <i>raster</i> .	Raster
Cantonada	Captura una cantonada; és a dir, una línia que faci un angle de 90°.	Raster
Símbol obert	Captura el centre d'un símbol obert, com un cercle sense part interior	Raster
Símbol tancat	Captura el centre d'un símbol tancat, com un cercle amb part interior.	Raster
Centre	Captura el centre d'una línia <i>raster</i>	Raster

Taula 8. Tipus de captura de dades

Un cop s'han introduït les dades, existeixen utilitats que permeten modificar-les de forma ràpida i eficient, corregint-ne errors que s'han produït a la captura de dades, o creant noves entitats a partir de les dades ja introduïdes. Per corregir errors en la captura de dades, es pot utilitzar la col·locació intel·ligent d'entitats, les eines d'edició, com siguin el retall per punt, les comandes d'extensió o l'edició de geometries coincidents. Per a la creació de noves entitats un cop introduïdes les dades, existeixen comandes, com ara la divisió d'entitats en dos, còpia d'entitats, el canvi de l'entitat que identifica un objecte, la inserció d'un polígon segons la cara, etc. Moltes d'aquestes comandes ja provocaran una modificació en les geometries coincidents.

I, finalment, també permet la creació i edició d'etiquetes interactives sobre entitats, que permeten identificar les entitats i la inserció d'etiquetes selectives, seleccionant les entitats que han de mostrar l'etiqueta interactiva.

5.4 Càrrega de dades des de l'ICC

En aquest punt es veurà que totes les dades que ofereix l'ICC es poden integrar d'una manera còmoda a l'entorn GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2. També se'n mostrarà algun exemple tant en format *raster* com en format vectorial.

5.4.1 Format *raster*

Les dades que estan emmagatzemades en format *raster* i que serveix l'ICC estan explicades en el punt 4.5.2. El format de fitxer que les emmagatzema és JPG, MRSID o GEOTIFF, encara que es poden obtenir tant en un format com en l'altre. Els tipus de dades emmagatzemades en aquest format són els ortofotomapes que detallen tot el territori català, el mapa de carreteres de Catalunya i el mapa turístic de Catalunya.

Les dades que s'integren en GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2, en format *raster*, es poden utilitzar per dos motius:

- *Fons de mapa*: Es tracta de situar la imatge com a fons de les dades vectorials ja existents en l'àrea de treball. Això es fa perquè l'usuari final de l'aplicatiu pugui tenir una referència visual, per saber on es situen les entitats que es veuen en format vectorial. Així, en un SIG on apareguin les granges d'una empresa integradora de bestiar, es podria introduir la ortofoto on aparegui la imatge real de la granja amb el seu entorn natural.
- *Vectorització d'imatges raster*: Es tracta d'inserir la imatge en una àrea de treball, per identificar-ne els punts significatius per al SIG que es dissenyi i poder-ne vectoritzar les dades.

Així, per exemple, es podria vectoritzar la xarxa de carreteres de Catalunya, identificant les carreteres i classificant-les en diferents entitats, segons la categoria de la carretera.

Les imatges raster es poden inserir molt fàcilment en el SIG, seleccionant el fitxer que conté la imatge i indicant el lloc on es vol ubicar en el mapa. Un cop introduïdes, aquestes s'han de registrar adequadament en l'àrea de treball perquè encaixin amb les dades ja introduïdes i, realment, puguin ser un punt de referència. El procés de registre consisteix en identificar uns punts concrets de la imatge *raster*, amb uns punts concrets de les dades vectorials ja introduïdes. Aquest procés es fa des del menú **Herramientas** i l'opció **Registrar imatges** on, després de seleccionar que es vol començar un registre nou, es demanarà que s'introdueixin, gràficament, cada punt de la imatge *raster* identificat amb els punts exactes de la imatge vectorial.

5.4.2 Format vectorial

Com en el format *raster*, les dades que l'ICC serveix en format vectorial, estan explicades en el punt 4.5.2. Bàsicament, els formats que GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 accepta en format vectorial i que serveix l'ICC són:

- *Talls de sèries en diferents escales*: Són els talls dels fulls del *Mapa Topografico Nacional* (MTN) i es poden aconseguir en diferents escales i en els formats SHP de ESRI i DGN de MICROSTATION.
- *Base municipal de Catalunya*: On apareixen tots els municipis, comarques i províncies amb els seus límits. Permet la descarrega en format EXPORT d'ARCINFO, DXF de AUTOCAD i DGN de MICROSTATION.

Existeixen dos maneres de visualitzar les dades vectorials en GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2, depenent de l'ús que se'n vulgui fer i del format de l'arxiu que les conté:

- *Només visualitzar les dades*: S'utilitza per mostrar les dades sense integrar-les en l'estructura de treball. És útil quan només es vulguin veure les dades. Només permet l'ús dels arxius DGN de MICROSTATION.
- *Integrant les dades en el projecte*: Aquest mètode és vàlid per tots els arxius vectorials i és més complex, ja que s'han de definir correctament les dades a incorporar perquè es puguin integrar en el projecte, tant en aspecte com en gestió d'atributs o en la gestió d'entitats. Aquest procés es du a terme creant un arxiu d'esquema de servidor, on es defineixen aquests paràmetres.

En el cas de voler integrar el dibuix vectorial en el projecte, aquest s'ha de definir correctament per integrar-ne totes les dades en l'àrea de treball existent. Aquest procés es fa definint un arxiu de sistema de coordenades i o bé creant un arxiu d'esquema de servidor per les dades en format DGN i DXF, o bé creant un arxiu INI amb les dades addicionals que pugui necessitar l'aplicatiu, pels altres formats vectorials com els fitxers SHP i EXPORT. Tot seguit es presenten, a grans trets, els passos que s'han de seguir per inserir una imatge vectorial a GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 correctament integrada en l'àrea de treball:

- *Definir l'arxiu de sistema de coordenades*: Si l'arxiu que conté la imatge és un arxiu DGN, aquest procés es gairebé automàtic. El format intern ja té emmagatzemada tota la informació necessària per definir correctament el sistema de coordenades. Només s'ha de fer una còpia de l'arxiu que conté les dades, canviant l'extensió a .csf (arxiu de sistema de coordenades) i carregar-lo en l'aplicació de creació dels arxius de sistemes de coordenades, que es diu **Definir archivo de sistema de coordenadas**.

Si no és un arxiu DGN, el procés s'ha de dur a terme de forma manual, executant l'aplicació d'arxius de coordenades i introduint les dades manualment. Aquestes dades són per configurar el sistema de coordenades: Projectió, datum, unitats, etc.

Quan s'han seleccionats tots els paràmetres, s'ha de guardar el fitxer perquè serà la referència, pel que fa al sistema de coordenades.

- *Definir l'arxiu d'esquema de servidor:* En el cas dels arxius d'AUTOCAD i MICROSTATION (DGN, DXF i DWG) és necessari definir l'arxiu d'esquema del servidor. Com en el cas anterior, es du a terme a través d'una aplicació externa a GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2, encara que s'instal·la junt amb la instal·lació d'aquest programari. L'aplicació es diu **Definir archivo de esquema de servidores CAD**. Quan s'executa aquesta aplicació, s'ha de seleccionar la plantilla en que es basarà la creació de l'arxiu. Existeixen tres opcions, que poden ser per definir arxius d'AUTOCAD, arxius de MICROSTATION versió 7 o arxius de MICROSTATION versió 8.

El pas següent es seleccionar la imatge o el conjunt d'imatges que s'incorporaran, on només permetrà seleccionar imatges segons la plantilla marcada. També s'haurà de seleccionar, l'arxiu de sistemes de coordenades creat anteriorment. Finalment, s'han de crear les entitats que es definiran en les dades vectorials, seleccionant-ne la geometria de cadascuna, els atributs gràfics que la caracteritzen i els criteris de classificació.

- *Definir l'arxiu de configuració de magatzem.* Aquest arxiu només s'ha de crear en el cas d'imatges que no siguin ni AUTOCAD ni MICROSTATION, que en el cas de l'ICC, són arxius EXPORT de ARCINFO i arxius SHP de ESRI. Serveixen per definir paràmetres que es puguin necessitar durant la incorporació de les imatges en l'àrea de treball. Aquest fitxer es pot fer directament sobre un fitxer pla, amb una estructura determinada, o bé amb l'ajuda del programa: **Definir archivo de esquema de servidor CAD**. Quan s'executa demana que s'introdueixi el format de les dades que es volen introduir, el fitxer de coordenades i el nom del fitxer .ini que es generarà. El pas següent ja és seleccionar les constants que es volen introduir i definir-hi el valor. Les constants dependran del tipus de fitxer de dades seleccionat.
- *Crea la nova connexió.* Per últim, s'ha d'introduir la imatge vectorial en l'àrea de treball, fent ús dels fitxers d'esquema de servidor o els fitxers de configuració de magatzem. Quan s'executa l'opció **Conexión nueva...** del menú **almacén**, apareix un quadre de diàleg amb una llista amb tots els tipus de magatzems de dades que es poden introduir. Per introduir fitxers vectorials de tipus MICROSTATION, AUTOCAD O ESRI, que són els que serveix l'ICC, s'ha de marcar CAD pels dos primers i ARCINFO per l'últim. El següent pas és indicar el lloc on es troba el fitxer d'esquema de servidor o, en el seu cas, el fitxer de configuració de magatzem, junt amb la carpeta on es troben les imatges en aquest format. El sistema permet obtenir totes les entitats del magatzem o només les d'un filtre que se li apliqui. Per últim, permet seleccionar el mode connexió, per si es vol com només lectura, lectura i escriptura o mantenir tancada la connexió.

Capítol 6

TREBALL PRÀCTIC

Aquest capítol és on es posaran en practica tots els coneixements adquirits en els capítols anteriors. Es tracta d'identificar i acotar el problema del grup d'empreses Vall Companys Grup [48], pel que fa a la logística de la fàbrica de pinso i les granges d'animals. Aquest problema s'haurà de resoldre utilitzant un SIG i, concretament s'utilitzarà el SIG GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2. En aquest cas, el problema supera l'àmbit d'aquest treball. Per tant, es definirà el problema complet però s'acotarà el treball pràctic a resoldre als mòduls més destacats del problema, pels qual es crearà un prototipus.

Aquest capítol s'estructurarà en els següents apartats:

- *Introducció a l'empresa*, on es descriurà l'empresa i les seves característiques.
- *Descripció del problema*, que inclourà la descripció dels procediments actuals, les tasques a realitzar per automatitzar els processos i la definició de l'àmbit del treball.
- *Descripció de les eines utilitzades*, on s'explicaran les dades de que es disposen, les metadades que s'hauran de crear i les principals característiques del *Geoworkspace* que s'haurà de definir en GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2
- *Creació del prototipus*, que inclourà una descripció detallada de les tasques realitzades en GEOMEDIA PROFESSIONAL i dels resultats obtinguts.

6.1 Introducció a l'empresa

Aquest treball està basat en les necessitats logístiques de l'empresa Vall Companys Grup. En aquest apartat s'introduirà l'àmbit de negoci del grup d'empreses que el constitueixen, centrant-se en les parts involucrades en aquest treball.

Vall Companys Grup és un grup d'empreses de caràcter familiar i la seva facturació anual és superior a 400 milions d'euros. Està format per empreses de diferents sectors, encara que el denominador comú entre totes és la ramaderia. Així, el grup d'empreses el formen:

- *Quatre empreses integradores de porcí i avícoles.*
- *Un escorxador d'aus.*
- *Dos escorxadors de porcí.*

- *Un laboratori químic per la fabricació de medicaments per animals.*
- *Una agència de transport de mercaderies.*
- *Una empresa farinera dedicada a la producció de farina per pastisseries i panificadores.*
- *Una empreses incubadora d'ous, per l'abastament de pollets a les granges.*
- *Dos centres d'inseminació artificial de porcí.*
- *Altres empreses amb menys rellevància dins el grup.*

Les empreses que es tractaran en aquest treball són les integradores de porcs i pollastres. La funció d'una empresa integradora és la de cedir uns animals a unes granges perquè els grangers se n'encarreguin fins que l'empresa decideix traslladar-los a una altra granja, per acabar el cicle o portar-los a sacrifici. Les despeses que es generen, tant en pinso com en veterinària, són a càrrec de l'empresa integradora que, a més, fa tasques de control periòdic sobre l'evolució dels animals. En Vall Companys Grup es produeixen, anualment, 3.000.000 porcs i més de 30.000.000 de pollastres. De fet, en porcí, és líder a nivell europeu.

Les quatre empreses integradores del grup estan distribuïdes pel territori espanyol de la següent manera:

- *Vall Companys, S.A.U.:* Engloba tota província de Lleida, la província de Tarragona, Osca, Saragossa i la part situada més a l'est de Barcelona.
- *General Pecuària, S.A.U. (Gepesa):* Engloba la resta de Barcelona i tota la província de Girona.
- *Agropecuària del Túria, S.A.U. (Agroturia)* Engloba tota la comunitat Valenciana, Terol, Cuenca, Múrcia i està en expansió fins cobrir tot el est i sud-oest de la península.
- *Agropecuària del Centro, S.A.U. (Agrocesa):* Engloba Castella i Lleó, Galícia i està creixent fins cobrir tot el nord, nord-est de la península.

Cadascuna de les quatre empreses integradores disposen d'una fàbrica pròpia, destinada a la fabricació de pinso per consum de les granges integrades. La producció, en global, representa més de 1.000.000.000 de tones a l'any, que implica el moviment de 350 camions diaris només en les fàbriques de pinso, sense comptar el trasllat d'animals en viu i en canal. A part, en l'empresa dedicada a la producció de farina, el moviment és de 50 camions diaris. El problema a resoldre està relacionat amb la logística de la fàbrica de pinso. Aquesta ha de saber quines necessitats de pinso té cada granja, ha de distribuir els repartiments de pinso entre els camions disponibles, ha de carregar i descarregar el pinso i, finalment, s'ha d'abastar de matèria primera per fabricar més pinso.

6.2 Descripció del problema

Un cop introduïdes les característiques de l'empresa, primer es descriuran les característiques de la logística, després es plantejarà el problema logístic que ha motivat la creació d'aquest treball i, finalment, es descriuran els mòduls que es resoldran en l'àmbit d'aquest.

6.2.1 Característiques de la logística

El repartiment de pinso es du a terme en camions de tipus cisterna, dividits en compartiments. Els camions acostumen a tenir de 4 a 7 compartiments, amb una capacitat de 3500 kg. a 4500 kg, depenent

de les característiques de la cisterna. A cada compartiment hi pot anar un tipus de pinso diferent, però mai dins del mateix compartiment hi poden anar dos tipus de pinso diferents.

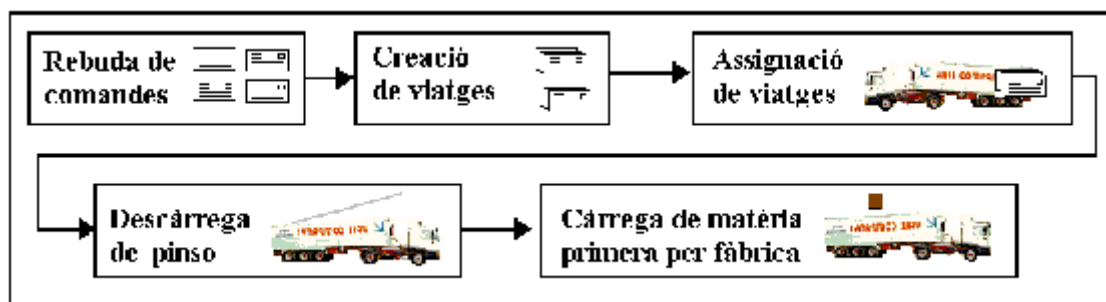


Figura 21. Logística del grup Vall Companys Grup, S.A.U.

El procés logístic, pel que fa al repartiment de pinso i la recollida de matèria prima, és el que es mostra en la figura 21, mostrant gràficament els processos que es segueixen, i que s'explica en aquests punts:

- **Rebuda de comandes de pinso:** Els grangers fan comandes de pinso, indicant-ne la quantitat, el tipus de pinso i el dia que, preferiblement, se'ls hi hauria de portar; en funció de les necessitats d'estatge de la granja, l'estat de salut dels animals i l'edat d'aquests.
- **Creació de viatges:** Els viatges són agrupacions d'una o diverses comandes que el camió ha de servir en una sola sortida de fàbrica. Les comandes són de diferents tipus de pinso i cadascuna de quantitats diferents. S'han de combinar de manera que compleixin aquestes restriccions:
 - *Pes màxim:* El pes que transporti el camió sigui el màxim que pot transportar.
 - *Minimitzar els quilòmetres entre granges:* Minimitzar els quilòmetres que fa el camió entre les granges d'un mateix viatge, si el viatge és per descarregar a dos o més granges.
 - *Regles biosanitàries:* Evitar que dos pinsos incompatibles biosanitàriament, com per exemple, un pinso medicat i un pinso per porcs a punt de sacrificar, es situïn en compartiments contigus, per evitar contaminació entre els pinsos.
- **Assignació de viatges a camions:** Consisteix en indicar quins viatges, dels creats anteriorment, realitzarà cada camió i, opcionalment, en quin ordre s'han de dur a terme. També s'han de complir algunes restriccions:
 - *Biosanitàries:* Evitar que un camió que ha portat un pinso medicat en el viatge anterior, porti un pinso per una granja susceptible a contaminacions, com per exemple, per animals apunt de sacrificar. O, almenys que no ho porti en el mateix compartiment que ho ha portat en el viatge anterior.
 - *Econòmiques:* L'assignació de viatges de distància llarga i viatges de distància curta ha de ser equitativa entre tots els camions. El mateix en el cas de viatges amb més d'un repartiment per viatge.
 - *Socials:* Aquests tipus de restriccions són secundàries, però consistirien en procurar que el xofer pugui dinar a casa seva, fent que el viatge del migdia passi pel costat d'on viu; o que si ha d'anar a algun lloc en una hora concreta, ja hagi acabat el viatge anterior i no en tingui cap fins que es calculi que hagi tornat, etc.
- **Repartiment de pinso:** El camió s'ha de dirigir a les granges seguint el camí més curt, però sempre respectant les restriccions en la descarrega:
 - *Ordre entre granges:* Establint quin ordre s'ha de seguir per la descarrega de pinso a la granja. L'objectiu és evitar contaminació, tant de malalties com de pinso medicat, entre les granges del repartiment. Per exemple, si s'ha de descarregar pinso en una granja de truges i en una granja de porcs destinats a sacrificar; primer es descarregarà

el pinso en la granja de truges i després en la resta, ja que és molt més perjudicial que una granja de truges es contamini per un virus, que no pas que ho faci una granja de porcs destinats a sacrifici. Això es degut a que si s'han de sacrificar les truges, es perdran les truges i totes les generacions de porcs que poguessin engendrar; en canvi, si s'han de sacrificar els porcs, només es perdrà aquella engreixada.

- *Ordre entre compartiments:* Primer s'ha de descarregar el pinso no medicat i, per últim, el medicat. Això és degut a que si uns animals malalts mengen una mica de pinso no medicat, no passa res; però si uns animals a punt d'anar a l'escorxador, mengen una mica de pinso medicat, les conseqüències són molt pitjors.
- *Trasllat de matèria prima a la fàbrica:* Quan els camions acaben de descarregar tot el pinso a les granges, han de tornar a la fàbrica per carregar-ne més. Aquest viatge, si es fa amb el camió buit, és deficitari per l'empresa, ja que el camió fa quilòmetres sense treure'n profit. Per això, s'intenten crear els viatges, perquè el camió passi prop d'un magatzem de matèria prima i en pugui carregar per traslladar-lo a fàbrica i es té en compte el temps extraordinari per carregar i descarregar aquesta matèria prima.

Per últim, un altre objectiu que persegueix el departament de logística, és minimitzar les vegades que un camió va a una granja. Això s'aconsegueix endarrerint les comandes de pinso el màxim possible o fins que s'hi pot dur un camió complet, evitant que la granja es quedi sense pinso.

6.2.2 Problema logístic

Un cop definides les característiques de l'empresa i del departament de logística, ja es passarà a definir el problema logístic del grup d'empreses Vall Companys Grup.

El problema a resoldre és molt concret: Es tracta de definir un sistema automàtic de generació de comandes i creació de viatges, que respecti totes les regles biosanitàries i restriccions establertes. El sistema ha de minimitzar el recorregut dels camions assegurant l'abastament de totes les granges i minimitzant les vegades que una granja ha de rebre pinso, maximitzant-ne la càrrega per una granja individual. A més, dins de la ruta mínima, s'ha de maximitzar el número de quilòmetres amb el camió carregat intentant assignar trasllats de matèria primera a fàbrica, com a retorn del camió després de la descarrega de pinso.

Aprofitant la creació del SIG i que els camions que fan el repartiment de pinso utilitzen el sistema GPS per altres tasques, es pot resoldre un segon problema: **Es tracta de definir procediments de gestió i control de la flota de camions i també de tasques de consulta geogràfiques manuals no previstes.**

El primer problema, el de la generació i assignació òptima de comandes de pinso, és un problema extremadament complex, encara que aplicant algun tipus de reduccions, el problema continua estant ben definit i és més fàcilment assolible:

- *Comandes urgents:* Cada dia hi haurà un percentatge raonable de comandes urgents, que no serà el 0% de la capacitat de transport de la flota, ni el 100 % de la capacitat de transport.
- *Optimització de les hores:* No es crearà l'assignació òptima de comandes a camions, ja que aquest seria un problema NP-complet i implicaria càlculs molt més complexes, sinó que es crearà una assignació que ocupi totes les hores de funcionament dels camions, que respecti les regles de bioseguretat, que no deixi granges sense pinso, que prioritzi viatges complets i que minimitzi, sense arribar a l'òptim, el recorregut dels camions en repartiments en el mateix viatge. És a dir, es crearà una assignació que s'acostarà a l'assignació òptima, però no es podrà assegurar que ho sigui.

El procés consistiria en crear l'assignació de comandes algun dia abans (Dia X) de que s'hagués de servir. A cada camió s'assignarien una sèrie de comandes, fins a complir l'horari laboral i, per tant, s'ha de calcular el temps que pot estar en cada viatge. Les restriccions en l'horari dels xofers, s'introduirien en l'horari del camió, indicant que aquelles hores estan ocupades.:

- *Comandes urgents de camió complet:* Es recorrerien totes les granges que no tinguessin pinso per arribar al dia (X+2) i que la quantitat de pinso a portar sigues igual o superior a la capacitat màxima d'algun camió de la flota. Aquestes comandes ja es generarien i es repartirien equitativament entre els diferents camions de la flota, tenint en compte els viatges que pot fer un camió en un dia i el temps destinat als viatges assignats prèviament. També s'haurien de tenir en compte les regles de bioseguretat que diuen que, per exemple, un camió que ha dut medicat en un viatge, en el següent no pot anar a granges susceptibles de contaminació per pinso medicat.

El resultat ja s'anotaria a cada camió i es restarien les hores laborals de les hores calculades pel viatge. Les hores es calcularien amb l'ajuda de GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2, segons la carretera que s'escollís com a òptima, segons la velocitat mitjana de la carretera i també calculant la llargada dels trams de carretera que ha de recórrer, segons la ruta assignada. També s'haurien de sumar els temps de carrega i descarrega, que serien proporcionals als quilos que hagués de repartir a cada granja.

- *Buscar magatzems de matèria prima:* Per cada comanda creada, el sistema seguiria la ruta establerta de tornada, per buscar si el camió ha de passar a prop d'un magatzem de matèria prima amb matèria prima en planxa (en espera de carregar-se) i que la fàbrica tingués previst entrar el dia X. Aquest procés es faria utilitzant GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2, on es calcularien les zones d'influència respecte la ruta que hauria de seguir el camió, buscant el magatzem amb les condicions establertes.

Es refarien els càlculs, amb l'ajuda del SIG, del temps assignat als viatges, per afegir-hi els temps de càrrega de matèria prima i de descarrega en fàbrica, junt amb el de desplaçament des de la ruta cap al magatzem i des del magatzem fins a retornar a la ruta.

- *Resta de comandes urgents:* Aquestes comandes es generarien una a una. Per cada comanda, es buscaria crear una o diverses comandes que, assignades en el mateix viatge, fossin la carrega completa d'un camió de la flota. Aquest procediment es faria minimitzant el recorregut del camió per anar de granja a granja, amb l'ajuda del SIG, però també prioritant el fet de servir una comanda urgent abans que una no urgent. Aquest fet és perquè una comanda no urgent que no impliqui camió complet el dia X, probablement si impliqui camió complet el dia X+1 o X+2 o ... Aquesta assignació es faria tenint en compte les regles de bioseguretat, encara que si ha carregat matèria prima en el viatge anterior, el camió es considera net per carregar qualsevol producte.

En aquests casos, com que es fa el repartiment de pinso a diverses granges, al càlcul del temps que es trigarà en cada viatge, s'ha d'afegir el fet de descarregar en diversos llocs, els temps de desplaçament entre granges i el fet que, per regles de bioseguretat en l'ordre de la descarrega, s'hagin de fer més quilòmetres que no els que es farien utilitzant la ruta òptima. Aquests quilòmetres de més també els calcularia el sistema, ja que coneixeria les regles de bioseguretat.

- *Buscar magatzems de matèria prima:* El mateix que en el cas anterior
- *Resta de comandes no urgents:* Per completar les hores de transport dels camions de la flota, es tornarà a fer el procés, des de l'inici, pel dia actual +1, fins que tots els camions tinguin el màxim d'hores possibles ocupades o després de dos iteracions seguides, no es fessin modificacions a l'assignació.

El segon problema, que seria el de gestió de la flota i consultes geogràfiques per esdeveniments no previstos, consistiria en aprofitar els potencialitats del sistema construït per la gestió purament logística de l'empresa i els sistemes GPS que ja tenen instal·lats els camions, per:

- *Gestió de personal*: Controlar els temps de conducció, els recorreguts fets (per si s'han desviat per algun motiu no laboral), parades que han fet, llocs de les parades, etc.
- *Consulta la posició actual*: Controlar la posició exacta de cada camió per, en cas de necessitat, fer-lo desviar de la ruta per anar a un lloc de forma urgent. Com per exemple, a recollir pinso d'una granja, on ja hi ha un camió a punt de descarregar un altre tipus de pinso i abans s'ha de treure el pinso ja existent; o per recollir el pinso d'un camió accidentat o per recollir matèria primera urgent que la fàbrica necessita per seguir fabricant, etc.
- *Consultes sobre proximitat*: Consultar totes les granges que estan pròximes a una altra granja per motius com, descarregar pinso que no ha cabut en una granja, deixar medicaments a una granja perquè l'altre granger els vagi a buscar, etc.
- *Consultes sobre característiques de la granja*: Consultar unes determinades característiques de les granges i mostrar-ne el resultat sobre la cartografia, com la prevalença d'una malaltia, quantitat d'animals en una comarca, etc.
- *Etc.*

6.2.3 Àmbit del treball

El projecte descrit en el punt anterior, com ja s'ha mencionat anteriorment, és massa complex i sobrepassa amb escreix l'àmbit d'aquest treball. Per tant, en aquest treball es construiran els mòduls més importants que permetin veure el funcionament de la part geogràfica del projecte. Els mòduls que es construiran són:

- *Base de dades*: Es crearan totes les estructures de dades necessàries per construir tot el projecte. Es definiran les dades que s'han de construir de nou i s'especificaran les dades que es podran llegir directament del programa de logística ja existent.
Aquestes dades ja existents només es relacionaran amb el projecte; és a dir, no es copiaran. D'aquesta manera, en qualsevol moment el SIG tindrà informació actualitzada sobre l'estat de tots els elements susceptibles de variació en el programa central de logística.
- *Informació geogràfica*: El procés d'introducció de la informació geogràfica és un procés complex que involucra aquestes tasques:
 - *Imatges no georeferenciades*: Aquestes imatges seran les ortofotos obtingudes de l'ICC. S'hauran d'introduir en el geoworkspace i registrar adequadament.
 - *Digitalització manual d'elements*: Manualment es digitalitzaran elements com els magatzems, ja que actualment no es disposa d'informació automatitzada sobre la seva situació, les carreteres (camins, carreteres locals, carreteres comarcals, carreteres nacionals i autovies) i les fàbriques de pinso del grup.
 - *Digitalització semi-automàtica*: Les granges estan georeferenciades amb coordenades UTM, en la base de dades corporativa de l'empresa externa Grup de Sanejament Porcí, GSP [49]. Aquest laboratori, a través d'un acord, ens cedeix aquestes dades gratuïtament.
- *Construcció de consultes*: Es crearan consultes d'exemple on es demostraran les potencialitats de GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 per resoldre aquest problema. Les consultes seran només a tall d'exemple, ja que la gran majoria de consultes s'automatitzaran i es faran a través de la crida de procediments de GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2, des de l'entorn de logística.

Un cop creat el prototipus, amb exemples de tota la part geogràfica, es passaran a crear les relacions amb les base de dades externes i es crearan les consultes que es faran de forma més freqüent. En l'àmbit d'aquest treball, les consultes es faran directament sobre GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2, però quan es realitzi el projecte complet, les consultes les farà el programa de logística central i els usuaris només interactuaran amb aquell, sense adonar-se de quan estiguin visualitzant mapes, consultes o composicions provinents de GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 o de l'entorn de logística natiu.

6.3 Descripció de les eines i el model de dades

En aquest apartat, es descriurà el model de dades del prototipus. El model de dades el formaran la conjunció de les tres bases de dades disponibles:

- *Bases de dades corporatives del grup Vall Companys:* Són les bases de dades de logística i comptabilitat.
- *Base de dades corporativa del GSP:* On hi ha la posició georeferenciada de les granges del grup Vall Companys.
- *Base de dades geogràfica:* On s'emmagatzemen les dades geogràfiques del prototipus i les dades no contingudes en les altres base de dades

I, també, es descriuran les parts de GEOMEDIA PROFESSIONAL que s'utilitzaran.

6.3.1 Bases de dades corporatives

En aquest punt es detallaran les dades que estan emmagatzemades en la base de dades de logística, la funció que tenen i l'ús que se'n pot treure en el treball pràctic.

El grup d'empreses Vall Companys Grup disposa de dues bases de dades, pel que fa a la part logística:

- *Base de dades de comptabilitat:* Aquesta base de dades, a part de controlar tot el tema comptable del grup, emmagatzema informació troncal sobre la part de logística. Aquest fet es du a terme perquè el programa que ha d'integrar la logística del grup amb la comptabilitat (facturar viatges, pagar xofers, calcular rendibilitat de les granges, etc.) és el programa de comptabilitat. Així, el programa de logística llegeix periòdicament les dades troncal del programa de comptabilitat, però en manté una còpia en la seva pròpia base de dades. Per aquest motiu, tot l'intercanvi de dades entre el SIG i les dades de l'empresa, es farà a través de la base de dades de logística.
- *Base de dades de logística:* A part de mantenir una còpia de totes les dades troncal sobre la logística, manté informació relacionada amb les comandes generades, assignació de viatges, el trànsit de camions per la fàbrica, últims viatges realitzats, etc.

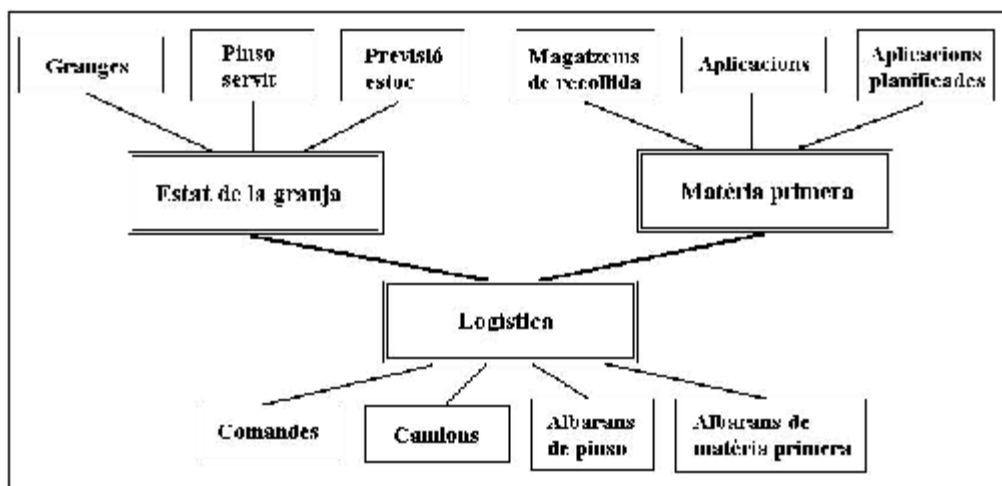


Figura 22 . Estructura de la base de dades de logística

En la figura 22, es pot veure l'estructura de les dades que interessarà que conegui el sistema de GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2. En aquesta figura es mostra que es poden agrupar segons el tipus de dades que emmagatzemen:

- *Estat de la granja:* Aquest grup conté tota la informació relacionada amb la granja:
 - *Taula Granges:* Conté les dades relacionades amb la localització i el propietari de les granges. A més, també s'hi emmagatzemen dades sobre els animals, com el número d'animals entrats, la data d'entrada, el pes d'entrada, el tipus d'animals que es vol crear (per alimentar-se amb uns pinsos o uns altres), etc.
 - *Pinso servit:* Conté les dades sobre la previsió de pinso que s'ha de servir a la granja, segons el número d'animals, el tipus d'animals que es vol fabricar i la taula de consums. També conté les dades dels pinsos ja servits a la granja
 - *Previsió estoc:* Conté l'estat, dia a dia, de la granja. Són uns càlculs que es fan abans d'entrar els animals i es refan a mesura que es coneixen dades reals. En aquesta taula estan anotades les entrades dels animals a la granja, el consum que faran cada dia, els dies que resten per esgotar l'estoc de pinso a la granja, la pròxima comanda que se li pot dur, el tipus de pinso que s'ha de dur en la següent comanda, etc. Totes aquestes dades, calculades per cada dia que duri l'engreixada. Així, es pot calcular, per exemple, quan és més convenient portar pinso a una granja, tenint en compte els dies que li queden d'estocatge de pinso i la quantitat de pinso que se li pot dur. Serà la taula més utilitzada en la part pràctica.
- *Logística:* Dades relacionades amb el transport del pinso, les comandes de pinso i les assignacions de les comandes.
 - *Camions:* En aquesta taula es poden veure els camions que té disponibles una fàbrica. També informarà sobre els quilos que caben a cada camió, els compartiments que té, etc.
 - *Comandes:* En aquesta taula s'emmagatzemen tant les comandes no assignades a camió, com les combinades amb altres comandes i assignades a camió. Així, a mesura que es vagin generat les comandes, amb el sistema de generació automàtic, s'aniran emmagatzemant aquí; i quan es vagin assignant a camió, també es modificaran les dades adients.
 - *Albarans de pinso:* En aquesta taula hi ha anotats tots els moviments de pinso. Així, és el lloc adequat per buscar el viatge anterior d'un camió, per comprovar si havia portat medicat o no, per les regles de bioseguretat.

- *Albarans de matèria primera:* S'hi emmagatzemen les entrades de matèria primera, tant de camions de pinso com de camions externs. Si un camió ha portat matèria primera, com a últim viatge, ja es considera net per fer carregar qualsevol tipus de pinso.
- *Matèria primera:* En aquesta grup s'emmagatzemen totes les dades implicades específicament en el transport de matèria primera cap a fàbrica:
 - *Magatzems de recollida:* Serien les dades generals dels magatzems on els camions poden carregar matèria primera.
 - *Aplicacions:* Conté la informació de la matèria primera contractada, definida en un mes i repartida per proveïdor. Entre aquesta taula i la anterior es poden saber els magatzems que tenen una matèria primera disponible per carregar.
 - *Aplicacions planificades:* Conté la previsió d'entrada de matèria primera, que ha fet la fàbrica, ordenada per dies.

Aquesta base de dades està creada amb MICROSOFT ACCESS 2000. Per aquest motiu, en tota l'aplicació s'utilitzarà aquest motor de base de dades. L'ús d'un altre motor de base de dades provocaria problemes de comptabilitat i d'homogeneïtat de programari, a part d'una despesa extraordinària en llicències de programari.

6.3.2 Base de dades amb coordenades UTM

L'altra base de dades que s'utilitzarà com a font pel treball, serà la base de dades que conté la localització, en dades UTM, de les granges de tot el territori lleidatà, part de Tarragona, part de Barcelona, de bona part d'Aragó i alguna granja de la comunitat Valenciana. Aquesta base de dades és la base de dades corporativa del GSP que, a través d'un acord, ha cedit la part que fa referència a les coordenades UTM de les granges del grup Vall Companys.

En aquest treball només s'utilitzaran les dades referents a les granges del grup Vall Companys i només de la zona de Catalunya.

Aquesta base de dades s'utilitzarà com a font de coordenades UTM, per la localització de les granges, però no es necessita que estigui connectada durant l'execució del SIG, ja que la localització de les granges es traspasarà a la base de dades pròpia de GEOMEDIA PROFESSIONAL. Això es fa perquè la localització de les granges no varia i no cal tenir una altra font de dades oberta, per només llegir la localització de les granges.

Com que són dues base de dades, la logística del grup Vall Companys i la base de dades corporativa del GSP, no tenen la mateixa clau principal per poder relacionar les dades d'una base de dades amb l'altra. L'únic camp que és comú, i degut a que és una dada oficial, és el camp Marca_oficial, que és la identificació que dona la Generalitat a la granja, quan aquesta es crea de nou.

6.3.3 Magatzem de dades geogràfiques

En aquesta base de dades s'emmagatzemaran totes les dades geogràfiques i totes les dades que es creïn específicament per aquest, com siguin carreteres, etc.

La part visual d'aquest SIG ha de ser còmode a la vista i només ha d'informar de les dades imprescindibles per la gestió logística del grup. Així, es prescindirà de marcar les gasolineres de la geografia catalana (a part, la capacitat de combustible dels camions és molt elevada i poques vegades hauran de recarregar el dipòsit en ruta per Catalunya), també es prescindirà de marcar les àrees de

descans, i altres serveis que haurien d'aparèixer en un SIG de carreteres convencional, però que no són útils en el SIG que ajuda a resoldre el problema logístic al grup Vall Companys.

Per aquestes raons, només s'utilitzaran aquests tipus de dades:

- *Granges*: Els únics atributs que tindrà seran els necessaris per relacionar-les amb la base de dades de logística, que serà on hi haurà totes les dades que definiran la granja i el seu estat en temps quasi real. Seran l'atribut *Codi de granja* i l'atribut *Empresa del grup*.
- *Fabrica de pinso*: Contindrà un atribut *Identificador d'empresa* que permetrà relacionar les granges que s'han de servir, preferiblement, de cada fàbrica. També serà útil per calcular la ruta de la fàbrica a la granja, ja que es tindrà marcat el punt d'origen
- *Magatzem de matèria primeres*: Només contindrà l'atribut *Codi de magatzem*, que permetrà relacionar el magatzem situat en la cartografia amb el lloc assignat a cada aplicació (el contracte de matèria primera amb un proveïdor, dividit per cada mes s'anomena aplicació) per carregar la matèria primera. Serà útil a l'hora de calcular quin si existeix un magatzem a prop de la ruta del camió, per carregar matèria primera cap a la fàbrica.
- *Camions*: Estarà compost per un sol camp que serà el codi del camió. La resta de dades del camió s'emmagatzemaran en la base de dades de logística. Aquesta entitat permetrà localitzar els camions en temps real en la cartografia, gràcies als GPS instal·lats en els camions. Aquest fet també facilitarà les consultes relacionades amb la posició del camió i els elements que té pròxims.
- *Via*: Seran tots els trams de xarxa viària que permetran a un camió circular-hi per damunt i anar d'un lloc a un altre. Existien diverses possibilitats per crear aquests elements:
 - *Considerar tota la via com una sola entitat*: Llavors, identificar les sortides de la via, per la intersecció d'aquesta entitat amb una altra entitat. Aquesta solució implica molta complexitat en els càlculs dels quilòmetres d'una ruta i de les possibles sortides de la via.
 - *Considerar trams de vies*: Aquesta és la solució implementada. Aquesta solució implica que hi haurà una entitat que englobarà tots els trams de les vies i les seves característiques comuns. I, també existirà l'entitat *Tram de Via*, que contindrà una referència a la via general i emmagatzemarà la porció de via que va d'una sortida a la següent. En aquest cas, el càlcul de les distàncies és molt més senzill, com també el càlcul d'una ruta. En la figura 23, es pot veure aquesta estructura, que és del tipus capçalera-línies:

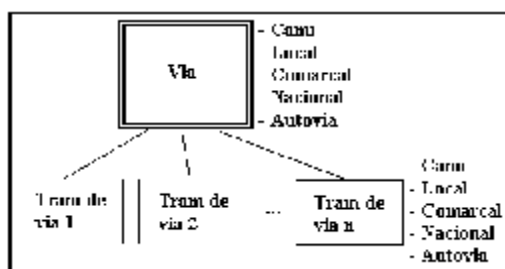


Figura 23. Digitalització de la xarxa viària

Per implementar aquesta solució s'han creat:

- *Cinc tipus de vies*: Són l'entitat *ViaCamí*, *ViaLocal*, *ViaComarcal*, *ViaNacional* i *ViaAutovia*. Aquestes entitats estan emmagatzemades íntegrament en la base de dades geogràfica, perquè no tenen importància per la base de dades ni logística ni de comptabilitat. Tenen els camps que permeten identificar una via:
 - *Identificador*: Per enllaçar les vies amb els trams de via.
 - *Nom_via*: Nom amb que es coneix la via i que servirà per mostrar-ho en el SIG.

- *Velocitat_màxima*: El màxim permès durant tota la llargada de la via.
- *Cinc tipus de trams de vies*: Són les entitats *TramdeViaCami*, *TramdeViaLocal*, *TramdeViaComarcal*, *TramdeViaNacional* i *TramdeViaAutovia*, que tenen els camps:
 - *Identificador_via*: Serveix per identificar a quina via pertany el tram de via.
 - *Número_tram*: Per classificar l'ordre dels trams.
 - *Velocitat_màxima*: Velocitat mitjana del tram de via. No ha de ser la mateixa que la via, ja que el tram pot ser urbà o de revolts, etc.
 - *Cost_peatge_semilleuger*: Serà el cost de circular per damunt de la via amb un camió de poc tonelatge.
 - *Cost_peatge_pesant*: El cost de circular-hi amb un camió de tipus trailer.
 - *Ampla_recomanat*: És l'amplada màxima del camió, per circular pel tram. És útil a l'hora de calcular les rutes i buscar rutes alternatives.
 - *Pes_maxim_recomanat*: El pes màxim recomanat per circular per aquell tram.
 - *Identificador*: Clau primària que identifica el tram de via.

6.4 Creació del prototipus

Fins ara s'ha presentat el problema a resoldre, s'ha definit la part que es resoldria en aquest treball i s'ha presentat el model de dades. A partir d'ara es mostrarà com s'introdueixen tots aquests conceptes en GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2. En aquest apartat es mostrarà:

- *Sistema de coordenades*: Com es defineix un sistema de coordenades i com s'ha fet en aquest cas.
- *Base municipal de Catalunya*: La manera de crear les entitats a partir d'un arxiu CAD i com s'ha referenciat tot l'arxiu CAD.
- *Ortofotos*: Com s'insereixen les ortofotos, correctament georeferenciades.
- *Entitats logístiques i magatzems de dades*: El procediment per crear el magatzem de dades, les entitats i el seus atributs.
- *Digitalització d'entitats*: La forma com s'han referenciat les entitats sobre la cartografia.

6.4.1 Sistema de coordenades

El sistema de coordenades és una part molt important del projecte geogràfic, ja que si no s'estableix correctament el sistema de coordenades la representació de les dades serà errònia, com es pot veure en la figura 24, on la imatge de la dreta s'obté introduint que el fus on pertanyen les dades és el fus 22, que pertany a la zona d'Argentina; i la de l'esquerra introduint el fus correcte per la zona de Catalunya, que és el 31. Això és degut a que, com s'ha explicat en el punt 3.6, les projeccions es centren en fusos per evitar deformacions. En aquest cas, la projecció s'ha centrat a la zona d'Argentina, volent visualitzar dades de Catalunya. Per tant, les deformacions, són molt grans i la representació és aquesta:

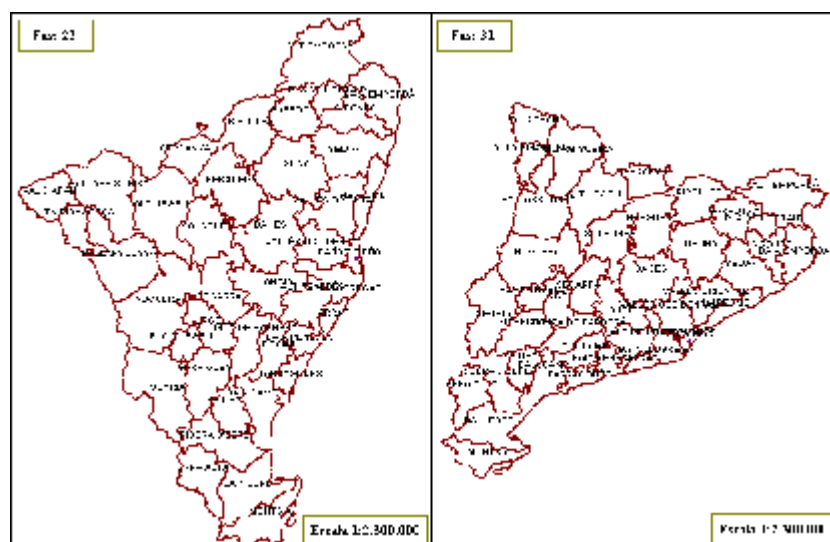


Figura 24. Deformacions pel sistema de coordenades

En el cas d'aquest projecte, el sistema de coordenades s'ha de crear dos cops:

- Un dins del geoworkspace, per establir el sistema de coordenades general del projecte.
- L'altre en l'aplicació externa **Definir archivo de sistema de coordenadas**, perquè en generi un arxiu que s'utilitzarà per introduir totes les dades de tipus CAD correctament georeferenciades.

El sistema de coordenades que s'ha definit en els dos casos és de tipus projecció i s'ha utilitzat la projecció UTM. El fus on es centrarà el projecte és el 31 nord i s'utilitzarà el Datum europeu, definit al 1950. Les unitats de mesura seran les mètriques, amb precisió a un metre, i els angles es mesuraran en graus.

6.4.2 Base municipal de Catalunya

En el punt 4.5.2 s'explica el contingut d'aquesta base que, en resum, conté la informació dels límits municipals i de toponímia dels municipis catalans. L'ICC ofereix aquestes dades en format EXPORT, DGN i DXF. Per aquest treball s'ha escollit el format DGN, per les facilitats que ofereix GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 alhora de tractar les dades. En la figura 26 es mostra un exemple de les dades que conté, un cop introduïdes a GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2.

El procés per introduir aquestes dades en el SIG consta de 3 parts:

- *Definició de l'arxiu d'esquema de servidors CAD*: Aquest procés ja es s'explica en el punt 5.4.2 i consisteix en descriure la part de les dades que conté l'arxiu vectorial i que es volen utilitzar en el SIG. Així, en aquest treball, no s'utilitzen els indicadors d'enclavament, però sí que s'utilitzen totes les dades referents als límits municipals, noms de municipi, localització de caps de municipi, etc. El procés consisteix en definir una classe d'entitat a partir d'unes característiques de la informació. En la figura 25 es pot veure que per cada classe d'entitat, s'ha de seleccionar quin tipus de geometria es vol utilitzar per representar-la i quines característiques de les dades es coneixen. En aquest cas, es mostra els límits municipals en forma de línia i, en la documentació es pot comprovar que, es distingeix de la resta d'elements perquè el nom de la capa és "1". A part, també s'ha de seleccionar el fitxer que conté la descripció del sistema de coordenades, explicat en el punt 6.4.1 i el lloc on es troba el fitxer que conté les dades.

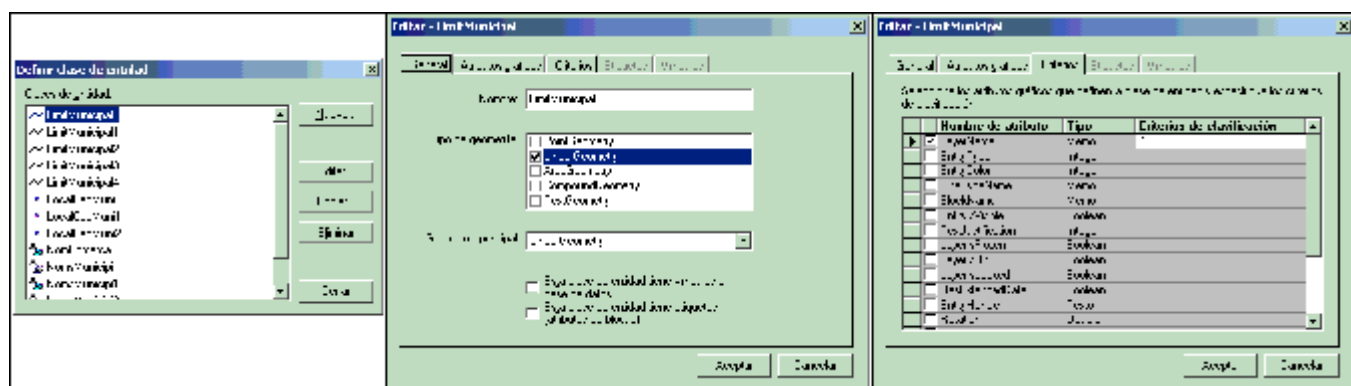


Figura 25. Creació d'entitats en dades CAD

- **Introducció de les dades en GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2:** Aquest tipus de dades s'integren en el projecte utilitzant una connexió a dades, de tipus CAD. Aquest procés també es troba explicat en el punt 5.4.2 i, en aquest cas en particular, s'han escollit les opcions de mostrar totes les entitats del magatzem i obrir-ho com a només lectura.
- **Definició d'estils i rangs de visibilitat:** Aquesta és una de les parts més importants a l'hora d'inserir dades en el SIG, ja que la informació que es mostri sempre ha de ser la justa: Massa informació implica que una es solapa amb l'altra i desinforma; en canvi, massa poca informació implica que l'usuari es perdi i no sàpiga on està. En la taula 9 es mostra els rangs de visibilitat i els estils utilitzats, per cada entitat de la base municipal. I en la figura 26 es mostra un exemple de com els rangs de visibilitat i els estil utilitzats són els adequats per veure la màxima informació, quan aquesta és necessària.

Classe d'entitat	Rang de visibilitat	Estil
Nom del municipi	1 a 100.000	10 punts de color negre
Nom del municipi, si no és cap de municipi.	1 a 100.000	10 punts de color negre
Localització del municipi	1 a 500.000	5 punts de color blau
Límits del municipi	1 a 150.000	1,5 de grossor en color blau
Nom de la capital de comarca	1 a 1.000.000	10 punts de color negre
Localització de la capital de comarca	1 a 1.000.000	5 punts de color marró
Nom de la comarca	100.000 a 2.500.000	8 punts de color negre
Límits de la comarca	1 a 1.000.000.000	2 punts de color marró
Nom de la capital de la comunitat	1 a 120.000.000	10 punts de color negre
Localització de la capital de la comunitat	1 a 1.000.000.000	5 punts de color violeta
Límits entre comunitats autònomes	1 a 1.000.000.000	2 punts de color marró
Límits entre estats	1 a 1.000.000.000	2 punts de color marró
Límits amb la línia de la costa	1 a 1.000.000.000	2 punts de color marró

Taula 9. Rangs de visibilitat i estils de la base municipal

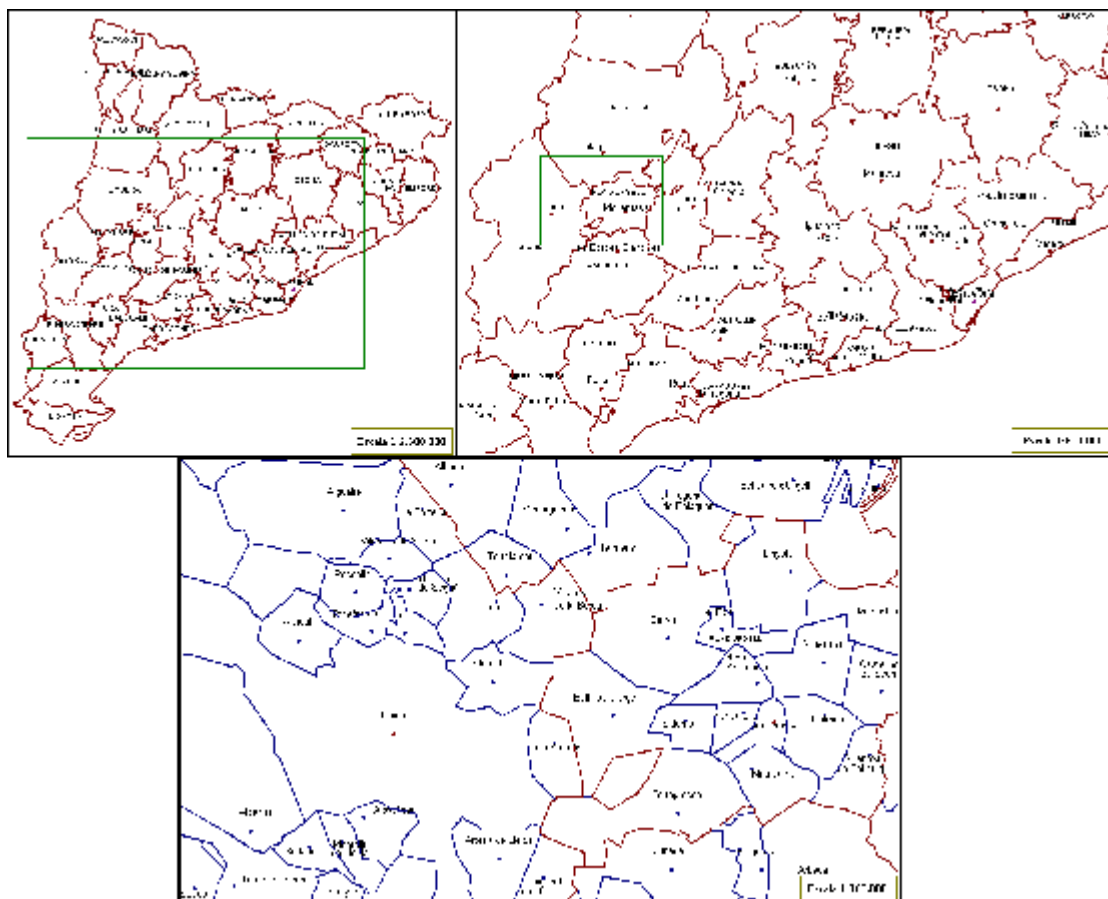


Figura 26. Base municipal de Catalunya

6.4.3 Ortofotos

Aquest tipus de dades també s'ha obtingut de l'ICC, com es descriu en el punt 5.4.1, i són fotogrametries aèries que han perdut la perspectiva cònica, com es descriu en el punt 4.1.2. S'han obtingut en la escala més petita que es pot obtenir: 1:5.000, per visualitzar-ne els màxims detalls possibles, pel que fa a accessos, localització de les sitges de pinso, basses de purín, etc.

Les ortofotos es poden obtenir tant en format JPEG com en format MrSID, com es descriu en el punt 5.4.1, encara que en aquest treball s'ha optat pel format MrSID perquè ofereix unes imatges de més qualitat amb menys espai de disc i menys temps de processament alhora de mostrar-les.

Aquestes imatges no són georeferenciades i, per això, s'han de registrar adequadament al projecte. El visor del format MrSID de LIZARDTECH, ofereix la possibilitat de consultar algunes coordenades de la imatge, com són:

- *L'amplada i la llargada real de la imatge*
- *La resolució de la imatge*
- *La posició que ocupa l'extrem superior esquerre.*

Disposant d'aquestes dades, ja es pot calcular la resta de punts de la imatge i registrar, amb les eines interactives que ofereix GEOMEDIA PROFESSIONAL, correctament la imatge en el projecte. En la figura 27, on es pot observar les dades disponibles i com es calculen la resta de punts a registrar.

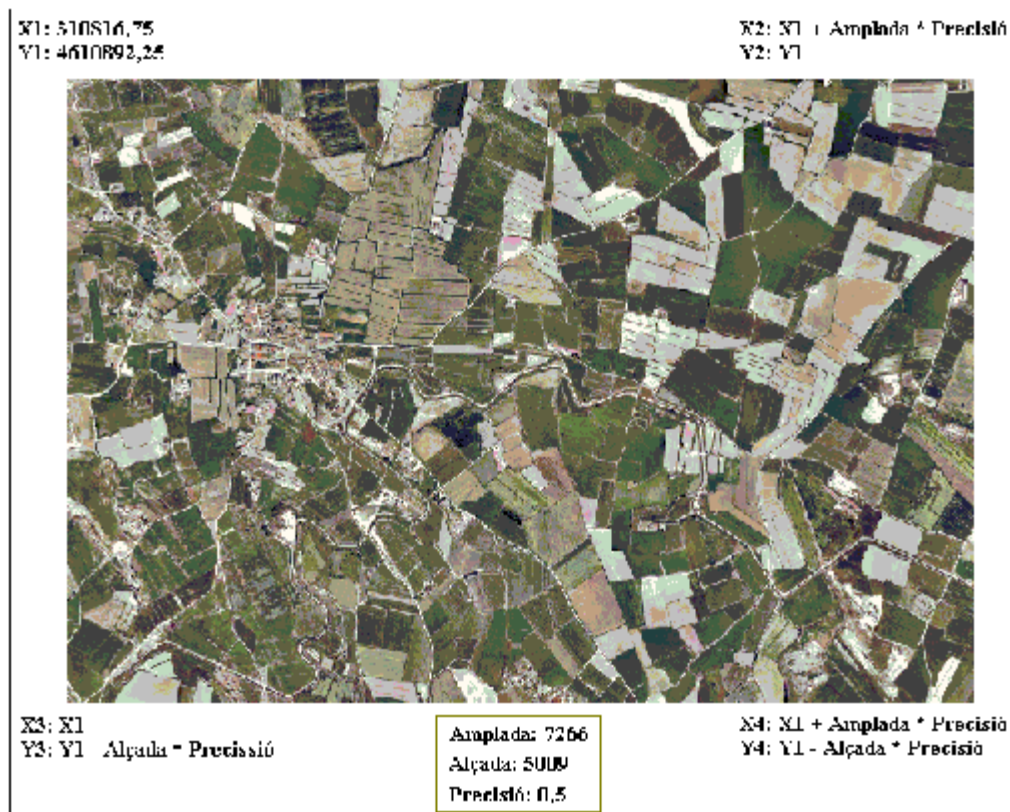


Figura 27. Càlculs per registrar una ortofoto.

Les ortofotos també s'introdueixen com una entitat, per poder seleccionar el rang de visualització. En aquest cas, s'ha escollit el rang de visualització de 1:32.000, ja que a escala més gran, la quantitat d'informació que aporten es quasi nul·la i el temps de processament cada cop més elevat.

6.4.4 Entitats logístiques i magatzems de dades

Un cop ja estan situades les entitats geogràfiques de base; és a dir, que serveix per situar al usuari, s'han d'introduir les entitats específiques que seran útils per resoldre el problema logístic.

Abans però, s'ha de crear el magatzem on s'ha d'emmagatzemar tant la posició de les entitats com els atributs d'aquestes entitats. Per fer-ho, existeix l'opció **Almacén / Almacén nuevo** que serveix per crear un nou magatzem de dades. Aquest magatzem nou serà una base de dades que, en el cas d'aquest projecte, estarà en MS ACCESS 2000. La justificació de perquè s'ha utilitzat aquesta base de dades i no una altra es pot trobar en el punt 6.3.1 i bàsicament és per motius d'homogeneïtat amb la base de dades de logística i el cost econòmic, de Vall Companys Grup, en adquirir noves llicències, quan per aquest producte ja en disposa.

Un cop creat el magatzem de dades, aquest no conté cap entitat. El procés a seguir per crear les entitats es troba en **Almacén/Definición de clases de entidad** i és el que es veu en la figura 28, on es pot comprovar com es crea una nova entitat que es diu TramDeViaNacional, es defineix amb el mateix sistema de coordenades del projecte i de tipus línia. Els atributs que conté són els de la imatge de la dreta on, com que es treballa sobre una base de dades, se li ha d'indicar la clau principal de la classe d'entitat. S'hi ha creat totes les classes d'entitat que s'han enumerat en el punt 6.3.3, amb els seus atributs corresponents.

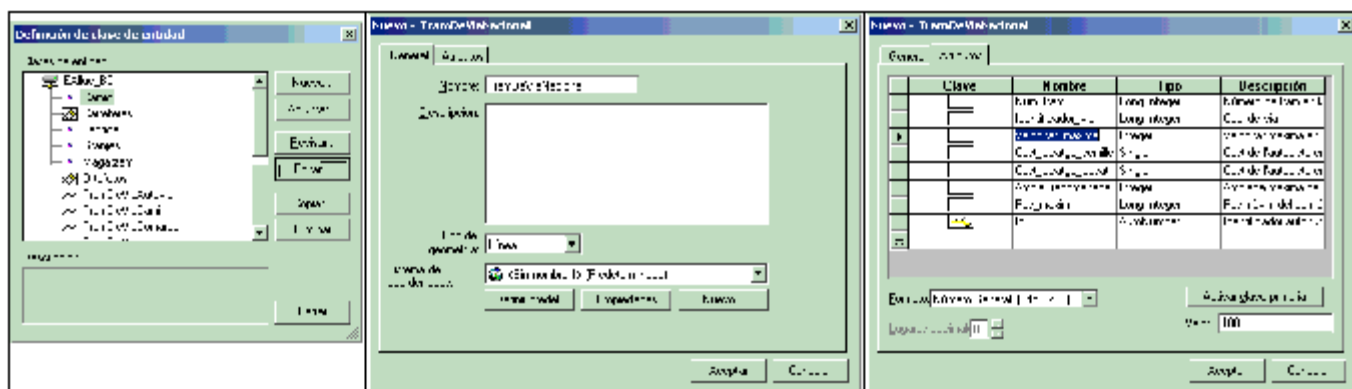


Figura 28. Creació de tipus d'entitats

Com ja s'ha explicat en el punt 6.3 i s'il·lustra en la figura 22 la base de dades de logística serà la que contindrà tota la informació necessària per saber l'estat de les granges, l'estat de la matèria primera a transportar i les dades relacionades directament en la logística. Per introduir aquesta base de dades dins del projecte, només s'ha de crear una connexió nova, indicant el camí on es troba la base de dades. A partir d'aquest moment, totes les dades de la base de dades de logística estaran disponibles per fer consultes, anàlisi, composicions, etc.

6.4.5 Digitalització d'entitats

Un cop ja s'han definit totes les entitats que hi hauran en el projecte, el pas següent és introduir instàncies d'aquestes entitats, per començar a alimentar la base de dades geogràfica. El procés d'introducció d'entitats noves, es dividirà en grups, segons el mètode utilitzat per introduir-les:

- *Digitalització manual d'entitats tipus punt:* En aquest grup s'engloben la digitalització de la posició dels magatzems de matèria primera, de les fàbriques de pinso i dels camions. Els magatzems de matèria primera es digitalitzen manualment perquè encara no s'ha recopilat, dins de Vall Companys ni de cap base de dades que estigui a l'abast, informació de la seva posició georeferenciada en coordenades UTM. El cas de les fàbriques de pinso és el mateix, però com que són dos fàbriques a Catalunya, es coneix la seva posició i són fàcilment digitalitzables manualment. I els cas dels camions, és degut a que no s'ha pogut connectar aquest sistema amb els sistemes GPS dels camions, degut a que aquest és un altre projecte que encara està en desenvolupament.

El procediment comença indicant que es vol digitalitzar una entitat. Llavors, només cal indicar quin tipus d'entitat es vol digitalitzar i, usant les eines explicades en el punt 5.3.4, introduir-la directament assenyalant el punt exacte amb el ratolí. En aquest moment, si així s'ha seleccionat, el sistema ja pregunta pel valor dels atributs associats a l'entitat.

- *Digitalització semi-automàtica d'entitats tipus punt:* L'entitat que es digitalitza utilitzant aquest mètode és l'entitat granja. Com que es disposa de dades sobre la localització UTM de les granges de porcí de Lleida, com s'explica en el punt 6.3.2, només cal indicar a GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2, a quin punt pertany cada granja, per introduir-la. Al igual que el punt anterior, també ha de preguntar el valor dels atributs de l'entitat, si així està seleccionat.
- *Digitalització manual d'entitats tipus línia i tipus text:* En aquest cas, es tracta de la digitalització de totes les entitats relacionades amb la xarxa viària. Des de l'ICC no es facilita informació sobre això en format vectorial i, per tant en aquest projecte, s'ha hagut de digitalitzar tot aquest tipus d'informació. L'estructura de dades creada ja s'ha explicat en el punt 5.3.3 i, implica que, abans de digitalitzar una via, s'ha de crear una nova instància de l'entitat de tipus Via, que englobi tots els trams de via que es crearan posteriorment. És a dir,

s'ha creat una estructura de tipus capçalera – línies, on les vies són la capçalera i les línies són els trams de vies que formen el recorregut de la Via. Per tant, el procés serà el que es mostra en la figura 29, on primer es crea una entitat nova de tipus Text, en aquest cas serà una entitat ViaCamí, i després ja es digitalitzarà la via, amb entitats de tipus TramDeViaCamí, com es veu a la imatge de la dreta de la figura 29, on s'ha digitalitzat el primer tram de camí.

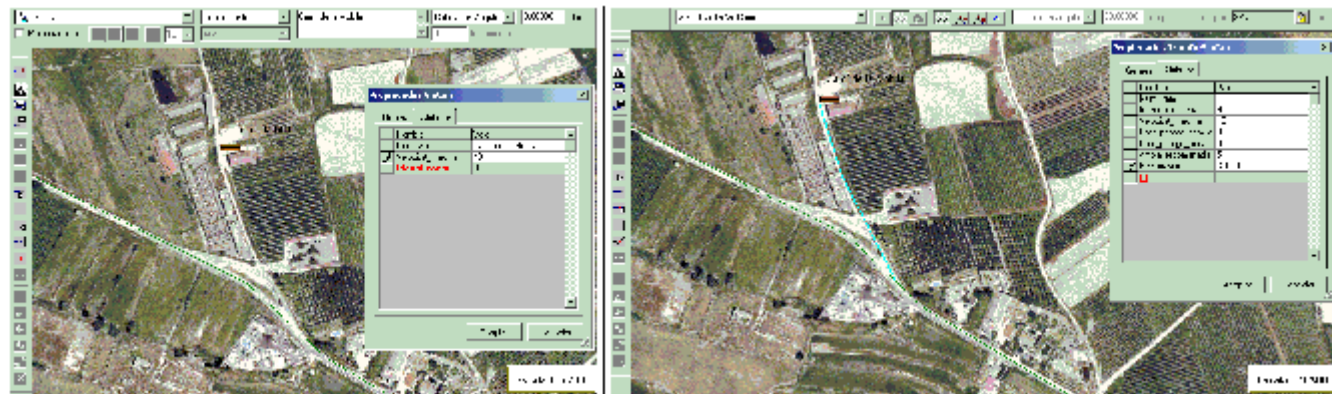






Figura 29. Digitalització d'un camí

Les entitats involucrades directament en la logística del grup, són entitats que els usuaris hauran de veure sovint i, per tant, ha de poder identificar ràpidament. Per això, en el projecte, s'han definit unes icones que indiquen de quin tipus és cada entitat. A més, en la taula 10, també es podrà veure quins rangs de visibilitat s'hi ha associat, per facilitar la comprensió de la informació mostrada; i en la figura 29 es pot veure un exemple de carretera nacional, carretera local, camí, granja, magatzem i camió.

Classe d'entitat	Rang de visibilitat	Estil
Camió	1 a 1.000.000	
Magatzem	1 a 1.000.000	
Fabrica	1 a 2.000.000	
Granja	1 a 1.000.000	
ViaCamí	1 a 100.000	10 punts de color negre
TramDeViaCami	1 a 100.000	1 punt de color blau
ViaLocal	1 a 500.000	12 punts de color groc
TramDeViaLocal	1 a 500.000	1,25 punts de color verd
ViaComarcal	1 a 500.000	12 punts de color verd
TramDeViaComarcal	1 a 500.000	1,5 punts de color marró
ViaNacional	1 a 1.000.000	13 punts de color groc fort
TramDeViaNacional	1 a 1.000.000	1,75 punts de color roig
ViaAutovia	1 a 5.000.000	13 punts de color blau
TramDeViaAutovia	1 a 5.000.000	2 punts de color blau

Taula 10. Rangs de visibilitat i estils de la base de dades geogràfica

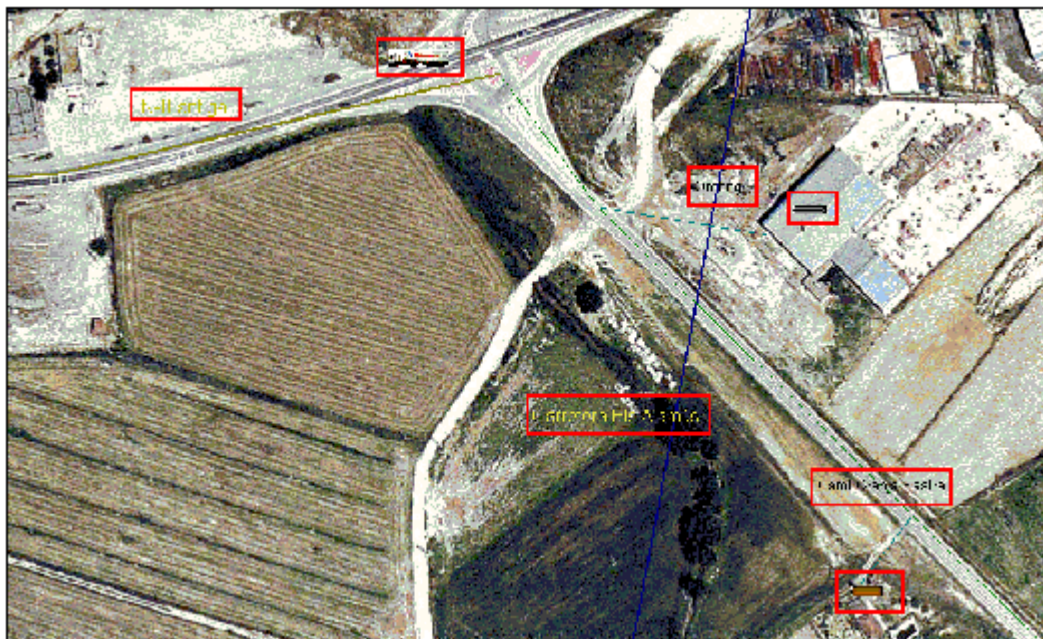


Figura 29. Icones de les entitats

6.5 Anàlisi de dades

En aquest apartat es veuran les principals eines que ofereix GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 per analitzar dades i les quals seran útils per aquest tipus de projecte. L'explicació de cada tipus d'anàlisi ja es va dur a terme en el punt 5.3.1. Per cada exemple que es posarà que es veurà, es plantejarà una possible pregunta i es mostrarà el procés per obtenir el resultat en GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2.

6.5.1 Zones d'influència, Relacions i Consultes d'atributs

Les zones d'influència seleccionen objectes de tipus d'entitats especials, amb unes característiques marcades.

Pregunta:

Es volen seleccionar els magatzems de matèria primera que estiguin al voltant de l'antiga N-II, des de Lleida fins a Bell-lloch, en direcció Barcelona, i que tinguin matèria primera disponible per carregar, la qual sigui necessària per la fàbrica de Vall Companys.

Solució:

- Primer es crearà una consulta que englobarà tots els trams de carretera nacional que pertanyen a l'antiga N-II (Identificador de via = 1 i Numero de tram < 15). En la figura 30 es pot veure que aquesta consulta es fa utilitzant l'opció de **Consulta por atributos**, introduint-hi filtres per trams corresponents.
- Tot seguit, es crearà la zona d'influència dels trams seleccionats en la consulta anterior. En la figura 30 es pot veure que es construeix a 2 quilòmetres de la carretera i que es mostrarà en pantalla amb uns cercles blaus, indicant aquesta zona d'influència.

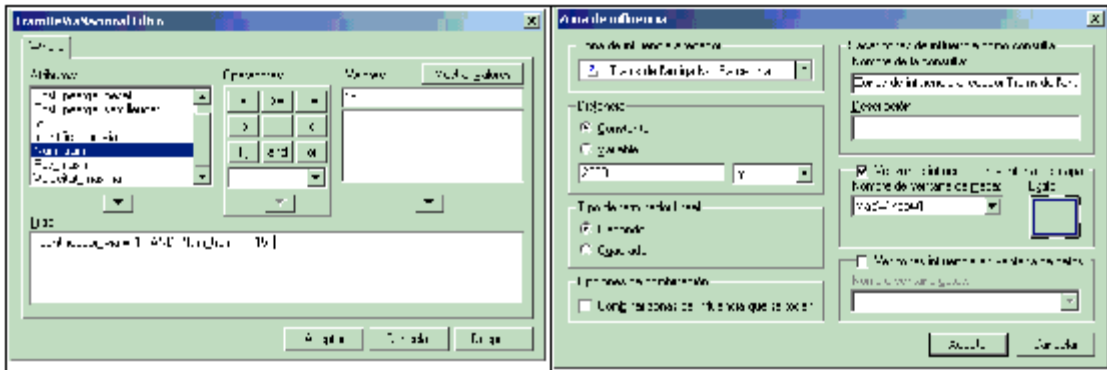


Figura 30. Consulta magatzems en ruta. Primera part

- El següent pas serà crear una relació entre les Aplicacions que té contractades l'empresa i les que la fàbrica ha dit que necessita pel dia d'avui. És a dir, entre Aplicacions i Aplicacions_planificades. La figura 31 mostra com els camps pels que s'uneixen les dues taules són les del codi d'aplicació, encara que a cadascuna de les taules, s'anomena diferent.
- Després es crearà una consulta on apareguin totes les aplicacions de matèria primera, amb matèria que necessita fàbrica. És a dir, que en la taula AplicacionsPlanificades existeixin, amb data de servei igual a avui. Els criteris marcats són els que apareixen en la figura 31, on es pot veure que es marca que hi hagi quantitat pendent per servir i que aquesta sigui major a la que s'ha rebut avui ja.

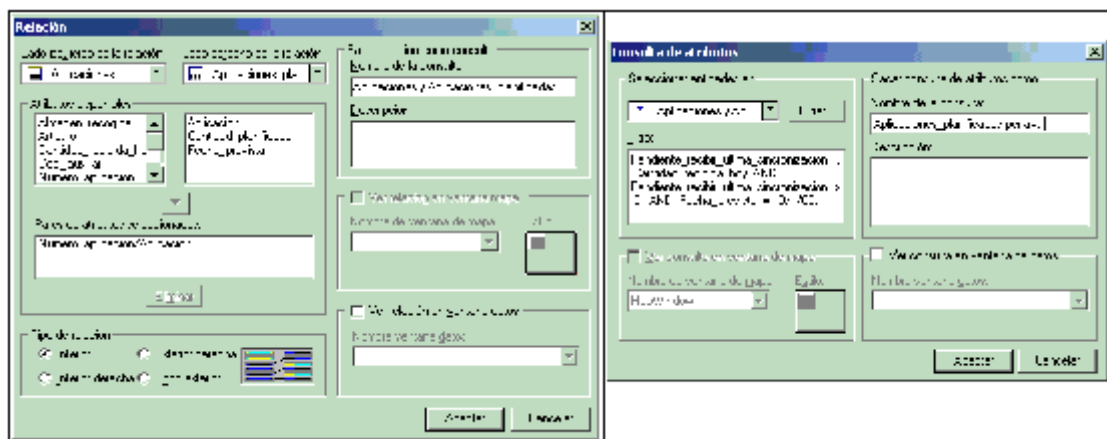


Figura 31. Consulta magatzems en ruta. Segona part

- Tot seguit, es necessitarà establir una relació entre l'entitat Magatzem i les aplicacions planificades pel dia d'avui, com es mostra en la figura 32 on es veu que la relació es a través del codi de magatzem.
- Per últim, es buscarà quins magatzems, dels seleccionats en la consulta anterior, estan dins de la zona d'influència creada i es marcaran amb un punt roig. En la figura 32 es veu com s'ha construït, indicant que els magatzems estiguin dins de les zones d'influència.

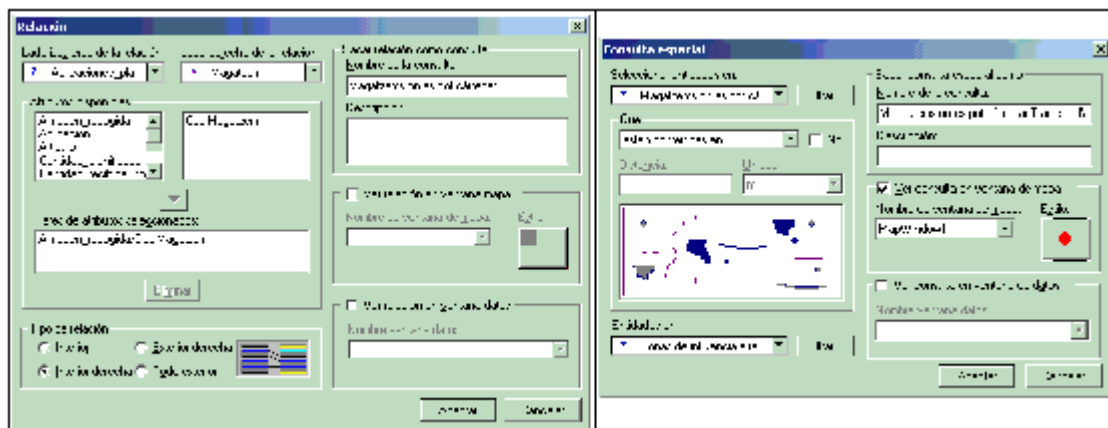


Figura 32. Consulta magatzems en ruta. Primera tercera part

El resultat és el que es pot veure en la figura 33, on es pot comprovar que existeixen 2 magatzems que compleixen aquestes condicions.

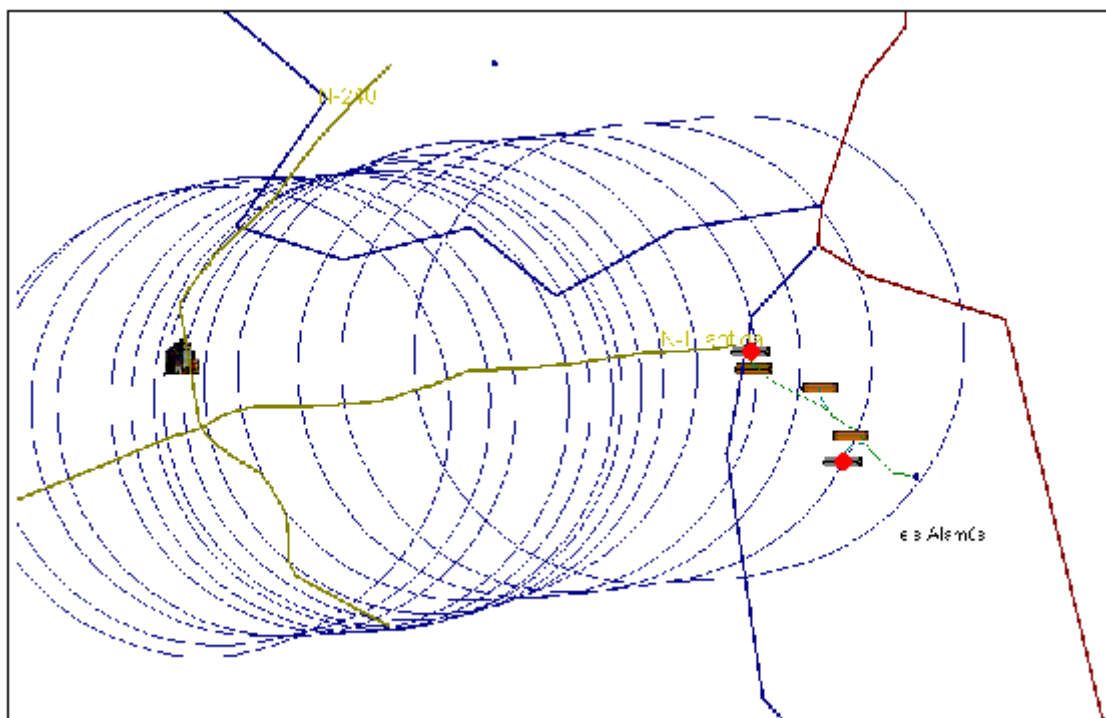


Figura 33. Consulta magatzems en ruta. Resultat

6.5.2 Mapes temàtics i atributs funcionals

Els mapes temàtics mostren el grau de pertinença d'una entitat a un grup.

Pregunta:

Mostrar el nivell d'ocupació de les granges de Vall Companys, tenint en compte la capacitat teòrica de les granges i els animals realment entrat

Resposta:

- Primer s'ha de crear la relació entre les dades de la granja, de la base de dades de logística, i la granja definida en el SIG. Com es pot veure en la figura 34, aquesta relació es fa tant pel camp codi de granja com empresa del grup, a on pertany la granja.

- Després ja es pot crear un atribut funcional, que segueix el percentatge d'ocupació de la granja. En la figura 34 es pot comprovar que els camps que s'utilitzen són els de nombre d'animals i el de capacitat legal.

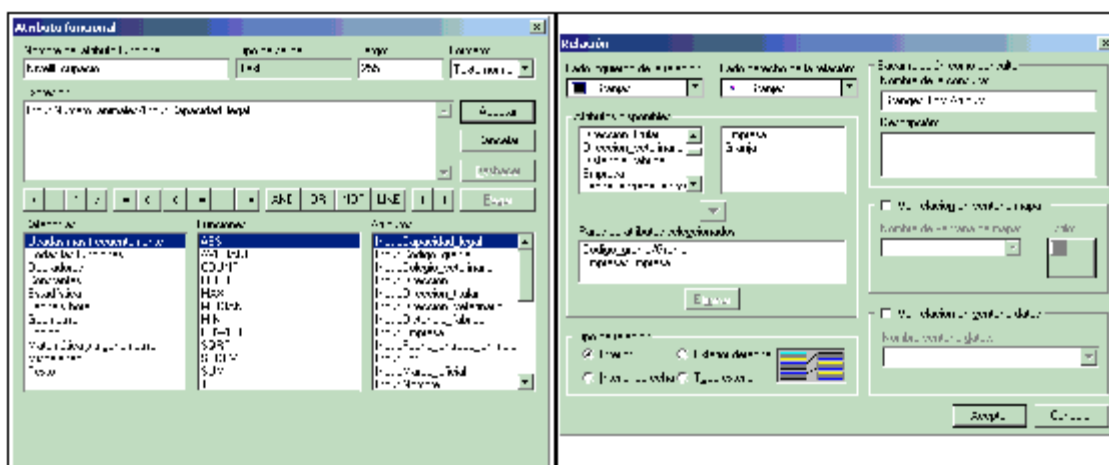


Figura 34. Nivel·l d'ocupació de les granges. Primera part.

- Un cop definit aquest atribut, ja es pot crear el mapa temàtic, que es crearà per aquest nou atribut creat. En la figura 35 es mostra com s'ha dut a terme aquest procediment.
- I, un cop creat el mapa temàtic, només indicar com s'ha de mostrar el nivell de pertinença de la granja a la consulta. La figura 35 mostra que s'ha decidit utilitzar un degradat de colors, des del roig indicant que la granja està molt malament, fins al verd, indicant que està molt bé. També s'ha volgut fer notar el grau de pertinença, amb la grandària del punt que indica la situació de la granja.

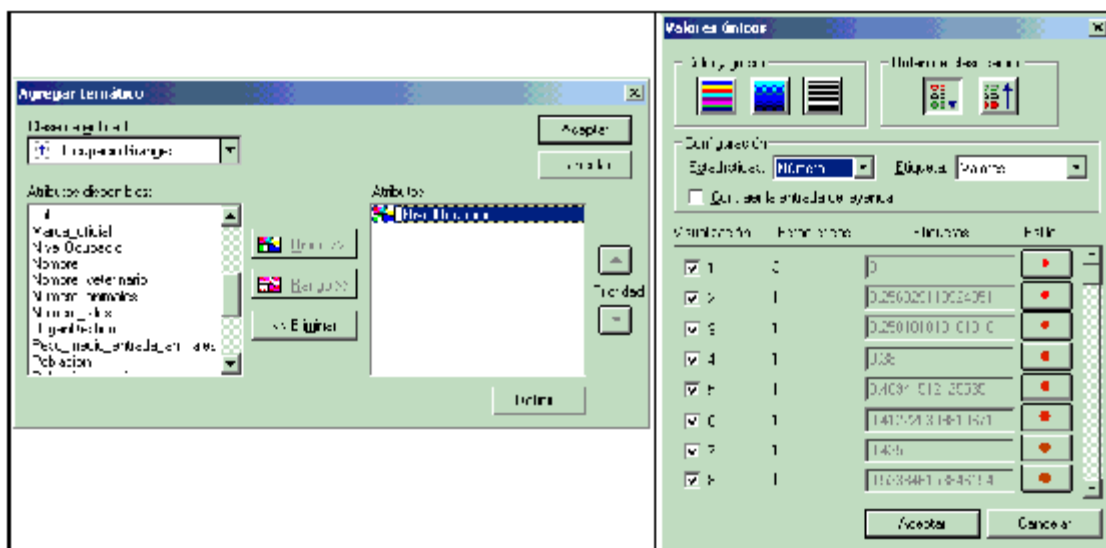


Figura 35. Nivel·l d'ocupació de les granges. Segona part.

El resultat és el que es pot observar en la figura 36, on s'observa que en la zona d'Alcarràs hi ha granges de tots els graus de pertinença. Cal fer notar que la granja on apareixen dos combinacions de colors i grandàries significa que hi ha dos codis de granja en la mateixa instal·lació. Aquest fet és normal si la granja cria dos tipus d'animals, com puguin ser truges i porcs d'engreix, on cada nau tindrà un codi diferent i es tractarà com una nau diferent.

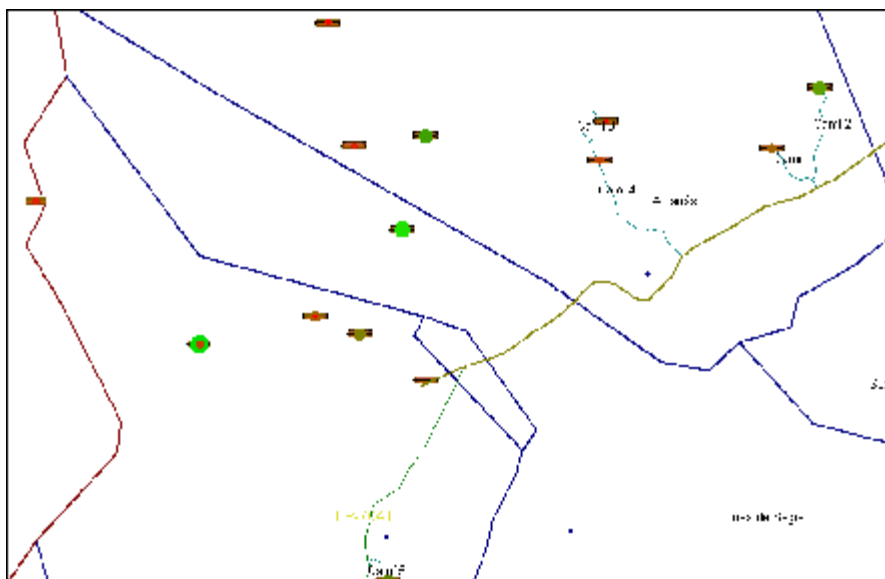


Figura 36. Nivell d'ocupació de les granges. Resultat

Capítol 7

CONCLUSIONS

S'ha introduït el concepte de SIG, explicant en que consisteix, els mòduls que el componen, el tipus de dades utilitzat i les seves aplicacions.

S'han donat els conceptes necessaris per entendre com es georeferencia un objecte a una cartografia, tenint en compte el sistema de projecció utilitzat, la zona on es trobi l'objecte i el sistema de coordenades de la cartografia. Per això, s'han hagut d'explicar alguns conceptes de cartografia i geodèsia.

Per exemplificar els SIG en un de concret, s'ha presentat el SIG comercial GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 i s'han explicat les avantatges més importants que ofereix aquest producte, destacant la possibilitat d'integrar-lo en el paquet ofimàtic i la possibilitat de desenvolupar-ne mòduls i atacar-lo des de programari extern. S'ha parat especial atenció a les utilitats que ofereix, tant per la digitalització d'elements, per la gestió de diversos magatzems de dades, com les eines d'anàlisi disponibles.

A partir dels conceptes anteriors, s'ha creat el prototipus de SIG que presenta com es pot solucionar el problema logístic de Vall Companys Grup. S'han utilitzat dues bases de dades, relacionant-les per compartir informació, una és el que s'utilitza per la gestió diària de l'àrea de logística i l'altra és la de les dades geogràfiques, on s'hi emmagatzemen les dades gràfiques i les que no estaven contingudes en la base de dades de logística. Des de l'ICC s'ha obtingut la base municipal de Catalunya, amb els límits municipals i comarcals; i les ortofotos que descriuen l'àmbit dels objectes del SIG, com per exemple, l'entorn de la granja. Els elements que no es podien obtenir fàcilment d'una altra font, s'han digitalitzat utilitzant les utilitats que ofereix GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2, com la xarxa viària, els magatzems de recollida de matèria primera o les fàbriques de pinso. Finalment, s'han construït consultes que permeten veure la utilitat del SIG creat i les potencialitats que ofereix, creant mapes temàtics, àrees d'influència, etc.

L'ICC ha estat la font principal de dades cartogràfiques del projecte i les dades que ofereix són de gran qualitat i ajuda a l'hora de fer projectes d'aquest estil. En aquest treball però, s'hi ha trobat en falta el fet que oferís productes més específics i més detallats. Així, podria oferir productes com la xarxa viària catalana en format vectorial, o podria oferir les ortofotos que descriuen el territori català a una escala menor, per apreciar-hi detalls que podrien ser útils.

GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 s'ha destacat per ser un SIG amb unes grans potencialitats per resoldre problemes de caràcter general i, en el cas del problema logístic de Vall Companys, s'ha mostrat com una eina molt eficient. En contra, però, se li ha trobat en falta el fet de fer càlculs molt més avançats, com poden ser el càlcul de rutes. En aquests casos, compensa la mancança amb el fet de poder programar-lo des de l'exterior, on es desenvolupen les utilitats que no ofereix GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2. Per exemple, un càlcul complex que s'ha de fer atacant el sistema des de l'exterior és saber si es pot accedir d'una entitat a una altra seguint entitats de tipus línia i calcular-ne la ruta més curta trobada.

El projecte, en general, és complex degut al fet de tractar temes tant específics de cartografia i geodèsia i haver-los de tractar a fons. De totes formes, un cop immers en el món de la informació geogràfica, es descobreix que és molt útil per resoldre problemes complexos que, utilitzant aquest tipus d'eines resulten senzills.

7.1.1 Treballs futurs

El prototipus desenvolupat té moltes potencialitats que es poden aprofitar per desenvolupar altres treballs, utilitzant-lo de punt de partida. Aquests podrien ser:

- *Automatització de les consultes:* Es tractaria d'automatitzar les consultes ja creades, per integrar-les en el programari ja existent de logística. Així, des del programari que els usuaris dominen, podrien fer consultes, que el programari faria a aquest SIG, per obtenir els resultats, un altre cop, al programari de logística.
- *Càlcul de rutes:* Desenvolupar molt més àmpliament la part de la gestió viària, per, a través del programari de logística, poder calcular la ruta òptima que ha de seguir un camió per fer el recorregut assignat, calculant-ne els quilòmetres que s'han de pagar.
- *Automatització de l'assignació de viatges:* Desenvolupar el projecte complet per solucionar el problema logístic del grup Vall Companys Grup, tal com s'explica en el punt 6.2.2.
- *Assignació de comandes automàtica:* És una simplificació del problema de Vall Companys Grup, on les comandes ja estarien creades i el sistema les hauria d'assignar òptimament als vehicles disponibles.

Referències

Introducció als SIG

- [1] Monografias.com. Recurs web per compartir coneixements.
Introducció als SIGs.
[<http://www.monografias.com/trabajos/gis/gis.shtml> Octubre 2004]
- [2] Centre de supercomputació de Galícia. Sistemes d'Informació Geogràfica.
Introducció als SIGs.
[<http://www.cesga.es/ca/defaultC.html?Gis/Conf.html&2> Octubre 2004]
- [3] Nosolosig.com. Portal sobre les tecnologies de la informació geogràfica.
Comparativa entre programari SIG i programari CAD.
[<http://www.nosolosig.com/Informes/compara23.html> Octubre 2004]
- [4] Ministeri de salut i medi ambient d'Argentina. Secretaria de medi ambient i desenvolupament sustentable
Explicació de conceptes bàsics sobre SIG.
[<http://www.medioambiente.gov.ar/geoinformacion/conceptos/default.htm> Octubre 2004]
- [5] IVER. Empresa de tecnologies de la informació de València. Manual d'un programari de gestió de mapes de carrers.
Diferències entre SIG i sistemes CAD.
[<http://www.iver.es/PDF/AP/ManualAplicCallejero.pdf> Octubre 2004]
- [6] Universitat de Cadis. Departament d'història, geografia i filosofia. SIG i medi ambient.
Història dels SIGs.
[<http://www.uca.es/dept/filosofia/TEMA%201.pdf> Octubre 2004]
[<http://www.uca.es/dept/filosofia/TEMA%202.pdf> Octubre 2004]
- [7] Universitat de Buffalo. Departament de geografia. Guia de desenvolupament d'un SIG.
Guia de desenvolupament d'un SIG en administracions locals.
[<http://www.geog.buffalo.edu/ngia/sara/volumei.pdf> Octubre 2004]
- [8] Universitat industrial de Santander. Escola d'Enginyeria civil. Jorge Hernando Gómez.
Enginyer en vies i transport.

Introducció als SIGs.

[<http://albatros.uis.edu.co/~jgomez/pdf/Capitulo1.PDF> Octubre 2004]

[9] Lantada Zarzosa, Nieves; Núñez Andrés, M. Amparo. Sistemas de información geográfica. Prácticas con Arc View. Edicions de la UPC. 2003

[10] Redmagisterial.com. Portal d'ajuda als professors de secundària.

Història dels grecs.

[<http://www.redmagisterial.com/ligoteca/griegos.htm> Octubre 2004]

[11] Redmagisterial.com. Portal d'ajuda als professors de secundària.

Història dels fenicis.

[<http://www.redmagisterial.com/ligoteca/fenicios.htm> Octubre 2004]

Introducció a la Cartografia

[12] Universitat de Valladolid. Apunts de Cartografia.

Coordenades geogràfiques.

[<http://www.cartesia.org/data/apuntes/cartografia/cartografia-geograficas.pdf> Octubre 2004]

[13] Universitat de Valladolid. Apunts de Cartografia.

Projecció UTM.

[<http://www.cartesia.org/data/apuntes/cartografia/cartografia-utm.pdf> Octubre 2004]

[14] Universitat de Valladolid. Apunts de Cartografia.

Datum.

[<http://www.cartesia.org/data/apuntes/cartografia/cartografia-datum.pdf> Octubre 2004]

[15] Universitat Politècnica de Madrid. Datum ETRS89.

Datum.

[<http://www.cartesia.org/articulo80.html> Octubre 2004]

[16] Generalitat del País Valencià. Institut cartogràfic de València.

Diccionari de termes cartogràfics.

[<http://www.gva.es/icv/GLOSARIO.HTM> Octubre 2004]

[17] Universitat de Alfonso X el Sabio. Geodèsia i cartografia.

Introducció a la geodèsia i a la cartografia.

[<http://html.rincondelvago.com/geodesia-y-cartografia.html> Octubre 2004]

[18] Universitat Politècnica de Catalunya. Cartografia.

Introducció a la cartografia.

[<http://www.edicionsupc.es/ftppublic/pdfmostra/EC00203M.pdf> Octubre 2004]

[19] Nosolosig.com Manual de Cartografia, Topografia i Geodèsia

Cartografia.

- [<http://www.nosolosig.com/Aprediendo/nociones.html>] Octubre 2004]
- [20] Wikipedia. Enciclopèdia mundial d'accés lliure.
Definició de meridià. Meridià de Greenwich.
[http://es.wikipedia.org/wiki/Meridiano_de_Greenwich] Octubre 2004]
- [21] Mendikat. Portal dedicat a l'escalada en Euskalèria.
Curs de cartografia i orientació.
[<http://www.mendikat.net/cursocartografia/formas.php>] Octubre 2004]
- [22] Generalitat de Catalunya. Institut Cartogràfic de Catalunya.
Obtenir recursos cartogràfics.
[<http://www.icc.es/>] Octubre 2004]
- [23] Guies i *scouts* d'Europa. Parròquia Ntra. Sra. de Covadonga.
Introducció a la cartografia.
[<http://santa-ana-y-covadonga.iespana.es/santa-ana-y-covadonga/menus/mapas/map-6.htm>
Novembre 2004]
- ## Representació i Obtenció de la Informació Geogràfica
- [24] IX Congrés del Grup de Mètodes Quantitatius. Sistemes d'Informació geogràfica i teledetecció.
Eines d'anàlisi *raster* i vector en un SIG.
[<http://www.creaf.uab.es/MIRAMON/publicat/posters/alcala/paper.htm>] Novembre 2004]
- [25] SOPDE. Curs formatiu sobre SIG.
Concepte de format *raster* i format vectorial.
[http://gis.sopde.es/cursosgis/DHTML/que_2_2.html] Novembre 2004]
- [26] Universitat de Cadis. Departament d'història, geografia i filosofia. SIG i medi ambient.
Captura de dades en un SIG.
[<http://www.uca.es/dept/filosofia/TEMA%206.pdf>] Novembre 2004]
- [27] Universitat Politècnica de València. Informàtica Gràfica II
Rasterització.
[<http://www.sig.upv.es/asignaturas/ig2/ig2.html>] Novembre 2004] *Rasterització*
- [28] CAIBI. Conferència d'autoritats iberoamericanes d'Informàtica.
Format GIF.
[<http://www.caibi.org/ibst/estandar/4/4/ibgif.htm>] Novembre 2004]
- [29] II Congrés Virtual Hispanoamericà d'Anatomia Patològica. Sistema d'informació audiovisual per Internet.
Formats *raster*.

- [<http://www.conganat.org/iicongreso/comunic/008/graf.htm> Novembre 2004]
- [30] Xunta de Galícia. Ministeri de ciència i tècnologia.
Representacions vectorials i *raster*.
http://www.uned.es/ca-bergara/spring/usuario_spa/vector_varredura.htm [Novembre 2004]
- [31] Universitat industrial de Santander. Escola d'Enginyeria civil. Jorge Hernando Gómez. Enginyer en vies i transport.
Captura de dades geogràfiques.
<http://albatros.uis.edu.co/~jgomez/pdf/Capitulo4.PDF> Octubre 2004]
- [32] Geologos asociados S.A. Sistemes d'Informació Geogràfica
Introducció als SIG.
<http://www.geologos.com.ar/introduccion%20sig.PDF> Novembre 2004]
- [33] Wenceslao Castillo. Curs de creació de pàgines web.
Formats gràfics.
<http://www.arrakis.es/~wenceslao/CursoWeb/5/graficos.html> Novembre 2004]
- [34] Autodesk. Documentació en línia del producte *Autocad*.
Formats DXF i DWG.
<http://www.autocad.com> Novembre 2004]
- [35] RedIris. Xarxa Espanyola de Ingenieria i Desenvolupament. Curs de ARCINFO 8.0
Cobertures.
http://cvu.rediris.es/pub/nj_bscw.cgi/d502244/Curso_ArcInfo8.doc Novembre 2004]
- [36] RemoteSensing.org. Pàgina web de suport als formats lliures.
Especificacions del format *GeoTIFF*.
<http://www.remotesensing.org/geotiff/spec/geotiffhome.html> Novembre 2004]
- [37] Earthstar Geographics. Empresa consultora en projectes geoespaciais.
Formats *raster* gràfics georeferenciats.
http://www.es-geo.com/download/TIFF_JPEG_Guide_6.21.pdf
- [38] Generalitat del País Valencià. Institut cartogràfic Valencià.
Fonts de dades.
<http://www.gva.es/icv> Novembre 2004]
- [39] Mapping Interactivo. Revista Internacional de Ciències de la Terra.
Ortoimatges.
http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=134 Novembre 2004]
- [40] Diputació Floral de Bizcaia. Mapes del departament d'Urbanisme.
Cartografia de Bizcaia.
http://www.bizkaia.net/bizkaia/castellano/Diputacion_Foral/Urbanismo/mapas/ca_mapas.htm
Novembre 2004]

[41] Ministeri de Medi Ambient. Confederació hidrogràfica de l'Ebre.

Cartografia sobre la zona de l'Ebre

[<http://oph.chebro.es/> Novembre 2004]

GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2

[42] Intergraph. GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2

Característiques generals GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2

[<http://www.intergraph.es> Desembre 2004]

[<http://www.intergraph.com> Desembre 2004]

[43] Intergraph; GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2; Curs d'aprenentatge en línia de GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2. 2003

[44] Audifilm. Empresa dedicada a les Tecnologies de la Informació.

Exemples de Sistemes d'Informació Geogràfica

[<http://www.audifilm.com/web/tecno/sig/geomedia/geomedia.htm> Desembre 2004]

[45] Intergraph; GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2; Ajuda en línia de GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2. 2003

[46] Ajuntament de Lleida. Mapes

Mapa de Catalunya

[http://cartoweb.paeria.es/MAP_CAT/ Desembre 2004]

[47] LizardTech. Pàgina oficial.

MrSID

[<http://www.lizardtech.com> Desembre 2004]

TREBALL PRÀCTIC

[48] Vall Companys Grup, S.A.U. Lloc web corporatiu.

Descripció del grup d'empreses.

[<http://www.vallcompanys.es> Desembre 2004]

[49] Grup de Sanejament Porcí. Lloc web corporatiu

Descripció de les activitats que du a terme

[<http://www.gsplleida.net> Desembre 2004]