

UNIVERSITAT OBERTA DE CATALUNYA

Enginyeria Informàtica (2on cicle)

Projecte Final de Carrera

Construcció d'un Sistema d'Informació Geogràfica municipal per a la gestió d'una agència de taxis

Alumne/a: Jordi Puig Adamuz [jordifzr@uoc.edu]
Dirigit per: Eduard Allué Pont [eallue@uoc.edu]
CURS 2005-06 (Gener)

*L'Àlícia no tenia idea del que era la latitud,
ni tampoc la longitud,
però li va semblar bé dir aquelles paraules
tan boniques i impressionants.*

Lewis Carroll, Àlícia al País de les Meravelles

*L'única vegada que no hem de fracassar
és quan intentem alguna cosa per darrera vegada*

Charles Kettering

A tots aquells que heu compartit i patit amb mi aquest llarg camí,
moltes gràcies.

Resum

Aquest projecte neix amb l'objectiu de construir un Sistema d'Informació Geogràfica (SIG) que permeti millorar els serveis oferts per una agència de taxis, referits a la gestió dels seus vehicles i dels seus clients.

Això s'aconsegueix oferint la possibilitat de conèixer en qualsevol moment la localització dels taxis de la companyia així com de determinar d'una forma ràpida i senzilla la localització dels passatgers que sol·liciten un taxi. Amb aquesta informació és possible determinar de forma automàtica quin és el taxi que pot recollir més ràpidament al nou passatger, reduint el temps i el cost de desplaçament dels taxis així com el temps d'espera dels clients.

Per a aconseguir aquests objectius, aquest projecte estudia què és un SIG i quines son les seves capacitats i possibles aplicacions. Posteriorment, es treballen els conceptes cartogràfics necessaris per al projecte i, finalment, s'introdueix l'eina usada: Geomedia Professional 6.0, i es desenvolupen les tasques realitzades per a construir el SIG de l'agència de taxis.

D'una forma més detallada, aquesta memòria s'estructura en els següents capítols:

- En el Capítol 1 s'introdueix el projecte i s'estableixen les seves bases i objectius, es descriuen les eines a usar i es presenta la planificació a seguir.
- En el Capítol 2 es treballen a fons els conceptes referents als SIG, la informació que gestionen i la forma en que usen les bases de dades. També s'expliquen les seves prestacions, aplicacions habituals i el procés de disseny i construcció d'un SIG.
- El Capítol 3 estudia un ampli conjunt de conceptes cartogràfics: els sistemes de coordenades geogràfics i projectats, els *datums* i els diferents tipus de projeccions, els formats de les dades i els tipus d'arxius usats pels SIG. També presenta diferents planes web amb recursos usats en el projecte, exposa les prestacions de Geomedia Professional 6.0 i, finalment descriu el Sistema de Posicionament Global (GPS).
- El Capítol 4 descriu la construcció del SIG des de les diferents fonts d'informació disponibles, així com la parametrització d'aquest per a adaptar-ne la visualització a les necessitats del projecte.
- El capítol 5 es centra en el desenvolupament de la comanda de Geomedia Professional 6.0 que permet gestionar els taxis i les trucades dels passatgers.
- El Capítol 6 exposa, finalment, els resultats i les conclusions obtingudes un cop finalitzat el projecte i presenta alguns punts a treballar en projectes futurs.

Índex temàtic

Resum	3
Índex temàtic	4
Índex de figures.....	6
Índex de taules	7
1 Introducció.....	8
1.1 Objectius del PFC	8
1.2 Estructura del PFC	9
1.3 Materials necessaris.....	10
1.3.1 Documentació.....	10
1.3.2 Programari.....	10
1.4 Planificació del PFC	11
1.4.1 Lliuraments i avaluació continuada	11
1.4.2 Lliurament final	11
1.4.3 Cronograma del PFC.....	12
1.5 Anàlisi de riscos	13
1.5.1 Seguiment del curs del PFC.....	13
1.5.2 Pla de contingència	13
2 Els Sistemes d'Informació Geogràfica.....	14
2.1 Què és un Sistema d'Informació Geogràfica?	14
2.2 Les dades dels Sistemes d'Informació Geogràfica.....	16
2.2.1 Característiques de les dades d'un SIG.....	16
2.2.2 Estructuració de les dades en un SIG	17
2.2.3 Representació de les dades en un SIG.....	17
2.3 Les bases de dades geogràfiques	18
2.4 Què pot fer un SIG?	18
2.4.1 Entrada de dades	19
2.4.2 Modelatge i anàlisi.....	19
2.4.3 Extracció de dades.....	20
2.5 Aplicacions d'un Sistema d'Informació Geogràfica.....	22
2.6 Disseny i modelització d'un SIG.....	23
2.6.1 Model conceptual	23
2.6.2 Model lògic.....	24
2.6.3 Model físic.....	24
3 Conceptes cartogràfics	25
3.1 Els sistemes de coordenades geogràfics.....	25
3.1.1 El <i>datum</i>	28
3.2 Els sistemes de coordenades projectats.....	30
3.2.1 Les projeccions cartogràfiques.....	30
3.2.2 Classes de projeccions cartogràfiques.....	31
3.2.3 El sistema de projecció UTM.....	37
3.3 L'escala d'un mapa	39
3.4 Formats de les dades.....	39
3.4.1 El format <i>raster</i>	40
3.4.2 El format vectorial	41
3.4.3 Avantatges i inconvenients.....	42
3.4.4 Formats d'arxiu estàndard.....	42
3.5 Serveis cartogràfics en línia	46
3.5.1 L'Institut Cartogràfic de Catalunya	47
3.5.2 L'AESIG	48
3.6 El programari Geomedia professional v 6.0.....	49
3.6.1 Descripció	49
3.6.2 Funcions específiques.....	49
3.7 El Sistema de Posicionament Global (GPS).....	50
3.7.1 Com funciona el sistema GPS?	50
3.7.2 La precisió del sistema GPS?	53

3.7.3	Alternatives al sistema GPS	54
3.7.4	Format de transmissió de dades dels GPS	56
4	Construcció del SIG	58
4.1	Plantejament inicial del SIG	58
4.2	Disseny del SIG.....	58
4.3	Fonts de dades.....	59
4.3.1	Mapes de Catalunya.....	59
4.3.2	Mapes de Barcelona.....	60
4.4	Composició del SIG.....	61
4.5	Parametrització del SIG	67
5	Desenvolupament de l'aplicació.....	73
5.1	Diagrama general.....	73
5.2	Creació i instal·lació del programa	74
5.3	Simulació dels senyals GPS	75
5.3.1	Construcció de les rutes	75
5.3.2	Generació de les sentències NMEA.....	76
5.3.3	Emissió de les sentències NMEA.....	78
5.3.4	Processament de les sentències NMEA	78
5.3.5	Posicionament dels taxis	79
5.4	La gestió dels passatgers	80
5.4.1	Geoposicionament dels passatgers	81
5.4.2	Selecció del taxi més proper	82
5.4.3	Un exemple pràctic.....	83
6	Conclusions.....	85
	Referències.....	87
6.1	Planes Web	87
6.2	Documents	88
6.3	Llibres	89
6.4	Altres PFC	89

Índex de figures

Figura 1: representació de les capes en un SIG	15
Figura 2: el món com un globus mostrant	25
Figura 3: les línies de longitud i latitud	25
Figura 4: els paral·lels o línies de latitud i l'equador.....	26
Figura 5: els meridians o línies de longitud i un meridià zero	26
Figura 6: esfera i esferoide	27
Figura 7: diferències entre el centre de la Terra i el d'un <i>datum</i> geocèntric i un de local.....	29
Figura 8: la distorsió en realitzar una projecció.....	31
Figura 9: la graella d'un sistema de coordenades geogràfic.....	33
Figura 10: projecció cònica tangent.....	34
Figura 11: projecció cònica secant.....	34
Figura 12: projeccions cilíndriques normal, transversal i obliqua.....	35
Figura 13: projeccions planars polar, equatorial i obliqua.....	36
Figura 14: projeccions azimuthals gnomònica, estereogràfica i ortogràfica	36
Figura 15: La xarxa de referència UTM.....	38
Figura 16: representacions <i>raster</i> i vectorial del món real.	40
Figura 17: un cercle <i>raster</i> definit pels seus píxels individuals	40
Figura 18: atributs temàtics assignats als píxels.....	41
Figura 19: un cercle vectorial definit amb el seu centre i el seu radi	42
Figura 20: comparació entre les compressions lossless i lossy.....	44
Figura 21: diagrama dels elements del sistema GPS	51
Figura 22: esquema de funcionament del sistema GPS.....	52
Figura 23: Access a l'apartat de descàrrega de productes digitals de l'ICC.....	59
Figura 24: Access a l'apartat InfoSIG de la web de la Secció Catalana de l'AESIG	60
Figura 25: creació d'un nou <i>GeoWorkspace</i>	61
Figura 26: Propietats del sistema de coordenades del <i>GeoWorkspace</i>	62
Figura 27: Incorporació d'un arxiu <i>.dxf</i> al <i>GeoWorkspace</i>	63
Figura 28: visualització resultant de la incorporació del <i>.dxf</i> del mapa de Catalunya.....	64
Figura 29: creació d'un fitxer de configuració de magatzem per als <i>shapefiles</i> de Barcelona	64
Figura 30: creació de la nova connexió de dades als <i>shapefiles</i> de Barcelona	65
Figura 31: extracció de les entitats dels <i>shapefiles</i> amb el mapa de Barcelona	65
Figura 32: visualització resultant de la incorporació dels <i>shapefiles</i> amb el mapa de Barcelona.....	66
Figura 33: definició de la classe d'entitat Taxis.....	67
Figura 34: definició de la classe d'entitat Passatgers	67
Figura 35: presentació del SIG a escala 1:1.200.000 i 1:130:000, respectivament.....	68
Figura 36: creació de les etiquetes dels noms de carrers i de les illes de cases	69
Figura 37: visualització de Barcelona, a escala 1:5000	70
Figura 38: definició de l'estil de visualització dels taxis.....	70
Figura 39: especificació de la condició de selecció d'estil	71
Figura 40: definició de l'estil de visualització dels passatgers	71
Figura 41: visualització final del SIG	72
Figura 42: Diagrama del sistema de seguiment de taxis	73
Figura 43: barra de menús de l'aplicació	74
Figura 44: La PDA i el GPS usats per a capturar les rutes simulades dels taxis	75
Figura 45: representació dels trajectes capturats amb el GPS.....	76
Figura 46: Representació del moviment d'un taxi	80
Figura 47: Formulari per a la introducció de les adreces de passatgers	81
Figura 48: Identificació del taxi i passatgers seleccionats.....	84
Figura 49: Visualització del taxi seleccionat, amb el seu nou estat, i del nou passatger.....	84

Índex de taules

Taula 1: datums locals relatius al datum global WGS84.....	29
Taula 2: definició de les capes del mapa de Catalunya descarregat de l'ICC.....	60
Taula 3: atributs del <i>shapefile</i> dels carrers de Barcelona	61
Taula 4: atributs del <i>shapefile</i> de les illes de cases de Barcelona.....	61
Taula 5: Escales de visualització de les diferents capes del mapa de Catalunya	68
Taula 6: Escales de visualització de les diferents capes del mapa de Barcelona	69

1 Introducció

1.1 Objectius del PFC¹

Els objectius principals d'aquest PFC són conèixer les característiques d'un SIG²: els seus components i les seves principals aplicacions i també aprendre a construir un SIG utilitzant el programari Geomedia Professional 6.0 de la companyia Intergraph i l'Access de Microsoft.

En el procés d'assoliment d'aquests objectius, és construirà un SIG que permetrà gestionar una agència de taxis en una ciutat catalana.

Aquest SIG haurà de permetre conèixer constantment la localització dels diferents taxis de l'agència i localitzar les trucades rebudes dels clients. Amb aquesta informació, i aplicant els algorismes adients, es podran optimitzar els desplaçaments dels taxis fins als punts de recollida dels clients i, així, reduir el temps d'espera d'aquests fins l'arribada del taxi demanat.

En aquest SIG, el programari Geomedia Professional 6.0, donarà suport a la localització dels taxis, de les adreces de les trucades i permetrà visualitzar gràficament totes aquestes dades. Com que Geomedia Professional 6.0 no ofereix, per si sol, suport a l'emmagatzematge de dades, en aquest SIG s'usarà el SGBD³ Microsoft Access 2003 per a desar i gestionar tota la informació associada.

Per a simplificar el projecte i permetre'n fer les proves d'una manera més senzilla i barata, la localització dels taxis serà simulada i no proporcionada directament per taxis amb GPS⁴. Una part del desenvolupament d'aquest projecte, doncs, consistirà en realitzar un generador de sentències GPS que permeti simular un comportament semblant al que es donaria amb vehicles i GPS reals.

¹ Projecte de Fi de Carrera

² Sistema d'Informació Geogràfica (en anglès GIS: Geographic Information System)

³ Sistema Gestor de Bases de Dades

⁴ Sistema de Posicionament Global (de l'anglès Global Positioning System)

1.2 Estructura del PFC

La realització d'aquest PFC es pot dividir en dos grans blocs: una part teòrica en la que s'han d'obtenir els coneixements necessaris sobre els SIG per a realitzar la segona part, pràctica, en la que caldrà construir el SIG amb Geomedia Professional 6.0 i Microsoft Visual Basic 6.0.

- La part teòrica del PFC s'ha descompost en les següents tasques:
 - ✓ Estudiar les característiques genèriques d'un SIG per a conèixer els seus components i aplicacions possibles.
 - ✓ Adquirir els coneixements necessaris dels diferents conceptes cartogràfics i geodèsics a aplicar o tenir en compte en la localització dels objectes en el SIG.
 - ✓ Estudiar els diferents formats d'arxiu usats per a l'emmagatzematge de la informació del SIG i esbrinar els llocs on es poden obtenir aquestes dades.
 - ✓ Estudiar el programari Geomedia Professional 6.0 per saber com implementar en aquesta eina el SIG objectiu del PFC.
 - ✓ Esbrinar i estudiar el format estàndard de les sentències d'informació que generen els GPS per a poder-ne realitzar posteriorment un simulador.

- La part pràctica del PFC es descompon, tanmateix, en les següents tasques:
 - ✓ Dissenyar i construir, usant Geomedia Professional 6.0, el SIG que ha de donar suport als requeriments del PFC.
 - ✓ Desenvolupar un mòdul simulador de sentències de GPS.
 - ✓ Desenvolupar un programari que generi les localitzacions dels taxis i, junt amb el simulador de sentències de GPS, permeti simular la seva posició en cada moment.
 - ✓ Desenvolupar un programari gestor de trucades que permeti recollir les peticions de taxis dels clients en un moment i un lloc determinat.
 - ✓ Desenvolupar un mòdul de càlcul de distàncies entre localitzacions que permeti determinar quin taxi servirà cada petició.

1.3 *Materials necessaris*

Per a la realització del projecte, es distingeixen dos grans tipus de materials a usar:

1.3.1 Documentació

Per una banda serà necessari cercar i obtenir la documentació necessària per a obtenir els coneixements teòrics indicats.

Aquesta documentació estarà formada per llibres, documents, manuals d'usuari de l'aplicació Geomedia Professional 6.0 i altre programari, planes web de l'entorn dels SIG i, aprofitant la feina feta prèviament per altres estudiants de la UOC⁵, altres PFC realitzats sobre els SIG.

1.3.2 Programari

Per una altra banda, caldrà disposar de les diferents eines informàtiques a usar en la construcció del SIG:

1. Geomedia Professional 6.0
2. Microsoft Access 2003
3. Microsoft Access 6.0
4. Memory-Map OS Edition Versió 5

Complementàriament s'usaran diverses eines ofimàtiques per a la redacció de la documentació i seguiment del projecte:

5. Microsoft Word 2003
6. Microsoft Excel 2003
7. Microsoft Project 98
8. Adobe Photoshop CS2 versió 9

⁵ Universitat Oberta de Catalunya

1.4 **Planificació del PFC**

1.4.1 **Lliuraments i avaluació continuada**

Aquestes tasques es supervisaran de forma periòdica (setmanalment) pel consultor del projecte i, formalment, amb el lliurament de diverses PAC⁶. Aquestes PAC es plantegen com documents construïts de forma incremental, de forma que cadascuna d'elles incorporarà i revisarà, si cal, els documents anteriors. Aquests són els lliuraments previstos:

- PAC1 – Pla de treball: aquesta PAC estarà composta per aquest pla de treball, que planteja el camí a seguir en la realització de la resta del projecte.
Data de lliurament: 11 de març de 2006
- PAC2 – Part teòrica: aquesta PAC recollirà principalment els continguts teòrics del projecte: els conceptes i idees obtinguts i la seva utilitat en la construcció de la part pràctica.
Data de lliurament: 18 d'abril de 2006
- PAC3 – Part pràctica: aquesta darrera PAC incorporarà les feines fetes fins aquest moment en la realització de la part pràctica del projecte: la construcció del SIG i la programació de les aplicacions associades. Es documentarà el procés de construcció del SIG, els productes obtinguts, l'eina i les consideracions i criteris usats en la programació, la descripció dels problemes i solucions aplicades, etc.
Data de lliurament: 22 de maig de 2006.

1.4.2 **Lliurament final**

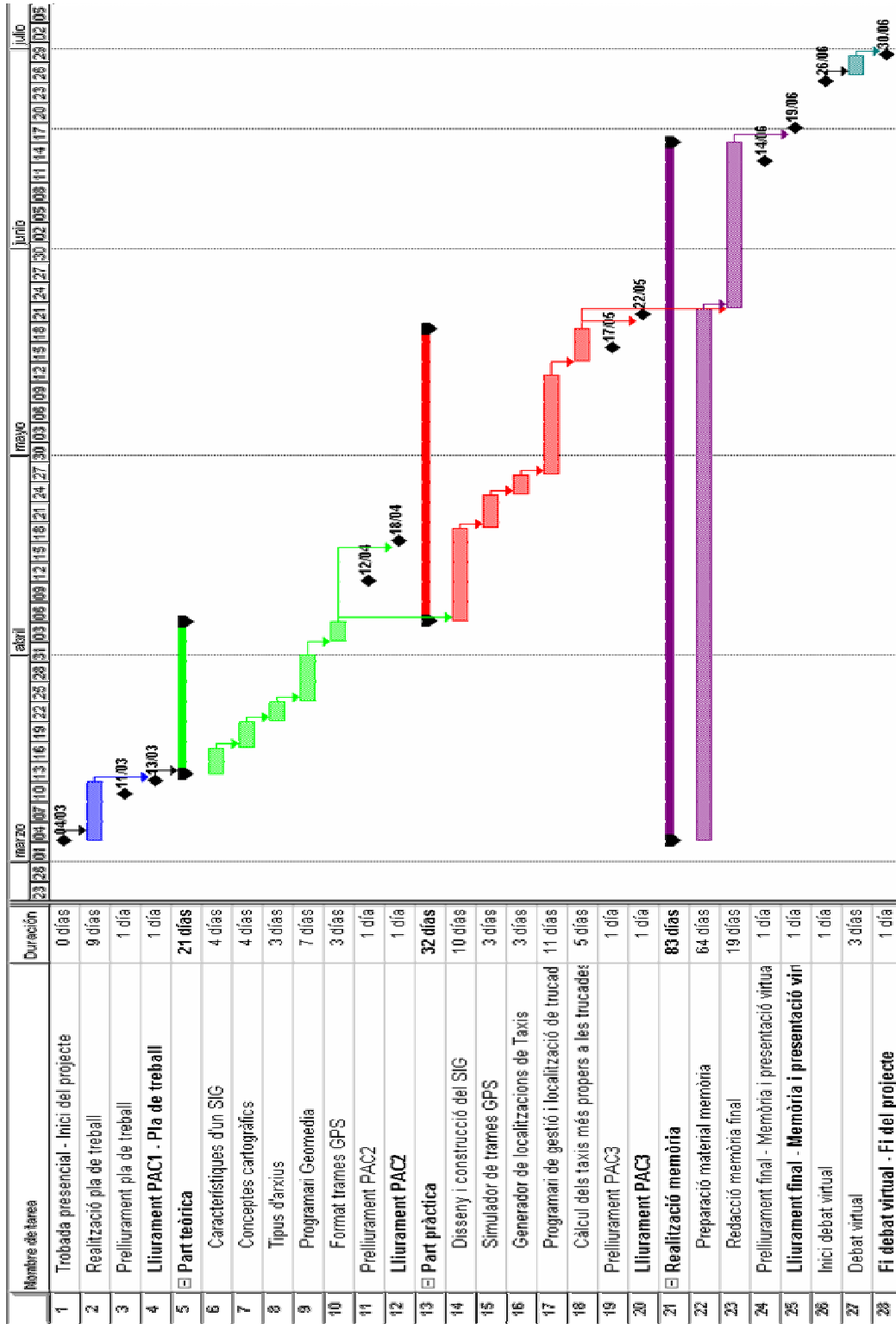
D'aquesta darrera PAC, un cop finalitzada la part pràctica, amb les modificacions i complements necessaris, en sortirà la memòria final del PFC, que recollirà i documentarà totes les tasques que s'hi hagin realitzat, així com els resultats i conclusions finals obtinguts. També, en aquest moment, es prepararà el document resumit per a la presentació virtual del projecte.

Finalment, el 19 de juny de 2006, es lliuraran la memòria final, el document de presentació virtual del projecte, el SIG construït i l'aplicació desenvolupada.

⁶ Prova d'Avaluació Continuada

1.4.3 Cronograma del PFC

A continuació es mostra el cronograma aproximat on s'hi representen totes les tasques i productes esmentats:



1.5 Anàlisi de riscos

En previsió de possibles alteracions del cronograma i la planificació previstos, s'ha realitzat el present anàlisi de riscos.

1.5.1 Seguiment del curs del PFC

El seguiment setmanal del curs del projecte permetrà detectar les desviacions d'importància i actuar en conseqüència per a corregir-los, incrementant-hi la dedicació o, en casos extrems, rebaixant els objectius establerts inicialment en la mesura que sigui necessari.

1.5.2 Pla de contingència

A més, en previsió de circumstàncies imprevistes que puguin alterar de forma sensible el curs previst del projecte es planteja el següent pla de contingència per al control de riscos:

- En cas d'avaría dels sistemes informàtics usats per al desenvolupament del projecte es disposa d'un ordinador de reserva llest per a continuar la feina amb una pèrdua de temps mínima.
- En cas de pèrdua de dades per avaría, atac per virus o d'altres motius, s'ha establert un sistema de realització de còpies de seguretat que permetrà recuperar el sistema amb un endarreriment limitat.
- En previsió de malaltia, excés de requeriment per part de la feina habitual o altres eventualitats que limitin la capacitat de dedicació al projecte, s'ha planificat la feina amb una dedicació ampliable en un 50% pel que els endarreriments puguin ser corregits en un curt termini.

2 Els Sistemes d'Informació Geogràfica

Els sistemes d'informació geogràfica han sorgit en la darrera dècada com a eina essencial per a la planificació i la gestió de recursos urbans. La seva capacitat per emmagatzemar, recuperar, analitzar, modelar i associar mapes de grans àrees amb volums enormes de dades espacials ha portat a una proliferació extraordinària d'aplicacions.

Els sistemes d'informació geogràfica s'utilitzen ara per a la planificació territorial, de transport i infraestructures, avaluació de l'ús del terreny, anàlisi de mercats, modelatge d'ecosistemes, avaluació d'impacte ambiental i paisatgístic, direcció d'instal·lacions, taxació fiscal, anàlisi de béns immobles i moltes altres aplicacions.

2.1 Què és un Sistema d'Informació Geogràfica?

El terme Sistema d'Informació Geogràfica és difícil de definir, ja que representa la integració de moltes àrees temàtiques. Conseqüentment sembla que no hi ha una definició absolutament acceptada d'un SIG. Algunes definicions trobades són les següents:

Eines que permeten el processament dades espacials en informació, en general informació explícitament lligada a, i usada per a prendre decisions sobre, alguna porció de la Terra (DeMers, 1997) [26]

Un SIG és un sistema de maquinari, programari i procediments per facilitar la gestió, manipulació, anàlisi, modelatge, representació i presentació de dades georeferenciades per resoldre problemes complexos sobre la planificació i gestió de recursos (NCGIA, 1990) [1]

D'una forma més general, un SIG, és una eina d'anàlisi d'informació, una informació que ha de tenir una referència espacial i que ha de conservar una intel·ligència pròpia sobre la topologia i la seva representació.

A la pràctica, en un SIG, els diferents conjunts d'informació es disposen en capes (com es mostra en la **Figura 1**) i s'agrupen els que corresponen a una mateixa porció del territori, de forma que una localització donada té les mateixes coordenades en tots els mapes inclosos en el sistema. D'aquesta forma es permet visualitzar i analitzar les característiques temàtiques i espacials per obtenir un millor coneixement d'aquesta zona.

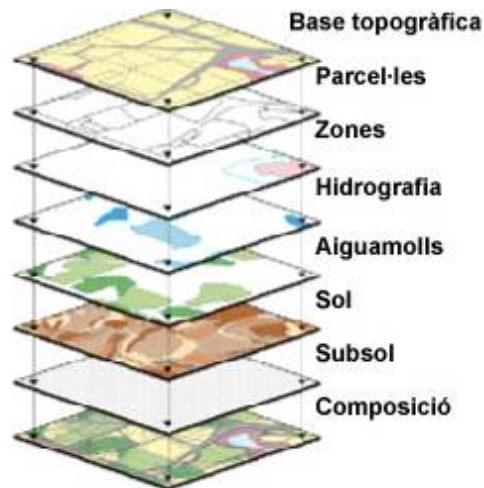


Figura 1: representació de les capes en un SIG

En general, un SIG serà capaç de donar resposta, entre d'altres, a les següents preguntes:

- On és l'objecte A?
- On és A amb relació a B?
- Quantes ocurrencies del tipus A hi ha en una distància D de B?
- Quin és el valor que pren la funció Z en la posició X?
- Quina és la dimensió de B (Freqüència, perímetre, àrea, volum)?
- Quin és el resultat de la intersecció de diferents tipus d'informació?
- Quin és el camí més curt (menor resistència o menor cost) sobre el terreny des d'un punt (X1, Y1) al llarg d'un corredor P fins un punt (X2, Y2)?
- Què hi ha en el punt (X, Y)?
- Quins objectes són pròxims a aquells objectes que tenen una combinació de característiques?

2.2 Les dades dels Sistemes d'Informació Geogràfica

Com ja hem indicat, en un SIG s'hi presenten i organitzen diferents conjunts de dades. Aquestes poden ser de diferents tipus, per això podem parlar de les dades d'un SIG tant per les seves característiques, la seva estructuració en el SIG i la seva visualització.

2.2.1 Característiques de les dades d'un SIG

Les dades que componen un SIG tenen components tant espacials com temàtics.

Conceptualment, les dades geogràfiques poden ser descompostes en dos elements: atributs amb component temàtic i entitats amb component espacial. Un SIG serà capaç de gestionar els dos tipus d'elements.

- Segons el component temàtic, les variables o atributs s'estudien considerant els seus valors, tal com es pot fer habitualment amb una eina d'anàlisi estadístic.
- Segons el component espacial, es poden considerar dos aspectes en la localització de les entitats: la localització absoluta, basada en un sistema de coordenades, i la localització relativa respecte a altres entitats. Per exemple, un lloc pot estar en una coordenada particular (X,Y), o entre dues altres entitats. Un SIG es capaç de gestionar els dos tipus de localitzacions allà on els programaris de cartografia o disseny gràfic només permeten usar l'absoluta.

Un SIG és capaç d'analitzar de forma combinada aquests dos aspectes, oferint una nova dimensió d'anàlisi de les dades.

Així doncs, la informació emmagatzemada en un SIG és pot dividir en quatre grans conjunts de dades:

1. Imatges que representen fotogràficament el terreny.
2. Símbols gràfics i caràcters alfanumèrics complementaris a les imatges i georeferenciats al mateix sistema de coordenades que la imatge real a la qual complementen.
3. Informació cartogràfica dels mapes que representen diferents classes d'informació d'una àrea específica.
4. Informació descriptiva (en les formes alfanumèriques més habituals) associada a les diferents entitats i que pot ser utilitzada per altres sistemes.

2.2.2 Estructuració de les dades en un SIG

La forma en que s'agrupen els diversos elements constitutius d'un SIG queda determinada per les característiques comunes a diversos tipus d'objectes en el model. Aquestes agrupacions poden ser definides de forma dinàmica segons les condicions i necessitats específiques dels usuaris.

Amb això, podem introduir el concepte de categoria, que és la unitat bàsica d'agrupació de diversos mapes que comparteixen algunes característiques temàtiques comunes. Sobre un mapa es defineixen objectes (tenen una dimensió i localització respecte a la superfície de la terra), aquests tenen atributs, i aquests últims poden ser de tipus gràfic o de tipus alfanumèric.

A un conjunt de mapes relacionats se'l denomina llavors categoria, a un conjunt de categories se'ls denomina un tema i al conjunt de temes disposats sobre una àrea específica d'estudi se'ls agrupa en forma d'índexs temàtics. De forma que l'arquitectura jeràrquica d'un projecte queda exposada pel concepte de índex, categoria, objectes i atributs.

2.2.3 Representació de les dades en un SIG

La representació primària de les dades en un SIG està basada en uns tipus d'objectes universals que són el punt, la línia i l'àrea.

Cal tenir en compte que, degut a les diferents possibles escales de representació de les dades en un SIG (veure 2.7.5 L'escala d'un mapa), l'ús de cadascun d'aquests objectes pot ser adequat per a entitats diferents depenent de l'àmbit de representació escollit.

Els elements puntuals són tots aquells objectes relativament petits respecte al seu entorn més immediatament pròxim i es representen mitjançant punts. Per exemple, elements puntuals poden ser un municipi, una benzineria o un pal de la xarxa elèctrica.

Els objectes lineals es representen per una successió de punts on l'amplada de l'element lineal és menyspreable respecte a la magnitud de la seva longitud. Amb aquest tipus d'objectes es modelen i defineixen els rius, les carreteres i les línies elèctriques entre d'altres.

Els objectes de tipus àrea es representen en un SIG d'acord amb un conjunt de línies i punts tancats per formar una zona perfectament definida a la que se li pot aplicar el concepte de perímetre i longitud. Amb aquest tipus es modelen les superfícies tals com els límits d'estats o poblacions, embassaments, illes de cases, entre d'altres.

2.3 Les bases de dades geogràfiques

L'essència d'un SIG està constituïda per una base de dades geogràfica. Això és, una col·lecció de dades sobre objectes localitzats en una determinada àrea d'interès en la superfície de la Terra, organitzades de forma que es poden fer servir eficientment en una o diverses aplicacions.

Els atributs gràfics són desats en la base de dades manegats pel programari SIG. Els objectes geogràfics s'organitzen per temes o capes d'informació. Encara que els punts, línies i polígons poden ser emmagatzemats en nivells separats, els seus elements poden ser agrupats pel que representen, mitjançant la informació continguda en els atributs no gràfics. Així per exemple, en una categoria donada, encara que rius i carreteres són ambdós objectes línia, estan emmagatzemats en diferents nivells ja que els seus atributs els diferencien.

Per a donar suport a aquestes necessitats d'enregistrament i d'organització de les dades dels SIG, el diferent programari disponible en el mercat incorpora o permet usar diferents sistemes gestors de bases de dades relacionals.

2.4 Què pot fer un SIG?

Un SIG permet resoldre una gran varietat de problemes del món real, usant diverses tècniques d'entrada de dades, anàlisi i presentació. De forma general, aquestes són algunes de les possibilitats bàsiques que permet un SIG:

Entrada de dades:

- Digitalitzar o escanejar.
- Convertir dades digitals d'altres formats.
- Adquirir altres dades disponibles.

Modelatge i anàlisi:

- Donar resposta a preguntes particulars.
- Donar solucions a problemes particulars.

Extracció de dades:

- Representació en pantalla de les dades.
- Impressions.
- Llistats i informes.

2.4.1 Entrada de dades

Una de les funcionalitats bàsiques cobertes per un SIG és la de permetre-hi introduir la informació amb que s'alimenten la resta de les seves funcionalitats.

Aquesta entrada de dades pot ser realitzada de diverses formes, tot i que les més habituals són la digitalització manual de mapes, la digitalització automàtica sobre el terreny usant sistemes de posicionament global (veure 3.7 El Sistema de Posicionament Global (GPS)), l'escaneig de mapes en paper, la fotografia aèria, o la conversió de mapes des d'altres fonts.

Tots aquests mètodes permeten alimentar els magatzems de dades del SIG amb els diferents tipus d'informació que el componen.

2.4.2 Modelatge i anàlisi.

El modelatge i l'anàlisi permeten realitzar les operacions analítiques necessàries per a produir nova informació, basada en la ja existent, amb la finalitat de donar solució a un problema específic. Les operacions d'anàlisi es classifiquen en:

- **Generalització cartogràfica:** Capacitat de generalitzar característiques d'un mapa o presentació cartogràfica, amb la finalitat de fer el model final menys complex.
- **Anàlisi espacial:** Conjunt de funcions que realitzen càlculs sobre les entitats gràfiques, des d'operacions senzilles com longitud d'una línia, perímetres, àrees i volums, fins a anàlisis de xarxes de conducció, intersecció de polígons i anàlisis de models digitals del terreny.

Els diferents tipus d'anàlisi espacial que un SIG ha de realitzar són:

1. Contigüitat: Trobar àrees en una regió determinada.
2. Coincidència: Anàlisi de superposició de punts, línies, polígons i àrees.

3. Connectivitat. Anàlisi sobre entitats gràfiques que representin xarxes de conducció, tals com:
 - Encaminament: Com es mou l'element conduït al llarg de la xarxa.
 - Radi d'acció: Abast del moviment de l'element dintre de la xarxa.
 - Aparellament d'adreces: Acoblament d'informació d'adreces a les entitats gràfiques.
4. Anàlisi digital del terreny: Anàlisi de la informació de superfície per al modelatge de fenòmens geogràfics continus.
5. Operació sobre mapes: Ús d'expressions lògiques i matemàtiques per a l'anàlisi i modelatge d'atributs geogràfics. Aquestes operacions són suportades d'acord amb el format de les dades (*raster* o *vectorial*)
6. Geometria de coordenades: Operacions geomètriques per al manegament de coordenades terrestres per mitjà d'operadors lògics i aritmètics. Algunes d'aquestes operacions són: projeccions terrestres dels mapes, transformacions geomètriques (rotació, translació, canvis d'escala), precisió de coordenades, correcció d'errors.

2.4.3 Extracció de dades.

Coherentment amb el que hem explicat fins al moment, d'un SIG es poden extreure dades o atributs gràfics combinats amb dades o atributs no gràfics.

Aquesta extracció de dades permet localitzar elements geogràfics directament o especificar certes condicions per a fer-ho.

2.4.3.1 Localitzar i identificar elements geogràfics.

Amb un SIG es pot determinar què existeix en un lloc en particular. Això es fa especificant la localització d'un objecte o regió per a la qual es desitja informació. Els mètodes més comunament usats són:

- Assenyalar amb el apuntador gràfic o ratolí l'objecte o regió.
- Escriure en el teclat l'adreça.
- Escriure en el teclat les coordenades.

2.4.3.2 Especificar condicions.

Amb aquesta funció un SIG pot determinar on es satisfan certes condicions. Després d'indicar les condicions per a localitzar un objecte o regió s'obtenen unes respostes que

poden presentar totes o algunes de les característiques de l'objecte o regió. L'especificació d'aquestes condicions es pot fer per mitjà de:

- La selecció des d'unes opcions predefinides.
- L'escriptura d'expressions lògiques.
- La selecció interactiva en la pantalla.

Conceptualment, aquestes condicions es poden especificar de les següents formes:

- **Mitjançant especificacions geomètriques**
S'extreu la informació del SIG mitjançant l'especificació d'un domini espacial definit per un punt, una línia o una àrea desitjada. Per exemple: seleccionar per mitjà del apuntador gràfic un riu en un mapa, una canonada en un plànol.
- **Mitjançant condicions geomètriques**
S'extreu la informació per mitjà d'un domini espacial i una condició geogràfica sobre les entitats gràfiques. Per exemple: les poblacions que es trobin en un radi de 5 Km al voltant d'un punt.
- **Mitjançant especificacions descriptives**
S'extreu la informació de les entitats espacials que satisfacin una condició descriptiva determinada. Per exemple totes les finques que tinguin el mateix propietari.
- **Mitjançant condicions descriptives o lògiques.**
S'extreu la informació d'entitats espacials que compleixin la condició descriptiva i una expressió lògica qualsevol relacionada amb alguns dels seus atributs espacials associats. Per exemple, totes les finques que pertanyin al mateix propietari, amb àrees superiors a 500 hectàrees i perímetre superior a 10.000 metres.

2.4.3.3 Visualització de les dades.

Després d'especificar les condicions que com usuari requereix s'obté la resposta esperada. La resposta es pot presentar en qualsevol de les dues formes següents:

- Visualitzant els elements que compleixen la condició ressaltats gràficament en un planell.
- Mostrant un llistat de tots els objectes que compleixen la condició.

2.5 Aplicacions d'un Sistema d'Informació Geogràfica

Els camps d'aplicació dels SIG són múltiples. Aquests es poden agrupar en els següents:

- **Mapatge de localitzacions:** els SIG es poden utilitzar per fer els mapes de llocs. Els SIG permeten la creació de mapes mitjançant mapatge automatitzat, captura de dades, i eines d'anàlisi de agrimensura.
- **Mapatge de quantitats:** es solen usar mapes de quantitats (on hi ha més i on hi ha menys d'algun tret) per trobar llocs que compleixin certs criteris i, a partir d'aquesta informació, prendre accions o trobar les relacions entre ells. Això dóna un nivell addicional d'informació més enllà del simple fet de disposar del mapa de les localitzacions dels trets.
- **Mapatge de densitats:** Mentre que és possible observar concentracions simplement fent el mapa de localització dels trets, en àrees amb molts trets pot ser difícil de veure-hi quines àrees tenen una concentració més alta que d'altres. Un mapa de densitat permet mesurar el nombre de trets que utilitzen una unitat real uniforme, com les hectàrees o quilòmetres quadrats, i així mostrar clarament una distribució.
- **Descobrimet de distàncies:** els SIG es poden utilitzar per esbrinar què està ocorrent dins d'una distància establerta respecte d'un tret.
- **Monitorització del canvi:** els SIG es poden utilitzar per fer mapes dels canvis succeïts en una àrea per preveure condicions futures, decidir una via d'actuació, o per avaluar els resultats d'una acció o política.

En el món real, les àrees d'aplicació d'un SIG són, entre d'altres:

- L'agricultura
- La cartografia
- La geologia
- L'ensenyament
- L'administració d'instal·lacions
- L'administració de recursos
- Els negocis
- La meteorologia
- El turisme
- L'arqueologia
- L'administració del medi ambient i els ecosistemes
- L'administració de serveis públics (distribució d'aigua, clavegueram, subministrament elèctric, sistemes de comunicació, cablejat, àrees de cobertura de telefonia mòbil, etc.)

- Administració i conservació de recursos naturals
- Administració de serveis d'emergència i seguretat pública
- Planificació de resposta a catàstrofes naturals
- Salut (estudi de propagació de malalties i epidèmies)
- Industrial (plantes, canonades, emmagatzematge)
- Aeronàutica (aeroports, administració de l'espai aeri)
- Enginyeria marina
- Govern local i estatal: sistemes d'informació territorial, parcel·les, drets de pas, etc.
- Indústria de transport (carreteres, xarxa de ferrocarril, planificació i anàlisi)

2.6 Disseny i modelització d'un SIG

En iniciar l'estudi per a dissenyar un SIG, cal pensar que es gestionaran objectes que existeixen en la realitat, tenen característiques que els diferencien i guarden certes relacions espacials que cal registrar. Per a garantir que aquest esquema anterior sigui assolible, es construeixen una sèrie de models que permetin manipular els objectes tal qual com apareixen en la realitat.

Aquest procés d'abstracció per a passar de la realitat del terreny al nivell que es representa en el computador i es maneja en els SIG es sol portar a terme en tres etapes. En elles es definirà l'estructura de les dades, de la qual dependran els processos i consultes que s'efectuaran en l'etapa de producció:

REALITAT → MODEL CONCEPTUAL → MODEL LÒGIC → MODEL FÍSIC

2.6.1 Model conceptual

És la conceptualització de la realitat per mitjà de la definició dels objectes de la superfície de la terra (entitats) amb les seves relacions espacials i característiques (atributs) que es representen en un esquema (model Entitat - Relació) descrivint aquests fenòmens del món real. Aquesta conceptualització ha de garantir l'organització de totes les entitats amb les seves relacions en un sol model de representació de les coses com són en la realitat. Amb aquest model s'obté un mitjà efectiu per a mostrar els requeriments d'informació, organització i documentació necessaris per a desenvolupar el SIG i la classes de dades que s'estaran manipulant.

2.6.2 Model lògic

Es pot definir com el disseny detallat de les bases de dades que contindran la informació alfanumèrica i els nivells d'informació gràfica que es capturaran, amb els atributs que descriuen cada entitat, identificadors, connectors, tipus de dada (numèric o caràcter) i la seva longitud; a més, es defineix la geometria (punt, línia o àrea) de cadascuna d'elles.

Com es tracta de manipular en el sistema els elements del paisatge, s'han de codificar per a poder emmagatzemar-los en el computador i després manipular-los en forma digital i, a més, donar-los un símbol per a la seva representació gràfica en la pantalla o en el paper.

És en aquesta etapa que s'elaboren les estructures que emmagatzemaran totes les dades, prenent com a base el model conceptual desenvolupat anteriorment. Es tracta de fer una descripció detallada de les entitats, els processos i anàlisis que es portaran a terme, els productes que s'espera obtenir i la preparació dels menús de consulta per als usuaris.

En aquesta part de disseny del SIG es defineixen els diferents tipus d'anàlisi que es portaran a terme més endavant i les consultes que es vagin a realitzar habitualment, ja que de l'estructura de les bases de dades (gràfiques i alfanumèriques) depenen els resultats obtinguts al final; és per això que, en aquesta etapa, es fa un disseny detallat del que contindrà el SIG i de la presentació que tindran els productes, definint els tipus de mapes amb les seves llegendes, contingut temàtic i altres informes o taules que s'espera satisfacin els principals requeriments dels usuaris i clients; amb aquests s'agilitzaran els processos que impliquin directament als usuaris, ja que la les seves consultes podran ser respostes més ràpidament.

Una vegada definit el model conceptual i el lògic, es coneix quins mapes cal digitalitzar i quina informació alfanumèrica ha de registrar-se.

Tant el model conceptual com el lògic, són independents dels programes i equips que es vagin a utilitzar. De la seva correcta concepció depèn l'èxit del SIG.

2.6.3 Model físic

És la implementació dels anteriors models en el programari seleccionat i els equips específics en que es vagi a treballar i per això es realitza d'acord amb les seves pròpies especificacions. El model físic determina en quina forma s'han d'emmagatzemar les dades, complint amb les restriccions i aprofitant els avantatges del sistema específic.

3 Conceptes cartogràfics

Per a comprendre millor la forma en que es representen les posicions i els objectes en un mapa, és important establir els conceptes bàsics sobre sistemes de coordenades, les projeccions cartogràfiques, les escales de representació i d'altres.

3.1 Els sistemes de coordenades geogràfics

Un sistema de coordenades geogràfiques és un sistema de referència usat per a localitzar i mesurar elements geogràfics. Un punt és referenciat pels seus valors de longitud i latitud.

La longitud i latitud són angles mesurats des del centre de la terra a un punt a la superfície de la terra, mesurats habitualment en graus. La **Figura 2** representa aquests conceptes:

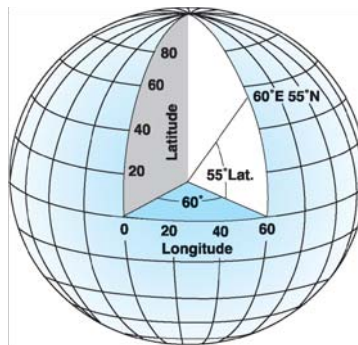


Figura 2: el món com un globus mostrant els valors de longitud i latitud

En el sistema esfèric, les línies horitzontals, o d'est a oest, són les rectes de latitud igual, o paral·lels. Les línies verticals, o línies de nord a sud, són les rectes de longitud igual, o meridians. Aquestes rectes inclouen el globus i formen una xarxa en forma de graella (veure **Figura 3**):



Figura 3: les línies de longitud i latitud formant una graella

La línia de latitud a mig camí entre els pols és anomenat l'equador. Defineix la línia de latitud zero (veure **Figura 4**):

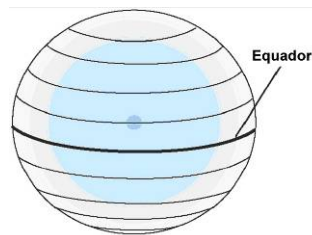


Figura 4: els paral·lels o línies de latitud i l'equador

La línia de longitud zero és anomenada meridià zero. Per a la majoria dels sistemes de coordenades geogràfics, el meridià zero és la longitud que passa a per Greenwich, Anglaterra (veure **Figura 5**).

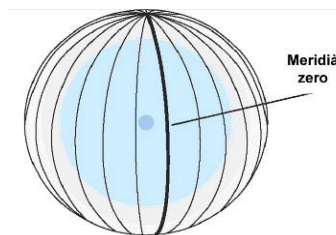


Figura 5: els meridians o línies de longitud i un meridià zero

L'origen de la graella (0,0) es defineix on s'encreuen l'equador i el meridià zero. El globus es divideix llavors en quatre quadrants geogràfics que es basen en les direccions de la brúixola des de l'origen. El nord i sud són a dalt i per sota de l'equador, i l'oest i est són a l'esquerra i a la dreta del meridià zero.

La latitud i els valors de longitud es mesuren tradicionalment o en graus decimals o en graus, minuts, i segons. Els valors de latitud es mesuren relativament a l'equador i s'estenen des de -90° en el Pol Sud a $+90^\circ$ al Pol Nord. Els valors de longitud es mesuren relativament al meridià zero i s'estenen de -180° cap a l'oest fins a 180° cap a l'est.

Les coordenades cartesianes són generalment usades per a representar una superfície plana. Els punts es representen en termes de les distàncies que separen el punt en qüestió de l'eix de coordenades (0,0).

Encara que la longitud i latitud poden localitzar posicions exactes a la superfície del globus, no són unitats uniformes de mesura. Només al llarg de l'equador la distància

representada per un grau de longitud aproxima la distància representada per un grau de latitud. Això és perquè l'equador⁷ és l'únic paral·lel tan gran com un meridià.

Per dalt i per sota de l'equador, els cercles que defineixen els paral·lels de latitud es fan gradualment més petits fins que es converteixen en un punt únic en els pols Nord i Sud on convergeixen els meridians. Mentre els meridians convergeixen cap als pols, la distància representada per un grau de longitud disminueix a zero. En el esferoide de Clarke de 1866, un grau de longitud en l'equador iguala 111.321 km, mentre que en latitud de 60° són només 55.802 km. Ja que els graus de latitud i longitud no tenen una llargada estàndard, no es poden mesurar distàncies o àrees acuradament ni mostrar dades fàcilment en un mapa pla o una pantalla d'ordinador.

La forma i mida de la superfície d'un sistema de coordenades geogràfic és definida per una esfera o esferoide (veure **Figura 6**). Encara que la terra és representada millor per un esferoide, la terra es tracta a vegades com a esfera per fer més fàcils càlculs matemàtics. La suposició que la terra sigui una esfera és possible per mapes d'escala petita (inferior 1:5,000,000). En aquesta escala, la diferència entre una esfera i un esferoide no és perceptible en un mapa. Per, tanmateix, mantenir precisió per a mapes a més gran escala (escales de 1:1,000,000 o més grans), és necessari representar la forma de la terra amb un esferoide o el·lipsoide.

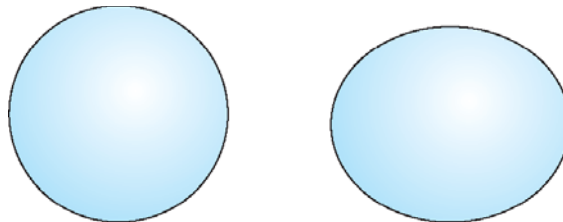


Figura 6: esfera i esferoide

La terra s'ha examinat moltes vegades per ajudar a entendre millor els trets de la seva superfície i les seves irregularitats. Les diferents mesures han ocasionat molts esferoides que representen la Terra. Generalment, un esferoide s'escull per encaixar amb un país o una àrea particular. L'esferoide que millor encaixa amb una regió no és necessàriament el mateix que encaixa amb una altra regió.

A causa de les variacions de la gravetat i dels trets superficials, la terra no és ni una esfera perfecta ni un esferoide perfecte. La tecnologia de satèl·lit ha mostrat unes quantes desviacions el·líptiques; per exemple, el Pol Sud és més proper a l'equador que

⁷ Els cercles amb el mateix radi que la terra esfèrica s'anomenen grans cercles. L'equador i tots els meridians són grans cercles.

el Pol Nord. Els esferoides obtinguts per satèl·lit estan reemplaçant els esferoides més vells mesurats des de terra.

Tot i això, degut a que canviar l'esferoide d'un sistema de coordenades suposa canviar completament els valors mesurats prèviament, moltes organitzacions no han canviat als esferoides més nous i més acurats.

Un sistema de coordenades geogràfic (SCG) utilitza una superfície esfèrica tridimensional per definir localitzacions a la terra. Un SCG inclou una unitat angular de mesura, un meridià zero, i un *datum*.

3.1.1 El *datum*

Mentre que un esferoide aproxima la forma de la terra, un *datum* defineix la posició de l'esferoide respecte al centre de la terra. Un *datum* proporciona un sistema de referència per determinar localitzacions a la superfície de la terra, definint l'origen i orientació de les línies de latitud i longitud. Quan canvia el *datum*, o el sistema de coordenades geogràfic, els valors de les coordenades d'un punt canvien.

Durant els darrers 15 anys, les dades de satèl·lit han proporcionat mesures noves als geodesistes per definir millor l'esferoide que encaixa amb la forma de la Terra, que relaciona coordenades amb el centre de masses de la terra. Un *datum* centrat en la terra, o geocèntric, utilitza el centre de masses de la terra com a origen. El *datum* més recentment desenvolupat i més àmpliament utilitzat és el WGS 1984 i serveix de marc per al càlcul de posicions a escala mundial.

Un *datum* local alinea el seu esferoide per a encaixar amb la superfície del globus en una àrea particular, encaixant un punt concret de l'esferoide a una posició concreta de la superfície de la terra. Aquest punt es coneix com el punt d'origen del *datum*. Les coordenades del punt d'origen es fixen, i tots els altres punts es calculen des d'aquest. Per això, l'origen d'un sistema de coordenades d'un *datum* local no encaixa amb en el centre de la terra. El centre de l'esferoide d'un *datum* local està descentrat respecte del centre de la terra (veure **Figura 7**). El NAD 1927 i el *European Datum* de 1950 (ED 1950) són *datums* locals. El NAD 1927 està dissenyat per encaixar Amèrica del Nord raonablement bé, mentre que ED 1950 es va crear per a utilitzar-se a Europa. Com que un *datum* local alinea el seu esferoide tant precisament a una àrea particular de la superfície de la terra, no és adequat per ús a fora de l'àrea per a la qual estava dissenyat.

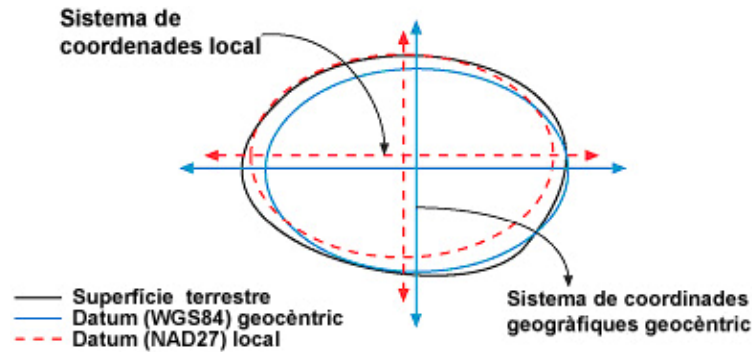


Figura 7: diferències entre el centre de la Terra i el d'un datum geocèntric i un de local

Els dos datums horitzontals utilitzats gairebé exclusivament a Amèrica del Nord són NAD 1927 i NAD 1983. Per a Europa, els més utilitzats són els ED50 i l'ED79. Per a la península en concret, s'usen les versions EUR-M i EUR-D de l'ED50 i l'EUS de l'ED79.

La següent taula mostra els paràmetres dels datums locals esmentats relatius al datum global WGS84:

Datums locals		El·lipsoides de referència i diferències del paràmetres			Núm. de Satèl·lits Usats	Paràmetres de Transformació				
Nom	Codi	Nom	$\Delta A(M)$	$\Delta f \times 10^4$		Núm. de cicle	Data de pub.	$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	$\Delta Z(m)$
EUROPEAN 1950 Solució mitja (Àustria, Bèlgica, Dinamarca, Finlàndia, França, RFA (República Federal Alemanya) Gibraltar, Grècia, Itàlia, Luxemburg, Holanda, Noruega, Portugal, Espanya, Suècia i Suïssa)	EUR-M	International 1924	-251	-0.14192702	85	0	1987	-87 +/-3	-98 +/-8	-121 +/-5
EUROPEAN 1950 Portugal i espanya	EUR-D	International 1924	-251	-0.14192702	18	0	1991	-84 +/-5	-107 +/-6	-120 +/-3
EUROPEAN 1979 Solució Mitja (Àustria, Finlàndia, Holanda, Noruega, Espanya, Suècia i Suïssa)	EUS	International 1924	-251	-0.14192702	22	0	1987	-86 +/-3	-98 +/-3	-119 +/-3
NORTH AMERICAN 1983 CONUS	NAR-C	GRS 80	0	-0.00000016	216	0	1987	0 +/-2	0 +/-2	0 +/-2
NORTH AMERICAN 1927 Solució Mitja (CONUS)	NAS-C	Clarke 1866	-69.4	-0.37264639	405	0	1987	-8 +/-5	160 +/-5	176 +/-6

Taula 1: datums locals relatius al datum global WGS84

3.2 Els sistemes de coordenades projectats

Un sistema de coordenades projectat és una representació plana i bidimensional de la Terra, basada en un sistema de coordenades geogràfic que, per la seva banda, es basa en una esfera o esferoide.

Les coordenades de latitud i longitud es converteixen en coordenades x , y en la projecció plana. La coordenada x habitualment defineix la direcció cap a l'est d'un punt i la coordenada y habitualment defineix la direcció cap al nord d'un punt. La línia central que va d'oest a est sol anomenar-se l'eix de les x o d'ordenades, i la línia central que va de nord a sud sol anomenar-se l'eix de les y o abscisses.

La intersecció dels eixos x i y és l'origen de coordenades i té el valor $(0,0)$. Els valors per sobre i per la dreta de l'eix de les x i de l'eix de les y són positius i els que estan per sota són negatius. Les línies paral·leles als eixos x i y són equidistants les unes de les altres.

Els mètodes de conversió matemàtics usats per a transformar els sistemes de coordenades geogràfiques en sistemes de coordenades projectats s'anomenen projeccions cartogràfiques. Aquestes usen un sistema de projecció i un conjunt de paràmetres per a convertir les coordenades en format latitud i longitud corresponents a un model tridimensional de la superfície de la Terra a coordenades x,y en la superfície bidimensional d'un mapa.

3.2.1 Les projeccions cartogràfiques

Les projeccions cartogràfiques són transformacions sistemàtiques que permeten la representació de la graella esfèrica del globus en la superfície plana d'un mapa. Matemàticament, les projeccions són transformacions de coordenades geogràfiques (latitud, longitud) en l'espai de coordenades cartesianes (x,y) d'un mapa. Aquesta transformació matemàtica, que permet relacionar coordenades esfèriques al globus amb coordenades planes, sol anomenar-se projecció cartogràfica.

Un esferoide (en tres dimensions) no es pot aplanar en una superfície llisa (en dues dimensions) sense provocar distorsió en la forma, àrea, distància, o direcció de les dades (veure **Figura 8**). Per això, totes les projeccions distorsionen algunes de les relacions geomètriques que es presenten correctament en el globus. No és possible representar totes les distàncies i tots els angles de forma correcta en un mateix mapa, tot i que si que es poden produir mapes que representin correctament determinades característiques

geomètriques minimitzant la distorsió d'algunes de les característiques. Una projecció pot mantenir l'àrea d'un tret però canviar-ne la seva forma.

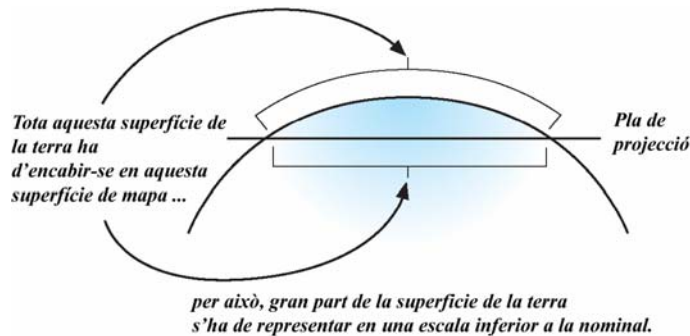


Figura 8: la distorsió en realitzar una projecció

Si s'està realitzant el mapa d'una àrea petita, com una ciutat, es pot ignorar sense perill l'efecte de la curvatura de la superfície de la Terra, però si es realitza el mapa d'una superfície extensa, com un país, aquestes distorsions no poden ser evitades.

Amb aquesta limitació, els diferents tipus de projeccions cartogràfiques estan dissenyats per a propòsits específics: una projecció cartogràfica es pot utilitzar per a dades a gran escala en una àrea limitada, mentre que un altre s'utilitza per a un mapa d'escala petita del món.

3.2.2 Classes de projeccions cartogràfiques

Considerant les propietats geomètriques bàsiques, podem classificar les projeccions en equivalents, equidistants, azimutals i conformes. Les projeccions que no encaixen directament en cap d'aquestes classes solen ser anomenades projeccions de compromís.

- **Projeccions equivalents o d'àrea igual:** són aquelles que conserven les àrees dels trets mostrats en tota la superfície del mapa. Per a aconseguir això, la resta de propietats (forma, angle i escala) resulten distorsionades. En les projeccions equivalents, els meridians i els paral·lels poden no encreuar-se en angles rectes. En alguns exemples, especialment mapes de regions petites, no es distorsionen les formes d'una manera òbvia, i distingir una projecció d'àrea igual d'una projecció conforme és difícil llevat que s'informi de la projecció o aquesta es mesuri. Les projeccions equivalents solen ser usades en mapes temàtics que mostren la distribució de dades com són la densitat de població, superfície agrícola, àrees forestals, etc.

- **Projeccions equidistants:** aquestes projeccions conserven les distàncies entre certs punts. No és possible, però, representar totes les distàncies de forma correcta. Tanmateix, la majoria de les projeccions equidistants tenen una o més línies per a les quals la llargada de una línia en un mapa és la mateixa llargada (a l'escala del mapa) que la mateixa línia al globus. Es diu que tals distàncies són veritables. Per exemple, en la projecció Sinusoïdal, l'equador i tots els paral·lels tenen llargades veritables. En unes altres projeccions equidistants, l'equador i tots els meridians són veritables. D'altres projeccions (p. ex., Dos Punt Equidistant) mostren l'escala veritable entre un o dos punts i cada altre punt al mapa.
- **Projeccions azimuthals, zenitals o de direcció veritable:** aquestes projeccions representen correctament determinades relacions angulars. Com en el cas de les distàncies, no totes les relacions angulars poden ser representades correctament en un mateix mapa, però si que és possible representar correctament totes les relacions angulars respecte a un punt.
- **Projeccions conformes:** són aquelles que conserven la forma local. Per conservar els angles individuals que descriuen les relacions espacials de les formes del món real, una projecció conforme ha de representar les línies perpendiculars en la graella creuades en angles de 90° al mapa. En mantenir els angles reals, seria d'esperar que les formes de les àrees es representessin correctament, però degut a les distorsions de l'escala entre diferents punts, això només es compleix en àrees molt petites. Conseqüentment, l'àrea envoltada per una sèrie d'arcs, sobretot en àrees grans, pot resultar distorsionada d'una forma important. Cap projecció cartogràfica pot conservar formes de regions grans.
- **Projeccions de compromís:** mentre que moltes projeccions intenten optimitzar alguna de les quatre propietats geomètriques anteriors, d'altres no intenten mantenir cap d'elles en particular sinó aconseguir un balanç entre propietats diferents. Així, per exemple, mentre una projecció pot no ser ni conforme ni equivalent, pot mantenir una distorsió mínima de les formes i les àrees en una regió concreta. Aquestes projeccions de compromís solen ser usades com a base de mapes temàtics.

3.2.2.1 Mètodes de projecció

Com els mapes són plans, algunes de les projeccions més simples es fan en formes geomètriques que es poden aplanar sense estirar les seves superfícies. Aquestes s'anomenen superfícies desplegable. Alguns exemples comuns són cons, cilindres, i plans. Una projecció cartogràfica projecta sistemàticament localitzacions de la superfície

d'un esferoide a posicions representatives en una superfície plana que utilitza algorismes matemàtics (veure **Figura 9**).

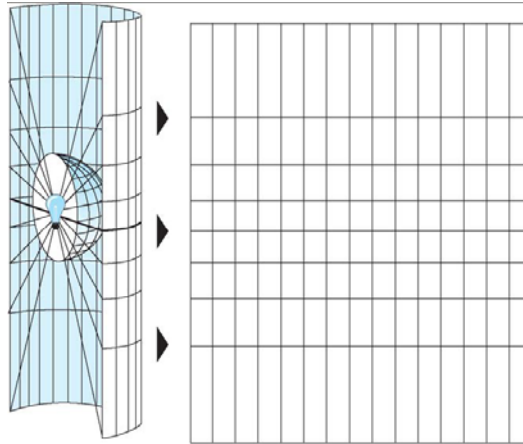


Figura 9: la graella d'un sistema de coordenades geogràfic projectada en una superfície de projecció cilíndrica.

El primer pas per a projectar superfície a un altre està en crear un o més punts de contacte. Cada contacte s'anomena punt (o línia) de tangència. Una projecció planar és tangencial al globus en un punt. Els cons tangencials i els cilindres toquen el globus al llarg d'una línia. Si la superfície de projecció encreua el globus en comptes de simplement tocar la seva superfície, la projecció que resulta és una secant. Tant si el contacte és tangencial o secant, els punts o les línies de contacte són significatius perquè defineixen localitzacions de distorsió zero. Aquestes línies d'escala veritable solen anomenar-se línies de referència. En contraposició, sol ser habitual que la distorsió augmenti amb la distància respecte al punt de contacte.

Moltes projeccions cartogràfiques comunes es classifiquen segons la superfície de projecció utilitzada: cònica, cilíndrica, o planar.

- **Projeccions còniques:** La projecció cònica més simple és tangencial al globus al llarg d'una línia de latitud (veure **Figura 10**). Aquesta línia s'anomena el paral·lel estàndard. Els meridians es projecten en la superfície cònica, reunits en l'apex, o punxa, del con. Les línies paral·leles de latitud es projecten en el con com anells. El con es 'talla' llavors al llarg de qualsevol meridià per produir la projecció cònica final, que té directament línies que convergeixen en meridians i arcs circulars concèntrics en paral·lels. El meridià davant la línia de tall es converteix en el meridià central. En general, com més ens allunyem del paral·lel estàndard, més augmenta la distorsió. Així, tallant la part superior del con es produeix una projecció més acurada, que és el que s'aconsegueix no utilitzant la regió polar de les dades projectades. Les projeccions còniques s'utilitzen per a zones de latitud mitja que tenen una orientació est - oest.

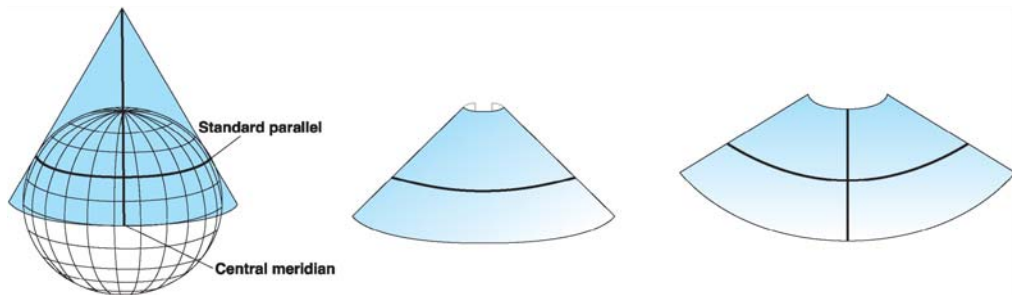


Figura 10: projecció cònica tangent

Les projeccions còniques una mica més complexes contacten amb la superfície del globus en dues localitzacions. Aquestes projeccions s'anomenen projeccions secants i són definides per dos paral·lels estàndards (veure **Figura 11**). És també possible definir una projecció de secant per un paral·lel estàndard i un factor de reducció. El patró de distorsió per a projeccions de secant és diferent entre els paral·lels estàndards que fora d'ells. Generalment, una projecció de secant té menys distorsió global que una projecció de tangent. En projeccions còniques encara més complexes, l'eix del con no està alineat amb l'eix polar del globus. Aquests tipus de projeccions s'anomenen obliqües.

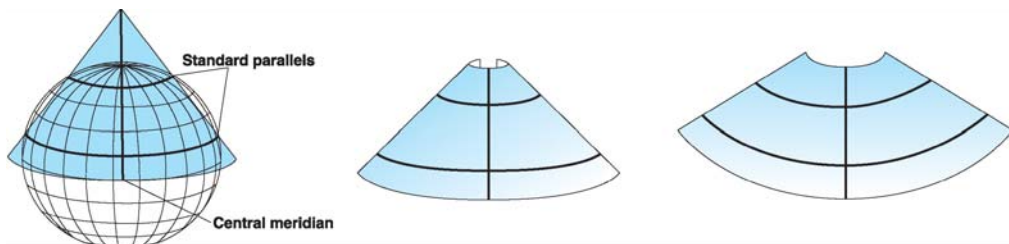


Figura 11: projecció cònica secant

La representació de trets geogràfics depèn de l'espaiat dels paral·lels. Quan estan igualment espaiats, la projecció és equidistant de nord cap a sud, però ni conforme ni d'àrea igual. Un exemple d'aquest tipus de projecció és la projecció Cònica Equidistant. Per a àrees petites, la distorsió global és mínima. En la Projecció Conforme Cònica de Lambert, els paral·lels centrals s'espaien més propers que els paral·lels prop de la vora, i les formes geogràfiques petites es mantenen tant per a mapes a petita escala com per a mapes a gran escala. En la projecció Albers d'àrea Igual Cònica, els paral·lels prop de les vores del nord i del sud són més propers que els paral·lels centrals, i la projecció mostra àrees equivalents.

- **Projeccions cilíndriques:** com les projeccions còniques, les projeccions cilíndriques també poden ser tangents o secants. La projecció de Mercator és una de les projeccions cilíndriques més comunes, i l'equador és normalment la seva línia de tangència. Els meridians es projecten geomètricament en la superfície cilíndrica, i es projecten matemàticament paral·lels. Això produeix angles en la graella de 90°. El

cilindre es 'talla' al llarg de qualsevol meridià per produir la projecció cilíndrica final. Els meridians s'espaien igualment, mentre que l'espaiat entre línies de latitud paral·leles augmenta cap als pols. Aquesta projecció és conforme i mostra direcció veritable al llarg de rectes. En una projecció de Mercator, les línies de rumb, línies de direcció constant, són rectes, però la majoria dels grans cercles no ho són.

Per a projeccions cilíndriques més complexes es fa rotar el cilindre, canviant així la tangent o línies secants. Les projeccions cilíndriques transverses com el Mercator Transvers utilitzen un meridià com a contacte tangencial o línies paral·leles als meridians com a línies secants. Les línies de referència, al llarg de les quals l'escala és veritable, corren llavors de nord a sud. Els cilindres oblics s'alternen al voltant d'un gran cercle situat a qualsevol lloc entre l'equador i els meridians (veure **Figura 12**). En aquestes projeccions més complexes, la majoria dels meridians i les línies de latitud no són ja rectes. En totes les projeccions cilíndriques, la línia de tangència o les línies secants no tenen cap distorsió i són així línies d'equidistància. D'altres propietats geogràfiques varien segons la projecció específica.

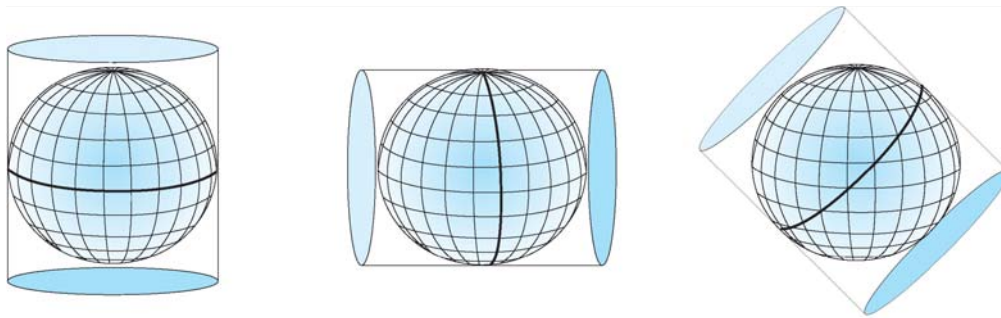


Figura 12: projeccions cilíndriques normal, transversal i obliqua

- **Projeccions planars:** les projeccions planars projecten les dades del mapa en una superfície plana tocant el globus. Una projecció planar és coneguda també com a projecció azimutal o una projecció zenital. Aquest tipus de projecció és normalment tangent al globus en un punt però també pot ser secant. El punt de contacte pot ser el Pol Nord, el Pol Sud, un punt en l'equador, o qualsevol punt entremig. Aquest punt especifica l'aspecte i és el focus de la projecció. El focus és identificat per una longitud i una latitud centrals. Els aspectes possibles són polars, equatorials i oblics (veure **Figura 13**). Els aspectes polars són la forma més simple. Els paral·lels de latitud són cercles concèntrics centrats en el pol i els meridians són rectes que s'encreuen amb els seus angles veritables d'orientació al pol. En altres aspectes, les projeccions planars tindran angles de graella de 90° al focus i les direccions des del focus són acurades.

Els grans cercles que passen a través del focus són representats per rectes. Així la distància més curta des del centre fins a qualsevol altre punt al mapa és una recta. Els patrons de distorsió de forma i àrea són circulars al voltant del focus. Per aquesta

raó, les projeccions azimuthals acullen regions circulars millor que les regions rectangulars. Les projeccions planars s'utilitzen més sovint per fer el mapa de regions polars.



Figura 13: projeccions planars polar, equatorial i obliqua

Algunes projeccions planars veuen la superfície des d'un punt específic en espai. El punt de vista determina com es projecten les dades esfèriques en la superfície plana. La perspectiva des de la qual es veuen totes les localitzacions varia entre projeccions azimuthals diferents. El punt de perspectiva pot ser el centre de la terra, un punt de la superfície directament oposat al focus, o un punt extern al globus, com si fos vist des d'un satèl·lit o un altre planeta.

Les projeccions azimuthals es classifiquen, en part, pel focus i, si és aplicable, pel punt de perspectiva. La projecció Gnomònica veu les dades de superfície des del centre de la terra, mentre que la projecció Estereogràfica les veu de pol a pol. La projecció Ortogràfica veu la terra des d'un punt infinit. L'ús d'una o altra determina les diferències en la quantitat de distorsió cap a l'equador (veure **Figura 14**).

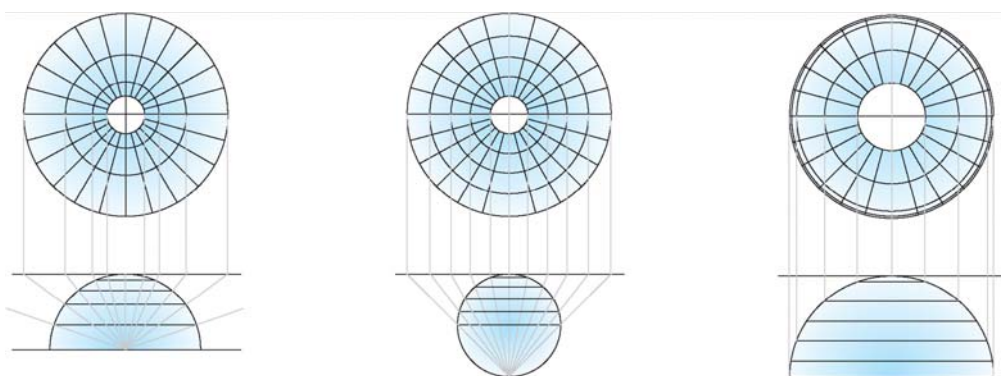


Figura 14: projeccions azimuthals gnomònica, estereogràfica i ortogràfica

- **Altres projeccions:** les projeccions que s'han comentat prèviament es creen conceptualment projectant una forma geomètrica (una esfera) a una altra (un con, un cilindre o un pla). Hi ha algunes projeccions que no es relacionen directament amb aquestes formes.

Les projeccions modificades són versions alterades d'altres projeccions (p. ex., la Mercator d'Espai Oblic és una modificació de la projecció de Mercator). Aquestes modificacions fan reduir la distorsió, sovint incloent-hi línies de referència addicionals o canviant el patró de distorsió.

Les pseudo-projeccions tenen algunes de les característiques d'una altra classe de projecció. Per exemple, la Sinusoïdal s'anomena una projecció pseudocilíndrica perquè totes les línies de latitud són rectes i paral·leles i tots els meridians s'espaien igualment. Tanmateix, no és veritablement una projecció cilíndrica perquè tots els meridians excepte el meridià central es torcen. Això ocasiona un mapa de la terra que té una forma ovalada en comptes d'una forma rectangular.

Unes altres projeccions s'assignen a grups especials com circular o estrella.

3.2.3 El sistema de projecció UTM⁸

El sistema de projecció UTM ha esdevingut amb el temps un dels més populars entre els usuaris dels SIG degut a que té una cobertura de gairebé tot el globus, amb l'excepció d'algunes regions properes als pols, i a que ofereix una gran facilitat d'ús i una distorsió mínima de les característiques geomètriques

El UTM és una aplicació especialitzada de la projecció Transversal de Mercator i, com aquesta, és una projecció cilíndrica conforme. Com totes les projeccions cilíndriques, presenta una estreta banda al llarg de la línia tangent en la que hi ha nul·la o molt poca distorsió. Normalment, aquesta zona s'estableix en l'equador, però en ser transversal, la zona de mínima distorsió es dona en el meridià central del mapa. Per a evitar els increments de distorsió en allunyar-se del meridià central, el globus es divideix en 60 zones longitudinals de 6 graus d'amplada i una projecció secant transversal de Mercator es construeix per a cadascuna d'elles. Amb això, cap zona està més enllà d'a 3 graus de distància del meridià central d'una zona UTM, pel que no hi ha gairebé distorsió en el mapa. A més, l'ús d'un pla secant a 180Km per cada banda del meridià central, en lloc de tangent en el mateix meridià, encara redueix més la distorsió prop dels extrems de les bandes de 6 graus.

Com que les coordenades UTM es repeteixen en cada zona, és necessari un sistema de referència que identifiqui la zona i les coordenades que s'hi contenen per a identificar únicament una localització particular. La xarxa de referència del sistema UTM, com es mostra en la **Figura 15**, es basa en quadrilàters de 6 x 8 graus:

⁸ UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR

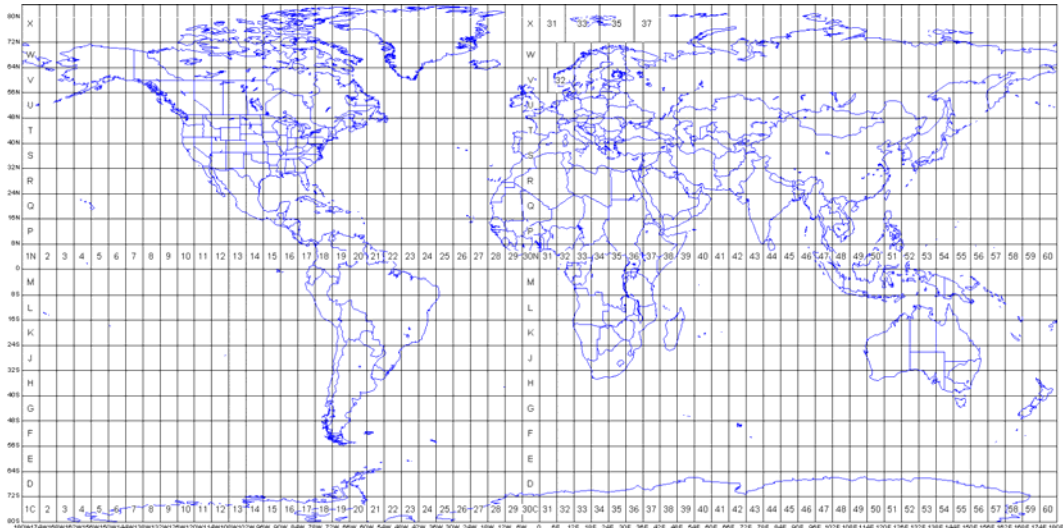


Figura 15: La xarxa de referència UTM

Les zones longitudinals de 6 graus es numeren d'1 a 60 des dels 180 graus oest fins als 180 graus est respecte al meridià de Greenwich. Les zones latitudinals de 8 graus s'identifiquen per les lletres de la C, al sud, fins a la X, al nord, i ometent les lletres O i I per a evitar confusions amb els números.

Cadascun dels quadrilàters de 6 x 8 graus es subdivideix en quadrats de 100 Km que s'identifiquen per un parell de lletres. Un cop dins de cadascun d'aquests quadrats, les posicions s'identifiquen per coordenades est i nord sempre positives, ja que s'usa un fals origen per a cada zona longitudinal. En lloc d'usar la intersecció del meridià central amb l'equador com a l'origen (0,0) de la graella UTM, l'origen es posiciona 500 Km a l'oest d'aquest. Això assegura que totes les coordenades est són positives ja que l'extrem esquerra de cada banda està a uns 333 Km del seu meridià central. A l'equador se li dona el valor 0 Km per a l'hemisferi nord i el 10000 Km per a l'hemisferi sud, assegurant-se de nou que totes les coordenades nord són positives. L'ús de coordenades est i nord sempre positives simplifica els càlculs basats en coordenades UTM.

L'el·lipsoide associat a aquesta projecció és el de Hayford, també anomenat Internacional de 1924. En el cas d'Espanya, el *datum* usat és el Datum Europeu que està ubicat a Potsdam, Alemanya.

3.3 L'escala d'un mapa

L'escala és la relació matemàtica que existeix entre les dimensions reals i les del dibuix que representa la realitat sobre un planell. Les escales s'escriuen 1:50.000 ó 1/50.000 (que es llegeix "ú a cinquanta mil") i, en aquest cas, significa que 50.000 unitats lineals del món real estan representades en el mapa com a una unitat. Aquestes unitats poden ser qualsevol mesura de longitud (quilòmetres, milles, etc.). És a dir, que un centímetre lineal en un mapa a aquesta escala equivaldria a 50.000 centímetres en el món real (500 metres o mig quilòmetre). Per a calcular la distància real, cal mesurar la distància en el mapa i multiplicar-la per l'escala. Per a passar de la distància real a la representació sobre el mapa, cal dividir-la per l'escala.

És important destacar que, si el que es vol mesurar són àrees de superfícies, cal tenir en compte la relació de l'àrea amb el producte dels cantons de l'àrea a calcular. Per exemple, un quadrat d'un centímetre de cantó en l'escala anterior està representat en la realitat per un quadrat de 50.000 centímetres de cantó, que és una superfície de 50.000*50.000 centímetres quadrats (250.000 metres quadrats o 0,25 quilòmetres quadrats).

En els mapes sol aparèixer una indicació de l'escala gràfica, que és un petit dibuix semblant a un regle graduat amb l'equivalència de la distància.

Les diferents escales ens permeten estudiar fenòmens diferents: a escales de 1:1.000 fins a 1:5.000 es poden estudiar objectes amb molt de detall (el plànol d'una casa, per exemple) i no és necessari aplicar cap projecció ja que a aquesta escala no s'adverteixen les distorsions provocades per la curvatura de la terra. Amb escales entre 1:5.000 i 1:20.000 podem representar carrers de ciutats, fins a 1:50.000 podem representar comarques i municipis, fins a 1:200.000 podem presentar regions, fins a 1:1.000.000 podem veure països i les seves divisions. A escales inferiors a 1:1.000.000 podem veure continents i fins i tot la terra sencera.

3.4 Formats de les dades

Una classificació bàsica de les tècniques de modelització geomètrica està basada en la representació interna de les dades. Els objectes topogràfics poden ser representats per dades *raster* o dades vectorials (veure **Figura 16**).

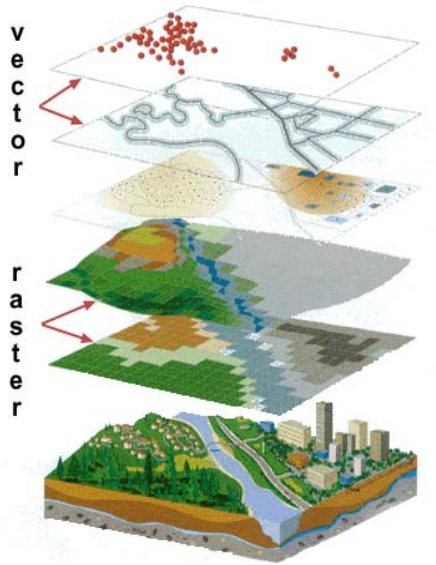


Figura 16: representacions *raster* i vectorial del món real.

3.4.1 El format *raster*

El format *raster* sol ser associat directament a imatges i s'obté quan s'escaneja un mapa o una fotografia, o quan s'obtenen imatges digitals obtingudes per escàners, imatges de satèl·lit, fotografia aèria o càmeres de vídeo, entre d'altres. En tots els casos s'obté un arxiu digital amb aquesta informació.

En el format *raster* la representació dels objectes està basada en els elements d'una matriu, en general de dues dimensions, que s'anomenen píxels. La geometria d'aquest tipus d'elements és donada pels índexs de fila i de columna d'aquest píxel, la posició del primer píxel (per exemple el de dalt a l'esquerra) de la matriu, i l'interval de la graella. En la **Figura 17** es mostra un cercle definit pels seus píxels individuals.

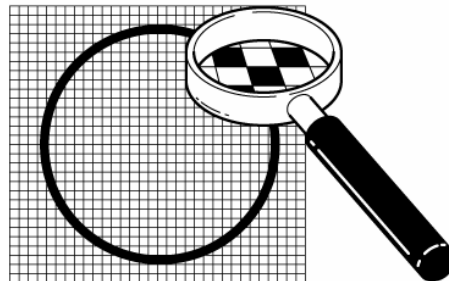


Figura 17: un cercle *raster* definit pels seus píxels individuals

Hi ja dues formes d'interpretar el significat d'un píxel en el model *raster*. Per una banda, el píxel pot ser considerat com un punt particular de la graella, limitat pels quatre píxels

adjacents que l'envolten o, des d'un altre punt de vista, el píxel pot ser considerat com una àrea rectangular en sí mateix.

El valor assignat al píxel descriu l'atribut temàtic del píxel (veure **Figura 18**) i els objectes topogràfics només poden ser representats per una sèrie de píxels adjacents amb atributs idèntics. Conseqüentment, la informació topològica està continguda només de forma implícita: la relació amb els punts adjacents només pot ser determinada comparant la diferència d'índexs i , per això, la manipulació d'objectes individuals en el model *raster* és molt difícil.

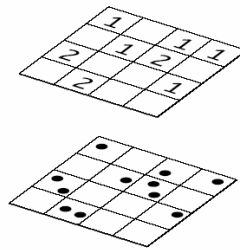


Figura 18: atributs temàtics assignats als píxels

En contraposició, l'estructura de les dades *raster* es simple, i les operacions que requereixen informació de cobertura de superfícies poden ser realitzades de forma senzilla. Això també és vàlid pel que fa a l'adquisició de dades que pot, per exemple, ser realitzada mitjançant imatges de satèl·lit. Aquests beneficis, però, es contrasten amb l'enorme cost en l'espai requerit per al seu emmagatzematge i per l'elevat cost de computació que requereixen certes tasques com són les transformacions geomètriques.

3.4.2 El format vectorial

La informació gràfica en aquest tipus de formats es representa internament per mitjà de segments orientats de rectes o vectors. La captura de la informació en el format vectorial es fa per mitjà de taules digitalitzadores, convertidors de format *raster* a format vectorial, sistemes de posicionament global (GPS), entrada de dades alfanumèrica, entre d'altres.

La representació dels objectes està basada en diferents punts descrits per les seves coordenades en el sistema de referència i les seves relacions topològiques, especialment les línies (connexions de dos punts) i les superfícies (representades per encadenaments tancats de línies). D'aquesta manera un mapa queda reduït a una sèrie de parells ordenats de coordenades, utilitzats per a representar punts, línies i superfícies. Per exemple, en la **Figura 19** es mostra com el cercle anterior es pot representar amb el seu centre i el seu radi.

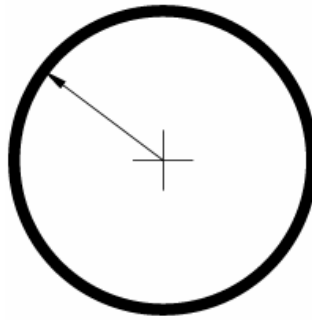


Figura 19: un cercle vectorial definit amb el seu centre i el seu radi

Les representacions vectorials són molt compactes i, conseqüentment, no requereixen gaire espai en disc. A més, certes operacions, com les transformacions geomètriques o la visualització, poden ser realitzades molt ràpidament. En canvi, en algunes situacions, com pot ser la unió de capes temàtiques, cal aplicar algorismes més complexos que els que cal aplicar amb dades *raster* en una simple graella.

3.4.3 Avantatges i inconvenients

La taula mostra, de forma esquemàtica, els avantatges i inconvenients de cadascun dels dos formats per a diferents usos [2]:

Ús	<i>raster</i>	vectorial
Precisió gràfica	X	✓
Cartografia tradicional	X	✓
Volum de dades	X	✓
Topologia	X	✓
Operacions de càlcul	✓	X
Actualització	✓	X
Variació espacial contínua	✓	X
Integració	✓	X
variació espacial discontinua	X	✓

3.4.4 Formats d'arxiu estàndard

El terme format d'arxiu es refereix a l'estructura lògica usada per a emmagatzemar informació en un fitxer. Els formats de fitxer són importants principalment perquè no tots els programaris suporten tots els formats. Si es disposa d'un fitxer en un format que el

programari no suporta, caldrà trobar una forma de transformar-lo, trobar un altre fitxer equivalent o usar un programari diferent que si que el suporti.

Gairebé tots els SIG tenen el seu format d'arxiu intern. Aquests formats estan optimitzats per a ser usats en aquests GIS i solen ser formats propietaris, no dissenyats per a ser usats en altres sistemes. Molts sistemes incorporen, addicionalment, formats d'arxius d'intercanvi que permeten transferir dades entre diferents aplicacions. Aquests formats estan dissenyats per a exportar i importar dades de diferents programaris, pel que estan estandarditzats i ben documentats.

Cal destacar que Geomedia Professional 6.0 usa un format natiu d'arxiu anomenat *geoworkspace* (GWT) que, en realitat, no conté informació ni geogràfica, ni d'atributs ni de visualització. Els *geoworkspaces* defineixen l'espai de treball d'un projecte així com les connexions a diferents magatzems de dades en els seus formats nadius, com són els ESRI *shapefiles*, els DXF d'Autodesk, les bases de dades Microsoft Access, entre d'altres.

3.4.4.1 Formats Raster

Els fitxers *raster* són usats habitualment per a emmagatzemar imatges, com són els mapes en paper escanejats o les fotografies aèries. Les imatges obtingudes des d'aquests sistemes solen ser anomenades informació d'adquisició remota i, a diferència dels fitxers *raster* usats en disseny, que expressen la seva resolució en termes de mida en píxels i punts per polzada, la resolució de les imatges obtingudes per adquisició remota s'expressa en metres, que indiquen la mida de l'àrea representada per cada píxel del fitxer.

Els fitxers raster es solen caracteritzar pels bits per píxel suportats, que sol indicar el nombre de valors possibles que poden ser assignats a un píxel. En general, aquests valors solen indicar el nombre colors possibles en una representació gràfica del fitxer raster.

Per altra banda, amb l'objectiu de minimitzar els requeriments d'espai necessaris per a emmagatzemar aquestes dades, els fitxers raster poden incorporar algun mètode de compressió en els seus algoritmes de tractament. Aquests mètodes de compressió poden ser *lossless*, o sense pèrdua, que comprimeixen les dades sense alterar-ne el seu contingut, o *loosy*, amb pèrdua, que modifiquen les dades en major o menor grau per a aconseguir un grau de compressió superior. L'ús d'aquests mètodes de compressió amb pèrdua sol ser desaconsellable per a fitxers *raster* que requereixin un processament matemàtic posterior, però són adequats per a la visualització d'imatges, on l'ull humà és

sovint incapaç d'apreciar-ne la disminució de qualitat si el nivell de compressió és moderat (veure **Figura 20**).



Figura 20: comparació entre les compressions lossless i lossy

Alguns dels formats *raster* més habituals en els SIG es descriuen a continuació:

Digital Elevation Model (DEM): el format DEM és un format *raster* usat per l'USGS (*US Geological Survey*) per a registrar la informació d'elevació. A diferència d'altres formats de fitxer *raster*, les cel·les no representen valors de nivell de color, sinó l'elevació dels punts de la superfície de la terra.

PC Paintbrush Exchange (PCX): el format PCX és un format *raster* molt comú produït per molts escàners i aplicacions gràfiques. Ofereix compressió sense pèrdua i d'1 a 24 bits per píxel.

Tagged Image File Format (TIFF): com el PCX, el format TIFF és un format d'arxiu molt comú produït per molts escàners i aplicacions gràfiques. Els arxius TIF acompanyats per un fitxer FTW (*world header file*) són imatges georeferenciades. Suporten, en les seves diferents versions, compressió sense o amb pèrdua i d'1 a 32 bits per píxel.

Windows Bitmap (BMP): és un format *raster* usat habitualment per molts programes de Microsoft Windows, així com el mateix sistema operatiu mateix. Suporta compressió sense pèrdua i d'1 a 24 bits per píxel.

Graphics Interchange Format (GIF): el format GIF és usat molt habitualment en les planes web. Suporta només 8 bits per píxel (256 colors) pel que cal fer una reducció de color si s'usa per a imatges fotogràfiques en color. Usa compressió sense pèrdua mitjançant l'algorisme LZW (*Lempel-Ziv-Welch*), que ha limitat en alguns casos l'ús d'aquest format d'arxiu degut als drets de patent d'aquest algorisme.

Portable Network Graphics (PNG): és un format d'imatges amb compressió sense pèrdua i profunditats de colors d'1 a 48. Va ser dissenyat per a reemplaçar al GIF en la web, ja que usa algorismes de compressió lliures de patents.

Joint Photographic Experts Group (JPEG/JPG): és un format d'imatges usat extensament per a fotografies i altres imatges de to continu en la web. Usa compressió amb pèrdua equalitzant blocs de 8 per 8 píxels i la seva qualitat pot ser molt variable segons el nivell de compressió usat.

3.4.4.2 Formats vectorials

La major part de les eines SIG estan basades en tecnologia vectorial, pel que els formats vectorials són els més habituals. També són els més complexos perquè hi ha moltes formes d'emmagatzemar les coordenades, atributs, vincles de dades, estructures de dades i la informació a visualitzar. Alguns dels formats usats més habitualment en els SIG es descriuen a continuació:

ESRI Shape Format (SHP): el format de fitxers ESRI *Shape* és un format vectorial creat pel *Environmental System Research Institute*. Els fitxers SHP suporten punts, multi-punts, polígons, polilínies, i multi-*patches*. No suporten capes, agrupaments d'objectes ni inclusió d'objectes *raster*. Entre els seus avantatges està una gran velocitat de visualització i una capacitat d'edició superior a d'altres formats. El format SHP està suportat nativament pels programaris GIS Arc Explorer 2.0 i ArcView, però està molt establert en el mercat i molts sistemes GIS, entre d'ells Geomedia Professional 6.0, permeten llegir-ne el seu contingut. Cal destacar que un fitxer en format ESRI *Shape* està compost realment per tres arxius: un fitxer principal SHP, un arxiu d'índex SHX i un arxiu de dades DBF compatible amb les eines de gestió de bases de dades més habituals.

AutoCAD® Drawing Files (DWG): és el format intern i propietari usat pel programari AutoCAD®, que és una eina de disseny assistit per ordinador (CAD). Encara que és un format propietari, moltes altres eines suporten aquest format i, a més, AutoCAD permet convertir qualsevol d'aquests arxius al format d'intercanvi DXF (descriu més avall) sense pèrdua d'informació.

Autodesk Data Interchange File (DXF): és probablement el més estès entre els formats d'intercanvi de dades vectorials, i un arxiu en format DXF ofereix molts avantatges: conté un gran conjunt d'informació gràfica i gairebé tots els programes gràfics poden llegir-lo. En canvi, degut a les diferents versions existents i a les diverses formes d'emmagatzemar informació d'atributs en el format DXF, perquè no

hi ha estàndards d'atributs, molts programes que permeten llegir arxius DXF no importen correctament la informació d'aquests atributs.

MapInfo® (MIF/MID/MAP): el format MIF/MID és el format d'intercanvi estàndard usat pel programari de la MapInfo Corporation. El format conté simultàniament els tres tipus d'informació: geogràfica, atributs i visualització. A més, existeix el format MAP, usat internament per MapInfo com a format propietari i que no sol ser usat per altres eines.

MicroStation Design Files (DGN): és el format intern usat per l'eina CAD Microstation de la companyia Bentley Systems Inc. Està ben documentat i estandarditzat, pel que també és habitual usar-lo com format d'intercanvi. Els fitxers DGN contenen informació de visualització detallada i permeten enllaçar els elements amb els atributs en fitxers de base de dades externs.

Els següents són d'altres formats vectorials usats genèricament per programes de disseny per a desar elements gràfics:

PostScript (PS/EPS): es un format genèric de representació de pàgines en format vectorial que va ser creat per Adobe. El format PS és suportat per moltes impressores làser. El format EPS o Encapsulated PostScript permet representar gràfics simples en lloc de representar conjunts complets de pàgines.

Windows Metafile (WMF/EMF): emmagatzema gràfics vectorials com una seqüència de comandes a ser representades pel motor gràfic de Microsoft Windows. El format EMF és una versió millorada del primer, suportada en Windows NT i sistemes posteriors.

Scalable Vector Graphics (SVG/SVGZ): format gràfic vectorial basat en XML definit pel World Wide Web Consortium per a ser usat en navegadors web.

3.5 Serveis cartogràfics en línia

S'introdueixen en aquest apartat unes planes web que, per la seva transcendència en la realització d'aquest projecte, s'han considerat importants. Aquestes planes són la de l'Institut Cartogràfic de Catalunya i la de l'*Asociación Española de Sistemas de Información Geogràfica*.

3.5.1 L'Institut Cartogràfic de Catalunya⁹

L'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC) és una entitat pública de la Generalitat de Catalunya adscrita al Departament de Política Territorial i Obres Públiques, que te la finalitat de dur a terme els estudis i la producció cartogràfica i geològica de Catalunya, i preocupar-se de disposar d'una cartografia de qualitat que permeti la planificació i el suport de les diferents actuacions territorials. Per tal de portar a terme aquests objectius incorpora les noves tecnologies i tècniques de treball necessàries en el camp de la producció cartogràfica. L'equip humà és format per experts especialistes en cartografia, fotogrametria, geodèsia, geologia, sistemes d'informació geogràfica, teledetecció i altres ciències de la geomàtica.

Història

L'ICC es va crear mitjançant la Llei 11/1982, de 8 d'octubre, del Parlament de Catalunya, com a organisme autònom comercial, industrial i financer de la Generalitat de Catalunya. Actualment, des de l'11 de juny de 1997, i segons la Llei 6/1997 del Parlament de Catalunya, és una entitat de dret públic de la Generalitat de Catalunya.

L'any 1995, l'ICC va assumir la gestió del Servei Geològic de Catalunya, unitat que anteriorment estava adscrita a la Secretaria General del Departament de Política Territorial i Obres Públiques.

Actualment, després de més de 20 anys d'experiència, l'ICC és una entitat madura i sòlida. La seva tasca és reconeguda per la comunitat cartogràfica internacional, on el mateix ICC participa activament. La seva situació actual es deu a una adequada planificació estratègica, a una autonomia administrativa i d'acció, i a la utilització de tecnologia avançada, que són els tres puntals on es recolza la producció tecnològica dels temps actuals.

Activitats

Les activitats productives de l'ICC es planifiquen i coordinen a partir de programes de productivitat a mitjà i a curt termini, cosa que permet un seguiment sistemàtic de les actuacions que es porten a terme i incorporar nous projectes en la programació.

Entre aquestes activitats en destaquen les següents:

- Captura primària de dades.
- Normativa i disseny cartogràfic.
- Bases de dades geocartogràfiques.
- Delimitació territorial.

⁹ La seva plana web és <http://www.icc.cat>

- Cartografia automàtica.
- Teledetecció i procés d'imatge.
- Sistemes d'informació geogràfica.
- Geologia i geofísica.
- Cartoteca de Catalunya.

Productes

La producció cartogràfica de l'ICC es pot classificar en les categories següents:

- Cartografia topogràfica.
- Cartografia ortofotogràfica i d'ortoimatge.
- Cartografia temàtica.
- Atles.
- Publicacions bibliogràfiques i periòdiques.
- Fotografia aèria.

3.5.2 L'AESIG

L'Associació Espanyola de Sistemes de Informació Geogràfica¹⁰ neix el 1989 amb els següents objectius:

- Promoció de la Tecnologia SIG: promocionar la introducció, ús i desenvolupament de les tecnologies de la informació geogràfica.
- Fòrum de Debat: servir de Fòrum de Debat i d'intercanvi entre individus, grups i organitzacions, usuaris o subministradors de les esmentades tecnologies
- Normalitzar els SIG: establir i normalitzar una tecnologia comú
- SIG i les institucions: col·laborar amb les organitzacions públiques i privades dedicades als SIG.
- Promoció SIG: promocionar, representar i defensar els interessos del sector SIG
- Afavorir I+D SIG: estimular la investigació i el desenvolupament tecnològic.

Alguns dels seus socis institucionals més importants són alguns ajuntaments de municipis catalans, l'Oficina Tècnica de Cartografia i SIG Local de la Diputació de Barcelona, la Universitat Autònoma de Barcelona, la Universitat de Girona, la Universitat de Lleida, l'Institut Cartogràfic de Catalunya i l'ATM (Autoritat del Transport Metropolità).

En la plana web de l'AESIG podem trobar Informació del sector dels SIG, amb articles i col·laboracions tècniques dels socis, notícies, planes Web d'interès, oferta formativa

¹⁰ La seva plana web és <http://www.aesig.org>

(Cursos, Congressos, Seminaris, etc.), anuncis de llançament de nous productes, informes sobre Projectes, situació i tendències del mercat, entre d'altres.

A més, ofereix als socis una eina de contacte entre ells, una Borsa de Treball i descomptes en les activitats realitzades i en la compra de programari GIS.

Cal destacar finalment que, degut als seus orígens, l'AESIG té una Secció Catalana de l'AESIG amb informació més propera al context que ens ocupa en aquest projecte.

3.6 *El programari Geomedia professional v 6.0*

3.6.1 Descripció

Geomedia Professional 6.0 és una aplicació SIG de la companyia Intergraph usada per a construir i mantenir dades geoespacionals usant bases de dades relacionals estàndard, i oferint eines d'edició d'altra productivitat que acceleren la implementació de bases de dades geoespacionals.

Geomedia Professional 6.0 és l'eina que lidera la plataforma Geomedia, que proveeix flexibilitat, interoperabilitat, una arquitectura oberta i adherida als estàndards de la indústria. Geomedia Professional 6.0 inclou totes les poderoses eines de Geomedia per a la integració, anàlisi i presentació.

3.6.2 Funcions específiques

- **Captura i manteniment de dades:** Geomedia Professional 6.0 ofereix un conjunt d'eines i utilitats dissenyades per a incrementar la productivitat en la captura, digitalització i edició de les dades. A més, permet l'ús de bases de dades estàndard en el mercat, com Oracle[®], Microsoft[®] SQL Server i Microsoft[®] Access per a emmagatzematge i edició de dades en temps real.

Es permet la integració de múltiples formats de dades espacionals en una mateixa visualització, incloent els estàndards de l'*Open Geospatial Consortium (OGC[™])*, així com importar i exportar arxius en els formats vectorials estàndard més usats en el mercat.

- **Anàlisi de dades:** Disposa d'un complet conjunt de eines que permeten l'anàlisi de dades entre diferents bases de dades geoespacionals, independentment del seu format natiu, i que permeten combinar múltiples operacions en un únic model d'anàlisi per a resoldre consultes espacionals complexes.

Permet experimentar amb diferents tipus d'anàlisi visualitzar-ne els resultats immediatament, usant poderoses capacitats d'anàlisi i consulta de bases de dades.

- **Presentació de dades:** disposa d'eines que permeten definir flexiblement la visualització de les dades i dels mapes segons les necessitats de cada cas, així com generar mapes cartogràfics d'alta qualitat ràpidament i en un entorn d'usuari àgil i potent.
- **Programació:** permet usar les possibilitats de les darreres les eines de desenvolupament d'alta productivitat estàndards en el mercat com són PowerBuilder, Delphi i tots els llenguatges del Visual Studio .NET. Ofereix una interfície de programació extensa, que inclou serveis específics de captura i edició de dades per al desenvolupament de controls personalitzats, i que permet ampliar el conjunt d'eines disponibles en Geomedia Professional 6.0.

3.7 *El Sistema de Posicionament Global (GPS)*

El Sistema de Posicionament Global (habitualment anomenat sistema GPS) és un sistema de navegació basat en satèl·lit construït a partir d'una xarxa de 24 satèl·lits situats en òrbita pel Departament de Defensa dels Estats Units. El sistema GPS va ser concebut originalment per a aplicacions militars però, a la dècada dels 80s, el govern dels Estats Units va fer disponible el sistema per a ús civil.

El sistema GPS funciona en qualsevol condició meteorològica, en qualsevol punt del món, 24 hores al dia, sense tarifes de subscripció ni cost pel seu ús.

3.7.1 **Com funciona el sistema GPS?**

El sistema GPS es compon de tres elements (veure **Figura 21**):

- **El segment espacial:** aquest té 24 satèl·lits en òrbita que donen la volta completa a la Terra dos cops al dia. Aquests satèl·lits estan endreçats en 6 plans orbitals a una alçada de 20.200 Km i amb una inclinació de 55° respecte de l'equador. Habitualment hi ha de 8 a 12 satèl·lits visibles des de qualsevol punt de la terra.

Cada satèl·lit conté un rellotge atòmic de rubidi per a representar, entre ells, una mesura estàndard extremadament acurada de l'hora per a sincronització en qualsevol punt de la terra. Cada satèl·lit transmet una senyal d'espectre difós que conté una senyal BPSK (Bi-Phase Switched Keyed) en les que els 1 i els 0 es

representen per la fase invertida de la portadora. Aquest missatge és transmès en la freqüència L1 (1575,42MHz) a un ritme de 50 bits per segon. El missatge es repeteix cada 30 minuts i s'anomena senyal C/A (Coarse Acquisition).

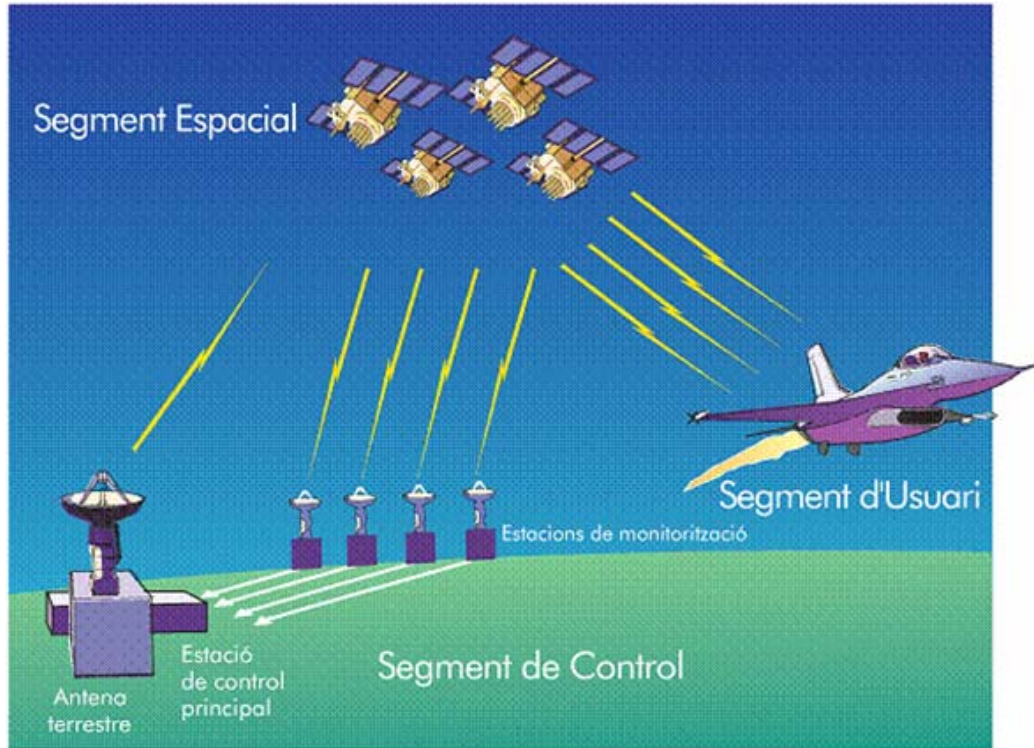


Figura 21: diagrama dels elements del sistema GPS

Aquest missatge conté dos elements importants, l'*Almanac* i l'*Ephemeris*: l'*Almanac* conté informació sobre els satèl·lits en la constel·lació i l'*Ephemeris* conté informació recent de la constel·lació i del satèl·lit que l'envia. Aquesta informació s'actualitza regularment des d'estacions terrestres que monitoritzen el sistema, tot i que aquesta informació és vàlida per a prop d'un any.

Finalment, els satèl·lits també envien altres senyals xifrades, el codi P i el codi Y, transmèses en les freqüències L1 i L2, que són usades per a aplicacions militars i permeten obtenir una localització més precisa.

- **El segment de control:** aquest està compost per les estacions GPS terrestres que monitoritzen les senyals dels satèl·lits i els transmet cada quatre hores les modificacions a l'*Almanac* i a l'*Ephemeris* així que van succeint els petits canvis en les òrbites i en la natura de la ionosfera, etc. També monitoritza els rellotges dels satèl·lits i transmet les correccions per a aquests i altres paràmetres necessaris per a mantenir la precisió del sistema.

- **El segment d'usuari:** de la informació transmesa per l'*Ephemeris* i l'*Almanac* el receptor GPS pot determinar quant de temps ha trigat la senyal en arribar a ell. Aquest temps és proporcional a la distància que la senyal viatja des del satèl·lit de forma que pot ser usada per a determinar un arc en el que el receptor es troba. Calculant el punt d'intersecció d'un nombre d'aquests arcs derivats de diferents satèl·lits proporciona la posició del receptor en la superfície de la terra (veure **Figura 22**).

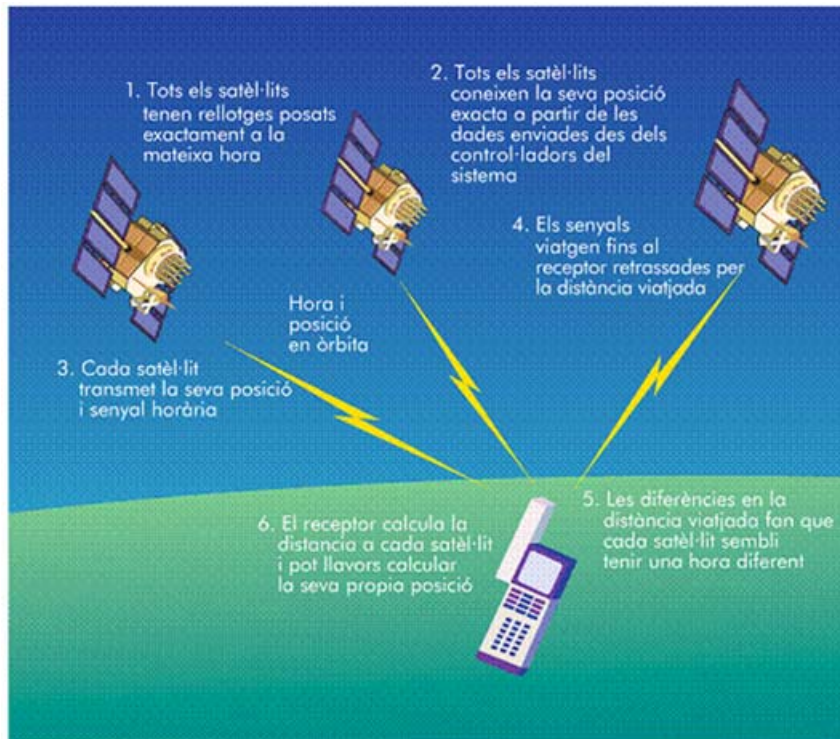


Figura 22: esquema de funcionament del sistema GPS

Les distàncies calculades a partir de les dades rebudes del satèl·lit GPS s'anomenen *pseudo-distàncies*, ja que la imprecisió del rellotge del receptor indueix un error significatiu. Aquest error fa que els arcs representats per cada satèl·lit no es creuin en un punt. Si es disposa de quatre satèl·lits, aquest error pot ser calculat i corregit. Això és el que s'anomena una correcció 3d i permet, addicionalment, el càlcul de l'alçada del receptor per sobre la superfície imaginària de la terra. Sense la informació d'alçada addicional i usant només 3 satèl·lits una solució aproximada pot ser determinada per a objectes en la superfície de la terra introduint en els càlculs un model de la superfície de la terra. Aquesta correcció és la que s'anomena correcció 2d. Finalment, i tenint en compte que el sistema GPS realitza els càlculs de posicions respecte al *datum* WGS84, alguns GPS incorporen algoritmes per a convertir aquestes coordenades a d'altres referències locals per a obtenir precisament les posicions relatives en mapes cartogràfics particulars.

3.7.2 La precisió del sistema GPS?

Les senyals dels satèl·lits disponibles per a ús comercial s'anomenen codis C/A (*Coarse Acquisition*). Els satèl·lits transmeten també senyals per a ús en aplicacions militars. Aquestes senyals s'anomenen senyals P-Code (Codi Privat) i són transmises usant una modulació diferent i, a més, estan encriptades.

En abril de l'any 2000, el govern dels Estats Units va eliminar l'Accés Selectiu (SA) del codi C/A. El SA era un error afegit en els temps dels rellotges dels satèl·lits que s'incorporava en l'*Ephemeris*. Això va millorar directament la precisió del sistema des dels 50 metres fins al voltant de 10 metres. Sense el SA, la precisió del sistema GPS està limitada pels canvis en la velocitat de les ones de radio que viatgen a través de les diferents parts de la ionosfera.

Alguns mètodes s'han dissenyat per a millorar aquesta precisió però s'han tornat redundants degut a la millora en precisió obtinguda de la supressió del SA. Aquestes són algunes de les que encara es poden trobar:

Correcció diferencial: una referència fixa, posicionada de forma precisa, transmet als receptors GPS locals les correccions a la seva posició calculada basat en l'error conegut rebut en l'estació base. Els serveis de correcció diferencial comercials es transmeten mitjançant serveis de satèl·lit i com a servei RDS des de l'emissió de ràdio FM. Els emissors de la guarda costera envien senyals de correcció diferencial per als vaixells i, en ser emeses en una freqüència curta, tenen rangs que cobreixen grans àrees i múltiples països.

La correcció diferencial inversa pot utilitzar-se, per exemple, en sistemes de localització de vehicles. En aquests casos, els vehicles transmeten a l'estació base les distàncies als satèl·lits calculades amb error i l'estació base aplica la correcció diferencial per a corregir aquestes distàncies i obtenir la posició correcta dels vehicles.

WAAS¹¹, EGNOS i MSAS: aquest sistema es basa en la senyal transmesa per satèl·lits geostacionaris addicionals que es comporten com satèl·lits GPS. Aquests satèl·lits transmeten en la mateixes freqüències les correccions als errors associats a la variació de la velocitat de les senyals en travessar la ionosfera. Aquestes correccions es mesuren i actualitzen regularment des de diferents estacions terrestres d'arreu del món. El sistema WAAS cobreix Nord Amèrica i va ser implantat per la *Civil Aviation Authority* per a la navegació de tràfic aeri en aquesta zona. Existeix un sistema similar disponible per a Europa i Rússia anomenat EGNOS, i un altre per a Japó i Austràlia anomenat MSAS. Tots junts componen un sistema de correcció global. Ara que el SA ha estat eliminat, la

¹¹ Wide Area Augmentation Signal: senyal d'amplificació d'àrea ample.

seva principal funció és informar de forma immediata de les disfuncions en el sistema GPS de forma que els controladors aeris no usin dades imprecises sense saber-ho.

3.7.3 Alternatives al sistema GPS

Alternativament al sistema GPS descrit anteriorment, existeixen d'altres sistemes de posicionament que es descriuen a continuació.

3.7.3.1 El sistema de posicionament Galileo

El sistema de posicionament Galileo és un sistema de navegació per satèl·lit proposat per la Unió Europea com a una alternativa al sistema GPS (controlat per la defensa dels Estats Units) i el sistema rus GLONASS. El sistema hauria d'estar operatiu al voltant del 2010, dos anys més tard del previst.

El sistema de posicionament Galileo, que obté el seu nom de l'astrònom italià Galileo Galilei, està previst que proporcioni:

- Major precisió que la disponible actualment per a tots els usuaris
- Millor cobertura de la senyal dels satèl·lits a latituds elevades de la que es puguin beneficiar els països del nord d'Europa.
- Un sistema de posicionament que els europeus puguin usar fins i tot en temps de guerra o de desacords polítics.

Les característiques del sistema Galileo són les següents:

Satèl·lits:

- 30 satèl·lits
- Alçada orbital: 23222 Km
- 3 plans orbitals a 56° respecte l'equador (9 satèl·lits operatius i un de reserva per cada pla orbital)
- Vida útil > 12 anys
- Pes: 675 Kg
- Dimensions: 2,7 m * 1,2 m * 1,1 m
- Amplada dels panells solars: 18,7 m
- Potència dels panells solars: 1500 w

Serveis: S'oferiran quatre tipus de serveis de navegació:

- L'*Open Service* (OS) serà d'accés lliure per a qualsevol usuari. Les senyals del OS s'emeten en dues freqüències, a 1164-1214 MHz i a 1563-1591 MHz. Els receptors podran obtenir una precisió per sota dels 4 metres horitzontalment i per sota dels 8 metres verticals si s'usen les dues bandes de l'OS. Els receptors que usin una sola freqüència podran aconseguir precisions inferiors als 15 metres horitzontals i als 35 metres verticals, comparables al que el servei GPS C/A ofereix avui en dia.
- El *Commercial Service* (CS) serà xifrat i estarà disponible a canvi d'una quota i oferirà una precisió per sota de 1 metre. El CS pot ser complementat addicionalment per estacions terrestres per a aconseguir precisions inferiors a 10 centímetres. Aquesta senyal usarà les dues freqüències de l'OS i, a més, la de 1260-1300 MHz.
- El *Public Regulated Service* (PRS) i el *Safety of Life Service* (SoL) oferiran una precisió comparable a la de l'OS. El seu objectiu és oferir un servei més robust contra les interferències i permetre detectar problemes en el servei en menys de 10 segons. Aquests serveis estan orientats a autoritats civils (policia, militar, etc.) i a transports de seguretat crítica (control aeri, aterratge automàtic d'avions, etc.), respectivament.

Adicionalment, els satèl·lits Galileo, seran capaços de detectar i reenviar senyals de les balises de recerca i rescat COSPAS-SARSAT en les freqüències de 406,0 i 406,1 MHz, pel que formaran part del sistema de seguretat marítim *Global Maritime Distress Safety System*.

3.7.3.2 El sistema GLONASS

El sistema GLONASS (*GLObal NAVigation Satellite System*) és un sistema de navegació per satèl·lit rus operat per les *Russian Space Forces*.

A la seva màxima eficiència, quan es disposa de quatre satèl·lits simultanis, el servei ofereix una precisió de posicionament horitzontal i vertical d'uns 57 i 70 metres, respectivament. També permet mesurar la velocitat amb una precisió d'uns 15 cm/s i sincronitzar dispositius amb un error inferior a 1 µs,. Una senyal més precisa (anomenada *precisió* o P(Y)) està disponible també per als serveis militars russos.

Com en el sistema GPS, el nombre de satèl·lits de la constel·lació GLONASS és de 24 (21 operatius en tres òrbites i 3 de reserva). Els tres plans orbitals estan inclinats 45° respecte a l'equador i estan separats 120° entre ells. Orbiten a 19.100 Km (sensiblement per sota dels satèl·lits GPS) i cadascun d'ells completa una òrbita en 11 hores i 15

minuts. La seva distribució assegura la disponibilitat de 5 satèl·lits en qualsevol punt del planeta en qualsevol moment.

Degut a la situació econòmica de Rússia, hi havia només 8 satèl·lits en operació a l'abril del 2002, pel que el sistema era gairebé inusable com a ajuda per a la navegació. Des de llavors el nombre de satèl·lits s'ha anat incrementant fins als 12 actuals. Després d'un acord amb la Índia per al desenvolupament i llançament dels satèl·lits, està previst disposar de 18 satèl·lits en el 2008 per a donar cobertura al territori rus i de 24 satèl·lits en el 2010 per a una cobertura global.

3.7.4 Format de transmissió de dades dels GPS

La major part dels dispositius GPS usen el estàndard NMEA (*National Marine Electronics Association*). Aquest estàndard va ser dissenyat per a equipaments marítims i permet transmetre informació sobre múltiples paràmetres addicionals a la posició.

En la versió més usada del estàndard NMEA (1083), només un 10 per cent dels tipus d'informació i de les sentències estan relacionades amb la posició. Les més de 70 sentències restants inclouen altres tipus d'informació, com la direcció i velocitat del vent, la profunditat del mar, la temperatura de l'aigua, la velocitat, la distància, el pilot automàtic i el radar.

Un exemple d'una comunicació NMEA podria ser similar al següent exemple:

```
$IIAPB,A,A,0.68,L,N,,,236.5,T,WP07,236.5,T,236.5,T*39
$IIBWC,140000.00,5410.000,N,01300.057,E,236.5,T,236.5,M,5.7,N,WP07*3D
$IIDBT,66.0,f,20.0,M,8.7,F*1C
$IIIGA,140010.00,0127.013,S,04831.001,W,1,07,1,0,M,,,,*2C
$IIIGL,0127.013,S,04831.001,W,140010.00,A*11
$IIIGS,,3,20,11,07,01,25,14,04,,,,,,,,,1,*79
$IIIGSV,2,1,24,20,75,255,43,11,55,150,46,07,37,288,39,01,28,193,48*6F
$IIHDM,9.4,M*2F
$IIHDT,11.9,T*1B
$IIIMTW,10.0,C*12
$IIIMWV,357.7,R,20.3,N,A*0A
$IIIMWV,1.3,T,14.0,N,A*0C
$IIRMA,A,0127.013,S,04831.001,W,,,4.61,7.7,1,E*49
$IIRMB,A,0.68,L,WP07,WP06,5410.000,N,01300.057,E,5.7,236.5,4.5,*79
$IIRMC,140010.00,A,0127.013,S,04831.001,W,4.61,7.7,110204,1,E,A*0A
$IIVHW,11.9,T,9.4,M,6.3,N,12.3,K*54
$IIVLW,1500.0,N,1500.0,N*4D
$IIVWR,14.2,R,20.3,N,10.2,M,39.6,K*40
$IIVWT,10.6,L,14.0,N,7.0,M,27.3,K*62
$IIIXTE,A,A,0.68,L,N*77
```

Com es pot veure, cada sentència comença amb un signe \$ seguit per un identificador *talker* de dos caràcters. Un *talker* és un codi per a l'equipament que proporciona la seqüència de dades. En aquest cas, II significa Instrumentació Integrada. Uns altres *talkers* habituals són GP per al GPS, AP per al pilot automàtic, SD per a la sonda de profunditat i HC per a la brúixola magnètica. Els següents tres caràcters són la

identificació de la sentència i van seguides per un nombre d'elements de dades (separats per comes) específics de la sentència. A més, cada sentència incorpora al final un codi de validació *checksum* (després del caràcter asterisc [*] de cada línia). Els identificadors de sentència trobats en l'exemple anterior són els següents:

- APB: auto pilot sentence (B) (sentència de pilot automàtic)
- BWC: bearing and distance to waypoint (direcció i distància a destí)
- DBT: depth below transducer (transductor de profunditat)
- GGA: GPS fix data (dades de GPS fix)
- GLL: geographic position–latitude/longitude (posició geogràfica)
- GSA: GPS Dilution of Precision (DOP) and active satellites (reducció de la precisió i nombre de satèl·lits actius)
- GSV: satellites in view (satèl·lits a la vista)
- HDM: heading magnetic (direcció magnètica)
- HDT: heading true (direcció real)
- MTW: water temperature (temperatura de l'aigua)
- MWV: wind speed and angle (velocitat i direcció del vent)
- RMA: recommended minimum navigation information (A) (informació mínima de navegació recomanada)
- RMB: recommended minimum navigation information (B) (informació mínima de navegació recomanada)
- RMC: recommended minimum navigation information (C) (informació mínima de navegació recomanada)
- VHW: water speed and heading (velocitat i direcció de l'aigua)
- VLW: distance traveled through water (distància viatjada a través de l'aigua)
- VWR: relative wind speed and angle (apparent) (velocitat i angle relatiu del vent)
- VWT: true wind speed and angle (velocitat i angle reals del vent)
- XTE: cross-track error, measured (error mesurat respecte al centre de la ruta)

El format de la sentència GLL proporcionada per un dispositiu GPS es descriu a continuació:

```
      1      2 3      4 5      6 7 8
      |      | |      | |      | | |
$--GLL,1111.11,a,yyyyy.yy,a,hmmss.ss,A,A*hh<CR><LF>
```

- 1) Latitud
- 2) N or S (Nord or Sud)
- 3) Longitud
- 4) E or W (Est or Oest)
- 5) Temps Universal Coordinat (UTC)
- 6) Status A - Dada Valida, V - Dada Invàlida
- 7) Mode A - Autònom, D - DGPS, E - DR (només present en la versió 3.0 del estàndard NMEA 3.0)
- 7) Checksum

La posició (tant latitud com longitud) es proporciona en el format graus, minuts i dècimes de minut. Per exemple, l'element de dades latitud (1) podria ser 0127.013, que significa 1 grau i 27,013 minuts (o 1°27,013' en el format normal)

4 Construcció del SIG

Un cop s'ha recopilat i estudiat tota la informació referent als SIG, la cartografia, el Geomedia Professional 6.0 i els diferents formats de les dades i els arxius que les contenen, es pot iniciar l'etapa de construcció del SIG.

4.1 *Plantejament inicial del SIG*

Tal com s'ha indicat en l'apartat d'objectius d'aquest document, el SIG objectiu d'aquest projecte ha de permetre gestionar una agència de taxis d'una ciutat que, en aquest cas, s'ha decidit que sigui Barcelona.

En aquesta etapa de construcció del SIG es treballarà en la definició de l'entorn sobre el que després es farà funcionar la aplicació de gestió de taxis. Per això, en aquest capítol, es centrarà en el disseny, les decisions preses i les tasques realitzades per a construir el SIG, un *workspace* de Geomedia Professional 6.0, que servirà de plataforma per al funcionament del sistema complet.

4.2 *Disseny del SIG*

El SIG que es planteja permetrà visualitzar la ciutat escollida, Barcelona, dins d'un context que s'ha ampliat fins a l'extensió total de Catalunya per a donar un punt de vista més complet de la localització.

Aquest SIG mostrarà, doncs, el total de Catalunya des d'una perspectiva llunyana i permetrà apropar-se usant el *zoom* de Geomedia Professional 6.0, que reduirà l'escala de visualització, fins a l'escala que permeti visualitzar les ciutats.

A partir d'aquesta escala, i si es centra la visualització sobre Barcelona, serà possible visualitzar els edificis i carrers de la ciutat per on hauran de circular els taxis.

Aquests taxis, a més de ser visibles sobre el mapa, es definiran com unes entitats amb una sèrie d'atributs que definiran, a més de la seva posició, la seva identificació i descripció, el seu estat (lliure, en camí cap a recollir un passatger o ocupat) i el seu destí actual (tant si va a recollir com si està portant un passatger).

De la mateixa forma, es definirà una entitat *passatgers* que registrarà les trucades realitzades a la companyia de taxis i que mantindrà les peticions de serveis sol·licitades.

4.3 Fonts de dades

Per a poder representar els mapes desitjats cal disposar prèviament del model d'aquests mapes introduït en Geomedia Professional 6.0. Per a fer-ho, el programari ofereix eines per a la seva digitalització però, si és possible, es pot estalviar molta feina obtenint-los d'alguna font ja digitalitzats.

En aquest cas, s'ha cercat en diversos servidors d'Internet per a trobar els mapes digitalitzats tant de Catalunya com de la ciutat de Barcelona.

4.3.1 Mapes de Catalunya

Per al model de Catalunya, s'ha accedit a la plana web de l'ICC (veure **Figura 23**):



Figura 23: Access a l'apartat de descàrrega de productes digitals de l'ICC

Des de l'apartat de *Productes Digitals (descarrega)*, s'ha descarregat la Base Municipal de Catalunya en format DXF en escala 1:1.000.000, Versió 3.1 revisió 7 de Desembre de 1999¹². El sistema cartogràfic de representació fa servir la projecció Universal Transversa de Mercator (UTM), amb coordenades referides al fus 31; el-lipsoide de Hayford, datum Europeu.

La definició de les capes contingudes en el fitxer és la següent (veure **Taula 2**):

Layer	CONCEPTE
	LÍMIT MUNICIPAL ...
1	... (cas general)
2	... coincident amb límit entre comarques

¹² En el moment de redactar aquesta memòria els continguts de la plana han estat actualitzats i estan disponibles noves versions d'aquests mapes en formats DXF, DXN i SHP.

Construcció d'un SIG municipal per a la gestió d'una agència de taxis

3	... coincident amb límit entre comunitats autònomes
4	... coincident amb frontera entre estats
5	... coincident amb línia de costa
LOCALITZACIÓ DE CAP DE MUNICIPI ...	
10	... (cas general)
11	... que és alhora cap de comarca
12	... que és alhora cap de comunitat autònoma
INDICADOR D'ENCLAVAMENT ...	
15	... (cas general)
INDICADOR D'ILLA	
16	... (cas general)
NOM DE CAP DE MUNICIPI ...	
20	... (cas general)
21	... que és alhora cap de comarca
22	... que és alhora cap de comunitat autònoma
NOM DE MUNICIPI	
25	(sols quan no coincideix amb el nom del cap de municipi)
NOM DE COMARCA	
28	(en majúscules)

Taula 2: definició de les capes del mapa de Catalunya descarregat de l'ICC

4.3.2 Mapes de Barcelona

Per a obtenir el mapa digitalitzat de la ciutat de Barcelona, s'ha accedit a la plana web de l'Associació Espanyola de Sistemes d'Informació Geogràfica¹³ (veure **Figura 1**):

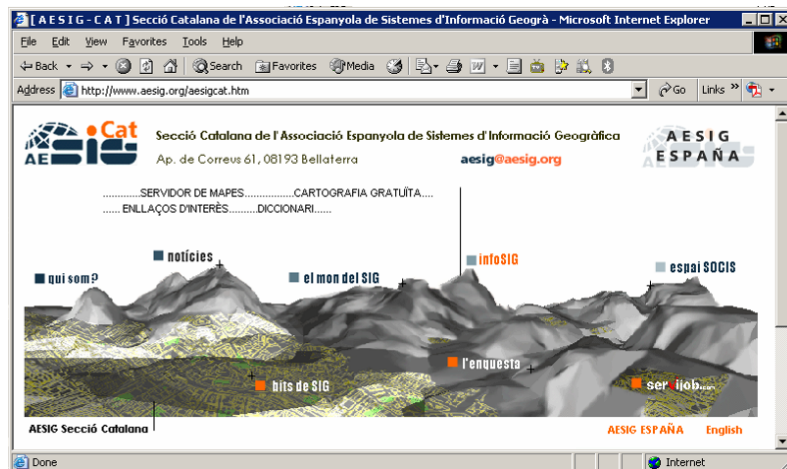


Figura 24: Access a l'apartat InfoSIG de la web de la Secció Catalana de l'AESIG

En l'apartat InfoSIG es pot trobar la cartografia gratuïta de Barcelona cedida per ESRI-Espanya, en una versió de l'any 1997, obtinguda del CD del Congrés nacional d'usuaris d'ESRI de 1997.

Aquestes dades estan disponibles en arxius SHP i inclouen la informació dels eixos de carrers i illes de cases en arxius separats.

¹³ <http://www.aesig.org>

Per als eixos de carrers es disposa dels següents atributs (veure Taula 3):

Columna	Descripció
FNODE_	Identificador del node d'inici de la línia del tram de carrer (<i>from node</i>)
TNODE_	Identificador del node final de la línia del tram de carrer (<i>to node</i>)
LENGTH	Longitud del tram de carrer
L_ADD_FROM	Número de porta inicial en el cantó esquerra del tram de carrer (<i>left address from</i>)
L_ADD_TO	Número de porta final en el cantó esquerra del tram de carrer (<i>left address to</i>)
R_ADD_FROM	Número de porta inicial en el cantó dret del tram de carrer (<i>right address from</i>)
R_ADD_TO	Número de porta final en el cantó dret del tram de carrer (<i>right address to</i>)
CODVIA	Codi identificador del carrer
CODIGOPOST	Codi postal al que pertany el tram de carrer
TIPO	Tipus de via
PRE_DIR	Preposició prèvia al nom de la via
NOMBRE	Nom de la via

Taula 3: atributs del *shapefile* dels carrers de Barcelona

Per a les illes de cases es disposa dels següents atributs (veure Taula 4):

Columna	Descripció
AREA	Àrea de l'illa de cases
PERIMETER	Perímetre de l'illa de cases
FONDO_	
FONDO_ID	Identificador de l'illa de cases
CODIGO	Tipus d'illa
NOMBRE	Descripció (per a casos especials com edificis emblemàtics, parcs, etc.)

Taula 4: atributs del *shapefile* de les illes de cases de Barcelona

4.4 Composició del SIG

El primer pas en la creació del SIG és la creació d'un nou *workspace* en Geomedia Professional 6.0. Això pot ser fet des de zero o usant una plantilla predefinida que permetrà predefinir alguns paràmetres (veure **Figura 25**).

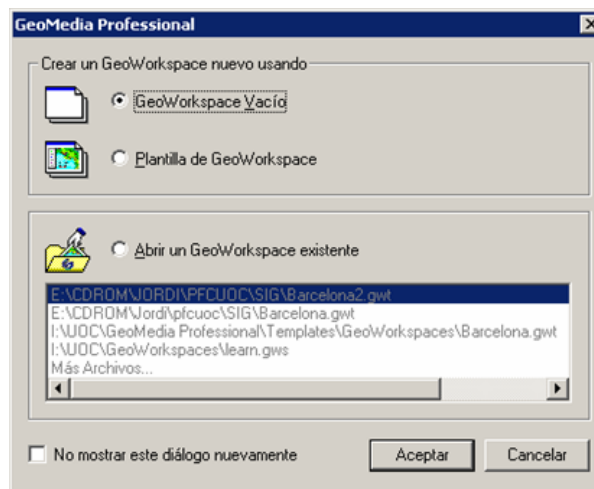


Figura 25: creació d'un nou *GeoWorkspace*

Construcció d'un SIG municipal per a la gestió d'una agencia de taxis

En aquest cas, i ja que els mapes de Catalunya descarregats usen aquest sistema de referència, s'ha seleccionat el *UTM 31.gwt* com a plantilla.

Un cop dins de Geomedia Professional 6.0 es pot accedir a *Ver* → *Sistema de coordenadas del GeoWorkspace* i comprovar que s'ha seleccionat un sistema de coordenades projectat, segons el sistema UTM, amb la zona 31 i el Datum Europeu de 1950 (veure **Figura 26**).

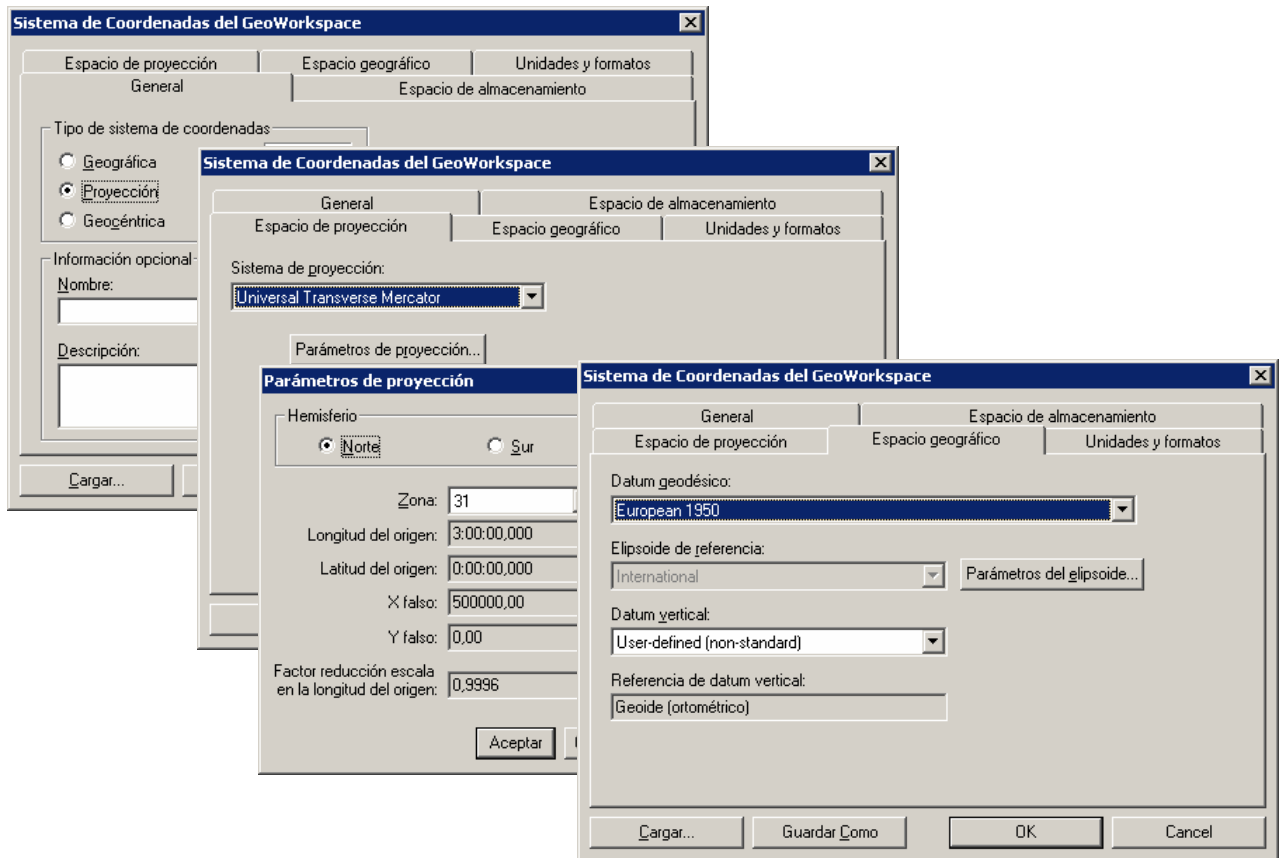


Figura 26: Propietats del sistema de coordenades del *GeoWorkspace*

Aquest sistema de coordenades s'ha desat amb l'opció *Guardar Como* per a disposar d'un arxiu *.csf* que s'usarà per a referenciar els fitxers que s'afegeixin al SIG.

Un primer pas, abans de començar a definir i carregar les diferents entitats que compondran el SIG, és definir els magatzems de dades de on el *workspace* consultarà les dades i on s'emmagatzemaran les entitats noves que es defineixin.

Això s'aconsegueix accedint a *Almacén* → *Nuevo*. Aquí es selecciona el format de bases de dades Microsoft Access que es desitja usar per a emmagatzemar. En aquest cas s'ha usat la plantilla *Access2003* i s'ha desat posteriorment el magatzem en la carpeta del projecte en el format *.mdb* de Microsoft Access 2003.

A partir d'aquest punt es procedeix a incorporar les dades dels diferents models descarregats i a definir les entitats dels taxis i dels passatgers.

Per a incorporar el fitxer .dxf del mapa de Catalunya es pot usar la utilitat de Geomedia Professional 6.0 *Definir archivo de configuración de Almacén* o bé seleccionar directament l'opció *Herramientas* → *Visualizar archivos CAD*, que crearà automàticament el nou magatzem de dades i carregarà automàticament en pantalla les dades de l'arxiu .dxf.

Un cop seleccionada la carpeta on es troba el .dxf del mapa de Catalunya i escollit l'arxiu de sistema de coordenades desat prèviament, accedim a la pestanya *Avanzada* per a indicar que es vol carregar totes les capes del .dxf i que es desitja crear una nova entrada de llegenda per a cada capa seleccionada (veure **Figura 27**). Amb això es podrà posteriorment parametritzar de forma individual la visualització de cadascuna d'aquestes capes.

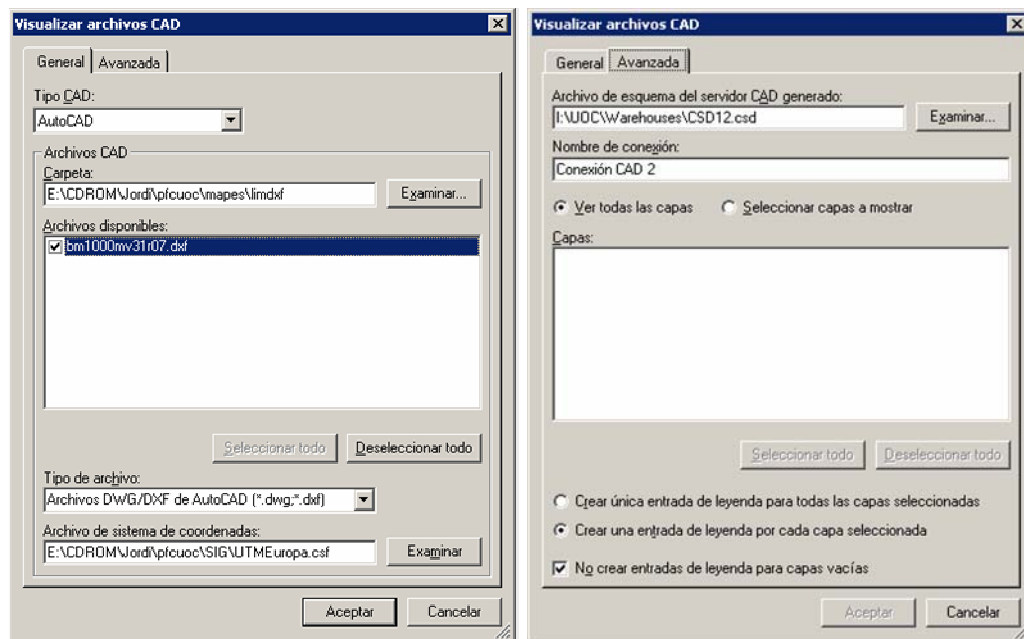


Figura 27: Incorporació d'un arxiu .dxf al GeoWorkspace

En acceptar aquest formulari de visualització d'arxius CAD es carrega el seu contingut i es visualitza el resultat en pantalla (veure **Figura 28**). Posteriorment es parametritzarà la visualització de les diferents capes per a que el resultat sigui clar i entenedor.

Construcció d'un SIG municipal per a la gestió d'una agència de taxis

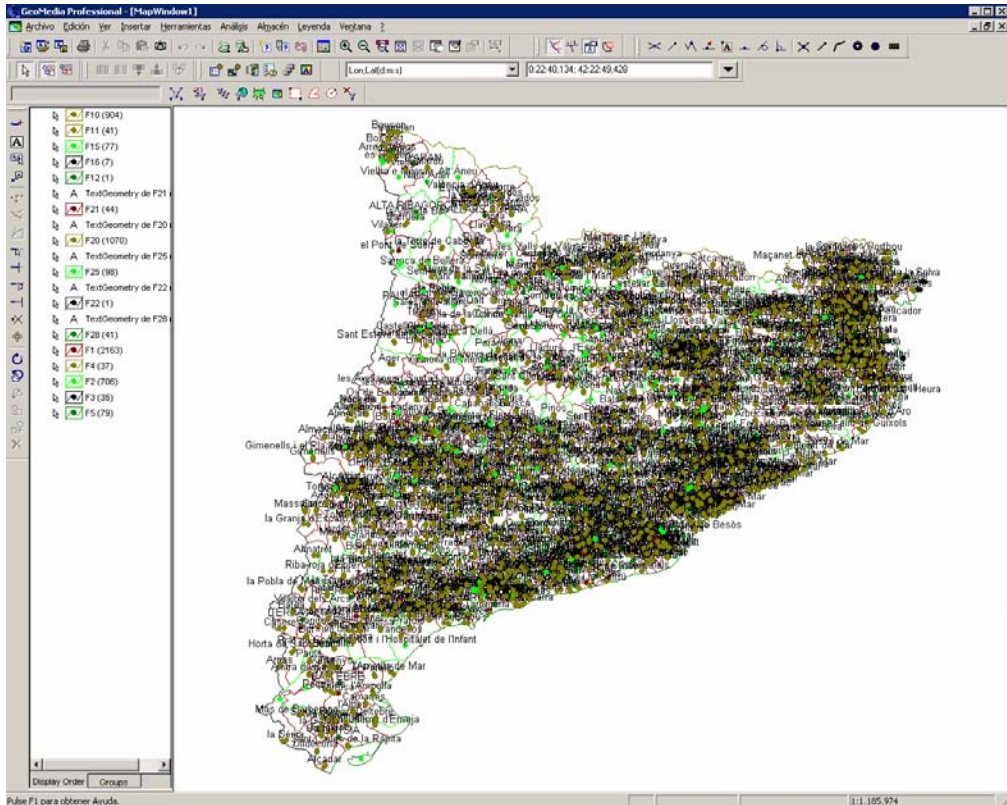


Figura 28: visualització resultant de la incorporació del .dxf del mapa de Catalunya

Per a incorporar les dades de l'arxiu *shapefile* amb el mapa de Barcelona, s'usa la utilitat de Geomedia Professional 6.0 *Definir archivo de configuración de Almacén* que, un cop seleccionat el servidor de dades ArcView i a partir de la carpeta amb els arxius *.shp* i la definició de l'arxiu del sistema de coordenades, genera un arxiu de configuració del magatzem de dades en format *.ini* que servirà per a afegir aquests *shapefiles* al *geoworkspace* del SIG (veure **Figura 29**).

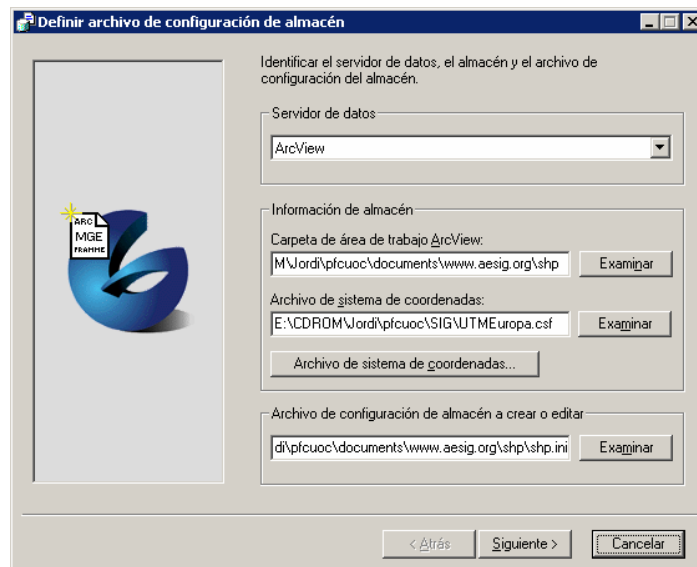


Figura 29: creació d'un fitxer de configuració de magatzem per als *shapefiles* de Barcelona

En Geomedia Professional 6.0 es selecciona llavors l'opció *Almacén* → *Conexión Nueva* i es tria de nou ArcView com a tipus de connexió, la carpeta amb els arxius *shapefile* i l'arxiu de configuració de magatzem (veure **Figura 30**).

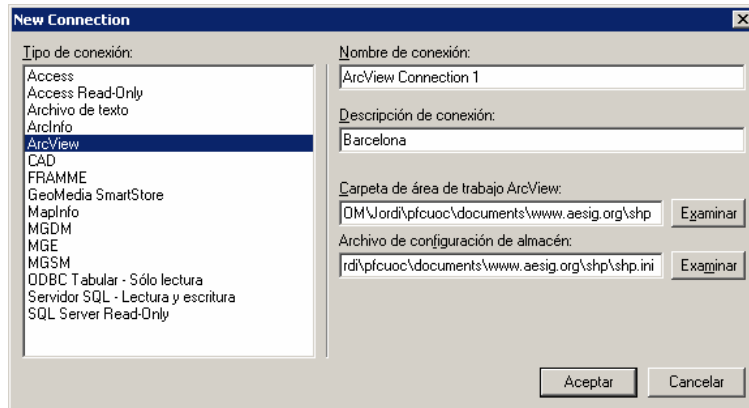


Figura 30: creació de la nova connexió de dades als *shapefiles* de Barcelona

Amb això es disposa d'una nova connexió de dades que ens ofereix dues noves entitats *ejes* i *fondo*. En aquest cas, i per a poder tenir un control total de les consultes a realitzar sobre aquestes entitats, es traslladaran aquestes entitats al magatzem que hem definit prèviament en Microsoft Access 2003.

Per a fer això s'usa l'opció *Almacén* → *Sacar a clases de entidad*. Es seleccionen les entitats d'origen *ejes* i *fondo* de la connexió als ArcView *shapefiles* i la connexió de destí a la base de dades Microsoft Access 2003 de destí, indicant que volem visualitzar les classes d'entitat finals en el mapa (veure **Figura 31**).

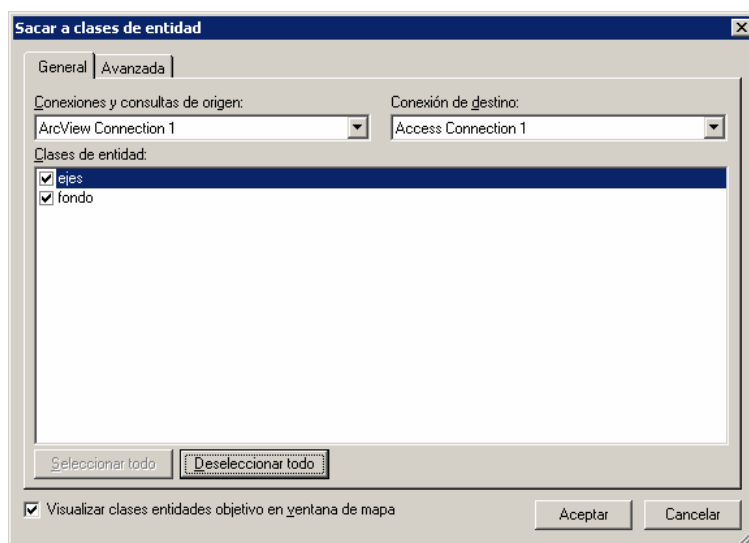


Figura 31: extracció de les entitats dels *shapefiles* amb el mapa de Barcelona

Un cop realitzat aquest procés, ja es pot eliminar la connexió creada anteriorment per a accedir al mapa de Barcelona en format *shapefile*, ja que les dades d'aquest s'han carregat en la base de dades Microsoft Access 2003.

A diferència del cas del mapa *.dxf* de Catalunya, on cada atribut està representat en una capa diferent, en el *shapefile* de Barcelona les classes d'entitat tenen atributs incorporats en la mateixa classe d'entitat generada en el procés anterior. A la pràctica, això significa que la càrrega del mapa de Catalunya ha creat una entrada de llegenda per a cada capa d'informació del fitxer *.dxf* mentre que en el cas del *shapefile* de Barcelona, caldrà definir aquestes entrades de llegenda i la seva consulta d'origen per als atributs que es vulgui visualitzar.

El resultat d'aquesta càrrega de dades, un cop ajustada l'escala de visualització, es mostra en la **Figura 32**.

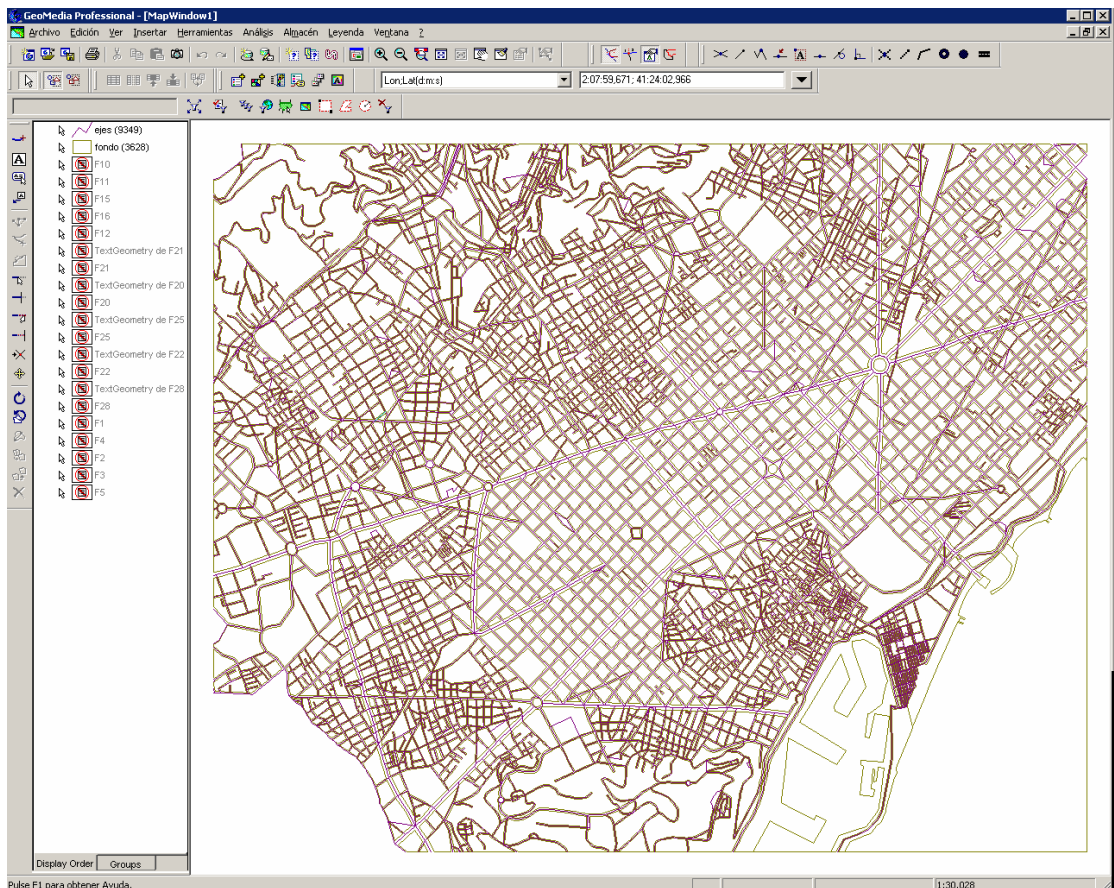


Figura 32: visualització resultant de la incorporació dels *shapefiles* amb el mapa de Barcelona

Per a emmagatzemar els taxis, es defineix una nova classe d'entitat anomenada Taxis amb *Almacén* → *Definición de clases de entidad* de tipus punt (veure **Figura 33**).

Construcció d'un SIG municipal per a la gestió d'una agencia de taxis

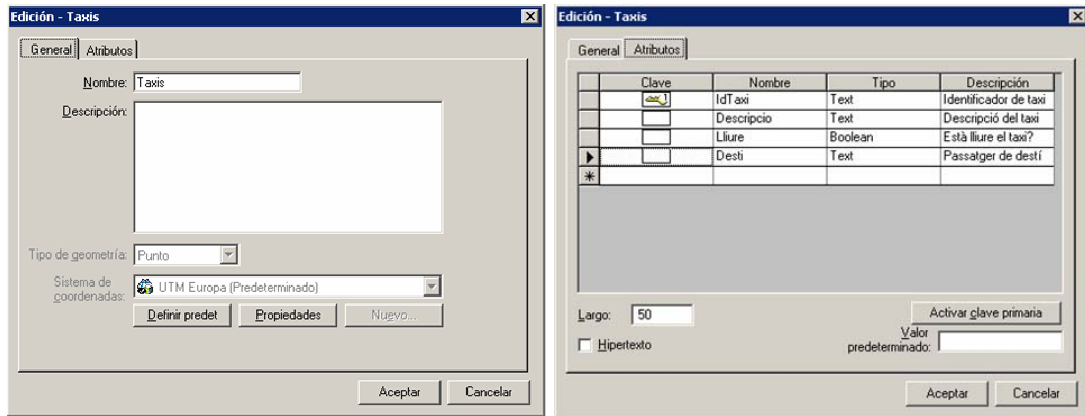


Figura 33: definició de la classe d'entitat Taxis

De la mateixa forma es defineix, finalment, la classe d'entitat Passatgers:

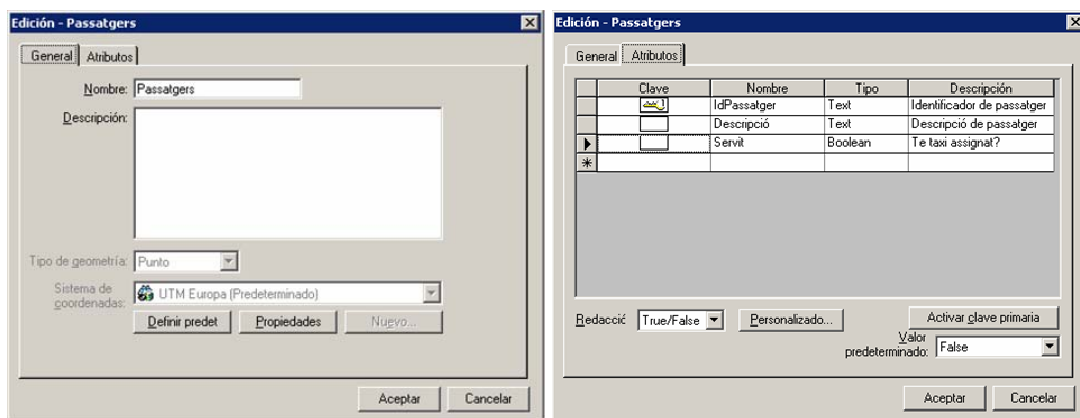


Figura 34: definició de la classe d'entitat Passatgers

4.5 Parametrització del SIG

Un cop definides les classes d'entitat necessàries per al SIG, es procedeix a parametritzar-ne la seva visualització i comportament per a aconseguir el resultat i funcionament desitjat.

Tenint en compte que el SIG ha de visualitzar en cada escala només la informació que sigui representativa en aquesta visualització, la parametrització farà referència, principalment, a triar quines informacions de totes les que s'han carregat es volen fer visibles i a quines escales.

De l'entitat Catalunya, es trien simplement les capes que són necessàries per a aconseguir una visualització simple i clara. Segons aquesta premissa es seleccionen per a la seva visualització només les següents capes:

- Les capes de la 1 a la 5 per a indicar els límits municipals, de comarques, de comunitat autònoma, d'estat i la línia de la costa, respectivament.

Construcció d'un SIG municipal per a la gestió d'una agència de taxis

- La capa 28 per a mostrar els noms de les comarques.
- Les capes 10 i 20 per a representar genèricament els caps de municipi i els seus noms.
- Les capes 12 i 22 per a mostrar diferenciadament la ciutat i el nom de Barcelona.

La visualització d'aquestes capes, però, s'ha condicionat també a l'escala de representació del mapa, indicant aquest fet amb l'opció *Rango de escala de visualització* de les entrades de la llegenda. A més, s'ha revisat el nom visualitzat en la llegenda del SIG per a aquestes capes per a que sigui més esclaridor. La Taula 5 resumeix els canvis fets:

Layer	Entrada de la llegenda	Rang d'escala mínim	Rang d'escala màxim
1	Límits municipals	1	500.000
2	Límits de comarques	Sempre visible	
3	Límits entre comunitats autònomes	Sempre visible	
4	Fronteres entre estats	Sempre visible	
5	Límits de costa	Sempre visible	
10	Caps de municipi	1	300.000
12	Caps de Comunitat Autònoma	Sempre visible	
20	Noms de caps de municipi	1	300.000
22	Noms de caps de Comunitat Autònoma	Sempre visible	
28	Noms de comarca	100.000	Infinít

Taula 5: Escales de visualització de les diferents capes del mapa de Catalunya

Finalment, per a millorar estèticament la representació gràfica s'han revisat els colors, gruixos de línia i l'escala de presentació dels textos. Es presenten unes mostres a diferents escales en la **Figura 35**:

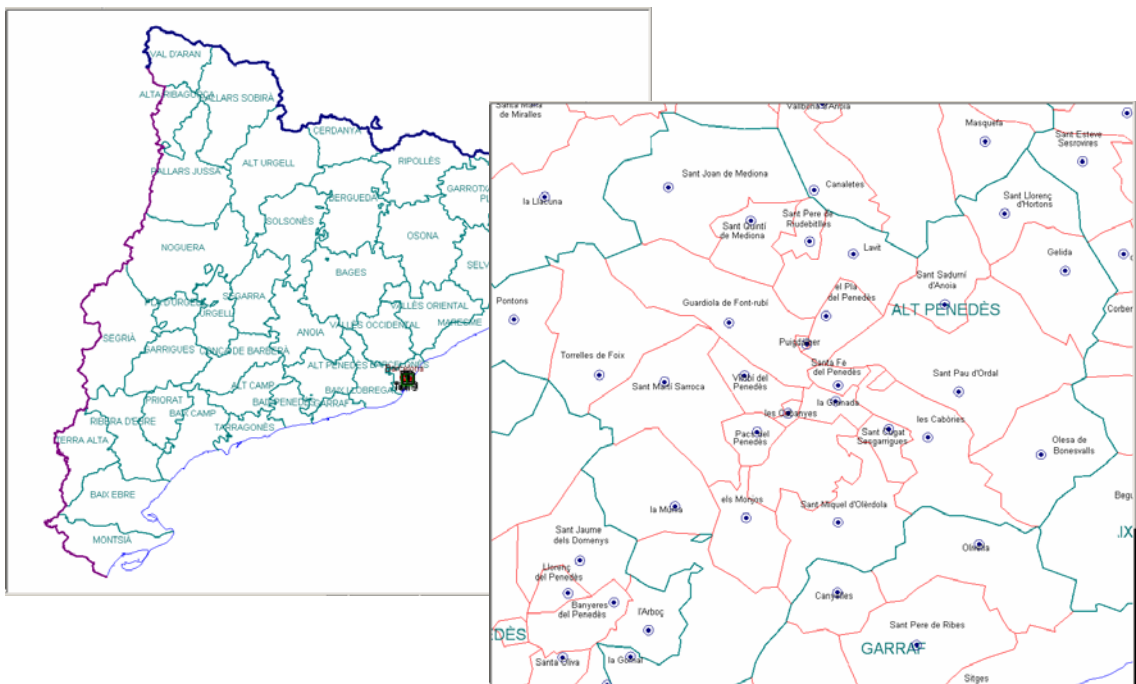


Figura 35: presentació del SIG a escala 1:1.200.000 i 1:130:000, respectivament

Pel que fa al mapa de la ciutat de Barcelona, tal com s'ha indicat abans, cal aplicar un criteri diferent: els carrers i les illes de cases ja són visibles per la definició de la seva pròpia classe d'entitat, però cal encara afegir les etiquetes dels carrers i de les illes de cases partir dels atributs d'aquestes classes. Això es fa amb l'opció *Insertar* → *Etiqueta* (veure **Figura 36**):

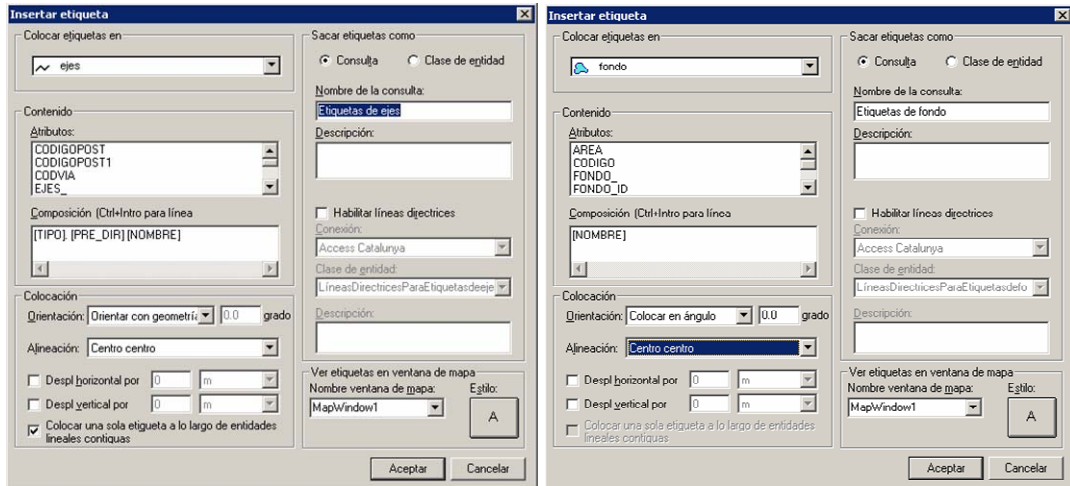


Figura 36: creació de les etiquetes dels noms de carrers i de les illes de cases

Amb aquestes accions s'afegeixen les consultes sobre les classes d'entitat *ejes* i *fondo* i les corresponents entrades en la llegenda.

A partir d'aquí es parametriza la visualització de les entrades de la llegenda corresponents a la ciutat de Barcelona (veure la

Taula 6):

Entrada de la llegenda	Rang d'escala mínim	Rang d'escala màxim
Illes de cases	1	250.000
Noms d'illes de cases	1	10.000
Carrers	Visualització desactivada	
Noms de Carrers	1	10.000

Taula 6: Escales de visualització de les diferents capes del mapa de Barcelona

Després de revisar l'estil de visualització de les entrades de llegenda, la visualització resultant de la ciutat de Barcelona, a una escala 1:5000 es mostra en la **Figura 37**.

Per a definir la visualització de les classes d'entitat Taxis i Passatgers, es defineix el seu estil de visualització d'una forma especial.

Construcció d'un SIG municipal per a la gestió d'una agencia de taxis

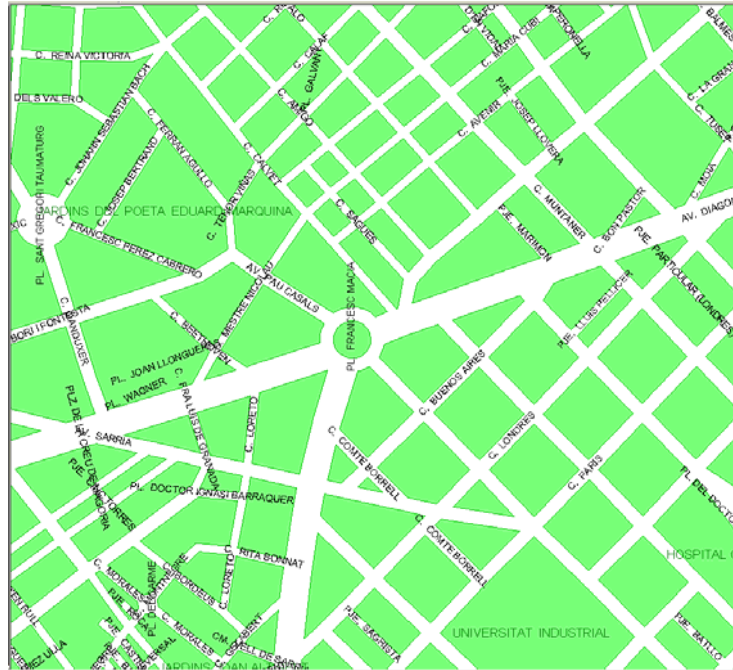


Figura 37: visualització de Barcelona, a escala 1:5000

Per als taxis s'ha descarregat d'Internet una imatge en format *.gif* que representarà la posició d'un taxi. En definir l'estil de visualització de la classe d'entitat s'han creat dos estils als que s'ha especificat un tipus d'estil *Picture Style* i una mida adequada. A cadascun d'ells se li ha assignat un color de modificació per a mostrar els taxis lliures en negre i els ocupats en vermell (veure **Figura 38**).

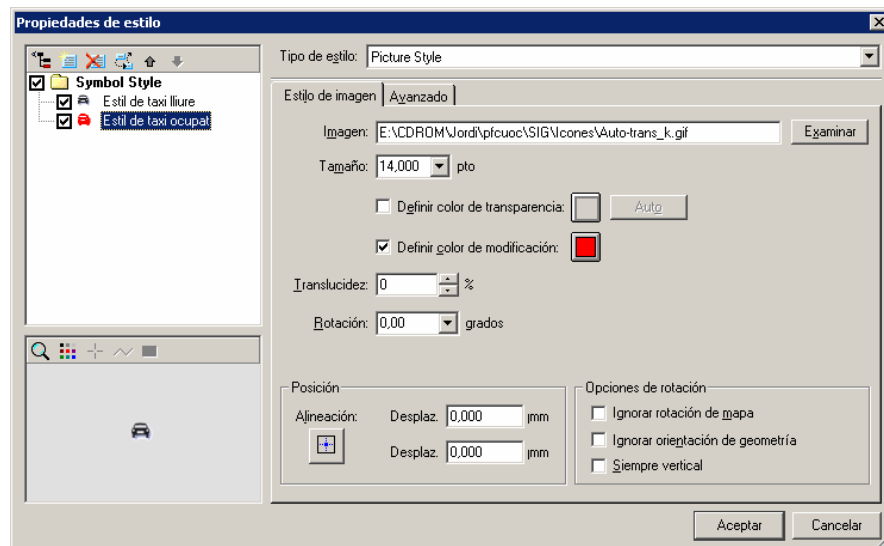


Figura 38: definició de l'estil de visualització dels taxis

Finalment, en l'arrel de l'arbre d'estils de l'entrada de llegenda, s'ha seleccionat l'opció *Seleccionar componente de estilo único* amb la condició *if(Lliure; 0; 1)* per a que l'estil de visualització del taxi es determini segons el seu estat lliure/ocupat (veure **Figura 39**).

Construcció d'un SIG municipal per a la gestió d'una agència de taxis

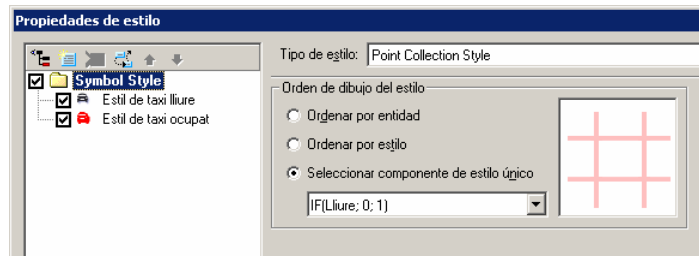


Figura 39: especificació de la condició de selecció d'estil

Per als passatgers s'ha actuat d'una forma similar, però usant un símbol incorporat en el propi GeoMedia Professional 6.0 i especificant la condició a partir de si té un taxi assignat o no amb l'expressió *if(Servit;1;0)* (veure **Figura 40**).

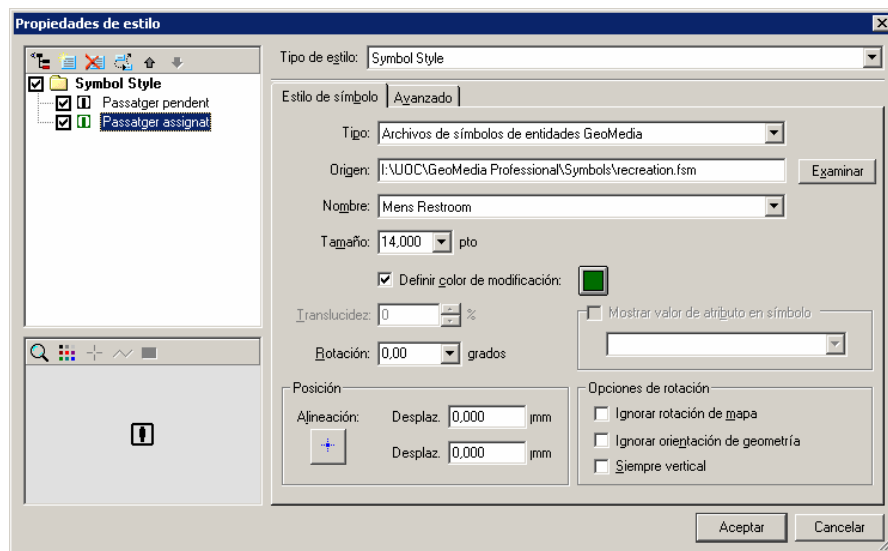


Figura 40: definició de l'estil de visualització dels passatgers

Un exemple de la visualització final aconseguida, mostrant diversos taxis i passatgers en diferents estats, així com la llegenda es mostra en la **Figura 41**.

Construcció d'un SIG municipal per a la gestió d'una agència de taxis

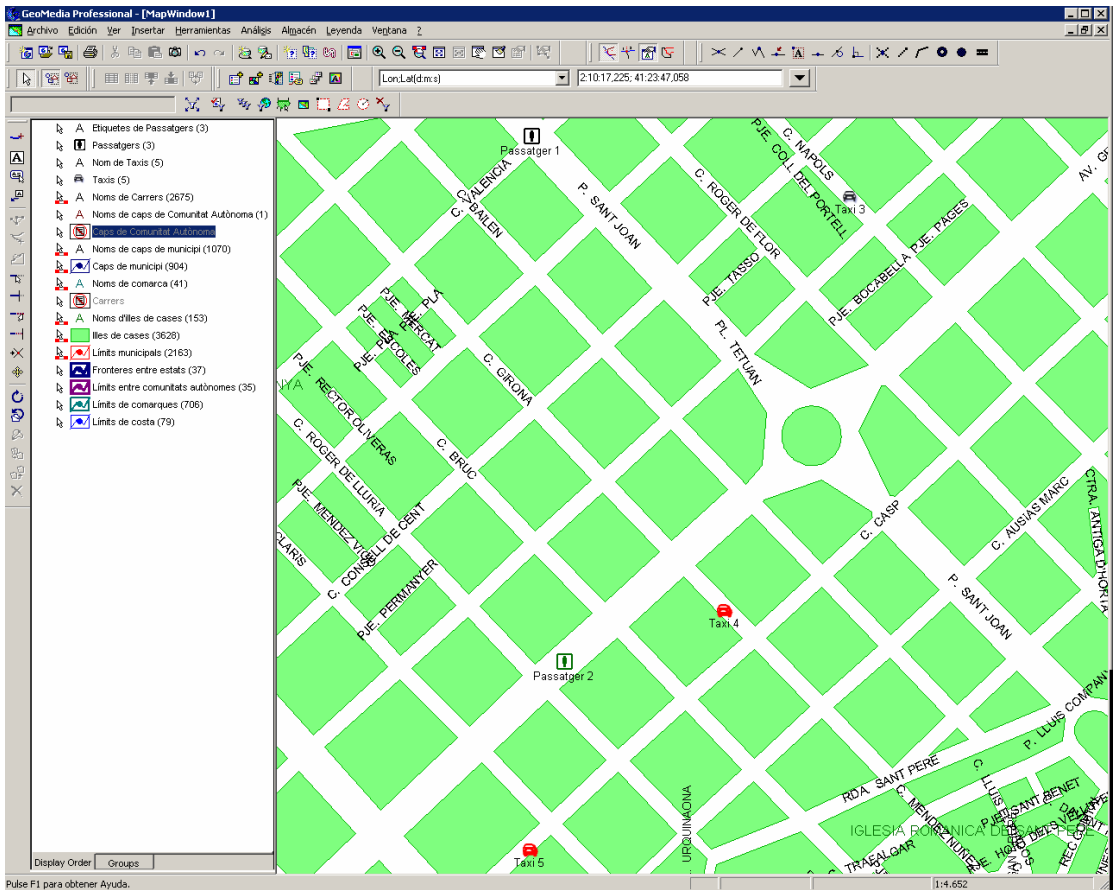


Figura 41: visualització final del SIG

5 Desenvolupament de l'aplicació

Un cop ja s'ha construït el SIG, s'ha procedit al desenvolupament de l'aplicació de gestió de l'agència de taxis.

Com ja s'ha indicat en la Introducció, el desenvolupament es divideix en dos grans apartats: la representació de les posicions i del moviment dels taxi amb un sistema GPS simulat, i la localització de les trucades rebudes que ha de permetre escollir el taxi lliure més proper.

5.1 Diagrama general

El sistema dissenyat suposa que es disposa d'una flota de taxis en els que s'ha instal·lat un receptor GPS, que li permet determinar la seva posició en temps real, i un sistema de comunicacions per a transmetre aquesta posició, per exemple un telèfon mòbil amb capacitat de transmissió de dades per GPRS¹⁴ o UMTS¹⁵.

Aquesta senyal és rebuda en la central de Taxis, processada pel sistema i presentada en pantalla dins de Geomedia Professional 6.0.

Les trucades dels passatgers es reben en la central, on l'operador introdueix la seva adreça en l'aplicació. A partir d'aquesta adreça, el sistema obté la coordenada del passatger i determina quin és el taxi lliure més proper l'adreça en que aquests es troben, l'operador de la central.



Figura 42: Diagrama del sistema de seguiment de taxis

¹⁴ General Packet Radio Service

¹⁵ Universal Mobile Telecommunications System

5.2 Creació i instal·lació del programa

Per a construir l'aplicació s'ha creat una nova comanda de Geomedia Professional 6.0. Per a construir aquesta nova comanda en Visual Basic 6.0 s'ha seguit el següent procés:

Des de l'entorn de Visual Basic 6.0, i sense cap projecte obert, s'ha accedit a l'opció *Add-Ins* → *Add-In Manager* i s'ha seleccionat l'*Add-In Geomedia Command Wizard* i se li ha indicat que es carregui en iniciar Visual Basic 6.0 amb l'opció *Load on Startup*.

Això ha afegit una nova opció en el menú *Add-Ins* que inicia l'assistent de Geomedia Professional 6.0. Aquest permet crear un nou projecte a partir de les opcions indicades, com el nom del projecte, els icones que l'han d'identificar visualment i l'especificació dels *events* que l'aplicació ha de gestionar. En el cas d'aquest projecte no se'n ha seleccionat cap perquè l'aplicació s'activa amb un botó o una opció de menú.

En finalitzar aquest assistent s'ha construït automàticament un nou projecte, amb un formulari de mostra, que ha servit com a punt de partida per al desenvolupament de la comanda.


Per a que aquesta comanda fos accessible des de Geomedia Professional 6.0 ha calgut publicar-la mitjançant l'opció de Visual Basic 6.0 *Tools* → *Publish* → *Build Outputs*. Aquí s'ha publicat l'aplicació construïda com a una llibreria *COM Server* i després s'ha incorporat en el menú de Geomedia Professional 6.0 usant la seva opció de menú *Ver* → *Barras de herramientas* → *Personalizar*.

La barra d'eines construïda disposa, finalment, de la nova comanda afegida:



Figura 43: barra de menús de l'aplicació

Les altres dues opcions presents en la barra d'eines son dues utilitats que serveixen:

 per a forçar l'actualització de les dades des de la base de dades (executant la comanda *Almacén* → *Actualizar con cambios en almacén*).

 per a descarregar les comandes carregades fins al moment.

5.3 Simulació dels senyals GPS

La simulació de la senyal dels GPS dels taxis es farà construint sentències de dades en el format NMEA (tal com es va descriure en l'apartat 3.7.4 Format de transmissió de dades).

Aquestes sentències, en aquest projecte, es limiten a indicar la posició horitzontal dels taxis. Per aquest motiu, els raonaments, i l'aplicació desenvolupada obviaran el component vertical de les posicions.

5.3.1 Construcció de les rutes

El primer pas realitzat per a construir aquesta senyal ha estat crear la llista de posicions dels taxis.

Per a aconseguir un conjunt de posicions prou ampli i precís, s'han capturat uns trajectes reals d'un vehicle circulant per la ciutat de Barcelona amb una PDA¹⁶ amb un GPS i el programari Memory-Map OS Edition Versió 5 (veure **Figura 44**).

Amb aquest vehicle s'ha circulat realitzant uns trajectes tancats que després permetran definir el recorregut de cadascun dels taxis.



Figura 44: La PDA i el GPS usats per a capturar les rutes simulades dels taxis

Cal destacar que, en superposar aquests trajectes sobre el plànol de Barcelona, s'han detectat imprecisions en les posicions que componen els trajectes: algunes posicions es sobreposen amb els edificis i alguns trams rectes han quedat registrats amb desviacions. Aquestes eventuais errades en la localització del vehicle s'atribueixen a l'error implícit en la precisió del sistema GPS que, en circular entre edificis elevats, es poden veure incrementades. No ha estat objectiu d'aquest projecte realitzar cap correcció de les posicions comparant-les amb els carrers reals, pel que aquestes encara es poden apreciar en observar el moviment simulat dels taxis, tal com es mostra en la **Figura 45**.

¹⁶ Portable Digital Assistant

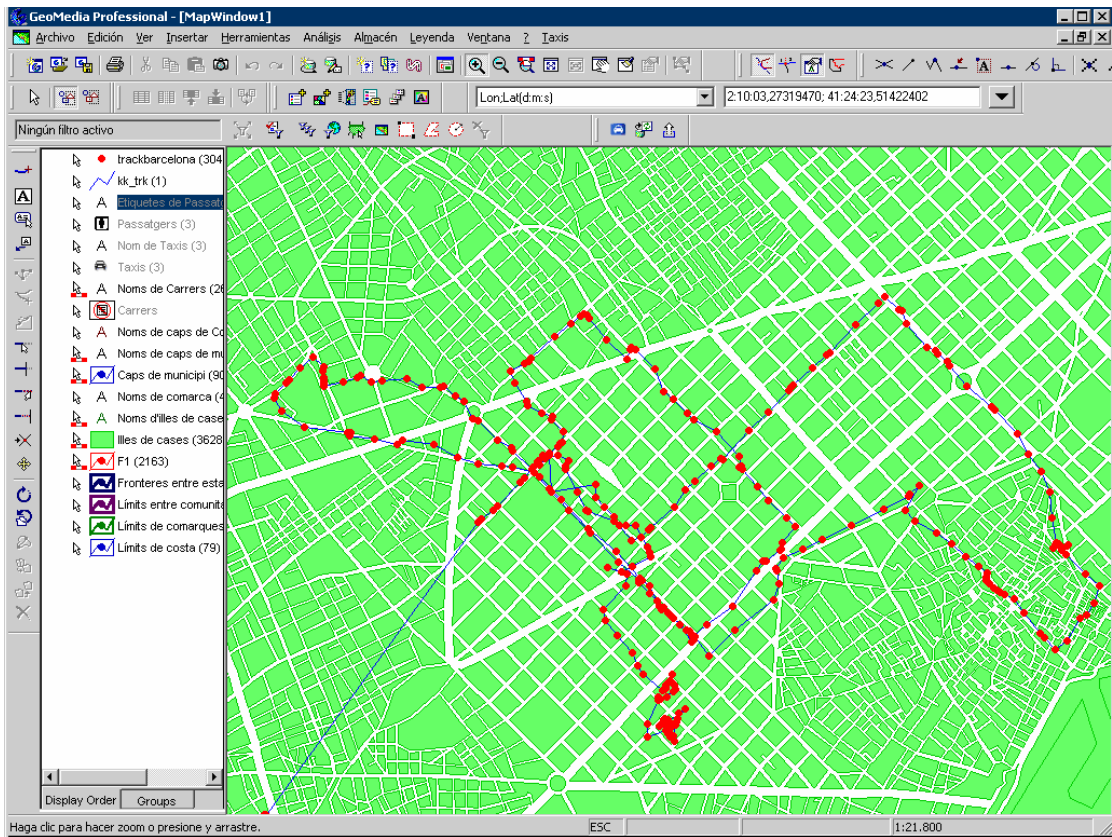


Figura 45: representació dels trajectes capturats amb el GPS

5.3.2 Generació de les sentències NMEA

Posteriorment s'han exportat des del mateix programari els *tracks* capturats en un arxiu en format CSV¹⁷. Aquest arxiu conté els trajectes definits per una llista de coordenades (longitud i latitud) expressades en graus decimals respecte al *datum* WGS84, que és el usat nativament pel sistema GPS (veure el capítol 3.7.1 Com funciona el sistema GPS?). A més, aquest arxiu inclou altres informacions, que no seran d'utilitat en aquest projecte, com l'alçada, la hora de recepció de la posició, la velocitat i la orientació.

¹⁷ Comma Separated Values, valors separats per comes

Aquesta és una mostra del contingut de l'arxiu CSV exportat de Memory-Map OS:

```
      Latitud   Longitud
      |         |
TP02;41,373242;2,131522;110,8;1149098892;0,00;0,0;0
TP02;41,373112;2,131460;136,9;1149098927;0,85;199,7;0
TP02;41,373228;2,131552;108,1;1149099067;0,21;30,6;0
TP02;41,373102;2,131475;80,4;1149099468;0,07;204,5;0
TP02;41,372962;2,131498;102,6;1149099483;2,03;172,8;0
```

Aquest arxiu s'ha manipulat amb Microsoft Excel 2003 i se'n han processat totes les files per a extreure'n les coordenades, longitud i latitud en graus decimals (dd,dddd), i convertir-les al format en graus i minuts decimals (dddmm.mmmm per a la longitud i ddm. mmmm per a la latitud) usat en el format en el protocol NMEA (veure 3.7.4 Format de transmissió de dades). El resultat de la transformació de les posicions anteriors és el següent:

```
Latitud   Longitud
|         |
4122.3945,00207.8913
4122.3867,00207.8876
4122.3937,00207.8931
4122.3861,00207.8885
4122.3777,00207.8899
```

Seguint el protocol NMEA, per a informar de la seva posició, els GPS dels taxis han d'emetre sentències del tipus posició geogràfica (*GLL*). Així doncs, per a construir les sentències, aquestes posicions en el format correcte s'han integrat amb la resta de la sentència *GLL*, afegint-hi la capçalera amb el identificador o *talker* 'GP', l'hemisferi de la latitud 'N' i la direcció de la longitud 'E'. A més, s'ha afegit una màscara '%HORA%' que serà reemplaçada per la hora real en el moment de simular el GPS per a que el resultat sigui més real. Finalment, s'han afegit els valors per al estat actiu 'A', per al mode autònom 'A' i el caràcter final '*'. El *checksum* de validació de la cadena es calcularà també per a cada posició en el moment de simular el GPS.

Aquest és el resultat final per a les posicions anteriors en format NMEA llestes per a ser processades:

```
$GPGLL,4122.3945,N,00207.8913,E,%HORA%,A,A*
$GPGLL,4122.3867,N,00207.8876,E,%HORA%,A,A*
$GPGLL,4122.3937,N,00207.8931,E,%HORA%,A,A*
$GPGLL,4122.3861,N,00207.8885,E,%HORA%,A,A*
$GPGLL,4122.3777,N,00207.8899,E,%HORA%,A,A*
```

5.3.3 Emissió de les sentències NMEA

El simulador de recepció de missatges GPS desenvolupat simula el moviment de tres taxis.

Per a la seva realització, s'han incorporat al formulari de l'aplicació tres llistes de sentències en tres components *ListBox*. Un temporitzador s'encarrega de disparar l'event *Timer1_Timer()* cada 3 segons, amb el que s'emeten aquestes sentències i s'actualitzen les posicions dels taxis de forma consecutiva.

En l'emissió d'aquestes sentències es substitueix el literal '%HORA%' per la hora del moment en que s'emeten. A aquesta sentència amb la hora actualitzada se li afegeix el codi de dues xifres *checksum* calculat a partir d'aquesta mateixa sentència mitjançant la funció *GetChecksum* (veure 3.7.4 Format de transmissió de dades).

5.3.4 Processament de les sentències NMEA

El procediment de descodificació de les sentències NMEA i reposicionament dels taxis s'anomena *ActualitzarTaxi* i comença realitzant un procés invers al de la seva generació: comprova la capçalera i el *checksum* de la sentència NMEA i, si són correctes, n'extreu la longitud i la latitud convertides a graus, minuts i segons amb decimals (dd:mm:ss,ssss).

Com ja s'ha indicat abans, aquestes coordenades estan referenciades respecte al *datum* WGS84, pel que caldrà fer una transformació per a canviar aquestes coordenades al *datum* Europeu de 1950 usat en el *geoworkspace* del projecte. A més, caldrà convertir les coordenades del longitud/latitud al format de projecció UTM que és usat també en el *geoworkspace*. Aquestes transformacions de coordenades es realitzen en la funció *TransformarCoordenades()*.

Per a realitzar aquestes transformacions es comença convertint les unitats: dels graus, minuts i segons de les coordenades als radians usats per Geomedia Professional 6.0. Aquesta transformació es realitza amb el següent codi:

```
Set objCS = MV.CoordSystemsMgr.CoordSystem
Set objUFS = objCS.RefSpaceMgr.UnitFormatSpec
objUFS.GeogPrec = 8
objUFS.GeogUnit = "d:m:s"

objUFS.ParsePointString cspsGeographic, pntOrig, dblX, dblY, dblZ
```

Per a realitzar la transformació de *datum* s'usa un objecte del tipus *DatumTransformation* al que se li indica l'ús del model de transformació *Molodensky*, el *datum* d'origen WGS84 i el *datum* de destí Europeu de 1950. Aquest és el codi usat:

```
Dim objDtmTran As New DatumTransformation

With objDtmTran
    .ModelTypeVal = csdtStandardMolodensky
    .Name = "StandardMolodensky Eur50 to WGS84"
    .ForwardInputSpaceGeodeticDatumVal = csgdWGS84
    .ForwardInputSpaceVerticalDatumVal = csvdUnspecified
    .ForwardOutputSpaceGeodeticDatumVal = csgdEuropean1950
    .ForwardOutputSpaceVerticalDatumVal = csvdUnspecified
End With
```

Per a la segona transformació s'usa un objecte *CoordSystem* instanciat amb el sistema de coordenades del propi *geoworkspace* del projecte. Posteriorment, a aquest objecte se li demana una transformació A aquest objecte se li demana una transformació de coordenades en longitud i latitud a coordenades en mesura est i nord (veure 3.2.3 El sistema de projecció UTM) amb la següent sentència:

```
objCS.TransformPoint cspLLU, 1, cspUOR, 1, dblX, dblY, dblZ
```

Aquestes coordenades finals obtingudes: *dblX* i *dblY* poden ser usades llavors per a indicar directament la posició correcta d'un taxi.

5.3.5 Posicionament dels taxis

Aquesta assignació de la posició es realitza usant un objecte de tipus geomètric instanciat a partir de l'entitat d'emmagatzematge de Geomedia Professional 6.0 anomenada *Taxis* mitjançant un objecte *GeometryStorageService*:

```
Dim objGeom As Object
Dim objGSS As GeometryStorageService
Set objGSS = CreateObject("GeoMedia.GeometryStorageService")
objGSS.GetGeometry objRS.GFields("Geometry"), objGeom
```

Per a cada taxi a actualitzar es filtren els elements de l'entitat amb el identificador del taxi en qüestió (de l'1 al 3 en el cas d'aquest projecte) i s'obté la geometria del taxi desitjat. Finalment, després de cridar a la transformació de les coordenades, s'actualitzen les coordenades de l'objecte obtingut i actualitzar l'entitat.

```
TransformarCoordenades strLongitud + ";" + strLatitud, dblX, dblY  
  
objRS.Edit  
With objGeom  
    .Origin.X = dblX  
    .Origin.Y = dblY  
    .Origin.Z = 0  
End With  
objGSS.SetGeometry objRS.GFields("Geometry"), objGeom  
objRS.Update
```

Finalment, per a que Geomedia Professional 6.0 visualitzi els canvis realitzats en l'entitat *Taxis*, cal indicar-li que les dades han canviat i que ha de refrescar la visualització del mapa. Això s'aconsegueix amb les següents sentències:

```
objConn.BroadcastDatabaseChanges  
objGeoApp.Document.RefreshViews
```

El resultat de tot aquest procés es presenta, de forma esquemàtica, en la **Figura 46** on es presenta un taxi desplaçant-se per un carrer seguint les posicions s'han rebut del simulador de missatges de GPS.



Figura 46: Representació del moviment d'un taxi

5.4 La gestió dels passatgers

Com s'ha indicat anteriorment (veure l'apartat 5.1 Diagrama), el centre de control recull les trucades dels passatgers i en recull la seva adreça per a determinar-ne la seva posició.

Aquesta adreça es recull en forma de carrer i número i s'introdueix en el formulari de l'aplicació:

Figura 47: Formulari per a la introducció de les adreces de passatgers

Quan l'operador pitja el botó *Buscar*, es realitza una consulta sobre l'entitat *ejes*, que conté els carrers del SIG, per a trobar el tram de carrer corresponent a les dades introduïdes. Aquesta consulta es realitza en el procediment *Buscar_Click()* s'ha realitzat a partir de la definició de l'entitat, tal com es descriu en l'apartat 4.3.2 Mapes de Barcelona.

5.4.1 Geoposicionament dels passatgers

Els carrers estan formats pel conjunt de trams que, encadenats un rere l'altre, el defineixen. Tots els trams d'un mateix carrer comparteixen un mateix atribut identificador (*CODVIA*) i un mateix nom (*NOMBRE*). Aquest darrer atribut permet seleccionar de l'entitat tots els trams de carrer en els que el nom del carrer coincideixi amb el text introduït per l'operador en el formulari. Cal indicar que aquesta coincidència s'ha realitzat, per a conveniència de l'usuari, usant un operador *like* que permet introduir parts de noms de carrers en lloc d'haver-los d'escriure exactament com estan continguts en l'atribut de l'entitat.

Per a determinar el tram de carrer s'ha usat el número introduït per l'operador en el formulari. Segons si aquest nombre és senar o parell, s'han filtrat els trams de carrers cercant aquell que contingüés el número cercat en el seu cantó senar o parell. Això s'ha aconseguit directament en la pròpia consulta realitzant divisions per 2 i avaluant el residu dels atributs dels trams i del valor introduït per l'operador.

En el codi de l'aplicació la condició de filtre de l'entitat s'ha especificat, finalment, tal com es mostra a continuació:

```
objOP.Filter = "NOMBRE LIKE '*' + edCarrer.Text + '*' AND (( " +
edNumero.Text + " between R_ADD_FROM and R_ADD_TO) OR ( " +
edNumero.Text + " between L_ADD_FROM and L_ADD_TO)) AND
((ABS(ROUND(R_ADD_TO/2)-(R_ADD_TO/ 2))=ABS(ROUND(" + edNumero.Text +
"/2)-(" + edNumero.Text + "/ 2))) OR (ABS(ROUND(L_ADD_TO/2)-
(L_ADD_TO/2))=ABS(ROUND(" + edNumero.Text + "/2)-(" + edNumero.Text +
"/ 2))))"
```

Si el nom del carrer i el número existeixen, d'aquesta consulta s'obté un únic tram de carrer que identifica la posició del passatger i que és usat per a cercar els taxis lliures més propers.

5.4.2 Selecció del taxi més proper

La localització del taxi més proper s'aconsegueix avaluant, de forma lineal, la distància dels taxis lliures fins als extrems del tram de carrer trobat. Aquests càlculs de distàncies es realitzen mitjançant un objecte geomètric lineal tipus *LineGeometry* i un objecte de mesura *MeasurementService* de Geomedia Professional 6.0:

```
Dim Measure As MeasurementService
Dim TestGeom As LineGeometry
```

El procediment realitza una consulta sobre l'entitat *taxis* amb un filtre respecte al camp *lliure* per a seleccionar només aquells taxis que no tinguin cap servei assignat. Aquest conjunt de taxis lliures es recorre llavors d'un en un i, per a cadascun d'ells, es construeix una línia entre ell i els extrems del tram de carrer seleccionat:

```
Set TestGeom = gobjGeoApp.CreateService("GeoMedia.LineGeometry")

While Not objRS.EOF 'recorrem tots els taxis
  GSS.GetGeometry objRS.GFields("Geometry"), RetObj

  'Assignem els extrems de la línia a medir
  With TestGeom
    .Start.X = LocLine.Start.X
    .Start.Y = LocLine.Start.Y
    .Start.Z = LocLine.Start.Z
    .End.X = RetObj.Origin.X
    .End.Y = RetObj.Origin.Y
    .End.Z = RetObj.Origin.Z
  End With
```

Aquesta línia es mesura en cada cas i, si la distancia obtinguda és la més petita fins al moment, s'escull el taxi com a candidat a servir al passatger:

```
With Measure
  Set .CoordSystem=gobjGeoApp.Document.CoordSystemsMgr.CoordSystem
  .ReferenceSpace = gmcssProjection
  Set .Geometry = TestGeom
End With

Dist = Measure.Length

If Dist < minDist Then
  minDist = Dist
  idTaxi = objRS.GFields("IdTaxi").Value
End If
```

Un cop recorreguts tots els taxis lliures, s'haurà identificat el més proper i aquest s'actualitza per a indicar que ja no és lliure modificant el seu atribut *lliure* i se li indica el passatger assignat en l'atribut *destí*:

```
' Actualitzem el taxi
objRS.Edit
objGSS.SetGeometry objRS.GFields("Geometry"), objGeom
objRS.GFields("Lliure").Value = False
objRS.GFields("Destí").Value = idPassatger
objRS.Update
```

A més, es construeix un nou element de l'entitat *passatgers* amb el seu atribut *servit* activat per a indicar que ja hi ha un taxi que el serveix.

```
objRS.AddNew
With objGeom
  .Origin.X = LocLine.End.X
  .Origin.Y = LocLine.End.Y
  .Origin.Z = LocLine.End.Z
End With

objGSS.SetGeometry objRS.GFields("Geometry"), objGeom
With objRS
  .GFields("IdPassatger").Value = idPassatger
  .GFields("Descripció").Value = "Passatger "+Format(idPassatger+1)
  .GFields("Servit").Value = True
End With
objRS.Update
```

Aquesta assignació del taxi al passatger es mostra en el formulari de l'usuari i en la finestra del mapa de Geomedia Professional 6.0.

5.4.3 Un exemple pràctic

Un cop iniciat Geomedia Professional 6.0 i obert el *geoworkspace* del projecte es pot procedir a iniciar l'aplicació desenvolupada. Això s'aconsegueix mitjançant el nou botó

 de la barra d'eines.

Amb això s'engega l'aplicació, es mostra el formulari del programa, i comença a funcionar el temporitzador i els taxis comencen a moure's. En aquest moment es pot procedir a ocultar el formulari amb el botó *Tancar* (sempre es pot tornar a visualitzar tornant a cridar l'aplicació) o es pot fer una recerca d'una adreça.

En aquest exemple, s'ha cercat l'adreça MERCADER,10 i el sistema ha seleccionat el taxi número 2 per a servir al nou passatger número 3. El resultat en el formulari de l'usuari és el següent:

Construcció d'un SIG municipal per a la gestió d'una agencia de taxis

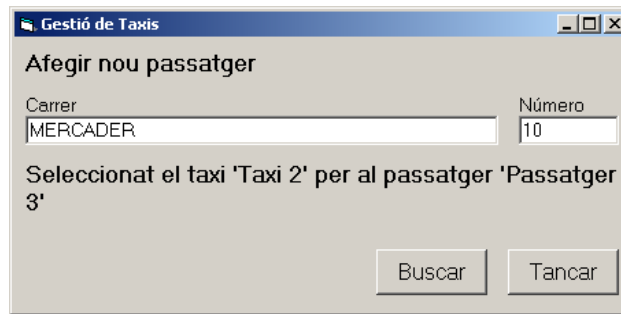


Figura 48: Identificació del taxi i passatgers seleccionats

En el mapa de Geomedia Professional 6.0 això es visualitza de la forma següent:

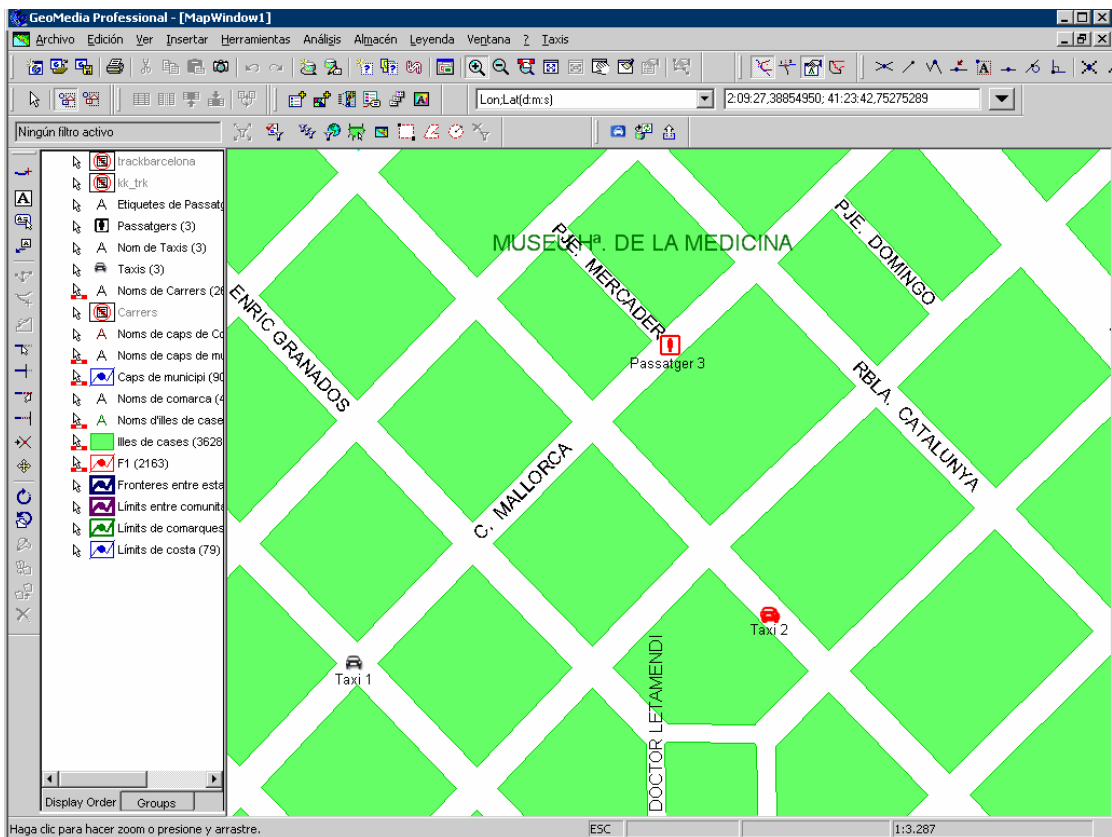


Figura 49: Visualització del taxi seleccionat, amb el seu nou estat, i del nou passatger

Com es pot veure en la imatge, el taxi número 2 està més a prop de l'adreça indicada pel *Passatger 3* que el taxi número 1. Per aquest motiu, el taxi número 2 ha estat seleccionat per a recollir al nou passatger, deixant d'estar disponible per a nous serveis.

A més, en ser actualitzat el seu estat, l'estil definit per al taxi fa que aquest es visualitzi de color vermell, al igual que el nou passatger.

6 Conclusions

Aquest projecte ha presentat els SIG, què són i per a què serveixen. Quins tipus de dades usen, com treballen amb elles i de quina forma aquestes son utilitzades per a obtenir les seves funcionalitats. També s'ha descrit el procés de disseny i modelització a seguir de cara a la construcció d'un SIG qualsevol.

Després s'han exposat els conceptes de cartografia més importants per al projecte: s'han descrit els sistemes de coordenades geogràfics i el concepte de *datum* associat al geòide de la Terra. S'han exposat els sistemes de coordenades projectats, el concepte de projecció i els diferents tipus de projeccions, incidint especialment en el sistema de projecció UTM que és bàsic en la construcció final del SIG.

Els diferents formats de dades, *raster* i vectorial, s'han explicat i comparat amb alguns exemples de formats d'arxius que usen cadascun d'ells, així com la seva utilitat i aplicació en cada entorn.

Per a construir el SIG s'han utilitzat diferents recursos públics, servidors de cartografia disponibles a Internet, que també es presenten en aquest document.

El programari Geomedia Professional 6.0 usat en la realització d'aquest projecte s'ha descrit exposant les seves principals funcionalitats, prestacions i altres virtuts que l'han fet adient per a la realització d'aquest projecte.

A continuació s'ha descrit en profunditat el funcionament del Sistema de Posicionament Global (GPS) explicant les seves característiques i el seu funcionament, així com el protocol de comunicacions usat pels dispositius GPS i que posteriorment s'ha simulat en l'aplicació final.

En la construcció del SIG s'ha descrit el procediment seguit per a carregar en Geomedia Professional 6.0 les dades obtingudes dels servidors de cartografia, i com s'ha parametrizat aquesta eina per a presentar gràficament aquestes dades de la forma desitjada.

En l'apartat de desenvolupament de l'aplicació, s'ha descrit el funcionament del sistema final. També s'ha descrit el procés de construcció de l'aplicació base sobre Visual Basic 6.0 i Geomedia Professional 6.0. S'ha mostrat el procés de simulació dels GPS dels taxis, amb la captura de dades sobre el terreny, la codificació/descodificació de les sentències NMEA i la representació del moviment dels taxis en el mapa. Finalment, s'ha

descriu la construcció del sistema de recepció de trucades, el geoposicionament d'aquestes i el procés d'esbrinament del taxi més proper al passatger, assolint els objectius marcats al principi del projecte.

6.1 Treballs futurs

Han quedat fora de l'abast d'aquest projecte, per no estar en els objectius inicials i per manca de temps, alguns aspectes que poden ser aprofundits en treballs futurs:

- Estabilitzar el codi: el caràcter experimental d'aquest projecte no ha permès treballar més minuciosament en alguns aspectes del desenvolupament que l'han de fer més estable i robust.
- Millorar la selecció dels carrers: la recerca realitzada actualment, tot i trobar perfectament les adreces cercades, no permet destriar entre diverses ocurrències de carrers que comparteixen el mateix nom (p.e. Plaça Catalunya i Rambla Catalunya). Per a un ús del SIG en un entorn d'explotació real caldria permetre escollir quina de les ocurrències és la desitjada per l'usuari del SIG.
- Càlcul de distàncies avançat: el procés de càlcul de distàncies entre els passatgers i els taxis és lineal i no té en compte la cartografia dels carrers per la que els taxis circulen. En una versió més avançada del SIG es podria calcular aquesta distància seguint els trams de carrers pels que el taxi pot circular tenint en compte el sentit dels carrers i les cruïlles existents.

Referències

6.2 Planes Web

Els SIG:

1. *National Center for Geographic Information & Analysis (NCGIA)*
<http://www.ncgia.ucsb.edu/> (Primavera 2006)
2. *Department of Geomatics, The University of Melbourne*
<http://www.sli.unimelb.edu.au/gisweb/menu.html> (Primavera 2006)
3. *geo COMMUNITY*
<http://www.geocomm.com/> (Primavera 2006)
4. *NGA - Office of GEOINT Sciences*
<http://earth-info.nga.mil/GandG/> (Primavera 2006)

Les projeccions cartogràfiques:

5. *National Geospatial-Intelligence Agency – On Line Datum:*
<http://earth-info.nga.mil/GandG/coordsys/onlinedatum/indexmap.html>
(Primavera 2006)
6. *IBM DB2 Universal Database – Projected coordinate systems:*
<http://publib.boulder.ibm.com/infocenter/db2luw/v8/index.jsp?topic=/com.ibm.db2.udb.doc/opt/csb3022b.htm> (Primavera 2006)
7. *POSC Epicentre v2.2: Usage Guide:*
http://www.posc.org/Epicentre.2_2/DataModel/ExamplesofUsage/eu_toc.html
(Primavera 2006)
8. *Faculty of Environmental Studies | University of Waterloo - Map Projections:*
<http://www.fes.uwaterloo.ca/crs/geog165/mapproj.htm> (Primavera 2006)

El sistema de projecció UTM:

9. *Faculty of Environmental Studies | University of Waterloo - Map Co-ordinates:*
<http://www.fes.uwaterloo.ca/crs/geog165/mapcoords.htm> (Primavera 2006)
10. *GIS - SIG | Sistemas de Información Geográfica: Recursos y la Mejor Comunidad de Usuarios - UTM, UNIVERSAL TRANSVERSAL MERCATOR:*

[http://recursos.gabrielortiz.com/index.asp?destino=diccionario&termino=UTM,%20Universal%20Transversal%20Mercator%20\(U.T.M.\)](http://recursos.gabrielortiz.com/index.asp?destino=diccionario&termino=UTM,%20Universal%20Transversal%20Mercator%20(U.T.M.)) (Primavera 2006)

Recursos en línia:

11. Institut Cartogràfic de Catalunya
<http://www.icc.cat> (Primavera 2006)
12. AESIG - Asociación Española de Sistemas de Información Geográfica
<http://www.aesig.org> (Primavera 2006)

Formats gràfics:

13. Wikipedia.org - Graphics file format summary:
http://en.wikipedia.org/wiki/Graphics_file_format (Primavera 2006)
14. Wikipedia.org - GIS file formats:
http://en.wikipedia.org/wiki/GIS_file_formats (Primavera 2006)
15. GIS Lounge - How To Tell GIS File Formats:
<http://gislounge.com/library/howto/httellgis.shtml> (Primavera 2006)
16. GIS Data Depot - GIS Data Formats:
<http://data.geocomm.com/helpdesk/formats.html> (Primavera 2006)

6.3 Documents

17. *GIS: Definition, Software - IAI Summer Institute - 19 July 2000*
18. *Understanding Map Projections. ESRI 2004.*
19. *Planar coordinates and Projections - NRM 344 – Introduction to GIS*
20. *Global positioning system standard positioning service signal specification – Navstar, 2nd Edition, June 2, 1995*
21. *NMEA Reference Manual - SiRF Technology, Inc., January 2005, Revision 1.3*
22. *The NMEA 0183 Protocol - Klaus Betke, May 2000. Revised August 2001.*
23. *GeoMedia Technology Overview – Intergraph 2005*
Geomedia6.0 Pro Product Sheet
Geomedia6.0 Product Sheet
Geomedia6.0 whatsnew

6.4 Llibres

24. The Design and Implementation of Geographic Information Systems, John E. Harmon and Steven J. Anderson, 2003 by John Wiley & Sons, Inc.
25. *Guide to GIS and Image Processing - Idrisi Production* ©1987-2001 Clark University
26. *Fundamentals of Geographic Information Systems. DeMers, N.N. (1997). John Wiley.*

6.5 Altres PFC

27. *Creació d'un Sistema d'Informació Geogràfica de Carreteres amb GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2. Carlos Villa Ferrer. Any 2005.*
28. *Creació d'un Sistema d'Informació Geogràfica de Carreteres. Problema logístic de l'empresa Vall Companys Grup. Eduard Allué Pont. Any 2005.*
29. *Creació d'un sig de carreteres amb Geomedia Professional. David Manjón Porta. Any 2005.*