

UNIVERSITAT OBERTA DE CATALUNYA

Enginyeria Informàtica (segon cicle)
Projecte Final de Carrera

**Construcció d'un
Sistema d'Informació Geogràfica
per a la
Gestió d'una Agència de Taxis**

ÀREA: Sistemes d'Informació Geogràfica

Autor: David Gómez López

Director: Eduard Allué Pont

Curs: 2005-2006. Segon semestre

A tots els qui m'heu ajudat durant aquesta segona estada a la universitat: professors, companys, amics i sobretot a la meva família, per tot el temps que no us he dedicat.

Resum

Aquest document, que correspon al projecte de final de carrera (PFC) del segon cicle d'Enginyeria Informàtica, descriu els treballs realitzats per a la construcció d'un Sistema d'Informació Geogràfica (SIG) que s'utilitzarà per a la gestió de la flota de vehicles d'una agència de taxis fictícia: TAXSIG.

El gran creixement experimentat per aquesta empresa ha propiciat que la gestió operativa de la seva flota esdevingui un problema complex de difícil resolució manual. Això representa un greu problema per a l'empresa, ja que l'assignació de les rutes òptimes dels vehicles té un impacte econòmic directe en el seu compte de resultats.

Per a la solució d'aquest problema complex es proposa la construcció d'un SIG, que serà l'encarregat de l'assignació dels servies als vehicles. Al llarg del document s'exposen les diferents fases per les que s'ha passat durant la construcció del SIG, des dels necessaris coneixements teòrics previs fins a la implementació practica del sistema, i l'aprenentatge de l'ús d'un programari comercial de SIG: GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0.

Altre programari rellevant ha estat MICROSOFT VISUAL BASIC 6.0 per a ampliar les funcionalitats del SIG, MICROSOFT ACCESS 2000 com a repositori de les dades persistents del sistema i MICROSOFT WINDOWS 2000 com a sistema operatiu.

Així, el contingut on s'exposa tot el procés de construcció del SIG està dividit en els següents capítols:

- **Capítol 1. Introducció al PFC.** S'exposen els principals aspectes del projecte: el context en que s'ha desenvolupat, la seva justificació, els seus objectius, la planificació seguida i els productes obtinguts al final del mateix.
- **Capítol 2. Introducció als SIG.** S'exposa el tema principal del projecte, els SIG. S'explica quins són els seus components, quines tecnologies hi intervenen i quines aplicacions tenen aquest tipus de sistemes.
- **Capítol 3. Representació d'informació.** S'introdueix el problema de la representació de la superfície terrestre sobre els mapes i les diferents solucions existents. Conceptes clau: cartografia, geodèsia, projecció cartogràfica, formats gràfics vectorial i *raster*. També es presenta l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC), font d'algunes imatges usades en la construcció del SIG.
- **Capítol 4. GeoMedia Professional 6.0.** En aquest capítol s'exposa el funcionament i les grans possibilitats que ofereix aquest programari per a la construcció d'un SIG.
- **Capítol 5. Cas pràctic.** En la primera part d'aquest capítol es presenta l'empresa TAXSIG, la seva problemàtica i els passos seguit per a construir el SIG amb les funcionalitats estàndard proporcionades per GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0. En la segona part del capítol, i usant MICROSOFT VISUAL BASIC 6.0, s'amplien aquestes funcionalitats per adaptar encara més el SIG a les necessitats de TAXSIG.
- **Capítol 6. Conclusions.** En aquest capítol hi ha les conclusions que es deriven del treball realitzat i s'apunten línies futures en la matèria treballada.

Índex de continguts

Resum	1
Índex de continguts	2
Índex de figures	4
Índex de taules	6
Capítol 1. Introducció al PFC	7
1.1. Justificació, context i aportació.....	7
1.2. Objectius	7
1.3. Enfocament i mètode seguit	7
1.4. Planificació.....	8
1.5. Productes obtinguts	9
1.6. Descripció de la resta de capítols	9
Capítol 2. Introducció als SIG	10
2.1. Què és un SIG?.....	10
2.2. Components.....	10
2.2.1. Maquinari	11
2.2.2. Programari.....	11
2.2.3. Dades.....	14
2.2.4. Procediments	14
2.2.5. Personal	14
2.2.6. Comparativa SIG i DAO	15
2.2.7. El valor afegit d'utilitzar un SIG	15
2.3. Tecnologia.....	16
2.3.1. El sistema de Posicionament Global (GPS)	17
2.3.2. Funcionament del sistema GPS.....	17
2.3.3. Components del sistema GPS	18
2.3.4. El senyal de ràdio	19
2.3.5. Alternatives al sistema GPS	20
2.4. Aplicacions.....	21
Capítol 3. Representació d'informació	23
3.1. Introducció a la cartografia	23
3.1.1. Conceptes geogràfics i geodèsics.....	23
3.1.2. Projeccions cartogràfiques	29
3.2. Representacions gràfiques.....	32
3.2.1. Format <i>raster</i>	32
3.2.2. Format vectorial.	32
3.2.3. Format <i>raster</i> enfront format vectorial	33
3.2.4. Conversió entre formats	34
3.3. L'Institut Cartogràfic de Catalunya	34
3.3.1. Activitats i serveis de l'ICC	35
3.3.2. Cartografia existent a l'ICC	36
Capítol 4. GeoMedia Professional 6.0	37
4.1. L'empresa.....	37
4.2. GeoMedia Professional 6.0	38
4.3. Adquisició de dades	40

ÍNDIX DE CONTINGUTS

4.4. Tractament de dades.....	41
4.4.1. Imatges en format <i>raster</i>	41
4.4.2. Imatges en format vectorial.....	43
4.5. Anàlisi de dades	44
4.5.1. Consultes	44
4.5.2. Atributs funcionals	46
4.5.3. Zones d'influència.....	46
4.5.4. Visualitzacions temàtiques.....	47
4.6. Composició de resultats i impressió.....	47
4.7. Utilitats complementàries.....	48
Capítol 5. Cas pràctic.....	50
5.1. Construcció del SIG	50
5.1.1. Presentació de l'empresa.....	50
5.1.2. Anàlisi del problema	52
5.1.3. Disseny i construcció de la solució	53
5.1.4. El model de dades	62
5.2. Programació del SIG	65
5.2.1. Entorn de desenvolupament	66
5.2.2. Regles de negoci i factors clau.....	75
5.2.3. Simplificacions.....	76
5.2.4. El prototipus	76
Capítol 6. Conclusions	77
6.1. Línies futures.....	78
Capítol 7. Referències	79

Índex de figures

Figura 1. Planificació del projecte	8
Figura 2. Components d'un SIG [10].....	11
Figura 3. Distribució del mercat de programari SIG l'any 2001 [33].....	12
Figura 4. Triangulació de la distància amb un, dos i tres satèl·lits [34].....	17
Figura 5. Cobertura dels satèl·lits GPS [34].....	18
Figura 6. Trajectòria d'un satèl·lit GPS [34].....	18
Figura 7. Xarxa satèl·lits GPS [34].	19
Figura 8. Instal·lacions de control de la xarxa de satèl·lits GPS [39].	19
Figura 9. Mesura del temps del senyal GPS [34].....	20
Figura 10. Logotip xarxa satel·litària soviètica GLONASS [40].....	20
Figura 11. Logotip xarxa satel·litària europea GALILEO [42].	21
Figura 12. El meridià de Greenwich a Greenwich (Londres) [36].....	24
Figura 13. Paral·lels i meridians [35].	25
Figura 14. Latitud i longitud [35].....	25
Figura 15. La superfície terrestre i el geoide [34].....	25
Figura 16. Comparació entre el geoide i la superfície terrestre [46].....	26
Figura 17. Gradient gravitatori a la superfície terrestre [43].	26
Figura 18. Equació de l'el·lipsoide [23].	26
Figura 19. El·lipsoide [34].	27
Figura 20. El geoide, l'el·lipsoide i la superfície terrestre [44] [45].....	27
Figura 21. El·lipsoïdes de referència local [34].	27
Figura 22. Coordenades geodèsiques diferents d'un mateix punt [14].....	28
Figura 23. Projeccions cilíndriques [38].	30
Figura 24. Projecció UTM de la Terra [46].	31
Figura 25. Divisió UTM en fusos i zones [46].....	31
Figura 26. Conversió format raster a vectorial [37].....	34
Figura 27. Seu de l'Institut Cartogràfic de Catalunya [24].....	34
Figura 28. Antena receptora i imatge generada [24].....	36
Figura 29. Registre d'imatge raster [48].....	42
Figura 30. Obtenció coordenades des de imatge en format MrSID.....	42
Figura 31. Barra SmartSnap durant una captura raster [48].....	43
Figura 32. Barra SmartSnap durant una captura vectorial [48]	44
Figura 33. Contingut arxiu d'esquema de servidor (.csd).....	44
Figura 34. Zones d'influència [49].....	46
Figura 35. Mapes temàtics [49].....	47
Figura 36. Composició [49].	48
Figura 37. Barra d'escala i fletxa nord [48].	55
Figura 38. Unitats d'emmagatzemament incorrectes [48].....	56
Figura 39. Importació de la base municipal de Catalunya. Límits comarcals [48].....	56
Figura 40. Base municipal de Catalunya importada [48].....	57
Figura 41. Les quatre ortofotos correctament georeferenciades [48].....	57
Figura 42. Creació d'una nova entitat[48].	58
Figura 43. Entitats digitalitzades [48].	59
Figura 44. Agrupació d'entitats a la llegenda [48].....	59
Figura 45. Llegenda del SIG [48].	60
Figura 46. Quadre de diàleg d'estils.	61
Figura 47. Àrea d'influència de taxi.	61

ÍNDIX DE FIGURES

Figura 48. Visualització gràfica de l'atribut 'ocupat' de taxi.	62
Figura 49. Diagrama d'entitat - relació.	62
Figura 50. Guia ràpida del model d'objectes de GeoMedia Professional[47].	66
Figura 51. Classes del framework de GeoMedia [47].	67
Figura 52. Model de dades GDO de GeoMedia [47].	68
Figura 53. Jerarquia de classes en la gestió de sistemes de coordenades [47].	68
Figura 54. Jerarquia de classes dins la classe Legend [47].	69
Figura 55. Jerarquia de classes dins la classe StyleFolder.[47].	69
Figura 56. Personalitzar GeoMedia amb una nova comanda.	72
Figura 57. Exemple d'utilització de l'API de GeoMedia Professional 6.0.	73
Figura 58. Comanda personalitzada per a la recepció de trucades en el SIG.	74
Figura 59. Pantalla principal de gestió de trucades.	74
Figura 60. Assignació automàtica de taxi.	75
Figura 61. Taxi assignat i taxi pendent d'assignació.	75

Índex de taules

Taula 1. Relació de proveïdors de programari SIG i productes ofertats	13
Taula 2. Diferències entre SIG i DAO.	15
Taula 3. El·lipsoides de referència.	28
Taula 4. Comparació formats vectorial i raster.....	33
Taula 5. Composició de la flota de taxis	51
Taula 6. Entitats del SIG	54
Taula 7. Escales de visualització de les entitats gràfiques.	60

Capítol 1. Introducció al PFC

En aquest capítol s'exposa el marc en el que es desenvolupa aquest projecte de final de carrera (PFC). S'explica amb quin objectiu neix, la metodologia usada durant la seva execució, la planificació de les principals tasques, quins productes s'obtenen al final del projecte i una breu descripció del contingut de la resta de capítols.

1.1. Justificació, context i aportació

Aquest projecte neix com a resposta al problema plantejat per una empresa propietària d'una gran flota de taxis, en la que els seus resultats econòmics depenen directament de la gestió correcta de la mateixa. En els darrers dos anys, el ràpid creixement d'aquesta empresa s'ha traduït en un increment proporcional en el nombre de vehicles, fet que ha comportat que la gestió òptima d'aquesta flota de vehicles assoleixi un grau de complexitat elevat: l'assignació dels serveis als vehicles esdevé una tasca que ja no es pot seguir fent de manera manual.

Tal com s'exposa al llarg del PFC, un SIG és un sistema capaç de resoldre diferents tipus de problemes complexos, entre els quals hi ha la gestió de flotes de vehicles. Per tant, es proposa la construcció d'un SIG que s'encarregarà de l'assignació automàtica dels serveis als vehicles de manera òptima.

La construcció d'un sistema d'aquest tipus serà el darrer pas d'aquest PFC, que s'iniciarà amb l'estudi de les possibilitats d'un SIG, de les diferents àrees de coneixement que intervenen i d'un conegut programari. El projecte aporta, a més del coneixement, un prototipus personalitzat a mida de l'empresa, que resoldrà el problema complex de la gestió de la seva flota de taxis.

1.2. Objectius

Tot i que l'objectiu final de la realització del PFC és obtenir un bon coneixement dels SIG, podem identificar-ne clarament els següents:

- *Conèixer què és un SIG.* Per arribar a assolir aquest coneixement caldrà estudiar tant els propis SIG com el món en que estan ubicats i amb els que guarden estreta relació: cartografia, geodèsia, representacions gràfiques, etc.
- *Aprendre a usar el SIG comercial GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0.* Aquest programari és un dels capdavanters en aquest tipus de sistemes.
- *Aprendre a programar aplicacions sobre un SIG.* Utilitzant llenguatges de programació estàndard, com MICROSOFT VISUAL BASIC 6.0, es crearan noves opcions sobre un SIG comercial com GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0.
- *Elaboració i exposició d'informació de forma rigorosa.* En la realització d'un treball d'aquest tipus, a més del contingut pren una especial rellevància la seva presentació, tenint especial cura en temes com: la capacitat de síntesi, l'estructuració dels continguts, la redacció i l'ortografia, la coherència i correlació entre els temes explicats, etc.

1.3. Enfocament i mètode seguit

INTRODUCCIÓ AL PFC

En aquest projecte hi ha tres components principals: una part teòrica reflectida en aquesta memòria, una part pràctica formada per la construcció d'un SIG i una presentació on es resumeix el treball fet.

Respecte el contingut de la memòria, els conceptes exposats han passat sempre pels següents processos:

- Un primer de *recerca*, on es recopila una sèrie de possibles fonts d'informació del concepte.
- Un segon de *classificació*, on s'agrupen les fonts en funció de la quantitat i qualitat dels conceptes exposats.
- Un tercer de *selecció*, on es descarten les fonts considerades amb una aportació de menor valor afegit, ja fos per una deficient claredat d'exposició, falta d'exactitud o de rigorositat.

Respecte l'estructuració de la memòria, s'ha procurat que els temes quedin lligats de la millor manera possible, on sovint una explicació incorpora un nou element que serà detallat en el proper paràgraf, de manera que la lectura sigui còmoda i l'adquisició de coneixements incremental.

Sobre els temps dedicats, la part principal correspon a la realització de la part teòrica del treball. Durant l'etapa final del projecte, a causa de les ajustades dates, s'ha decidit incrementar el temps dedicat a la presentació virtual en detriment del prototipus: es considera més important una exposició clara que la inclusió de noves funcionalitats al prototipus.

1.4. Planificació

A la Figura 1 es pot observar la planificació seguida per a l'execució de les principals tasques realitzades durant aquest PFC.

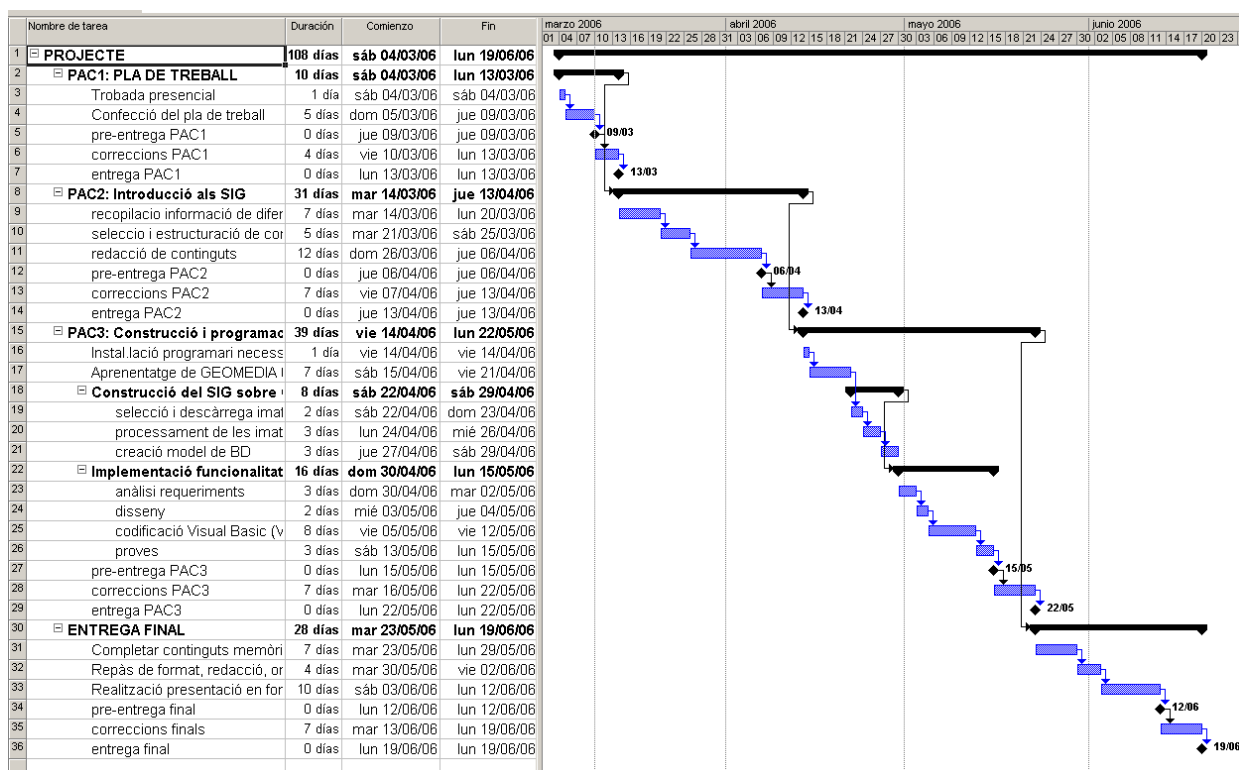


Figura 1. Planificació del projecte

1.5. Productes obtinguts

La realització d'aquest PFC ha suposat la generació dels següents productes:

- *La memòria.* És aquest propi document, on hi ha el coneixement adquirit en diferents àrees durant la realització del mateix (cartografia, geodèsia, ...).
- *SIG de l'empresa Taxsig.* Aquest sistema, basat en GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0, permetrà l'empresa optimitzar la gestió de la flota de taxis.
- *La presentació.* Realitzada usant MICROSOFT POWERPOINT 2000, exposa en vint diapositives un resum del contingut del PFC.

1.6. Descripció de la resta de capítols

La resta de capítols del PFC exposen el coneixement necessari en diferents matèries fins arribar a la realització d'un SIG que ajudarà en la gestió d'una flota de vehicles:

Capítol 2. Introducció als SIG. Es fa una introducció als SIG: què són, quins components intervenen, quina finalitat tenen i el valor afegit que aporta el seu us.

Capítol 3. Representació d'informació. Aquest capítol gira al voltant de com representar la superfície esfèrica de la Terra en el pla amb la mínima deformació possible. Per fer-ho hi ha diferents tècniques i s'usen les que millor s'adapten a cada cas. També es fa una introducció als diferents formats de representació d'imatges i a l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC), que serà la font d'algun dels recursos usats en aquest PFC.

Capítol 4. GeoMedia Professional 6.0. En aquest capítol s'explica el funcionament d'aquest programari comercial, un dels principals del sector SIG.

Capítol 5. Cas pràctic. En aquest capítol es presenta l'empresa TAXSIG, la seva problemàtica relacionada amb la gestió de la flota de vehicles i es detallen els passos seguits per a la construcció d'un SIG que serà capaç de resoldre aquest complex problema.

Capítol 6. C. S'exposen les principals conclusions derivades de l'execució d'aquest projecte. Addicionalment, també s'ha adquirit un bon coneixement sobre els SIG, coneixement que permet apuntar algunes línies futures en aquest camp, i que es veuen recollides en aquest capítol.

Capítol 2. Introducció als SIG

En aquest capítol es presenta el tema central del projecte, els Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG). El contingut es divideix en els següents apartats:

- Què és un SIG?: es donen diferents definicions sobre el què és un SIG i quin tipus de qüestions pot resoldre.
- Components: hi ha la relació i explicació dels diferents components que es troben en un SIG.
- Tecnologia: hi ha explicacions sobre els fonaments sobre els que es basa un SIG, amb especial atenció a l'adquisició de dades mitjançant l'ús de satèl·lits i el sistema de posicionament global (GPS).
- Aplicacions: exemples de diferents àrees on es fan servir SIG.

2.1. Què és un SIG?

Un SIG és un conjunt de recursos destinats a l'anàlisi de diferents tipus de dades per, a partir d'aquestes, generar informació útil en la resolució de qüestions relacionades amb l'anàlisi de la posició espacial de diferents tipus d'elements. Altres definicions més formals que es poden trobar per a la definició de SIG:

- *Paquet integrat per l'entrada, emmagatzematge, anàlisi i sortida d'informació espacial, sent l'anàlisi la part més rellevant [2].*
- *Sistema de maquinari, programari i procediments dissenyats per donar suport a la captura, emmagatzematge, manipulació, anàlisi, modelització i visualització de dades referenciades espacialment per a la resolució de problemes de planificació i gestió complexos [3].*
- *Col·lecció organitzada de maquinari, programari, dades geogràfiques i personal dissenyat per capturar, emmagatzemar, actualitzar, manipular, analitzar i visualitzar tot tipus d'informació referenciada geogràficament [4].*
- *Sistema basat en ordinador capaç de proporcionar els següents quatre conjunts de capacitats per a la manipulació de dades georeferenciades: entrada de dades; gestió (emmagatzematge i recuperació); manipulació i anàlisi; sortida [5].*

Totes aquestes definicions descriuen, amb major o menor exactitud, un SIG. El factor comú a totes és l'aparició del concepte de dades georeferenciades i l'anàlisi que es fa sobre elles.

2.2. Components

Com es pot veure en la Figura 2, en un SIG s'identifiquen cinc components principals [10]: el maquinari, el programari, les dades, els usuaris i els procediments.

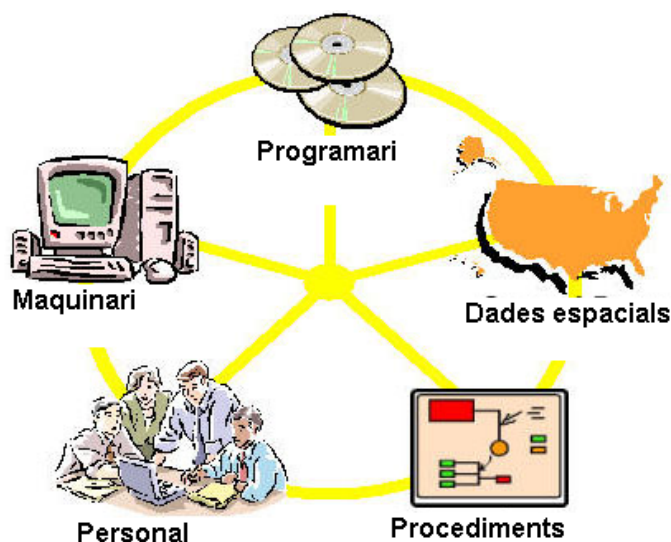


Figura 2. Components d'un SIG [10].

En aquest apartat s'exposa cadascun d'aquests components:

- El maquinari, la plataforma sobre la que s'executa el programari.
- El programari, encarregat de gestionar els serveis que proporciona el maquinari.
- Les dades, a partir de les que s'obindrà la informació desitjada.
- Els procediments, on es defineixen les regles de funcionament del sistema.
- El personal, encarregat de fer funcionar el sistema.

2.2.1. Maquinari

Són tots aquells components amb els quals el personal interacciona directament per a treballar amb el sistema. Hi ha diferents tipus, agrupats en les següents categories: dispositius d'entrada, processadors i dispositius de sortida.

- *Dispositius d'entrada.* En aquesta categoria hi ha tots aquells dispositius que faciliten l'entrada d'informació en el sistema: *scanners*, taules digitalitzadores, teclats, etc.
- *Processadors.* Sovint el programari SIG a usar determina el tipus de processador que es pot usar. Per exemple, hi ha programaris que només funcionen sobre plataformes x86, altres que funcionen en plataformes *Unix* i altres que són multiplataforma. Tot i que el personal no interacciona directament amb aquest maquinari, si que ha de conèixer aquestes limitacions.
- *Dispositius de sortida.* Aquest maquinari és l'encarregat de mostrar el resultat final del processament de les dades. Entre els dispositius més habituals trobem els monitors, les impressores i els *plotters*.

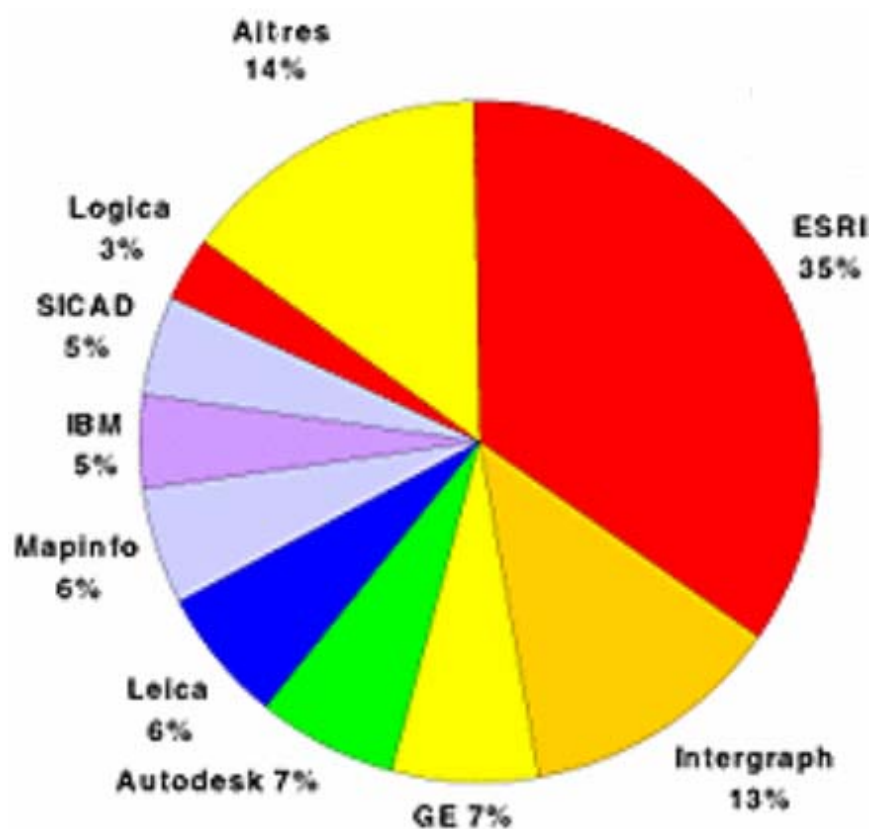
2.2.2. Programari

En un programari SIG s'identifiquen, a més del sistema operatiu, els següents components clau [10]:

INTRODUCCIÓ ALS SIG

- *Base de Dades.* És el component que dona persistència a les dades en el sistema. La seva gestió és a càrrec d'un dels habituals Gestors de Base de Dades de mercat: ORACLE, MICROSOFT ACCESS, ...
- *Interfície gràfica d'usuari* per a facilitar l'accés a les diferents eines existents en el sistema.
- *Eines per a l'entrada i manipulació d'informació geogràfica.* Tot i que és possible realitzar l'entrada de dades de manera manual, la gestió de volums de dades mitjos o alts requereix l'ús d'eines automatitzades.
- *Eines per a la realització de consultes amb suport geogràfic, anàlisi i visualització,* que permetran trobar relacions geogràfiques entre les entitats representades, visualitzant-les d'una manera gràfica que possibilitarà una millor comprensió del sistema.

Hi ha multitud de proveïdors de programari que ofereixen una gran diversitat de productes orientats a diferents tasques relacionades amb els SIG: Construcció de mapes, processament de dades, processament d'imatges, etc. A la Figura 3 es pot veure la quota de mercat dels diferents productes SIG l'any 2001.



**Total vendes estimades any 2001:
1.073 milions de dòlars**

Figura 3. Distribució del mercat de programari SIG l'any 2001 [33].

INTRODUCCIÓ ALS SIG

A la taula 1 hi ha la relació de les principals empreses proveïdores de programari SIG.

Producte	Empresa	Comentari
LM on ArcGIS	AED SICAD	Programari orientat a la gestió de parcel·les (cadastre), basat en la tecnologia ArcGIS.
ArcGIS	ESRI	Família de productes SIG, líder per quota de mercat. Pot funcionar tant com aplicació d'escriptori com client-servidor.
AutoDesk Map	AutoDesk	Programari orientat a la integració entre informació DAO (disseny assistit per ordinador) i informació SIG.
ENVI	Research Systems Inc.	Programari que crea un entorn de visualització d'imatges en plataformes WINDOWS, Unix i Mac. La seva arquitectura oberta facilita el treball amb dades <i>Landsat</i> , <i>SPOT</i> , <i>RADARSAT</i> , <i>NASA</i> , <i>NOAA</i> , etc. [31]
ER Mapper Professional	Earth Resource Mapping, Inc	Programari SIG orientat al tractament i anàlisi d'imatges proporcionades pels satel·lits.
ERDAS Imagine	Leica Geosystems	Programari pel tractament digital d'imatges que pot funcionar de manera autònoma o integrat amb ArcGIS en forma d'extensions.
ExpertGPS	TopoGrafix	Programari gratuït per a la confecció de mapes que es visualitzaran en receptors GPS de les marques Garmin, Magellan i Lowrance.
GeoExpress	LizardTech	Programari orientat principalment per treballar en el sector geoespacial [32].
Geomática	PCI Geomatics	Programari que ofereix de manera integrada en un sol entorn eines de desenvolupament de SIG, fotogrametria, cartografia, <i>web</i> i teledetecció.
GeoMedia	Intergraph	Aquest serà el SIG utilitzat en la construcció del prototipus inclòs en aquest projecte, concretament la versió del producte GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0
GPS Pathfinder Office	Trimble	Programari pel processament de dades GPS. Té la capacitat de descarregar-les, corregir-les (usant postprocessament diferencial) per obtenir un major grau de precisió i tornar a exportar-les a una base de dades d'un SIG.
GRASS	Baylor University	Programari sota llicència GPL (lliure). Inicialment per entorns Unix, actualment ja es troba també en plataforma WINDOWS.
IDRISI	Clark University	Programari SIG que també permet el processament d'imatges.
Manifold System	Manifold	Programari SIG sobre plataforma WINDOWS que promet més funcionalitats que ESRI o <i>MapInfo</i> per una desena part del seu preu.
MapInfo Professional	MapInfo	Un dels productes que son referència en el món dels SIG.
MapPoint	Microsoft	Permet la creació de mapes i la presentació de dades de MICROSOFT OFFICE.
Maptitude	Caliper	Programari d'escriptori que permet la realització de mapes i l'execució de consultes geogràfiques.
Oracle Spatial	Oracle	Programari que afegeix al gestor de base de dades Oracle diferents capacitats pròpies dels SIG: consultes i relacions espacials, transformacions de sistemes de coordenades, ...
SICAD Spatial Desktop	SICAD Geomatics	Empresa filial de Siemens fins l'any 2002, ja desapareguda.
Terrain Navigator Pro	MapTech	Programari compatible només amb les sèries topogràfiques USGS professionals per a la realització de mapes
TopoFusion	TopoFusion.com	Programari basat en Windows que automàticament descarrega mapes de: <ul style="list-style-type: none"> • TerraServer (MICROSFOT) • OnEarth server (NASA) per a la seva visualització posterior.

Taula 1. Relació de proveïdors de programari SIG i productes ofertats.

2.2.3. Dades

Primer de tot, és important diferenciar entre els termes *dades* i *informació*, ja que sovint apareixen com a termes intercanviables quan en realitat no ho són:

- El terme *dades* fa referència a un conjunt més o menys elevat de valors referents a diferents entitats i que, per si soles, no aporten cap valor afegit.
- Per altra banda, la *informació* és el resultat de processar i analitzar les dades.

En un SIG (i en general en qualsevol altre tipus de sistema) les decisions que es prenen es basen en el coneixement de la informació, no de les dades.

És important tenir present que la obtenció de informació de qualitat només serà possible si les dades en les que es basa aquesta informació també són de qualitat [6]. Un conjunt de dades incorrectes o insuficients introduïdes en el sistema pot provocar respostes incorrectes o insuficients per molt perfeccionats que siguin la resta de components. És per aquest motiu que sovint l'obtenció de dades de qualitat absorbeix entre un 60 y un 80% del pressupost total de la implantació d'un SIG [7].

Sobre les dades que intervenen en un SIG, seran principalment de dos tipus:

- Tipus gràfic, per a l'emmagatzematge de les coordenades geogràfiques dels objectes.
- Tipus alfanumèric, per definir els atributs i propietats de la informació gràfica.

2.2.4. Procediments

L'objectiu de la implantació d'un SIG és donar resposta a una o varies preguntes en un determinat context, que ve determinat per l'empresa o organització on es troba implementat aquest SIG.

Per tant, per a la correcta resolució de les preguntes és imprescindible reflectir de la millor manera possible la realitat de l'empresa dins el sistema. Per fer-ho, caldrà:

- fer un bon disseny
- definir les regles d'activitat de l'empresa, que són models i pràctiques operatives exclusives de cada organització.

Per cobrir correctament aquests dos punts cal que el personal encarregat de recollir els requeriments de l'empresa es faci una idea el més acurada possible del negoci, de les necessitats del negoci i de les possibilitats que ofereix un SIG.

2.2.5. Personal

L'alt grau de sofisticació assolit pels SIG fa que la seva explotació requereixi de personal amb un bon coneixement, no només de les tecnologies usades, si no també dels conceptes i disciplines que intervenen (cartografia, bases de dades, ...). A millors aptituds del personal, millors resultats es podran obtenir del sistema, millor aprofitament dels recursos, etc.

Sobre les tasques a càrrec del personal, cal destacar:

- La *introducció de dades* en el sistema, que seran la base per a l'obtenció d'informació.
- l'*actualització de les dades* existents, en aquells sistemes que treballin amb dades que varien amb el pas del temps.
- l'*explotació del sistema*, mitjançant l'anàlisi de les dades introduïdes.

2.2.6. Comparativa SIG i DAO

Un tipus de sistema que cal no confondre amb un SIG són els *sistemes de disseny assistit per ordinador* (DAO). Com molt bé indica el seu nom, la seva principal funció és el disseny, mentre que en un SIG aquesta només és una de les seves vessants.

A la taula 2 es defineixen les principals diferències entre els SIG i els DAO:

	SIG	DAO
Format de les dades	Dades geomètriques que proporcionen informació relativa a la superfície terrestre. Les dades es poden introduir tant en format <i>raster</i> com vectorial	Dades geomètriques d'objectes, en dues o tres dimensions. Només utilitza dades de tipus vectorial.
Volum de les dades	Elevat, degut a la gran quantitat de dades necessàries per representar tant la superfície terrestre com els objectes que s'hi referencien.	Típicament menor que en un SIG.
Persistència de les dades	Donat l'elevat volum de dades que acostumen a gestionar, necessiten d'un suport extern, normalment a càrrec de bases de dades relacionals.	El reduït volum de dades permet guardar-les en fitxer.
Principal funcionalitat	Anàlisi de les dades introduïdes en el sistema per tal d'obtenir informació per poder prendre decisions.	Disseny i representació de dibuixos de caràcter tècnic.
Escales típiques	Normalment representen grans àrees de terreny i, per tant, l'escala usada acostuma a ser gran	Poden representar des de avions o edificis fins a circuits integrats minúsculs. L'escala usada és molt variable.

Taula 2. Diferències entre SIG i DAO.

Per tant, tot i que sembli un sistema dedicat a la 'simple' generació i emmagatzematge de mapes, el que fa realment interessant un SIG és el valor afegit que aporta la seva utilització.

2.2.7. El valor afegit d'utilitzar un SIG

S'entén com a valor afegit aquell que genera el SIG durant la manipulació i anàlisi de la informació de que disposa. Aquest valor afegit es conseqüència de la capacitat del sistema de respondre preguntes complexes, del tipus [5]:

- Què hi ha en un determinat lloc o localitat?
- En quins llocs o localitats es donen certes condicions?
- Quins canvis s'han produït amb el pas del temps i en quins llocs?
- Quin és l'impacte social, econòmic o ambiental d'un canvi particular en l'ús del sol?
- Què passarà si l'ús actual del sol en una zona particular en canvia per un altre tipus d'ús?

INTRODUCCIÓ ALS SIG

El *primer tipus* de qüestions és una de les funcions més simples en un SIG. La localització es pot descriure de varies maneres, i es pot definir mitjançant: un punt, línia o àrea (polígon); pel nom del lloc o la seva adreça o el seu codi postal; per les seves coordenades geogràfiques.

El *segon tipus* de qüestions és justament l'invers del primer: en lloc de preguntar per un lloc concret es demana en quin/s lloc/s es compleixen determinades condicions.

El *tercer tipus* de qüestions relaciona els canvis amb el pas del temps. Per respondre a aquest tipus de preguntes el sistema ha de disposar de dos o més conjunts de dades adquirits en diferents moments del temps.

El *quart tipus* de qüestions serveix per avaluar com ha influït un determinat canvi en l'ús del sòl des de diferents vessants.

El *cinquè tipus* de qüestions és probablement el més important i usat en els SIG, ja que el fet de donar resposta a aquest tipus de pregunta permet fer simulacions d'actuacions sobre una certa àrea geogràfica i avaluar els efectes potencials que causarien aquests canvis... sense haver de fer-los realment! Això és un gran estalvi de temps i de recursos.

D'aquestes cinc tipus de preguntes bàsiques se'n deriven altres que un SIG també és capaç de resoldre: la distància entre dos objectes, la distància entre dos objectes que compleixin una determinada condició (o varies condicions), càlcul de rutes, etc. Evidentment, aquesta capacitat de respondre a tots aquests tipus de preguntes proporciona a aquest tipus de sistemes una gran potència en quant a possibles usos en multitud de camps.

Aquest ampli ventall de possibilitats neix de la combinació dels dos principals components d'un SIG. Per una banda la informació geogràfica, representada de manera molt similar a la d'un mapa convencional; per una altra banda, l'ús de bases de dades on guardar informació alfanumèrica relativa a les entitats que apareixen en el mapa.

Per tant, la potència d'un SIG rau en la capacitat de relacionar els dos tipus de dades que gestiona, geogràfica i alfanumèrica, en la seva capacitat d'anàlisi de la informació que es capaç de emmagatzemar i gestionar per a la resolució de preguntes complexes.

2.3. Tecnologia

Els requeriments tecnològics dels SIG no difereixen massa dels de la resta de sistemes existents en qualsevol organització (gestors de bases de dades, xarxes, ordinadors personals, *plotters*, etc.), però hi ha un aspecte que els diferencia: l'ús del *sistema de posicionament global* (GPS) per a l'adquisició de grans volums de dades georeferenciades.

En aquest apartat s'explica el funcionament del GPS, exposat en els següents punts:

- *El sistema de posicionament global*, on hi ha una breu introducció al paper que té el GPS en relació als SIG.
- *Funcionament del GPS*, on s'exposen els principis en que es basa el GPS.
- *Components del GPS*, on hi ha la relació dels principals components del GPS.
- *El senyal de ràdio*, encarregat de dur la informació entre els satèl·lits i els receptors terrestres.
- *Alternatives al sistema GPS*, on hi ha una breu referència als sistemes de posicionament europeu i soviètic.

2.3.1. El sistema de Posicionament Global (GPS)

Una de les formes més usades per a la captura d'informació geogràfica a incorporar en un SIG és mitjançant l'ús del sistema GPS. Amb aquest sistema es facilita la incorporació d'un gran volum de dades de manera senzilla. A més, l'alta qualitat (en quant a exactitud) de les dades proporciona una gran qualitat a les dades i, consegüentment, millora l'exactitud dels resultats obtinguts.

Un altre ús és el *posicionament*, en temps real, sobre un mapa d'una sèrie d'elements equipats amb receptors GPS. Un exemple d'aplicació d'aquest ús dels senyals GPS és, per exemple, la gestió de flotes de transport.

2.3.2. Funcionament del sistema GPS

El principi bàsic consisteix en la recepció, per part d'un receptor situat a la superfície terrestre, de entre quatre i vuit senyals de ràdio, cada una provenint d'un satèl·lit diferent. Cada un d'aquests forma part d'una xarxa de 24 nodes (més 4 de reserva) nomenada NAVSTAR. Per a cada satèl·lit el receptor coneix:

- la seva posició exacta.
- el temps que el senyal de ràdio ha trigat en recórrer la distància entre el satèl·lit i el receptor (ell mateix).

Si a aquesta informació s'afegeix el coneixement de la velocitat de propagació de la senyal, es pot determinar la posició del receptor sobre la superfície terrestre mitjançant triangulació, tal com es pot veure a la Figura 4.

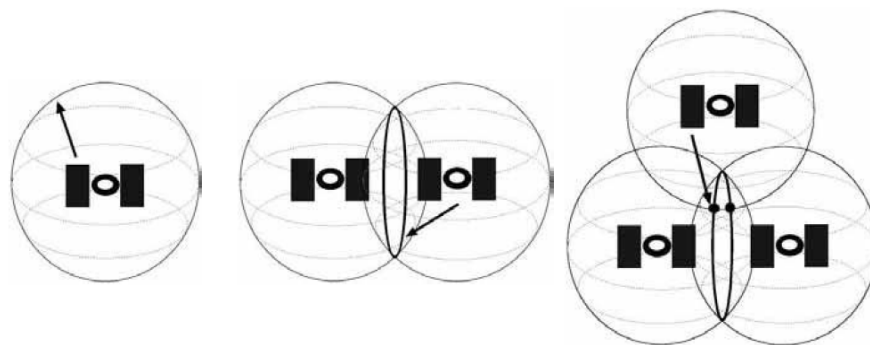


Figura 4. Triangulació de la distància amb un, dos i tres satèl·lits [34].

Sobre el requeriment de rebre quatre senyals de satèl·lit com a mínim, en la pràctica n'hi ha prou amb tres. Això és degut a que la triangulació amb tres senyals proporciona dues possibles posicions (tal com s'aprecia a la Figura 4), però sempre és possible descartar una de les dues degut a que correspon a una posició inabastable pel receptor que es troba a la superfície terrestre.

Per altra banda, el fet de rebre vuit senyals com a màxim és degut a les òrbites que segueixen els satèl·lits al voltant de la terra. En qualsevol posició i moment, mai es rebrà el senyals de més de vuit satèl·lits en un mateix moment.

La cobertura arreu del món (excepte a les zones polars) és garantida en tot moment gràcies a la distribució dels satèl·lits, tal com es veu al mapa de la superfície terrestre que conté la Figura 5, on es veu la posició dels 28 satèl·lits en un instant determinat:

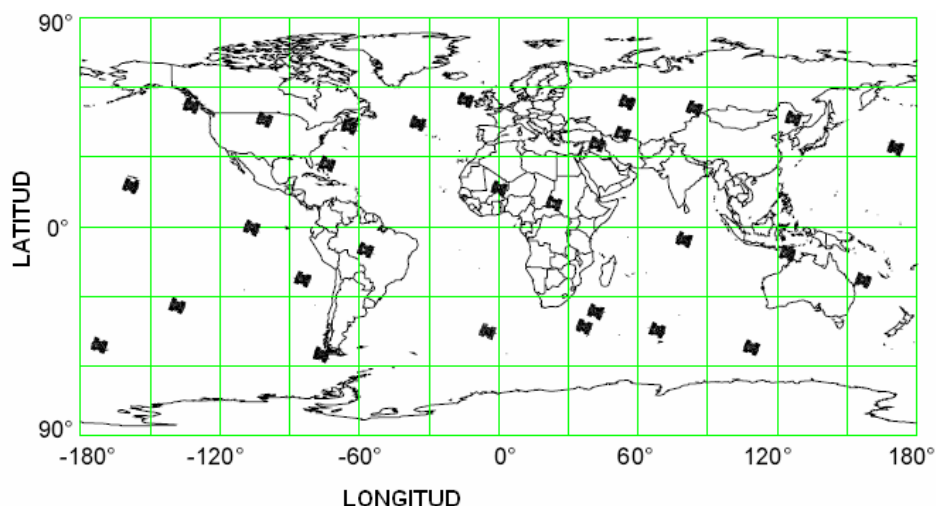


Figura 5. Cobertura dels satèl·lits GPS [34].

Simplificant la Figura 5, a la Figura 6 hi ha la trajectòria d'un únic satèl·lit concret. Addicionalment, hi ha les hores de pas en diferents punts de la mateixa, on es dedueix que per fer una volta completa a la Terra triga aproximadament 24 hores. També apareix, a mode d'exemple, l'àrea geogràfica que cobreix (cobertura) en un moment donat:

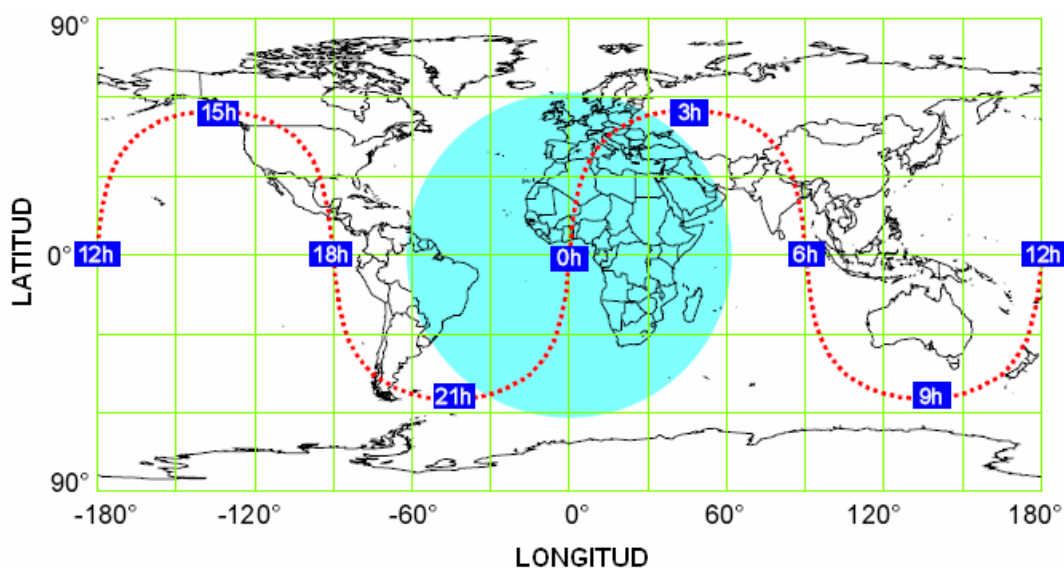


Figura 6. Trajectòria d'un satèl·lit GPS [34].

2.3.3. Components del sistema GPS

Els elements que formen el sistema GPS són:

- El *segment espacial*, format per la xarxa de 24 satèl·lits operatius més 4 de reserva, que orbiten a 20.180 Km de la superfície terrestre. A la Figura 7 es pot veure una representació de les seves òrbites, agrupades en 6 plans i dissenyades per tal que en tot moment, en qualsevol punt de la superfície, un receptor pugui llegir el senyal d'almenys 4 satèl·lits amb un angle d'elevació mínim sobre l'horitzó de 15 graus. Cada un d'ells disposa de fins a quatre rellotges atòmics amb l'objectiu d'obtenir la major precisió possible en la seva

INTRODUCCIÓ ALS SIG

operativa. Fan una volta sencera cada 23 hores i 56 minuts. Aquesta xarxa va ser posada en funcionament i finançada per l'exèrcit dels Estats Units, que també s'ocupa del seu manteniment.

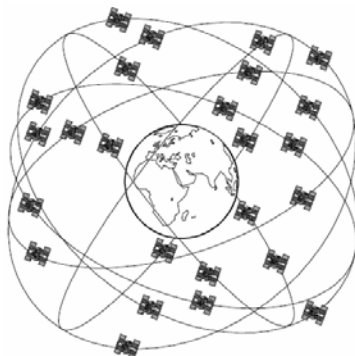


Figura 7. Xarxa satèl·lits GPS [34].

- El *segment de control*. Està format per totes les infraestructures de la superfície terrestre necessàries pel control de la xarxa de satèl·lits. Consisteixen en cinc grups d'instal·lacions repartides per tot el planeta (Figura 8), per tal de tenir un control homogeni sobre tota la xarxa. Estan ubicades a: 1. Colorado Springs (Estats Units), 2. Hawaii (Estats Units), 3. illa Ascensió (França), 4. illa Diego García (Regne Unit) i 5. Kawajalein (illes Marshall, Estats Units).

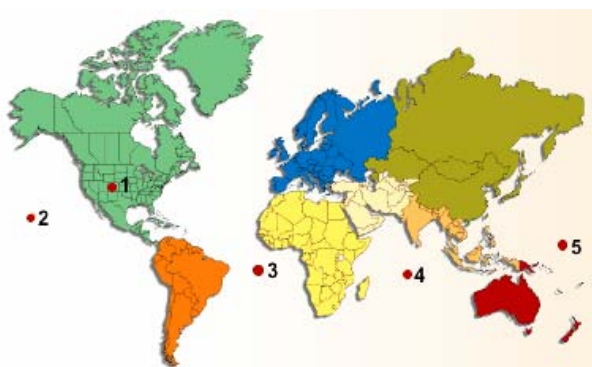


Figura 8. Instal·lacions de control de la xarxa de satèl·lits GPS [39].

- El *segment d'usuari*. Està format pel maquinari i programari dels equips de recepció usats per captar i processar els senyals que provenen dels satèl·lits. En quant a la recepció del senyal, hi ha aparells de diferents qualitats en funció de la precisió requerida per l'aplicació que tractarà les dades.

2.3.4. El senyal de ràdio

La informació de posició i hora viatja des de cada satèl·lit fins als receptors terrestres usant senyals de ràdio, emeten dues portadores L1 i L2 de freqüències 1.575,42MHz i 1.227,60MHz. Es fa servir la banda L de l'espectre electromagnètic perquè és la que presenta una millor transparència atmosfèrica.

La finalitat d'usar dues freqüències diferents és poder calcular el retard que pateix el senyal degut a la interacció amb l'atmosfera terrestre. El mecanisme per fer-ho és senzill, ja que:

- El retard és funció de la freqüència.
- Hi ha dues freqüències diferents.

INTRODUCCIÓ ALS SIG

Per tant, es pot calcular el retard patit pel senyal i compensar-lo en el temps mesurat de viatge del senyal.

Aquest senyal viatja a la velocitat de la llum (aprox. 300.000 Km/s). Per tant, el temps que triga és de 67,3 ms. en arribar a la superfície de la terra localitzada directament sota el satèl·lit. El senyal necessita 3,33 microsegons per cada quilòmetre addicional de viatge.

De la magnitud de les xifres anteriors es dedueix que és necessària la major exactitud possible en la mesura del temps, ja que un petit error de mesura d'un mil·lèsim implica un error de posicionament de 300 quilòmetres.

A la Figura 9 es pot observar l'esquema de com es mesura el temps. A l'esquerra, el moment en que el senyal surt del satèl·lit i a la dreta el moment en el qual arriba a la superfície terrestre:

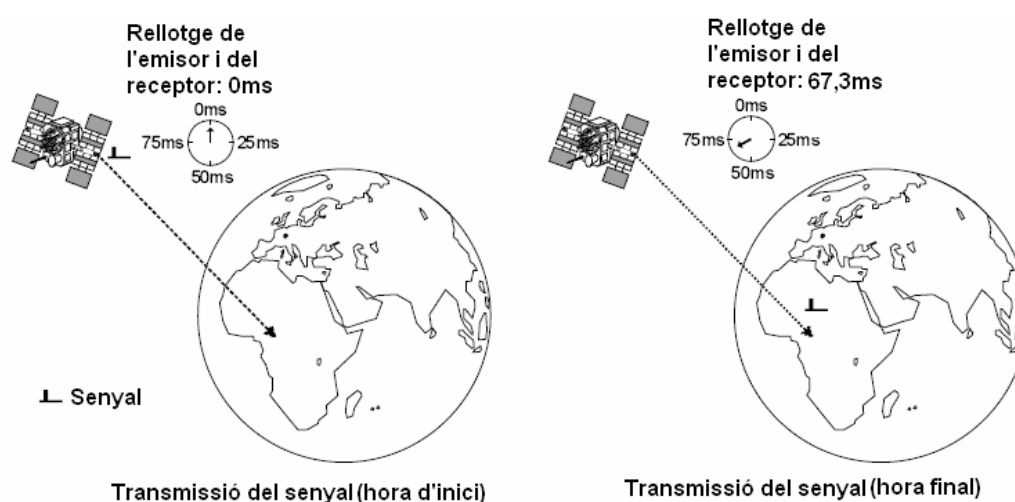


Figura 9. Mesura del temps del senyal GPS [34].

2.3.5. Alternatives al sistema GPS

GLONASS. Xarxa soviètica de satèl·lits que es troba incompleta degut a problemes de finançament. Només s'usa ocasionalment com a complement de la xarxa GPS en algunes aplicacions de precisió. Actualment Rússia està tornant a invertir capital en la seva expansió [41]. A la Figura 10 es pot veure el seu logotip.

GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM

GLONASS



Figura 10. Logotip xarxa satel·litària soviètica GLONASS [40].

GALILEO. Xarxa europea de satèl·lits que s'espera estigui totalment operativa el proper 2008. Aquest projecte, liderat per l'Agència Espacial Europea, proporcionarà una major resolució que el sistema GPS, alhora que eliminarà l'actual dependència dels Estats Units per a aquests tipus d'aplicacions. A la Figura 11 es pot veure el seu logotip.



Figura 11. Logotip xarxa satel·litària europea GALILEO [42].

2.4. Aplicacions

Sens dubte, la importància i presència dels SIG creix dia a dia. Hi ha estudis que demostren que prop del 80% de la informació tractada per empreses i institucions oficials tenen a veure amb localitzacions geogràfiques o coordenades espacials, i que prop del 60% d'aquesta informació es usada per varis departaments [8].

Veiem alguns exemples d'ús d'aquest tipus de sistemes en diferents àrees [9].

- *Cartografia automatitzada.* Els organismes públics han pres la iniciativa en la realització i manteniment de plànols digitals de cartografia, que després ofereixen a les empreses que els pot ser d'utilitat. Els propis organismes s'encarreguen d'anar proporcionant versions actualitzades dels mateixos.
- *Gestió d'infraestructures.* Alguns dels primers SIG es van usar amb la finalitat de desenvolupar, mantenir i gestionar diferents tipus de xarxes: elèctriques, gas, aigua, clavegueram, etc (que habitualment reben el nom de *utilities*). Així, en els SIG es guarda informació alfanumèrica de les instal·lacions, relacionant-la amb les diferents representacions gràfiques de les mateixes.
- *Gestió territorial.* Són aplicacions dirigides a la gestió d'ajuntaments o municipis, i es basen en l'ús de formats mixtes *raster* - vectorial. Permeten un ràpid accés a la informació gràfica i alfanumèrica, i proporcionen funcions per l'anàlisi espacial de la informació, incloent-hi informació provenint de varies capes superposades. També faciliten les tasques de manteniment d'infraestructures i de mobiliari urbà, permeten optimitzar la realització de les tasques de les empreses de serveis. Altres usos típics són la generació de documents amb informació gràfica com la cèdula urbanística o la cèdula del cadastre.
- *Gestió del medi ambient.* Aplicacions dirigides a institucions i organismes encarregats d'avaluar l'impacte de determinats projectes en el medi ambient. Integrats amb sistemes de recollida de dades en temps real, permeten l'anàlisi en temps real de la concentració de productes contaminants, accelerant l'execució de mesures correctores. També donen suport en tasques com les repoblacions forestals o la planificació d'explotacions agrícoles.
- *Gestió d'equipaments socials.* Aplicacions dirigides a la gestió de serveis sanitaris, centres escolars, etc. Proporcionen informació sobre els ja existents en una determinada zona i ajuden en la planificació de nous. D'aquesta manera s'augmenta la productivitat al optimitzar els recursos disponibles. Usats en serveis sanitaris, permeten realitzar estudis epidemiològics relacionant la incidència de les malalties amb l'entorn vital.
- *Gestió de recursos geològic-miners.* Faciliten la gestió de grans volums de dades i informació generats durant varis anys d'explotació intensiva, proporcionant funcions per a la realització d'anàlisi d'elements puntuals (sondeigs o punts topogràfics), lineals (perfils, cablejats elèctrics), superfícies (àrees d'explotació) i volums (capes geològiques). També proporcionen eines de modelització de les capes o formacions geològiques.
- *Gestió del tràfic.* Aplicacions per a modelitzar el comportament del tràfic establint models de circulació per una via en funció de les condicions del trànsit i longitud de la via.

INTRODUCCIÓ ALS SIG

Assignant un cost als nodes (o punts) en els que hi ha un semàfor es pot obtenir informació molt valuosa: deduir el camí més curt (en distància o temps) entre dos punts; simular l'efecte que pot tenir sobre el trànsit (com evolucionarà) un canvi en les condicions normals (un tall per obres, manifestacions, etc.)

- *Demografia*. Aplicacions que tenen en comú l'ús de característiques demogràfiques i, més concretament la seva distribució espacial, per a la presa de decisions. Exemples d'aquests tipus d'aplicacions podrien ser les campanyes de *marketing*, zonificació electoral, selecció d'ubicació per a nous negocis, etc. L'origen de les dades acostuma a ser els registres d'algun ens públic (*Instituto Nacional de Estadística*, etc.).

Els exemples vistos fan sempre referència a organismes públics. En el sector privat el seu es va estenent cada cop més ràpid. Algunes de les àrees en les que es podrien usar són:

- *GeoMarketing*. La base de dades de clients unida a la informació geogràfica resulta indispensable per planificar una campanya de promoció escaient o l'enviament de correu promocional. Addicionalment es podrien dissenyar rutes òptimes a seguir pels comercials, etc.
- *Banca*. Els bancs i caixes són uns bons usuaris de SIG, ja que els cal ubicar els seus clients i planificar tant les seves campanyes com l'obertura de noves oficines, incloent també informació relativa a les sucursals de la competència.
- *Anàlisi de xarxes*. Aquest és un dels punts forts d'un SIG. Qualsevol ens que es pot representar com una xarxa es pot analitzar usant eines SIG. Probablement l'aplicació més coneguda és el càlcul de rutes òptimes pel repartiment de mercaderies, transport regular de viatgers i seguiment de flotes de vehicles (mitjançant l'ús de dispositius GPS).

Capítol 3. Representació d'informació

En aquest capítol s'exposen conceptes i tècniques de representació de la informació agrupats en tres apartats:

- En el primer es fa una breu introducció a la cartografia
- En el segon s'expliquen els dos grans tipus de format d'imatges gràfiques, és a dir, el format *raster* i el format vectorial.
- Finalment, en el tercer es presenta l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC), que serà la font de dades utilitzada per a la realització del treball pràctic que inclou aquest treball

3.1. Introducció a la cartografia

Segons el diccionari de la llengua catalana, la cartografia és *l'art i ciència que té per objecte l'establiment de dades relatives a un terreny determinat i la confecció del mapa corresponent a una escala reduïda* [11]. Altres definicions complementàries:

- Disciplina que integra ciència, tècnica i art, que tracta de la representació de la terra sobre un mapa o representació cartogràfica [12].
- Ciència que té per objecte la realització de mapes, i comprèn el conjunt d'estudis i tècniques que intervenen en el seu establiment [13].

Per tant, l'objectiu final de la cartografia és representar la superfície terrestre sobre un pla, i aquí és on radica una de les principals dificultats: la superfície terrestre no és plana, si no que presenta una certa curvatura. En funció de la quantitat de superfície terrestre a representar, cal tenir present que:

- Per tractar àrees petites, la presència d'aquesta curvatura és menyspreable. Per tant, tots els punts són representats des de la seva perpendicular. Aquesta representació cartogràfica s'anomena *plànol*, i es troba dins el camp de la *topografia*.
- Quan la superfície a tractar és prou gran com per haver de tenir en compte aquesta curvatura, cal usar *projeccions* (explicades en detall al punt 3.1.2) per traslladar un punt de la superfície terrestre al pla on fer la representació (sigui sobre paper o sobre la pantalla d'un ordinador). Aquesta representació cartogràfica s'anomena *mapa*, i es troba dins el camp de la *geodèsia*.

3.1.1. Conceptes geogràfics i geodèsics

En aquest apartat s'exposen aquests dos tipus de conceptes, bàsics per obtenir una bona comprensió de les projeccions cartogràfiques que s'explicaran a la pàgina 29.

CONCEPTES GEOGRÀFICS

Una manera de localitzar un punt sobre la superfície terrestre és fer-ho mitjançant l'especificació de les seves coordenades. En una superfície com la terrestre, el sistema natural de coordenades és el de coordenades angulars (latitud i longitud), que acostuma a rebre el nom de sistema de coordenades geogràfiques [16].

Els conceptes clau en aquest sistema de coordenades són: eix de rotació, equador, longitud, latitud, meridià i paral·lel. Aquestes són les seves definicions:

REPRESENTACIÓ D'INFORMACIÓ

- *Eix de rotació.* Línia imaginària sobre la que la Terra fa un gir complet cada 23 hores i 56 minuts aproximadament. La seva intersecció amb la superfície terrestre defineix el pol nord i el pol sud.
- *Equador.* Intersecció entre la superfície terrestre i el pla perpendicular a l'eix de rotació que travessa la Terra pel seu centre. Com es pot veure a la Figura 13, divideix la Terra en hemisferi nord i hemisferi sud.
- *Meridià.* Cadascun dels semicercles màxims sobre la superfície terrestre que, tal i com es pot veure a la Figura 13, connecta els dos pols [15]. Per convenció, el meridià origen (el meridià 0°) és des de 1884 el que passa per *Greenwich*, Londres (Figura 12). Per aquest motiu aquest meridià es conegut com a meridià de *Greenwich*. Hi ha 23 meridians més, amb una separació entre ells de 15°, que completen la resta de la superfície terrestre (24 meridians X 15°/meridià = 360°). Cada meridià marca un fus horari. La línia oposada al meridià de *Greenwich* correspon a la línia internacional de canvi de data.



Figura 12. El meridià de Greenwich a Greenwich (Londres) [36].

- *Paral·lel.* Cadascun dels cercles formats per la intersecció de la superfície terrestre amb plans imaginaris perpendiculars a l'eix de rotació de la Terra. Es creuen amb els meridians sempre en angle recte (90°). Els més importants són el cercle polar àrtic (66,5° N), el tròpic de Càncer (23,27° N), el tròpic de Capricorn (23,27° S) i el cercle polar antàrtic (66,5° S). A la Figura 13 es pot observar la seva representació.
- *Longitud.* La longitud d'un punt P (veure Figura 14) sobre la superfície terrestre és la distància angular que hi ha entre el meridià de Greenwich i el meridià que passa pel punt. Aquest angle pren valors entre 0° i 180° en direcció Est respecte el meridià de Greenwich i entre 0° i 180° en direcció Oest respecte el meridià de Greenwich. El valor mesurat s'expressa en graus, minuts, segons i direcció (Est o Oest). Exemple: 23°15'38"W. També es pot trobar expressat només en graus, amb una precisió de 4 decimals.
- *Latitud.* La longitud d'un punt P (veure Figura 14) sobre la superfície terrestre és la distància angular que hi ha entre l'Equador i el paral·lel que passa pel punt. Aquest angle pren valors entre 0° i 90° cap al nord i entre 0° i 90° cap al sud. S'expressa en les mateixes unitats que la longitud, però substituint la indicació de direcció per la d'hemisferi nord o sud. Exemple: 35°18'22"N.
- *Azimut.* És la direcció d'un punt mesurada en graus respecte del nord. Així, el valor de 0° correspon al nord, 90° correspon a l'Est, 180° indica el sud i 270° indica l'oest [21].

REPRESENTACIÓ D'INFORMACIÓ

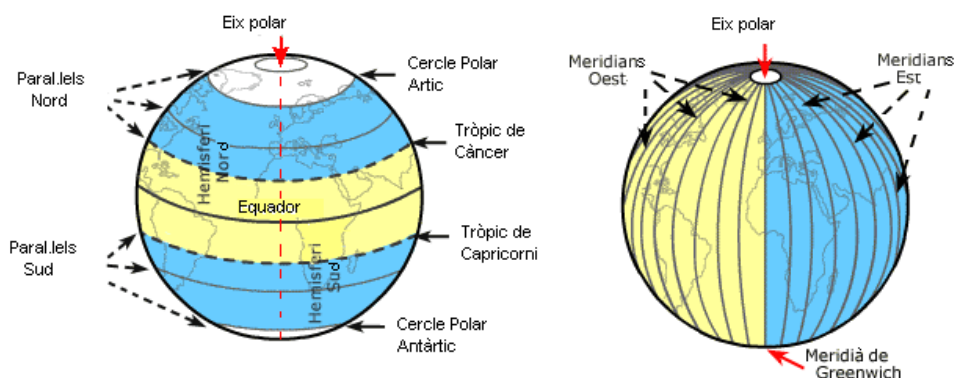


Figura 13. Paral·lels i meridians [35].

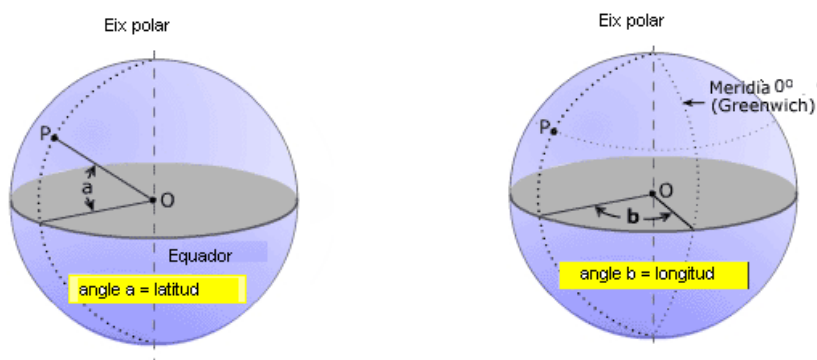


Figura 14. Latitud i longitud [35].

CONCEPTES GEODÈSICS

A la pàgina 23 s'ha comentat que la superfície terrestre presenta una certa curvatura. En aquest apartat es definirà i mesurarà més detalladament aquesta curvatura, s'exposaran els diferents sistemes de coordenades a les que dona lloc i es definiran els conceptes més rellevants.

Actualment, és conegut que la Terra és gairebé rodona. Si fos una esfera perfecta, es simplificarien molt els càlculs matemàtics necessaris per a posicionar-se correctament sobre la seva superfície.

Però la realitat és que, tal com es representa a la Figura 15, la superfície de la Terra presenta pics i valls i, a gran escala, variacions importants en la distribució de la seva massa. Aquest fet introdueix el concepte de **geoide** com a model per a representar la Terra, que es defineix com una *superfície equipotencial dins el camp gravitacional terrestre que aproximadament coincideix amb l'alçada mitja de la superfície dels oceans en repòs*.

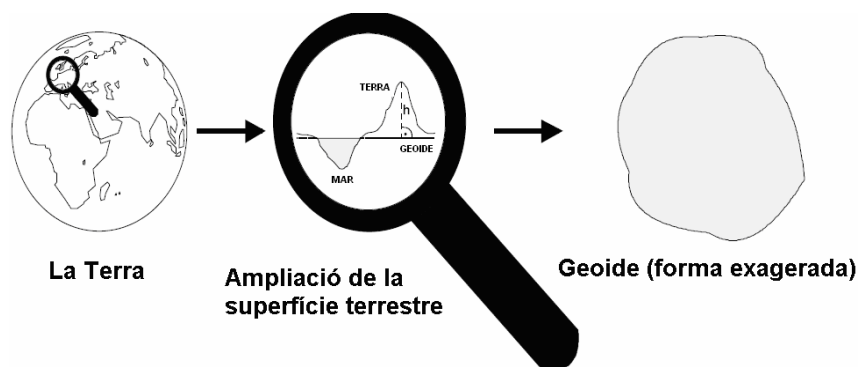


Figura 15. La superfície terrestre i el geoide [34].

REPRESENTACIÓ D'INFORMACIÓ

En aquesta superfície teòrica, la força gravitatòria seria igual en tots els punts i sempre en sentit perpendicular a la superfície. Sovint es fa servir la superfície del geoide com a referència per mesurar l'alçada. A la Figura 16 es pot veure una comparació exagerada entre el geoide i la superfície terrestre.

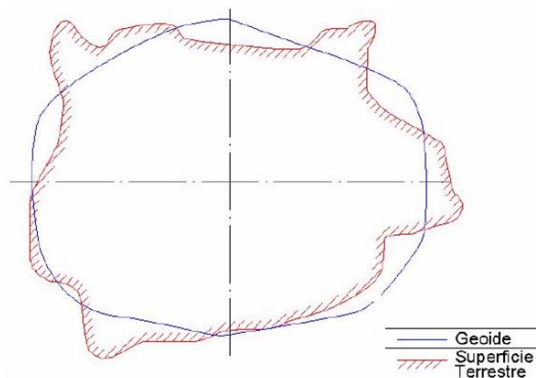


Figura 16. Comparació entre el geoide i la superfície terrestre [46].

Aquesta distribució irregular de la massa provoca diferents valors gravitatoris en diferents punts de la superfície terrestre, tal com s'observa a la Figura 17.

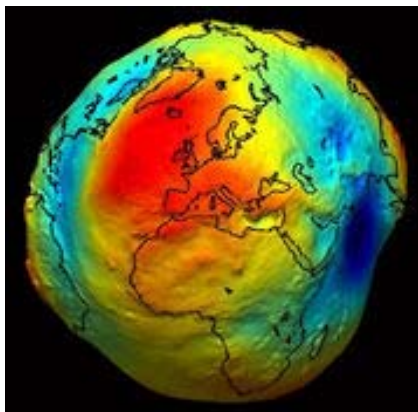


Figura 17. Gradient gravitatori a la superfície terrestre [43].

De tota manera el geoide és geomètrica i matemàticament difícil de tractar amb un alt grau de precisió i per aquest motiu s'introdueix el concepte d'**el·lipsoide**, que es defineix com un tipus de quàdric (superfície de varies dimensions representada per una equació de segon grau) anàloga a una el·lipse però amb una dimensió més [23].

Matemàticament, un el·lipsoide és representa mitjançant l'equació de la Figura 18:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$$

Figura 18. Equació de l'el·lipsoide [23].

on a, b i c són nombres reals positius que determinen la forma de l'el·lipsoide. Si dos d'aquests nombres són iguals es tracta d'un esferoide i si tots tres són iguals d'una esfera:

De les tres formes, es fa servir l'el·lipsoide per ser la que més s'aproxima a la forma de la Terra. En la seva definició intervé, com es pot veure a la Figura 19, el radi polar (a) i el radi equatorial (b) i el factor d'aixafament (f).

REPRESENTACIÓ D'INFORMACIÓ

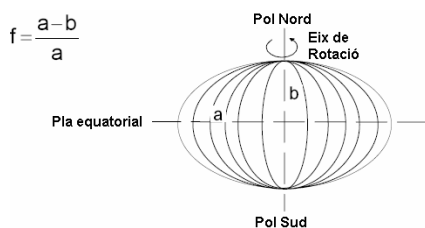


Figura 19. El·lipsoide [34].

Així, l'**el·lipsoide de referència** és aquell que el seu centre coincideix amb el centre gravitatori de la Terra, que el seu pla equatorial coincideix amb el pla imaginari definit per l'equador terrestre i que la suma dels quadrats de les altures geoidals és mínima [29], on l'altura geoidal es defineix com la diferència d'altura entre el geoides i l'el·lipsoide. A la Figura 20 es pot veure aquesta diferència d'altura entre el geoides i l'el·lipsoide, identificada amb la lletra 'N'.

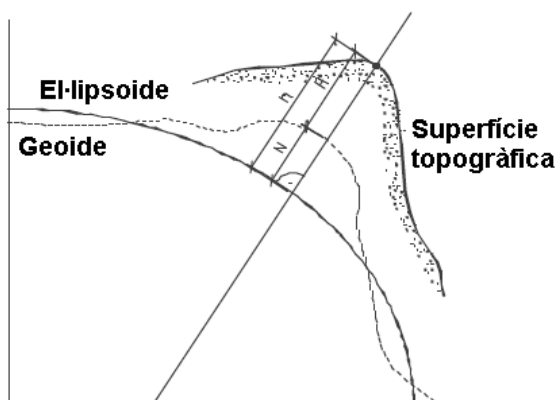


Figura 20. El geoides, l'el·lipsoide i la superfície terrestre [44] [45].

Modificant el valor dels radis a i b és poden obtenir diferents el·lipsoides. Això és molt útil de cara a aconseguir models més acurats de la superfície terrestre ja que permet usar diferents el·lipsoides en funció de la zona geogràfica a representar: són el que s'anomena **el·lipsoides de referència local**.

A la Figura 21 es poden observar dos exemples d'el·lipsoides de referència local, un utilitzat pel país A i l'altre pel país B, perquè són els que millor representen les respectives característiques geogràfiques de cada país.

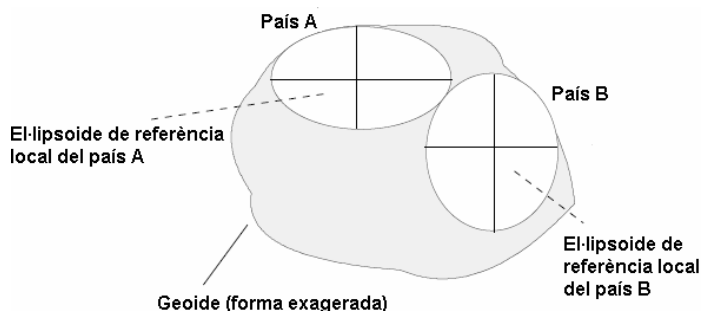


Figura 21. El·lipsoides de referència local [34].

A la taula 3 hi ha una relació d'exemples de diferents el·lipsoides usats en diferents zones:

El·lipsoide de referència	Semi-eix a (metres)	Semi-eix b (metres)	Factor invers d'aixafament (1/f)	Comentaris
GRS 80	6.378.137	6.356.752,3	298,257222101	El·lipsoide de referència mundial

REPRESENTACIÓ D'INFORMACIÓ

				definit l'any 1980. Obsolet.
WGS 84	6.378.137	6.356.725,3	298,257223563	Revisat l'any 2004, serà vàlid fins el 2010 com a mínim. Actual el·lipsoide de referència mundial.
Bessel 1841	6.377.397,155		299,1528128	Usat a Alemanya, Àustria, Suïssa, Holanda i altres països.
Clarck 1880	6.378.249,145		293,465	Usat a França

Taula 3. El·lipsoïdes de referència.

A nivell mundial, l'el·lipsoide de referència usat és el WGS-84, el centre del qual està geocèntricament posicionat respecte el centre de la Terra.

Per tant, l'ús d'el·lipsoïdes de referència local proporciona posicionaments més acurats, però cal definir com s'ubiquen respecte el geoide, ja que aquesta ubicació serà diferent per a cada un d'ells. Per això es defineix el concepte de *datum*:

Punt en el que coincideixen l'el·lipsoide de referència i el geoide [14].

Sempre hi ha un el·lipsoide associat a un *datum*. Un cop establert, ja és possible ubicar l'el·lipsoide respecte el geoide i per establir-lo cal:

- Els paràmetres que defineixen l'el·lipsoide (radi major, radi menor i factor d'aixafament)
- El punt fonamental. És el punt on l'el·lipsoide i el geoide són tangents. Definit usant coordenades geogràfiques: longitud, latitud i azimut.

De tot l'exposat es dedueix que un mateix punt de la superfície terrestre tindrà diferents coordenades geodèsiques en funció del *datum* triat, i totes elles correctes, tal com es veu a la següent figura:

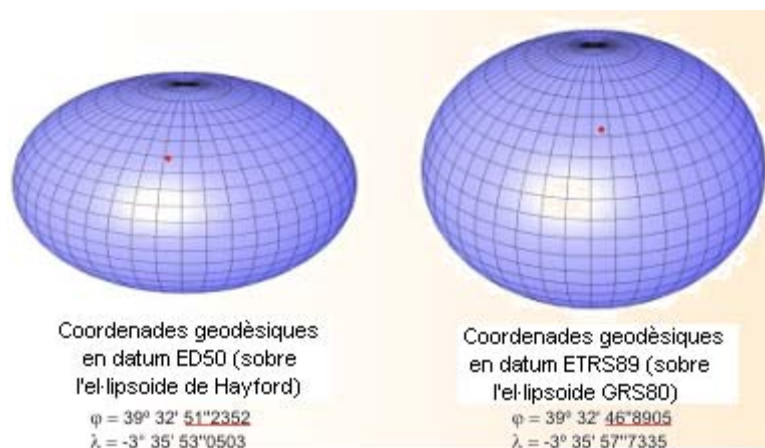


Figura 22. Coordenades geodèsiques diferents d'un mateix punt [14].

Evidentment, usar unes coordenades amb un *datum* de referència erroni provocarà errors en la posició geogràfica estimada, majors quan més diferents siguin el *datum* usat per error i el *datum* original al que corresponen les coordenades.

Cal notar que fins ara tot el coneixement exposat està orientat a definir de la manera més exacta possible la localització d'un punt sobre la superfície terrestre; encara no s'ha fet referència a com representar les dades sobre un mapa. Aquest és l'objectiu del següent apartat.

3.1.2. Projeccions cartogràfiques

Un cop definit el mètode per posicionar exactament un punt sobre un model de la superfície terrestre, cal veure com es reflexa aquesta informació sobre el mapa. El procés per fer-ho consta de dos passos principals:

- La *reducció*, que consisteix en corregir les dades recollides (observades) sobre la superfície terrestre per tal de referir-les a l'el·lipsoide usat, ja que aquest serà la base per la posterior elaboració dels mapes. En aquest procés el factor clau és la mesura del desviament entre la superfície terrestre i la de l'el·lipsoide de referència usat.
- La *projecció*, procediment matemàtic usat per representar una regió de la superfície de la Terra sobre un pla. Donada la curvatura de la superfície terrestre, no és possible fer aquesta projecció sense deformar d'una manera o un altra la informació representada. A més, cal tenir present que aquest pas ha de fer-se posteriorment a la reducció.

Tal com s'acaba de comentar, les projeccions deformen la informació representada. Aquestes deformacions, que reben el nom d'**anamorfosi**, poden afectar a una o més de les següents propietats: angles format per la intersecció de dues o més línies, distàncies entre dos punts i superfícies. En funció de les propietats afectades, hi ha els següents tipus d'anamorfoosi [17]:

- *Anamorfoosi lineal*. La distància existent entre dos punts en l'el·lipsoide és diferent a la existent entre els punts corresponents de la projecció. Es defineix com el quocient entre la longitud d'una línia en la superfície terrestre i la seva homòloga en la projecció.
- *Anamorfoosi angular*. Els angles formats per la intersecció de dues o més línies a l'el·lipsoide són diferents als angles formats per les línies homòlogues de la projecció. Es defineix com la diferència entre l'angle real i l'angle en la projecció.
- *Anamorfoosi superficial*. La superfície en l'el·lipsoide i la corresponent en la projecció són diferents. Es defineix com el quocient entre la superfície en l'el·lipsoide i la superfície en la projecció.

Un cop vistes les possibles deformacions, les projeccions es classifiquen en funció de les característiques geomètriques que queden inalterades:

- Projeccions equivalents. Es conserven les superfícies.
- Projeccions equidistants. Es conserven les distàncies.
- Projeccions conformes. Es conserven els angles. Son el tipus de projecció més usat. Un exemple és la projecció *Universal Transverse Mercator* (UTM), explicada més endavant en aquest mateix apartat.
- Projeccions afilàctiques. No conserven cap de les anteriors, però tampoc pateixen grans deformacions. Són utilitzades en les zones polars.

També es poden classificar les projeccions en funció de com es fa el pas de l'el·lipsoide al pla directament o mitjançant un pas intermedi basat en un con o un cilindre. En el primer cas es parla de projeccions planes o perspectives i en el segon de desenvolupaments.

En el següent punt es tracten amb detall les projeccions cilíndriques, ja que entre elles hi ha la projecció UTM, que és especialment interessant per dos motius:

- El seu ús es molt habitual arreu del món.
- És la projecció usada per l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC), que serà la font de dades usada per obtenir la informació necessària pel treball pràctic.

PROJECCIONS CILÍNDRIQUES

En aquest tipus de projeccions, com es pot veure a la Figura 23, la imatge es projecta a l'interior d'un cilindre tangent que, un cop desenvolupat, proporcionarà la imatge en el pla. En funció de la posició del cilindre en el moment de projectar-hi la imatge es generen:

- Projeccions cilíndriques regulars. El cilindre és tangent a la superfície terrestre en el equador, com al gràfic de l'esquerra de la Figura 23. Exemple: projecció de Lambert.
- Projeccions cilíndriques transversals. El cilindre és tangent a la superfície terrestre en el meridià de Greenwich, com es pot veure al gràfic del mig de la Figura 23. Exemple: projecció transversa de Mercator
- Projeccions cilíndriques obliqües. El cilindre es posa tangent a la superfície terrestre en el equador (com en les regulars) i després es rota 45°, com es pot veure al gràfic de la dreta de la Figura 23.

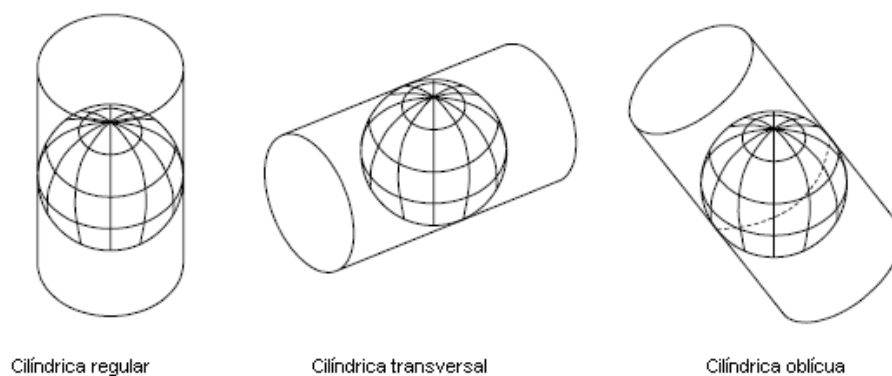


Figura 23. Projeccions cilíndriques [38].

Un cas concret de projecció cilíndrica transversa és la projecció *Universal Transverse Mercator* (UTM), que s'explica en el següent punt.

PROJECCIÓ UNIVERSAL TRANVERSE MERCATOR

És un de les projeccions més conegudes i usades arreu del món. Les seves característiques principals són:

- Divisió de la Terra en 60 fusos, cada un d'ells d'una amplada de 6° de longitud, on un fus es defineix com totes les posicions geogràfiques que ocupen tots els punts compresos entre dos meridians adjacents.
- Els fusos es divideixen en zones d'una amplada de 8° de latitud. S'inicia la divisió als 80°30' de latitud nord i s'acaba als 80°30' de latitud sud. Més enllà d'aquestes latitud no s'usa aquesta projecció, a causa de les deformacions que provocaria el sistema de representació utilitzat (sistema de Gauss). A cada zona li correspon una lletra de l'alfabet, començant per la C.
- L'el·lipsoide de referència usat és el de Hayford, tot i que es podrien usar altres.
- El *datum* utilitzat depèn de la regió a representar. En el cas de Catalunya (Europa) és el de Postdam (Alemanya).

A la figura 21 hi ha la representació de la Terra, on s'aprecien les grans deformacions ja comentades que origina la projecció UTM prop dels pols.

REPRESENTACIÓ D'INFORMACIÓ

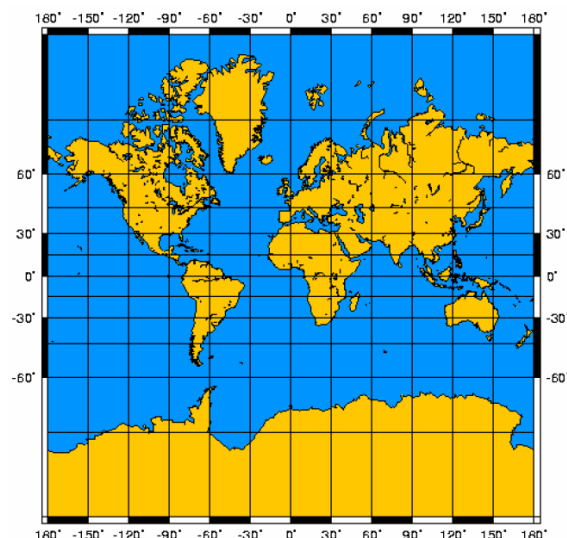


Figura 24. *Projecció UTM de la Terra [46].*

Un cop feta la representació de la Terra sobre el mapa, la manera de localitzar un punt sobre ell és mitjançant l'ús de les seves coordenades UTM. Donat que dos punts diferents poden tenir les mateixes coordenades UTM si es troben en diferents fusos, cal indicar quin és el fuso en el que es troba el punt quan es treballa amb aquest tipus de coordenades. Un exemple de les dades necessàries per donar les coordenades UTM d'un punt seria:

Fus: 30

Zona: S

Coordenada X (Est): 324563

Coordenada Y (Nord): 4643566

A la figura 22 hi ha representada la divisió en fusos i zones usada per les coordenades UTM.

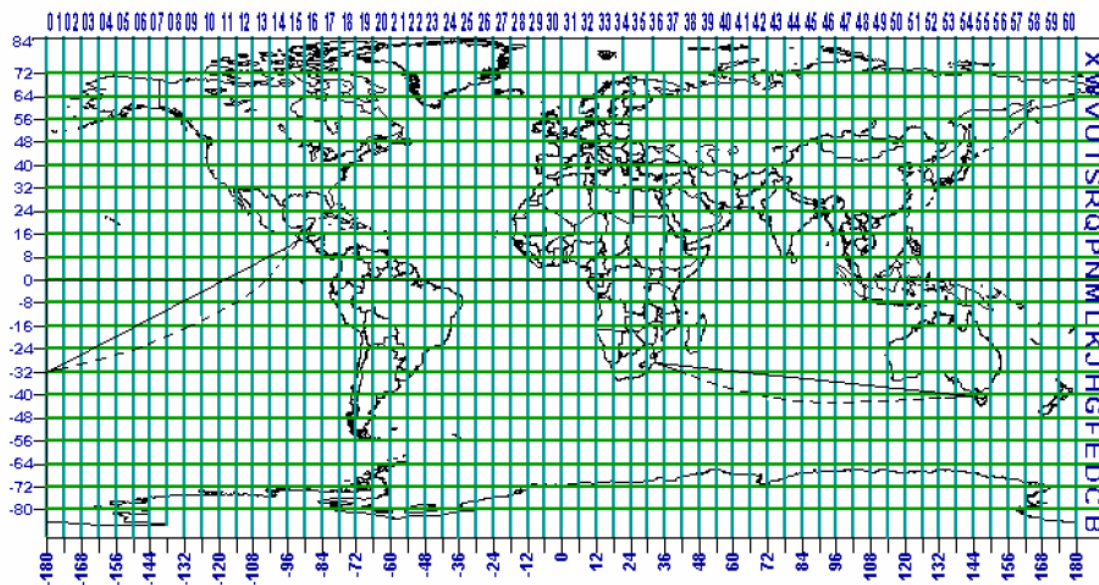


Figura 25. *Divisió UTM en fusos i zones [46].*

3.2. Representacions gràfiques

Un dels pilars fonamentals d'un SIG és la informació geogràfica de que disposa. En aquest apartat s'exposen els principals formats usats per guardar aquesta informació (format *raster* i format vectorial), es comparen entre ells i es comenta el procés de conversió entre ells.

3.2.1. Format *raster*

El format *raster* o matricial es defineix com un conjunt de cel·les localitzades en coordenades contigües implementades en una matriu de dues dimensions (2D). Cada una d'elles rep el nom d'element d'imatge, element de matriu o *pixel*, es referència per uns índexs de fila i columna i conté un nombre que representa el tipus o valor de l'atribut mapejat [1].

Per tant, la representació mínima d'informació és el *pixel*, la mida del qual determinarà directament la precisió de la imatge formada respecte el món real: a menor mida de *pixel*, major precisió de les formes representades. La contrapartida és que augmenta significativament el volum de dades a tractar en totes les fases del procés d'un SIG (adquisició, emmagatzematge, anàlisi, representació i actualització).

En aquest format, cal triar un compromís entre la mida de *pixel* i la qualitat de la imatge desitjada. En general, una mida que funciona prou bé és aquella que defineix la grandària a usar de *pixel* com la meitat de l'àrea del menor element que es vulgui representar en el mapa [22].

Alguns exemples de formats gràfics de tipus *raster* són [19]:

- *TIFF. Tagged Image File Format.* Format d'alta qualitat i d'ús molt habitual.
- *GIF. Graphics Interchange Format.* Format usat principalment en la publicació de contingut visual a Internet. Fa servir compressió de la informació però sense pèrdua de qualitat.
- *JPEG. Joint Photographic Experts Group.* Format molt usat sobretot en l'emmagatzematge de fotografies degut a la seva capacitat de compressió (amb pèrdua de qualitat) de la informació. La qualitat de la imatge és inversament proporcional al factor de compressió triat.
- *BMP. Bitmap Graphics.* Format natiu del sistema operatiu MICROSOFT WINDOWS. No usa compressió de la informació. Per a guardar la informació de cada *pixel* pot usar des de 1 bit (imatge en blanc i negre) fins a 24 bits (imatge de més de 16 milions de colors).
- *GeoTIFF.* Format usat per emmagatzemar imatges i dades georeferenciades, creat a partir del format TIFF. A més de la pròpia imatge en format TIFF inclou informació referent a projeccions, sistema de coordenades, el·lipsoide, *datum* i qualsevol altre informació necessària per determinar exactament la referència espacial pel fitxer.
- *MrSID. Multi resolution Seamless Image Database* [20]. Format que permet una gran compressió de les dades. Conté la imatge en múltiples escales i nivells de qualitat. Desenvolupat per *LizardTech*.

3.2.2. Format vectorial.

En aquest format les imatges es representen mitjançant primitives geomètriques com el punt, la línia o el polígon. Totes elles es defineixen a partir de les seves coordenades 2D, fet que facilita l'anàlisi dels elements que hi ha representats, així com les relacions entre ells: superfícies, distàncies entre dos elements, etc.

REPRESENTACIÓ D'INFORMACIÓ

Un altra característica important d'aquest format és la possibilitat d'escalar (fer *zoom*) sense afectar a la seva qualitat.

Com a contrapartida, les imatges generades per aquest format acostumen a gaudir de poc realisme (colors massa uniformes, límits de les formes molt marcats, etc.) fet que no els fa aptes per aplicacions on aquesta qualitat sigui un requeriment.

Alguns exemples de formats gràfics de tipus vectorial són [18]:

- *DXF. Drawing Exchange Format.* Format de fitxer propietari de la companyia AUTODESK. Conté text on es guarden dades vectorials de programes CAD i es fa servir per l'intercanvi de dades entre diferent programari.
- *DWG. Nom curt de drawing.* Format de fitxer propietari de la companyia AUTODESK en el seu programari AUTOCAD. Tot i les reticències de la companyia a revelar la seva estructura interna, és conegut que la informació es troba estructurada en capes.
- *SWF. Shock Wave Flash.* Format dels arxius creats amb el programari MACROMEDIA FLASH. Principalment contenen dos tipus d'elements: objectes definits usant vectors i imatges. Les versions més modernes poden incorporar àudio i vídeo.
- *DWF. Design Web Format.* Format de fitxer propietari de la companyia AUTODESK, usat per publicar informació de disseny en Internet.
- *SHP. Shape.* Format de fitxer creat per la companyia ESRI usat en el programari SIG. Conté la localització d'elements geogràfics i els atributs associats a ells.
- *DGN. Design.* Format de fitxer de la companyia MICROSTATION equivalent al format DWG d'AUTOCAD.

3.2.3. Format *raster* enfront format vectorial

Tal i com es pot veure a la taula 4, ambdós sistemes proporcionin avantatges i inconvenients:

Representació vectorial	Representació <i>raster</i>
<p style="text-align: center;">Avantatges</p> <ul style="list-style-type: none">• Mapa representat en la resolució original.• Associar atributs a elements gràfics.• Relacions topològiques.• Adequat per escales grans (1:25.000 i majors). <p style="text-align: center;">Desavantatges</p> <ul style="list-style-type: none">• No representa fenòmens amb variació contínua en el temps.• La simulació i el modelatge són complexos.	<p style="text-align: center;">Avantatges</p> <ul style="list-style-type: none">• Representació de fenòmens variants en l'espai amb el temps.• La simulació i el modelatge són fàcils.• Adequat per escales petites (1:50.000 i menors). <p style="text-align: center;">Desavantatges</p> <ul style="list-style-type: none">• Requereix gran espai d'emmagatzematge.• Pèrdua de definició al ampliar imatge original.• Díficil associació d'atributs al elements representats.

Taula 4. Comparació formats vectorial i raster.

Per gaudir del major nombre d'avantatges possibles, la majoria de SIG són capaços de treballar amb els dos sistemes.

3.2.4. Conversió entre formats

En funció de les necessitats del sistema, pot ser necessari convertir les dades disponibles d'un format a l'altre, ja sigui per limitacions del programari, etc.

- *Conversió format vectorial a raster.* És el procediment a través del qual es converteixen dades vectorials (punts, línies i polígons) a format *raster*, és a dir, a cel·les amb un valor discret per a cada una d'elles. És un procediment relativament senzill.
- *Conversió format raster a vectorial.* És un procés més complex que la conversió vectorial a *raster* ja que, a més d'extreure les formes (contorns) dels objectes, també s'han de crear les relacions espacials entre ells. A la figura 20 hi ha un exemple del resultat d'una conversió manual d'una imatge en format *raster* a format vectorial.



Figura 26. Conversió format raster a vectorial [37].

3.3. L'Institut Cartogràfic de Catalunya

En aquest apartat s'explica què és l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC). Després d'una breu introducció, hi ha un primer punt on s'expliquen els principals serveis que ofereix l'ICC i un segon on s'explica la cartografia que ofereix l'ICC als usuaris dels seus serveis.

Segons la seva pròpia definició, l'ICC és *una entitat de dret públic de la Generalitat de Catalunya que té com a finalitat dur a terme les tasques tècniques de desenvolupament de la informació cartogràfica i geològica* [24].

Creat l'any 1982, es troba ubicat al peu de la muntanya de Montjuïc (Figura 27), a Barcelona, a 41°22' de latitud N, 02°09' de longitud E i a 40 m d'altitud. A Catalunya, és la principal referència en quant a fonts de dades cartogràfiques i geològiques.



Figura 27. Seu de l'Institut Cartogràfic de Catalunya [24].

La seva tasca en l'àrea de la cartografia ha estat sovint reconeguda amb nombrosos premis. Col·labora en projectes internacionals des de l'any 1988.

3.3.1. Activitats i serveis de l'ICC

Sempre dins el marc de la cartografia i la geologia, les principals activitats que desenvolupa l'ICC es centren en les següents línies:

- Adquisició i manteniment de dades relatives a la geografia, especialment la de Catalunya.
- Anàlisi de les dades recopilades per a la prevenció de riscos provocats per fenòmens naturals.
- Donar suport a projectes relacionats amb la cartografia, tant de l'àmbit públic com del privat.
- Edició i publicació periòdica de diferents publicacions relacionades amb la cartografia.
- Publicar i difondre documentació tècnica sobre cartografia, geologia, geodèsia, etc.

Totes aquestes línies d'activitat es centren principalment en dos tipus de serveis: aquells que l'ICC efectua per iniciativa pròpia (normalment de manera periòdica) i altres que efectua per encàrrec de tercers. Entre els primers cal destacar els següents serveis:

- *Prevenció d'allaus.* Proporciona informació i fa prediccions sobre el perill d'allaus al pirineu català per evitar possibles riscos.
- *Prevenció de sismes.* Proporciona el mateix servei per a l'activitat sísmica.
- *Recursos geodèsics.* Proporciona serveis relatius a la geodèsia com, per exemple:
 - Conversió de coordenades entre diferents sistemes de referència (WGS84 a UTM, geodèsiques a geocèntriques, etc.
 - Informació (descripció, ubicació, coordenades, etc.) relativa als senyals geodèsics que formen la xarxa geodèsica utilitària de Catalunya.
 - Localització de les estacions permanents del sistema de navegació global per satèl·lit (GNSS) ubicades a Catalunya.
- *Cartoteca de Catalunya.* Creada l'any 1985, és l'encarregada de guardar i posar al servei del públic els diferents fons disponibles a l'ICC:
 - La col·lecció cartogràfica. Cobreix tot el planeta a diferents escales, però està especialment centrada en Catalunya. Hi ha informació des de l'edat mitjana fins a l'actualitat.
 - El fons bibliogràfic. Format per tres seccions: la primera centrada en aspectes tècnics de la cartografia, geodèsia, teledetecció, informàtica, etc. La segona centrada en la història de la cartografia i la tercera és l'hemeroteca.
 - El fons fotogràfic. Format per tres fons: el fons Gaspar, el fons Cuyàs i el fons SACE. Les fotografies verticals disponibles a l'ICC també es troben a la Fototeca, on es conserven els negatius originals.
 - El fons documental. Format per un conjunt de documents d'arxiu, entre els que destaquen documents de diversos serveis cartogràfics institucionals de Catalunya; fons personals del meteoròleg Eduard Fontserè i del geògraf Pau Vila i la documentació del Servei Meteorològic de Catalunya
- *Catàlegs de cartografia.* Hi ha la relació de vols, escales grans, sèries i toponímia de l'ICC.
- *Imatges satèl·litàries.* Imatges proporcionades per satèl·lits meteorològics nord-americans rebudes per una antena SMARTech ubicada al propi ICC, antena que es pot veure a la

REPRESENTACIÓ D'INFORMACIÓ

imatge esquerra de la Figura 28. Combinant diferents canals espectrals (obtinguts pels diferents sensors que equipen els satèl·lits NOAA), es generen representacions en fals color com la imatge dreta de la Figura 28, on es poden destacar els elements d'interès.

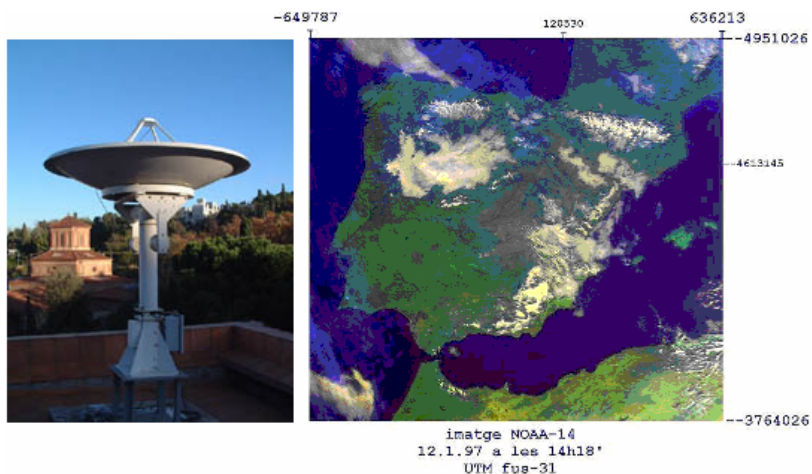


Figura 28. Antena receptora i imatge generada [24].

- *Toponímia*. És el banc de dades de topònims més complet de Catalunya, amb més de 52.000 entrades a l'escala 1:50.000. També es troba disponible a escala 1:250.000 amb 4.000 entrades dels nostres principals noms de lloc. També disposa d'un cercador que proporciona les coordenades UTM de qualsevol cap de municipi de Catalunya a partir del seu nom.
- *Catalunya en xifres*. Proporciona diferents xifres de Catalunya relacionades amb la geografia: distància entre poblacions, elevacions màximes de les comarques, etc.

Per altra banda, l'ICC també accepta encàrrecs de productes fets a mida del client per a la realització de projectes relacionats amb la cartografia.

3.3.2. Cartografia existent a l'ICC

Actualment, la cartografia existent a l'ICC relativa a Catalunya, està formada per mapes de diferents tipus i escales, molts d'ells digitalitzats i accessibles des de la web, entre els que destaquen:

- Mapa topogràfic a escala 1:50.000
- Mapa topogràfic a escala 1:250.000
- Ortofotomapa a escala 1:5.000
- Ortofotomapa a escala 1:25.000
- Mapa satèl·lit a escala 1:250.000
- Mapa geològic a escala 1:50.000
- Mapa geològic a escala 1:250.000
- Mapes de carreteres, de municipis i turístics en diferents escales i formats.

Capítol 4. GeoMedia Professional 6.0

En aquest capítol s'explica el funcionament d'un dels principals SIG del mercat, GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0. Després d'una breu introducció a l'empresa i als productes que desenvolupa, s'exposen les principals fases d'un SIG aplicades al cas concret de GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0:

- *Adquisició de dades*, on hi ha les diferents possibilitats que ofereix aquest SIG
- *Tractament de dades*, on es fa la distinció de com es treballen els dos principals formats de dades, *raster* i *vectorial*.
- *Anàlisi de dades*, on es mostra l'ampli ventall de possibilitats que ofereix aquest SIG a l'hora de generar informació a partir de les dades introduïdes.
- *Composició de resultats i impressió*, on s'expliquen les funcionalitats que ofereix la finestra de composició.

4.1. L'empresa

L'any 1996 l'empresa INTERGRAPH CORPORATION va crear GEOMEDIA, el primer d'una sèrie de productes que va desenvolupar al voltant de la seva tecnologia propietària *Jupiter* [25]. Aquesta tecnologia és una extensió de la tecnologia de MICROSOFT d'*Incrustació i Vinculació d'Objectes* (OLE en les seves sigles en anglès) [26].

Amb el temps, la quantitat de noves funcionalitats i requeriments va propiciar la divisió de GEOMEDIA en diferents productes, donant lloc a una gran família d'aplicacions especialitzades en diferents àrees:

- *GEOMEDIA*: és la versió bàsica del producte, però amb totes les funcionalitats necessàries per a usuaris no corporatius.
- *GEOMEDIA CATALOG*: per a la gestió de catàlegs de metadades espacials.
- *GEOMEDIA FUSION*: per a la estandardització de diferents fonts i models de dades
- *GEOMEDIA GRID*: per a l'anàlisi de dades mitjançant l'ús de graelles.
- *GEOMEDIA IMAGE*: pel processament avançat d'imatges.
- *GEOMEDIA OBJECTS*: paquet de desenvolupament amb multitud d'objectes per a la personalització del SIG.
- *GEOMEDIA PARCEL MANAGER*: orientat a la creació, manipulació i manteniment d'informació relacionada amb la divisió en parcel·les de terrenys.
- *GEOMEDIA PROFESSIONAL*: versió avançada del producte GEOMEDIA, sobre la que incorpora eines intel·ligents orientades a la captura i edició de dades espacials.
- *GEOMEDIA PUBLICWORKS MANAGER*: per a la creació de projectes relacionats amb la gestió de xarxes d'aigua.
- *GEOMEDIA SMMS*: per a la estandardització de metadades espacials.
- *GEOMEDIA STEREO VIEWER*: per a la visualització i mesures de dades en tres dimensions.
- *GEOMEDIA TERRAIN*: per a la gestió de la visibilitat (gestió i manteniment de xarxes d'antenes i similars), basant-se en les elevacions de terreny existents, obstacles, ...

GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0

- *GEOMEDIA TRANSACTION MANAGER*: per a la gestió de la concurrència de múltiples usuaris sobre les mateixes dades.
- *GEOMEDIA TRANSPORTATION ANALYST*: per a l'anàlisi de xarxes de transport (xarxes de carreteres, xarxes ferroviàries, ...)
- *GEOMEDIA TRANSPORTATION MANAGER*: per a la gestió de xarxes de transport (xarxes de carreteres, xarxes ferroviàries, ...)
- *GEOMEDIA VIEWER*: eina gratuïta per a la visualització de dades emmagatzemades en GEOMEDIA.
- *GEOMEDIA WEBMAP*: per a la publicació a la web de les dades del SIG.
- *GEOMEDIA WEBMAP PROFESSIONAL*: versió avançada del producte anterior.
- *GEOMEDIA WEBMAP PUBLISHER*: per a la publicació a la web de les dades del SIG però sense haver de programar res, tot es fa des de la interfície GEOMEDIA.
- *GEOMEDIA-HAESTAD WATERCAD INTERFACE*: per a l'anàlisi de models hidràulics. Visualització dinàmica de les modificacions fetes als escenaris modelats.

A la *web* de INTERGRAPH es pot trobar la relació completa de productes (més d'un centenar), tant de maquinari com de programari, que ofereix aquesta empresa en relació als SIG. De tots ells, per a la realització del treball pràctic inclòs en aquest treball s'ha fet servir GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0.

4.2. GeoMedia Professional 6.0

Segons el manual d'usuari, aquesta eina (que només treballa sobre sistemes operatius MICROSOFT WINDOWS 2000, XP i posteriors), és la ideal per tal de recollir dades de SIG, omplir una base de dades d'empresa i transformar la informació en mapes acabats i precisos per a la seva distribució i presentació.

Del paràgraf anterior es desprèn que aquest producte dóna suport a les quatre fases principals de tot SIG: adquisició de dades, emmagatzematge, anàlisi i sortida de resultats. Algunes de les seves característiques més rellevants són:

- 'Només' funciona sobre entorns MICROSOFT WINDOWS. Avui dia això no representa cap problema.
- És una aplicació d'escriptori, és a dir, no li cal un servidor per funcionar.
- Visualització de dades en els seus formats originals, gràcies a les conversions que realitza internament entre els diferents formats de dades i els diferents sistemes de coordenades.
- Alta integració amb les aplicacions ofimàtiques de MICROSOFT, ja que hi ha la possibilitat de generar informes en format WORD i EXCEL.
- Possibilitat d'ampliar les seves funcionalitats mitjançant eines com VISUAL BASIC o BORLAND DELPHI.

Els següents són alguns dels conceptes i terminologia que cal conèixer per treballar amb aquest SIG:

- *Àrea de treball*: és la finestra on l'usuari treballa. En la terminologia GEOMEDIA s'anomena *Geoworkspace*. Està formada per la finestra de mapa i la llegenda.
- *Finestra de mapa*: és la finestra on es visualitzen les dades que intervenen en la composició del mapa.

GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0

- *Llegenda*: és el centre de control que determina què es visualitza en la finestra de mapa i de quina manera.
- *Finestra de composició*: és la finestra on es dóna format a la sortida final del SIG. També es fa servir per a la creació i edició de símbols.
- *Finestra de dades*: graella on es mostren els atributs no gràfics d'entitats o consultes determinades.
- *Consulta*: és una petició d'informació al SIG. Pot ser de tres tipus: filtrar per atribut, espacials (interseccions d'entitats, unions,...) i de xarxa lineal.
- *Magatzem de dades*: fa referència al lloc on es guarda la informació gràfica i alfanumèrica, les bases de dades. Poden ser de diferents proveïdors de programari: MICROSOFT ACCESS, ORACLE, ...
- *Connexió amb magatzem*: per poder guardar dades cal tenir com a mínim una connexió de lectura / escriptura. Es poden tenir obertes diferents connexions en un mateix *Geoworkspace*.
- *Atribut*: Columna o camp en una taula de base de dades. Informació no gràfica emmagatzemada en una taula i vinculada a una entitat.
- *Entitat*: Objecte geogràfic que es representa en un mapa mitjançant una geometria i que a més es defineix en una base de dades mitjançant els seus atributs no gràfics.
- *Visualització temàtica*: Representació d'entitats geogràfiques segons dades dels seus atributs no gràfics mitjançant l'ús de colors i altres propietats de visualització definides per l'usuari.
- *Anàlisi espacial*: és la combinació d'elements bàsics de dades en forma de pregunta per determinar les relacions espacials existents entre diferents entitats.
- *Zona d'influència*: àrea designada dins o al voltant d'una entitat en la que es poden realitzar anàlisis espacials.
- *Filtre espacial*: filtre usat per limitar l'àrea geogràfica sobre la que es vol treballar, reduint així el nombre d'entitats que es mostraran en el mapa i accelerant els càlculs que ha de fer GEOMEDIA. Es poden definir diferents filtres espacials a nivell de *Geoworkspace*, però només pot haver-hi un actiu en un moment donat. També es poden definir filtres espacials a nivell de magatzem.

Un cop vista la terminologia usada en GEOMEDIA, la següent és una **possible guia ràpida** de les passes per construir i utilitzar un SIG usant GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0:

1. Crear un **Geoworkspace** nou. Es pot crear totalment en blanc o a partir de diferents plantilles (fitxers amb extensió .gwt) que ja defineixen el sistema de coordenades, les unitats de mesura, ...
2. Definir el **sistema de coordenades** per aquest *Geoworkspace*. Si s'ha creat en blanc, cal triar el sistema de coordenades, les unitats, ...
3. Definir els **magatzems** (bases de dades) amb els que es vol treballar.
4. Crear les **connexions** necessàries amb el magatzem(s) triat(s). Aquest pas és necessari per recuperar dades de bases de dades existents i per poder gravar la informació del *Geoworkspace*.

5. Obrir les dades en la **finestra de mapa**. Visualitzar la informació desitjada en la finestra de mapa.
6. **Modificar** el contingut de la finestra de mapa. Adaptar i seleccionar la informació que millor serveix a la finalitat del SIG creat.
7. Obrir una **finestra de dades**. Això permet visualitzar els atributs no gràfics de les entitats que hi ha en el mapa.
8. Definir i executar una **consulta de dades**. Això permet analitzar les dades de les entitats representades.
9. Crear una **visualització temàtica**. Permet mostrar d'una manera gràfica la variació dels mateixos atributs de diferents entitats de la mateixa classe.
10. Visualitzar la **finestra de composició**. Permet dissenyar una composició de mapa amb marcs pels mapes, llegendes, barres d'escala i la fletxa que indica el Nord.
11. Preparar el mapa per a la seva **impressió**. La finestra de composició ofereix moltes possibilitats en aquest aspecte

4.3. Adquisició de dades

Sens cap mena de dubte, una de les funcionalitats que més s'agraeixen és la possibilitat de mostrar i combinar en una mateixa àrea de treball dades provenint de diferents fonts i en diferents formats.

El factor determinant per tal que aquesta combinació de diferents sistemes de referència no provoqui distorsions en les representacions és indicar quin és el sistema de referència usat per a cada origen de dades. D'aquesta manera, el SIG fa els càlculs necessàries per poder visualitzar les dades combinades usant el sistema de referència definit pel *Geoworkspace*.

Les bases de dades compatibles amb la versió utilitzada i que, per tant, poden ser usades com a origen en la importació de dades són:

- MICROSOFT ACCESS
- MGE SEGMENT MANAGER (MGSM)
- ARC/INFO
- SHAPEFILE DE ARCVIEW
- ODBC TABULAR
- CAD: AUTOCAD, MICROSTATION®/IGDS
- MODELO DE OBJETOS DE ORACLE®
- FRAMME™
- MICROSOFT SQL SERVER
- MAPINFO
- SERVIDOR SMARTSTORE
- ENTORNO MODULAR GIS (MGE)
- MGE DATA MANAGER (MGDM)
- SERVIDOR DE ARCHIVO DE TEXTO

De tots ells, només es poden usar com a magatzems de lectura i escriptura MICROSOFT ACCESS, ORACLE i MICROSOFT SQL SERVER. De tots tres el primer és el més senzill d'instal·lar i mantenir, a més de proporcionar totes les funcionalitats necessàries per la construcció del SIG del cas pràctic. Per tant, aquest ha estat triat per a la construcció del SIG.

GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0

Sobre el model de dades que crea GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0, aquestes són les taules i el seu ús:

- *AttributeProperties*. Descriu les propietats dels atributs de les classes d'entitat
- *FieldLookup*. Proporciona un identificador únic per cada columna de cada entitat (taula) d'usuari.
- *GAliasTable*. Conté alias pels noms d'altres taules de les metadades.
- *GCoordSystem*. Guarda la definició dels sistemes de coordenades usats.
- *GeometryProperties*. Guarda informació sobre els tipus de geometria de les classes d'entitat.
- *GFeatures*. Conté els noms de les classes d'entitat definides per l'usuari.
- *GSQLOperatorTable*. Conté els diferents operadors del llenguatge de consultes estructurada (SQL) vàlids pels diferents sistemes gestors de bases de dades que es poden usar amb GEOMEDIA.
- *ModificationLog*. Conté l'històric de modificacions fetes en la definició de les classes d'entitat.
- *ModifiedTables*. Conté la llista de taules sobre les que es fa el seguiment en la taula *ModificationLog*.

A aquestes taules cal afegir les que es van creant a mesura que es treballa amb el SIG ja que, per exemple, cada classe d'entitat s'implementa a la base de dades amb una taula, on les seves columnes correspondran als atributs de l'entitat que representa la taula.

4.4. Tractament de dades

La manera en que les dades són tractades ve determinada pel seu tipus. En el cas de les imatges, si el seu tipus és:

- *Raster*: la informació es guarda en la imatge original i en el *Geoworkspace* només es guarda un enllaç amb la ruta del fitxer gràfic d'on cal carregar la imatge.
- *Vectorial*: si es crea des de GEOMEDIA, la informació amb les coordenades dels nodes que formen la imatge és guarda en el magatzem de dades. En el cas d'importar una imatge ja existent, es guarda l'enllaç amb la ruta corresponent al fitxer que conté la imatge vectorial.

Per a les dades no gràfiques, la informació es guarda en els atributs de les entitats a què pertanyen, és a dir, en les columnes de les taules que representen les entitats. En els següents apartats s'explica les eines de que disposa GEOMEDIA pel tractament de les imatges.

4.4.1. Imatges en format *raster*

El mecanisme usat per a la incorporació d'imatges *raster* al SIG depèn de la existència dins la pròpia imatge (o en un fitxer adjunt) d'informació que permeti a GEOMEDIA georeferenciar la imatge de manera automàtica:

- Si existeix la informació, es pot usar l'opció ***Insertar*** → ***Imágenes georeferenciadas...*** Això és suficient perquè la imatge quedi correctament georeferenciada.

- Si no existeix la informació (però es coneix), cal usar l'opció *Insertar* → *Imagen interactiva...* Després cal registrar la imatge correctament des de *Herramientas* → *Registro de imágenes...* El registre d'imatges consisteix en determinar la correspondència d'almenys tres punts de control de la imatge origen amb els seus corresponents en el *Geoworkspace*. En la Figura 29 es pot veure la pantalla usada per registrar una imatge concreta.

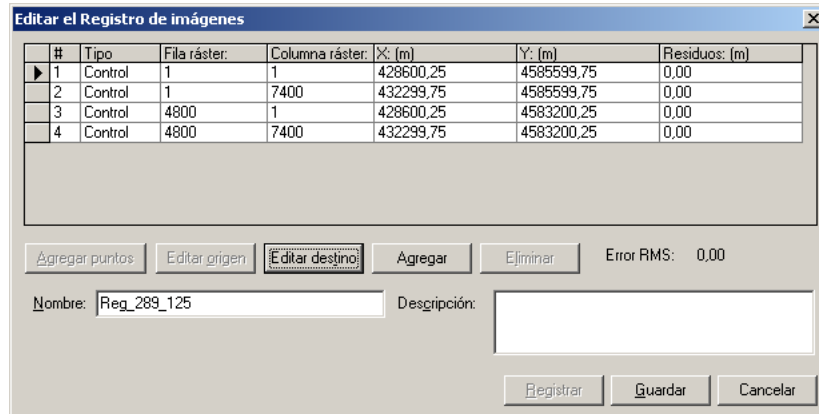


Figura 29. Registre d'imatge raster [48]

Els valors exactes per a la correcta georeferenciació de la imatge es poden obtenir usant la utilitat de línia de comandes *mrsidinfo.exe*, tal com es pot veure a la Figura 30.

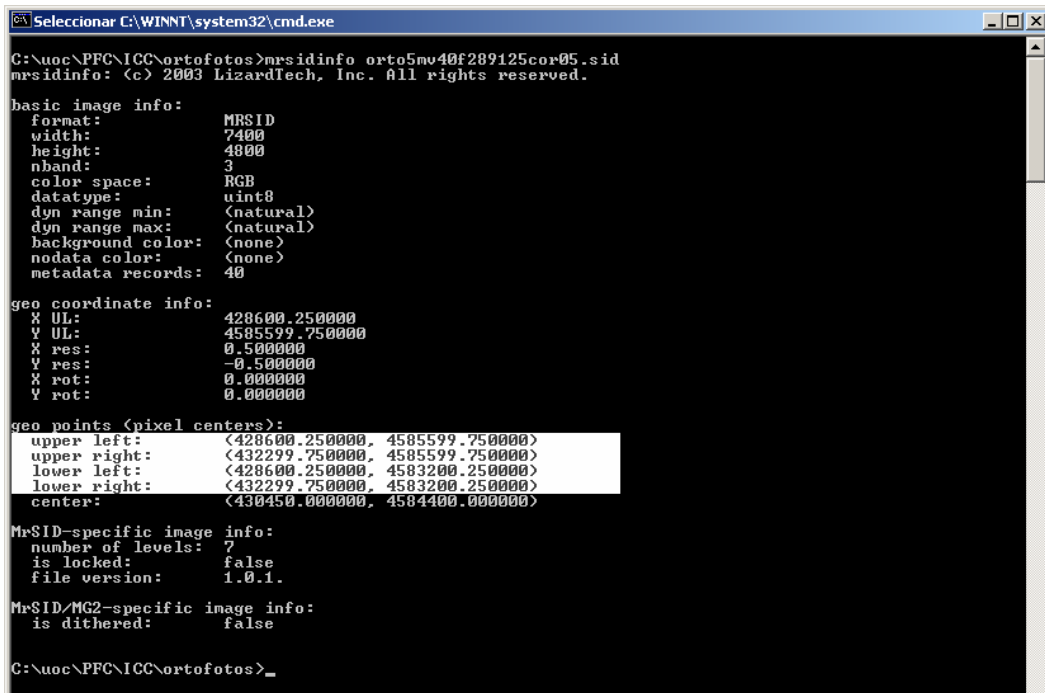


Figura 30. Obtenció coordenades des de imatge en format MrSID.

Per poder importar imatges *raster* es precis haver creat almenys una connexió a un magatzem de lectura / escriptura. De tota manera, durant l'execució del cas pràctic d'aquest treball s'ha pogut comprovar com no funcionava la primera de les opcions amb imatges MrSID proporcionades per l'ICC. Per tant, per inserir les imatges en el SIG es va usar la segona opció (la inserció d'imatges de manera interactiva).

Amb la imatge *raster* correctament georeferenciada en el SIG, ja es poden digitalitzar les entitats que apareixen, ja sigui a mà o ajudant-se en la utilitat de captura *SmartSnap* de que disposa GEOMEDIA, que en el cas d'imatges *raster* proporciona les següents facilitats:

- *Cazado de intersección*: captura el punt on es creuen dues línies de la imatge.
- *Cazado a fin de línea*: captura el punt final d'una línia *raster*.
- *Cazado de esquina*: captura el punt on hi ha una cantonada (angle proper als 90°).
- *Cazado de símbolo abierto*: captura el punt central d'un cercle sense omplir.
- *Cazado de símbolo cerrado*: captura el punt central d'un cercle ple.
- *Cazado a centro*: captura el punt mig d'una línia *raster*.

Important: sobre aquestes eines de captura *raster* cal saber que només funcionen amb imatges binàries, és a dir, de dos nivells. Per tant, no han funcionat sobre les imatges *raster* obtingudes de l'ICC.

Mentre es digitalitzen les entitats de la imatge *raster* és convenient desactivar les opcions de caçat vectorial de que disposa GEOMEDIA, de manera que la barra on s'indiquen quines geometries es cacen quedi com en la Figura 31:



Figura 31. Barra SmartSnap durant una captura raster [48].

Sobre les imatges *raster* proporcionades per l'ICC incloses en el SIG:

- Corresponen a ortofotos a escala 1:5000 de l'aplicació Catalunya Full a Full (CFAF). Concretament, són les 289-125, 289-126, 290-125 i 290-126. Cobreixen una part de la ciutat de Barcelona
- Estan descarregades en format MrSID. Ocupen una mitja de 9 MegaBytes cada una d'elles.
- S'usen com a fons de mapa i per a la digitalització de diferents entitats: carrers, places i edificis.

4.4.2. Imatges en format vectorial

En el cas de les imatges vectorials, SmartSnap proporciona les següents facilitats:

- *Cazado de intersección*: captura el punt on es creuen dues línies de la imatge
- *Cazado de punto final*: captura el punt final d'una entitat lineal.
- *Cazado de vértice*: captura d'un vèrtex corresponent a una entitat de línia o àrea.
- *Cazado de elemento*: captura de qualsevol punt d'una entitat de línia o àrea.
- *Cazado de origen*: captura del punt d'origen d'un objecte de text o símbol.
- *Cazado de punto medio*: captura del punt mig d'una entitat de línia o àrea.
- *Cazado de tangente*: captura d'un punt que és tangent a un segment d'arc existent.
- *Cazado de perpendicular*: captura d'un punt que es perpendicular a un segment d'arc o línia existent.

Mentre es volen capturar geometries vectorials de la imatge, és convenient desactivar les opcions de caçat *raster* de que disposa GEOMEDIA, de manera que la barra on s'indiquen quines geometries es cacen quedi com en la Figura 32:

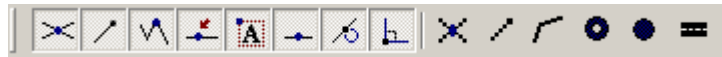


Figura 32. Barra SmartSnap durant una captura vectorial [48]

Sobre les imatges vectorials proporcionades per l'ICC incloses en el SIG:

- Corresponen a la Base Municipal de Catalunya a escala 1:1.000.000. Dels quatre disponibles s'ha triat el que duu els polígons de comarca, tal com es veu en la Figura 33.
- Estan descarregades en el format *MicroStation Design File* (.dgn)

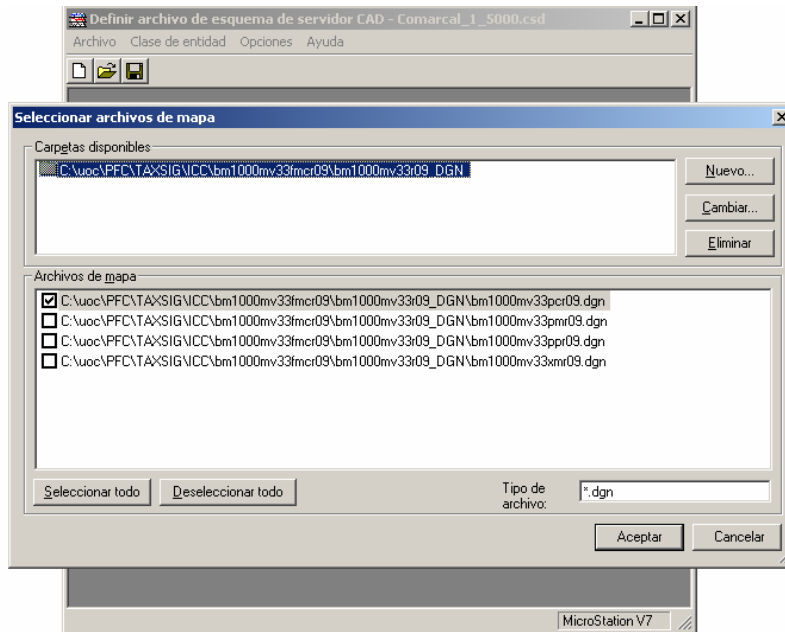


Figura 33. Contingut arxiu d'esquema de servidor (.csd)

4.5. Anàlisi de dades

Com ja s'ha comentat, l'anàlisi de les dades és un dels punts que diferència els SIG d'altres sistemes. En el cas de GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0 l'anàlisi gira al voltant de quatre punts fonamentals: les consultes, els atributs funcionals, les zones d'influència i les visualitzacions temàtiques.

En els següents apartats es comenten aquests quatre punts. Mentre no s'indiqui el contrari, les comandes a les que es fa referència en aquests apartats es troben sota el menú **Anàlisis**.

4.5.1. Consultes

En general, una consulta és una petició d'informació. En el cas de GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0 hi ha tres tipus de consultes:

- **Consultes de filtre d'atributs.** Aquest tipus de consultes permeten sol·licitar informació a la base de dades sobre els valors dels atributs d'una classe d'entitat o consulta. Per exemple, en el cas del treball pràctic podria interessar visualitzar només els taxis que estan desocupats en un moment donat.
- **Consultes espacials.** Amb aquest tipus de consultes l'objectiu és trobar les relacions entre dues classes d'entitat diferents mitjançant els següents operadors espacials:

GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0

- *Se tocan*: retorna el conjunt d'entitats que entra en contacte de qualsevol manera amb les entitats preseleccionades
- *Contiene*: retorna el conjunt d'entitats que són cobertes per les entitats preseleccionades.
- *Están contenidas en*: retorna el conjunt d'entitats situades completament dins les entitats preseleccionades.
- *Contienen completamente*: retorna el conjunt d'entitats que cobreixen totalment a les entitats preseleccionades.
- *Están totalmente contenidas en*: retorna el conjunt d'entitats situades íntegrament dins les entitats preseleccionades.
- *Se solapan*: retorna el conjunt d'entitats que muntan sobre les entitats preseleccionades.
- *Se unen*: retorna el conjunt d'entitats que es troben al costat de les entitats preseleccionades però sense muntar.
- *Son espacialmente iguales*: retorna el conjunt d'entitats que ocupen el mateix espai i la mateixa ubicació que les entitats preseleccionades. Les entitats han de ser del mateix tipus per poder ser espacialment equivalents.
- *Están a una distancia de*: retorna el conjunt d'entitats que tenen alguna part situada a una certa distància de les entitats preseleccionades.

Sobre l'ús de tots aquests operadors, dues consideracions finals:

- Es poden combinar amb el qualificador *No*, fent que la consulta retorni les entitats que no compleixen les condicions especificades per l'operador espacial.
 - Si tenim aplicat un filtre espacial les consultes no inclouran les entitats que no compleixin les condicions del filtre espacial.
- **Consultes de xarxa lineal**, usades per treballar amb magatzems de dades MGSM. Són un tipus de consultes combinades espacials i d'atributs.

Un altre forma de generar una consulta és mitjançant l'**agregació d'entitats**, que es pot fer en base als atributs de les entitats a agregar, a la ubicació espacial de les entitats o a una combinació d'ambdues.

També es poden generar consultes mitjançant la creació de **relacions**. Una relació és un tipus de consulta que extreu informació seleccionada. Es poden crear relacions entre entitats o entre consultes. Per definir una consulta de tipus relació cal:

- Seleccionar les classes d'entitat o consultes a relacionar. A nivell de base de dades, això implica seleccionar les taules que implementen les entitats seleccionades.
- Seleccionar els atributs d'entre les classes d'entitat o consultes triades. L'operador de relació s'aplicarà sobre els valors d'aquests atributs, que a nivell de base de dades són columnes de taules.
- Seleccionar el tipus d'operador de relació a usar. N'hi ha de quatre tipus: relació interior, relació exterior esquerra, relació exterior dreta i relació tot exterior. Es corresponen amb els operadors usats pels sistemes gestors de bases de dades relacionals *inner join*, *left outer join*, *right outer join* i *outer join*.

Altres comandes disponibles per a l'anàlisi són la *intersecció espacial*, la *diferència espacial*, la *selecció de atributos* (per reduir el nombre de dades innecessàries) i la *combinació* de classes d'entitat o consultes.

L'ús típic del resultat de les consultes és visualitzar només les entitats que compleixen les condicions especificades. També es poden utilitzar com a base per altres consultes.

També cal tenir present que l'eliminació de les consultes borra la seva definició, però no les entitats sobre les que estaven definides.

4.5.2. Atributs funcionals

Aquest tipus d'atributs es defineixen en base a altres atributs, calculant el seu valor a partir d'ells. És a dir, són camps calculats que realment no existeixen en la base de dades: només es guarda la seva definició.

Un exemple d'atribut funcional sobre el treball pràctic inclòs en aquest treball podria ser l'atribut *taxi_disponible*, que es podria calcular en funció d'altres atributs originals de la classe taxi:

- *Ocupat*: aquest atribut indica si el taxi està realitzant un servei o no.
- *Dia_descans*: aquest atribut indica quin dia de la setmana fa festa aquest taxi.

Per tant, el taxi només estarà disponible per executar un servei si no es troba ocupat i si no és el dia de descans assignat al taxista (en el treball, parlar de taxi equival a parlar de taxista, ja que es tracta d'una cooperativa de taxistes on el taxi pertany al taxista).

4.5.3. Zones d'influència

Tal com s'ha definit al punt 4.2, una zona d'influència és una àrea designada dins o al voltant d'una entitat en la que es poden realitzar anàlisis espacials. Per poder usar-les cal tenir activa la finestra de mapa i almenys una connexió oberta a un magatzem de dades.

Es possible indicar la distància a la que arriba la zona d'influència per cada classe d'entitat de dues maneres, segons si aquesta distància és:

- **Constant**: cal definir un valor i la unitat en que s'expressa (per defecte la que s'indica en el arxíu del sistema de coordenades) per determinar a quina distància arriba la zona d'influència de l'entitat.
- **Variable**: cal seleccionar un atribut de l'entitat on es guarden els valors que determinaran la distància a la que arriba la zona d'influència

Finalment, també és possible combinar les zones d'influència que es toquen. A la Figura 34 es veu com afecta la combinació o no de zones en quant al nombre de zones d'influència que es generen.

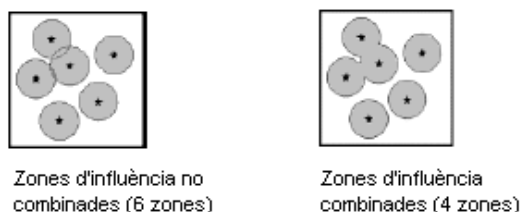


Figura 34. Zones d'influència [49].

4.5.4. Visualitzacions temàtiques

Tal com s'ha definit al punt 4.2, una visualització temàtica és una representació d'entitats geogràfiques segons dades dels seus atributs no gràfics mitjançant l'ús de colors i altres propietats de visualització definides per l'usuari.

L'objectiu d'aquesta comanda, que es troba sota el menú *Leyenda* → *Agregar Leyenda temática...*, és la classificació visual segons valors dels atributs de les entitats. Tots els tipus de geometries, excepte les imatges, es poden presentar en mapes temàtics.

Els mapes temàtics s'actualitzen quan es produeixen canvis en les dades d'origen. N'hi ha dos tipus de dos tipus:

- Mapa temàtic per rangs: basat en la utilització del gradient d'un mateix color per a la representació dels diferents valors de l'atribut seleccionat de les entitats. Habitualment, quan major és la intensitat del color, major és el valor de l'atribut representat.
- Mapa temàtic de valor únic: apropiat quan el nombre de valors diferents a representar és reduït. Per exemple, si la columna de l'atribut ocupat de la classe taxi només pot prendre els valors *lliure*, *ocupat* o *desconegut*.

A la Figura 35 es pot veure un exemple dels dos tipus de mapa temàtic presentats.

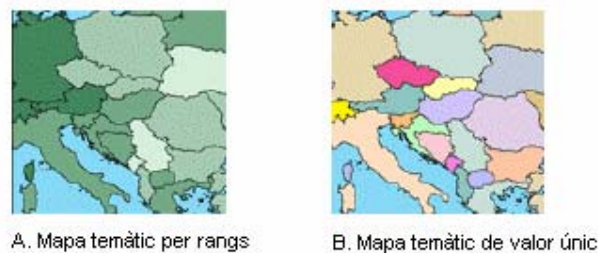


Figura 35. Mapes temàtics [49].

4.6. Composició de resultats i impressió.

Un cop finalitzada la feina en la finestra de mapa, hi ha la possibilitat d'imprimir el resultat en una impressora o *plotter*. Tot i que es pot imprimir directament des de la finestra de mapa, és recomanable fer-ho en dues passes utilitzant la finestra de composició:

- dissenyar primer una composició, amb l'aparença que tindrà la impressió. En aquesta composició cal incloure els *marcs de composició*, que contindran els diferents elements que seleccionem: mapes, barres d'escala, la fletxa que indica el Nord, llegendes,...
- Imprimir després la composició. També hi ha la possibilitat de redirigir la impressió cap a un fitxer.

Fent-ho així aïllem el treball funcional del SIG de l'aparença que tindrà la impressió final, facilitant el reaprofitament de les composicions existents i mantenint uniforme les presentacions de mapes diferents però relacionats d'alguna manera (perquè pertanyin a un mateix projecte, a un mateix client,...)

Sobre les composicions també cal saber que:

- Les plantilles de composició es guarden en fitxers amb extensió *.glt*.
- El conjunt de marcs que formen una composició s'anomena grup.
- La finestra de composició proporciona:

GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0

- un entorn de full de treball, on hi ha els components únics per a cada composició.
- un entorn de full de fons, on hi ha els components que seran iguals per diferents composicions.
- Permet fer varies operacions sobre els gràfics que conté: alinear els elements, editar text, inserir una quadrícula cartogràfica, redimensionar els marcs, enquadrar-los, fer *zoom*, ...

A la Figura 36 es pot veure una composició formada per quatre marcs i amb una quadrícula cartogràfica:

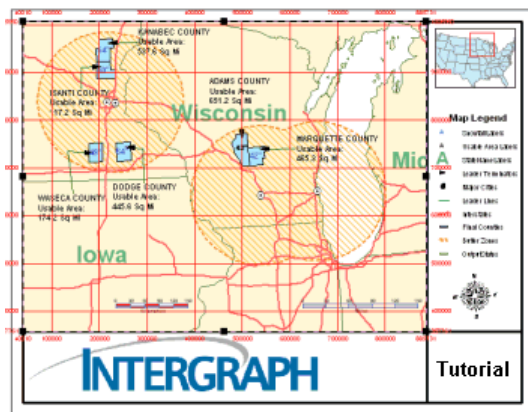


Figura 36. Composició [49].

4.7. Utilitats complementàries

Les següents són utilitats que s'instal·len també amb GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0. Algunes d'elles estan disponibles des de dins de GEOMEDIA i d'altres només es poden usar com a utilitats independents, ja sigui amb una interfície gràfica o des de la línia de comandes:

- **Traces per lots.** Són grups de comandes executats seqüencialment per l'interpret de comandes. Es guarden en fitxers amb extensió .gbp, estructurats internament amb format XML. També es poden generar des de la utilitat gràfica *Trazado por lotes*. N'hi ha de dos tipus:
 - De composició. Es basen en una plantilla de composició existent que s'omple amb les dades de les entitats existents al *Geoworkspace*.
 - De selecció. Es basen en seleccionar fulls de composició existents.
- **Utilitats de bases de dades.** Aquest grups d'utilitats permet realitzar diferents operacions sobre bases de dades (magatzem) de GEOMEDIA basats en ACCESS, SQL SERVER i ORACLE:
 - Modificar atributs de les entitats.
 - Assignar el sistema de coordenades.
 - Eliminar el registre de modificacions.
 - Eliminar metadades de classes d'entitats.
 - Crear les taules de metadades de GEOMEDIA.
- **Definir arxiu d'esquema de servidor CAD.** Aquesta utilitat s'usa per especificar els paràmetres que utilitzarà GEOMEDIA per crear connexions i connectar amb servidors CAD. L'extensió del fitxer on es guarden aquestes definicions és .csd.

- **Definir arxiu de sistema de coordenades.** Utilitat usada per a la definició de l'arxiu on es defineixen:
 - el sistema de coordenades a usar.
 - Les unitats usades al guardar les dades als magatzems.
 - les unitats i precisió de les diferents mesures.

A més de l'arxiu propi del sistema de coordenades del *Geoworkspace*, és possible usar un arxiu de sistema de coordenades diferent pels diferents magatzems que poden intervenir en un mateix *Geoworkspace*. Aquests arxius utilitzen l'extensió *.csf*.

- **Definir arxiu de símbol.** Utilitat usada per a la creació i organització de biblioteques de símbols a usar en els mapes de GEOMEDIA per a la visualització de punts i en l'aplicació de patrons lineals i d'àrea. Les biblioteques es guarden en arxius d'extensió *.svg* (gràfic vectorial escalable) o d'extensió *.fsm* i poden contenir:
 - símbols d'altres arxius de símbols (*.fsm*).
 - blocs AutoCAD (*.dwg*)
 - cel·les de MicroStation (*.cel*)
 - arxius de símbols creats usant la finestra de composició (*.sym*).
- **Definir arxiu de format del servidor d'arxius de text.** Utilitat usada per definir el format dels fitxers de text des de els que es volen importar dades a GEOMEDIA. La extensió d'aquests fitxers és *.tfd*. La seva execució consisteix en una sèrie de passos guiats, molt similar a la que apareix durant la importació de fitxers de text des de MICROSOFT EXCEL.
- **Definir arxiu de configuració de magatzem.** La importació cap a GEOMEDIA des dels servidors de dades MGE, ArcInfo, ArcView, MapInfo, CAD-AutoCAD, CAD-IGDS, CAD-MicroStation V8, MGSM, FRAMME y MGDM necessita l'arxiu de configuració de magatzem (*.ini*) per obtenir alguns valors clau. Aquesta utilitat proporciona una interfície gràfica que permet crear-lo de manera senzilla i guiada.
- **Editar arxiu de paràmetres de MGSM.** Utilitat gràfica usada per a la creació del fitxer de paràmetres amb l'estructura de dades dels servidors MGSM. L'extensió usada per aquests arxius és *.prm*
- **Publicar en magatzem *SmartStore* de GEOMEDIA.** Un magatzem *SmartStore* és una memòria cau de geometria 2D i atributs, indexada espacialment per a facilitar la generació ràpida de mapes sense haver de consultar les bases de dades originals. Només permet accessos de lectura. Els fitxers *SmartStore* utilitzen l'extensió *.ddc*.
- **Utilitat de llicències.** Utilitat per a la gestió de les llicències necessàries per usar els productes INTERGRAPH.

Capítol 5. Cas pràctic

En aquest capítol es plantejarà i implementarà un cas pràctic d'utilització d'un SIG per a la resolució del problema complex que suposa la gestió de la flota d'una agència de taxis fictícia: TAXSIG.

El SIG utilitzat serà GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0 i la base de dades MICROSOFT ACCESS 2000. Per ampliar les funcionalitats de GEOMEDIA i adaptar el SIG a les necessitats de l'empresa s'utilitzarà l'entorn de desenvolupament MICROSOFT VISUAL BASIC 6.0.

En els següents apartats s'exposen les diferents etapes seguides durant el procés de construcció del SIG. Aquests apartats estan agrupats en dos punts:

- *La construcció del SIG*, on es presenta l'empresa, s'analitza la problemàtica que presenta la gestió de la seva flota i s'exposen els passos a seguir per la construcció del SIG però sense arribar a programar-lo.
- *La programació del SIG*, on hi ha la personalització del SIG per tal d'adaptar-lo a les necessitats concretes de l'empresa.

5.1. Construcció del SIG

Per a la realització del SIG primer cal conèixer amb detall en quin entorn s'utilitzarà i quina problemàtica es vol solucionar. Aquests són els objectius d'aquest apartat, que es troba dividit en els següents punts:

- *Presentació de l'empresa*, imprescindible per conèixer i comprendre l'entorn en el que operarà el SIG.
- *Anàlisi del problema*, on es detalla quin és el problema i es dedueixen els requeriments que ha complir el SIG per proporcionar les funcionalitats desitjades.
- *Disseny i construcció de la solució*, on hi ha el procés seguit per a la construcció del SIG.
- *El model de dades*, on es detalla com s'implementen en la base de dades les entitats del SIG.

5.1.1. Presentació de l'empresa

TAXSIG és una cooperativa de taxistes d'un municipi de l'àrea del Barcelonès. Creada l'any 1992 per un grup de 15 taxistes, està especialment orientada a la realització de serveis de taxi sol·licitats per telèfon. A grans trets, el funcionament és el següent: els clients truquen a la central (comandes telefòniques) de la cooperativa, on tres persones s'encarreguen de respondre les trucades i organitzar el millor possible les assignacions dels serveis als taxis.

També es realitzen serveis a l'instant quan algú para un dels taxis de la flota pel carrer (comandes a peu de carrer). En aquest cas el taxi ha d'informar la central de l'adreça aproximada on ha recollit el client i de l'adreça de destí que li ha sol·licitat. A partir d'aquestes dades a la central poden estimar el temps que trigarà el taxi en quedar lliure per assignar-li noves peticions de serveis.

Cada taxi disposa d'un dia lliure a la setmana, que tria el propi taxista però sempre en consens amb la resta de companys, ja que sempre procuren tenir un nombre mínim de taxis en funcionament durant tots els dies de la setmana.




L'infraestructura i el personal de que disposa l'empresa és relativament senzilla:

CAS PRÀCTIC

- *Una nau*, on guarden els taxis durant la nit per evitar actes de vandalisme.
- *La central*, on es reben les trucades dels clients i s'assignen les peticions als taxistes.
- *La flota de taxis*, on cada taxi pertany al taxista que el condueix.
- *Tres operadors de telèfon*, que són els qui reben les trucades i coordinen els serveis a fer.
- *Un servei de vigilància*, que tenen contractat a una empresa de seguretat amb l'objectiu de vigilar la nau on guarden els taxis.

Durant molts anys el seu valor distintiu ha estat un alt grau de satisfacció per part dels seus clients, la majoria dels quals són habituals.

Ja fa temps que el nombre de peticions de servei que rep l'empresa es troba en constant augment. Per això, fa dos anys l'empresa va decidir augmentar notablement el nombre de taxis (de cooperativistes) per poder respondre a aquest increment en la demanda de serveis. Amb aquest increment, la flota de taxis va quedar formada per les unitats que es detallen a la taula 5:

Tipus taxi	Nombre de places	Descripció	Unitats	Fotografia taxi
Normal	4	Aquest és el taxi que ofereix l'empresa si el client no especifica cap requeriment especial. Equipat amb receptor GPS i connexió GPRS amb la central. Té el cost de manteniment més baix de tots.	30	
Familiar	6	Aquest és el taxi per donar servei a grups de fins a 6 persones. També s'ofereix en el cas de clients amb necessitats especials: cadires de rodes, problemes de mobilitat, ... Equipat amb receptor GPS i connexió GPRS amb la central. Adaptat pel transport de clients que usen cadira de rodes. El seu cost de manteniment és mig.	20	
Clàssic	4	És un taxi que demanen clients als qui agrada els cotxes antics. Equipat amb receptor GPS i connexió GPRS amb la central. Té un alt cost de manteniment.	2	

Taula 5. Composició de la flota de taxis

5.1.2. Anàlisi del problema

Com s'ha explicat al punt anterior, fa dos anys es va incrementar la flota de taxis, augmentant el nombre total de serveis realitzats cada dia pel conjunt de la flota. Això seria positiu si no fos pel fet que amb l'increment de taxis i peticions la gestió de les assignacions dels serveis als diferents taxis s'ha complicat fins el punt que ara estan molt lluny de ser les òptimes. Aquest fet ha tingut diferents conseqüències:

- Ha augmentat el temps mig d'espera dels clients des de que truquen a la central fins que arriba el taxi a la seva porta.
- S'ha incrementat el consum de combustible, reduint el benefici per servei. Aquest increment també aplica a la resta de components del taxi que pateixen desgast: pneumàtics, olis, filtres, ...
- Ha empitjorat la raó entre els quilòmetres que el taxi recorre ocupat i els que recorre lliure, és a dir, ha augmentat el temps que els taxis circulen sense estar ocupats donant servei a una comanda.
- Ha baixat el nivell de satisfacció dels clients fixes de l'empresa, acostumats a un servei més eficient. Tot i que encara no s'ha notat una disminució en el nombre de comandes telefòniques rebudes, aquest és un punt que preocupa els cooperativistes de cara al futur immediat.

Com es pot comprovar, tots aquests fets són provocats per assignacions incorrectes dels serveis als taxis. Inicialment, quan el nombre de taxis era reduït l'assignació era prou senzilla però actualment, donat l'elevat nombre actual de vehicles de la flota, és molt difícil per al personal que respon al telèfon:

- tenir contacte en tot moment amb els taxis que hi ha en una determinada zona.
- tenir present quines són les seves característiques (nombre de places, ...) i el seu estat (ocupat o no).

Per intentar resoldre aquest problema cal una anàlisi detallada de l'operativa que es segueix per l'assignació de les comandes als taxis:

Comandes a peu de carrer.

En aquest tipus de comandes la operativa és molt clara: no hi ha assignació del servei per part de la central. El taxi tan sols informa a la central de l'adreça aproximada d'origen i de l'adreça de destí. Respecte al recorregut que seguirà, el propi programari que duu incorporat el receptor GPS del taxi s'encarrega de trobar el camí òptim per arribar al destí.

Per tant, en aquest tipus de comandes el SIG no pot, en principi, optimitzar la gestió de la flota.

Comandes telefòniques.

La seqüència de passos en aquest tipus de comandes és la següent:

1. El client truca a la central sol·licitant un taxi. Opcionalment, indica el tipus de taxi desitjat: normal, adaptat per cadira de rodes / familiar o clàssic.

CAS PRÀCTIC

2. L'operador de telèfon consulta per ràdio els possibles taxis candidats per a realitzar aquest servei, preguntant qui està lliure en la zona del client. Opcionalment, indica el tipus de taxi requerit pel client.
3. Els taxis que ho consideren oportú contesten, avaluant el propi taxista el temps que trigaria en arribar a l'adreça indicada per l'operador.
4. L'operador de telèfon tria, entre les respostes rebudes, el taxi que li ha indicat un menor temps d'arribada a l'adreça i li confirma que ha de fer aquest servei.
5. L'operador de telèfon informa el client del temps aproximat que trigarà el taxi en arribar al seu domicili.
6. Un cop arriba a l'adreça, el taxi informa la central de que es troba en la posició origen de la comanda.
7. Automàticament, la central envia un missatge curt indicant l'arribada del taxi si el número de telèfon del client correspon a un terminal mòbil. Si el número de telèfon correspon a un terminal fix fa una trucada on una veu gravada informa de l'arribada del taxi.

Com veiem en aquesta operativa seguida per a l'assignació de taxis a les comandes telefòniques, hi ha alguns dels punts que poden introduir errors en l'assignació òptima dels taxis, concretament:

- En el punt 2. Es pot donar el cas que en el moment que l'operador fa la consulta per ràdio el taxista més proper a l'adreça sol·licitada no l'escolti, ja sigui perquè hagi baixat un moment del taxi o per qualsevol altre motiu. Com a resultat, es triarà un taxi que no serà el més proper a l'adreça sol·licitada.
- En el punt 3. Es pot donar el cas que el taxista que es troba més proper a l'adreça indicada no contesti, per exemple, perquè no sap que l'adreça que acaba de comunicar l'operador es troba molt a prop de la seva posició actual.
- En el punt 4. Es pot donar el cas que dos o més taxistes contestin a l'hora per la seva emissora, provocant un missatge difícil d'entendre per l'operador i fent que aquest no triï el que es troba més a prop de l'adreça sol·licitada.

Un cop vista la operativa actual i detectats els punts on hi ha possibilitats de millora, s'exposarà la manera en que un SIG pot ajudar a resoldre el problema de l'assignació òptima de comandes telefòniques als diferents taxis.

5.1.3. Disseny i construcció de la solució

Com s'ha exposat en el punt 5.1.2, en el cas de les comandes telefòniques hi ha un problema complex que un SIG amb un disseny adaptat a les necessitats de l'empresa pot solucionar. Per iniciar el disseny i la posterior construcció del SIG cal conèixer:

- les principals entitats que intervenen en el sistema.
- l'àmbit geogràfic en el que actuen.
- les relacions existents entre les diferents entitats.

Tot aquest coneixement es troba en el text de presentació de l'empresa del punt 5.1.1, d'on s'extreuen les entitats que caldrà modelitzar en el SIG de l'empresa: algunes d'elles tindran

CAS PRÀCTIC

representació gràfica; d'altres seran classes definides des de l'entorn de desenvolupament per programar la lògica de negoci. La relació es pot veure a la taula 6:

Entitat	Representació gràfica	Comentari	altres
Carrer	Si	Un carrer està format per un o més edificis.	
Edifici	Si	Tot i que un edifici pot fer cantonada entre dos carrers, només té una entrada principal. Un carrer té com a mínim un edifici. Atributs principals: carrer i numero.	
Adreça	Si	Parlar d'adreça és el mateix que parlar d'edifici. Veure entitat <i>Edifici</i> .	
Taxi	Si	Tal com es veu a la taula 5, n'hi ha de tres tipus. La posició d'un taxi sempre coincideix espacialment amb la d'algun carrer (excepte quan està guardat a la nau central).	
Central	Si	És el lloc on hi ha els operadors que reben les trucades telefòniques dels clients. També és on es guarden els taxis durant la nit.	
Taxista	No	És el conductor i propietari del taxi. La relació entre taxista i taxi és de 1 a 1.	
Client	No	Es qui origina la comanda. Un client només té una adreça. Un client s'identifica inequívocament pel seu número de telèfon si la comanda és telefònica.	
Comanda	No	És una petició de servei que el client fa a TAXSIG. N'hi ha de dos tipus: a peu de carrer i telefònica. Té un origen i un destí.	
TramaNMEA	No	Cadascuna de les trames que reben els receptors GPS dels taxis	
MissatgeTaxi	No	Missatge que el receptor GPS del taxi envia a la central amb el identificador de taxi, la seva posició, la data i l'hora.	

Taula 6. Entitats del SIG

CAS PRÀCTIC

Per tant, un cop analitzant el problema i identificades les entitats que intervenen i les relacions entre elles, es proposa els passos a seguir per a la construcció del SIG en els següents apartats.

Creació d'un nou *Geoworkspace*

Es pot crear a partir de la plantilla UTM31.gwt o a partir de la plantilla *normal.gwt*. Independentment de la manera en que es faci, cal verificar:

- La **projecció** usada. Es tria el sistema de projecció UTM amb el *European Datum* de 1950.
- El **sistema de coordenades**. En el cas del municipi on opera la companyia TAXSIG, es tracta del fus 31 nord.
- Les **unitats** d'emmagatzemament. Tot i que es poden definir de manera individual per a cada magatzem, és preferible definir-les per tal de saber quines seran les que s'aplicaran per defecte als magatzems d'on es recuperin dades. Degut a que les unitats usades en la base municipal de Catalunya en format *MicroStation* són els centímetres, aquesta serà la unitat triada a l'apartat *Espacio de almacenamiento* dins de *Sistema de coordenadas del GeoWorkspace*.

La informació relativa a aquests tres punts es guardarà en un fitxer de sistema de coordenades de nom *Taxsig_utm31_cm.csf*.

Creació del magatzem de dades

Cal crear un nou magatzem de lectura / escriptura usant, per exemple, la plantilla *normal.mdt*. Tal com s'ha explicat en el capítol tres, sense un magatzem d'aquest tipus no és possible definir entitats ni inserir imatges en el *GeoWorkspace*.

Per defecte, al crear el nou magatzem el sistema crea i obre una connexió nova cap aquest nou repositori de dades. El nou magatzem, que serà del tipus MICROSOFT ACCESS 2000, es guardarà amb el nom *Taxsig.mdb*. En el punt 4.3 hi ha informació addicional sobre els possibles tipus de magatzems i les taules que GEOMEDIA hi crea per defecte.

Barra d'escala i fletxa nord

La visualització en el mapa d'aquests dos components, tal com es pot veure a la Figura 37, resulta força útil. La fletxa nord permet verificar que el mapa es troba correctament orientat. En el cas de la barra d'escala, permet verificar la correctesa en la interpretació de les unitats triades al importar la base municipal de Catalunya que es farà en el següent pas.



Figura 37. Barra d'escala i fletxa nord [48].

CAS PRÀCTIC

El fet de no triar correctament el fitxer del sistema de coordenades, on també hi ha les unitats, provocarà errors posteriors en la mesura de distància i àrees. Això es pot comprovar en la Figura 38, on hi ha una medició incorrecte respecte la distància existent entre la franja de ponent i el Cap de Creus: evidentment, aquesta distància no pot ser de l'ordre de milers de quilòmetres (que és la magnitud que es desprèn de la barra d'escala i que en aquest cas també s'ha confirmat amb l'eina *Medir Distància* proporcionada per GEOMEDIA).

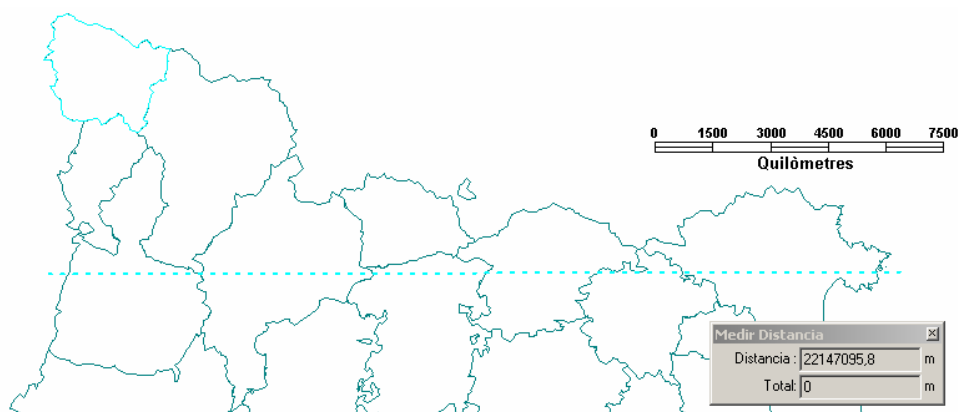


Figura 38. Unitats d'emmagatzemament incorrectes [48].

Importació de dades

La importació de dades cap el SIG consistirà en la inserció de dos tipus d'imatge:

- *Imatge vectorial*. Correspon al mapa comarcal de Catalunya i serà el marc de referència del SIG. S'importarà dels fitxers proporcionats per l'ICC, concretament el de la base municipal de Catalunya a escala 1:1.000.000, on es delimiten els límits de les comarques catalanes. Aquest mapa només serà visible entre les escales 1:20.000 a 1:10.000.000. La importació es farà des de el menú *Herramientas* → *Visualizar archivos CAD...*, menú que dona pas al diàleg que es pot veure a la Figura 39 i on es pot veure que com a arxiu de sistema de coordenades es tria el propi fitxer .dgn. En el punt 4.4.2 hi ha més informació sobre el procediment a seguir per a la importació d'imatges vectorials.

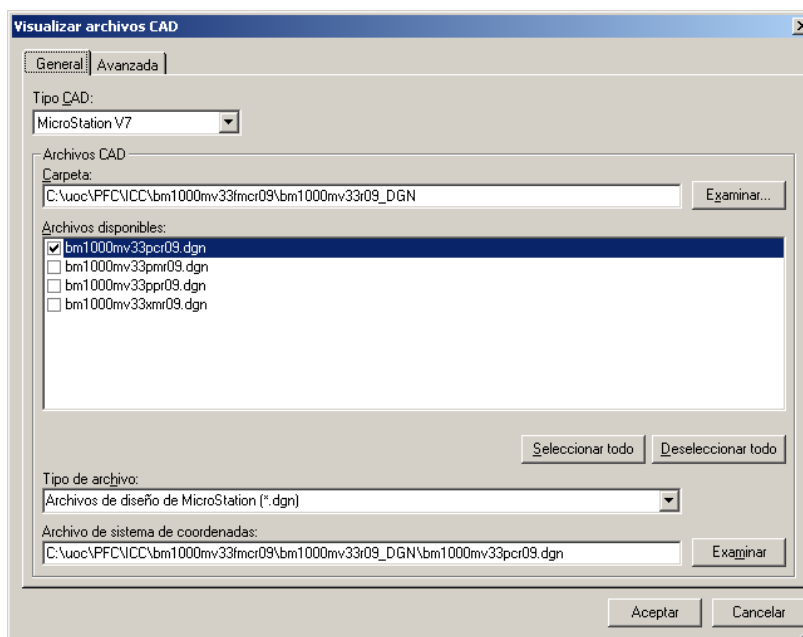


Figura 39. Importació de la base municipal de Catalunya. Límits comarcals [48].

CAS PRÀCTIC

Un cop visualitzat el mapa, en el SIG es crea automàticament una nova connexió, que es pot veure en el menú *Almacén* → *Conexiones...*. A la Figura 40 podem veure el mapa importat.



Figura 40. Base municipal de Catalunya importada [48].

- *Imatges raster.* Aquestes seran ortofotos proporcionades per l'ICC. A escala 1:5.000, proporcionen prou detall del municipi on opera TAXSIG per tal d'apreciar els carrers, edificis ... Seran visibles entre les escales 1:1 i 1:200.000. Es deixen com a fons d'imatge per major comoditat dels usuaris al utilitzar el SIG. El procediment seguit per a la incorporació d'aquestes imatges en el SIG està explicat en el punt 4.4.1. A la Figura 41 es poden veure les quatre ortofotos del municipi en el que opera TAXSIG.



Figura 41. Les quatre ortofotos correctament georeferenciades [48].

Creació d'entitats en el SIG

Usant el menú *Almacén---entidades---nueva ...* es definiran les principals entitats del SIG, tant les que tenen representació gràfica com les que no: edificis, carrers, taxis, central, client, comanda, etc. GEOMEDIA les implementarà creant una taula per a cada classe diferent. A la Figura 42 es pot veure la finestra de diàleg que usa GEOMEDIA per a la definició de noves entitats.

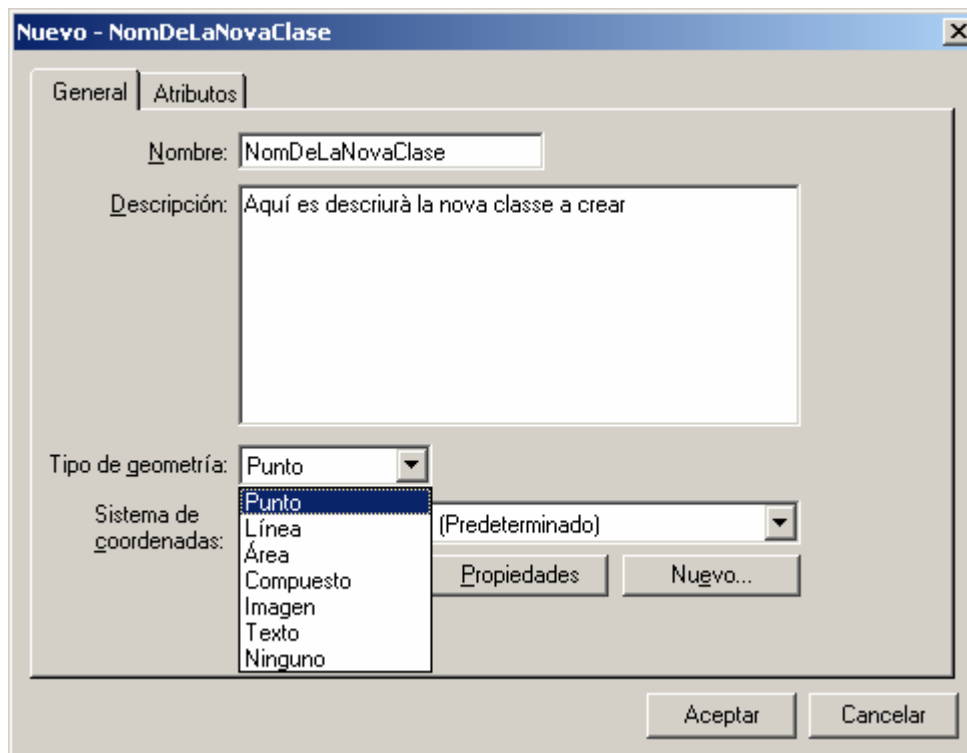


Figura 42. Creació d'una nova entitat[48].

D'aquesta finestra cal destacar dos aspectes importants:

- **Tipo de geometría.** És important triar correctament el tipus de la geometria per tal de poder usar posteriorment les eines que incorpora GEOMEDIA de digitalització, anàlisi, ... Per exemple, si es crea una entitat edifici amb un tipus de geometria de línia, no el podrem digitalitzar correctament.
- **Sistema de coordenadas.** Es factible definir un sistema de coordenades diferent per a cada tipus d'entitat, però per defecte s'assigna el del *Geoworkspace*.

Digitalització d'entitats gràfiques

Un cop creades les entitats en el SIG, i utilitzant com a guia les ortofotos, es digitalitzaran les principals entitats gràfiques que intervenen en la creació del SIG: els edificis i els carrers i places del municipi. Aquesta operació es realitza des de el menú *Insertar → Entidad...*

Al triar aquest menú es mostren dues llistes desplegable: a la de l'esquerra cal triar la classe a la que pertany l'entitat que es vol digitalitzar i a la de la dreta quin mecanisme seguirem per fer-ho: marcant tots els punts, usant un rectangle, un arc, A la Figura 43 es poden veure diferents entitats del SIG ja digitalitzades: una plaça, dos carrers i dos edificis.



Figura 43. Entitats digitalitzades [48].

Agrupació d'entitats en la llegenda

Per facilitar la manipulació de les diferents entitats, GEOMEDIA permet agrupar-les i definir d'una sola vegada les propietats corresponents a les entitats d'un mateix grup. En GEOMEDIA els grups es poden visualitzar seleccionant l'etiqueta *Groups* que hi ha sota la llegenda. Els grups es reconeixen per l'aparició d'un signe “+” (quan el grup es troba plegat) o un signe “-” (quan el grup es troba desplegat) a l'esquerra de les entrades de llegenda, tal com es pot veure a la Figura 44, on hi ha dos grups plegats i un grup desplegat (que agrupa les ortofotos introduïdes al SIG).

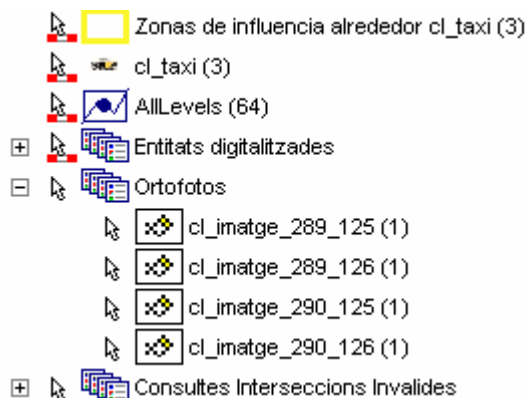


Figura 44. Agrupació d'entitats a la llegenda [48].

Escales de visualització

Per facilitar el treball amb la informació que es mostra en la finestra de mapa, és recomanable filtrar quina informació es mostra en les diferents escales de mapa. Mostrar tota la informació disponible en tots els nivells és contraproductiu perquè la saturació d'informació en la finestra de mapa provocaria dificultats en la seva interpretació.


A la taula 7 hi ha la relació entre les entitats i les escales mínimes i màximes a les que són visibles en el mapa:

Entitat	Escala mínima	Escala màxima
---------	---------------	---------------

CAS PRÀCTIC

Entitat	Escala mínima	Escala màxima
Taxi	1:1	1:50.000
Ortofotos del municipi	1:1	1:200.000
Entitats digitalitzades (Carrers, places i edificis)	1:1	1:100.000
Base municipal amb els límit comarcals	1:20.000	1:10.000.000

Taula 7. Escales de visualització de les entitats gràfiques.

A la Figura 45 es pot veure la llegenda del SIG, on es poden apreciar les entitats que depenen de l'escala del mapa per ser visualitzades: es distingeixen per l'aparició de la icona  a l'esquerra de l'entrada.

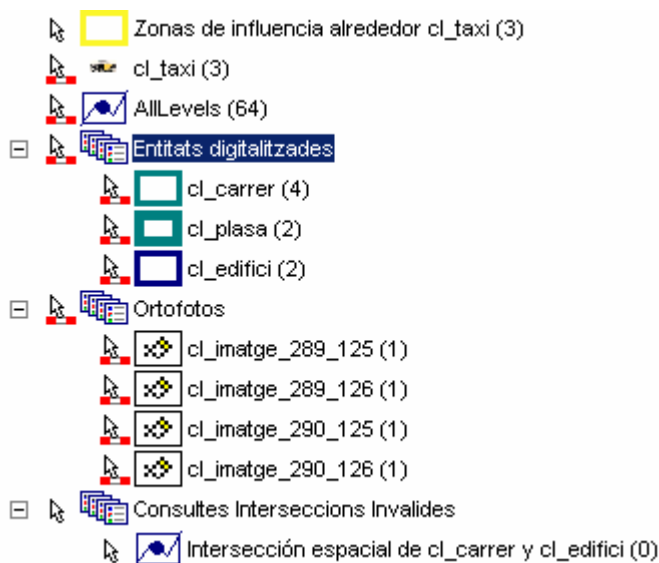


Figura 45. Llegenda del SIG [48].

Estils de visualització

Per tal de proporcionar una millor interpretació visual de l'estat global del SIG, és recomanable l'assignació a cada tipus d'entitat representada d'un estil de representació propi. Tal com es pot veure a la Figura 46, les possibilitats d'estils de representació són múltiples.

També es disposa de l'opció de parametritzar les propietats de l'estil d'una entitat siguin funció del valor dels atributs de l'entitat concreta que representen, en lloc de dependre directament de la classe d'entitat, tal com es pot observar a la Figura 48.

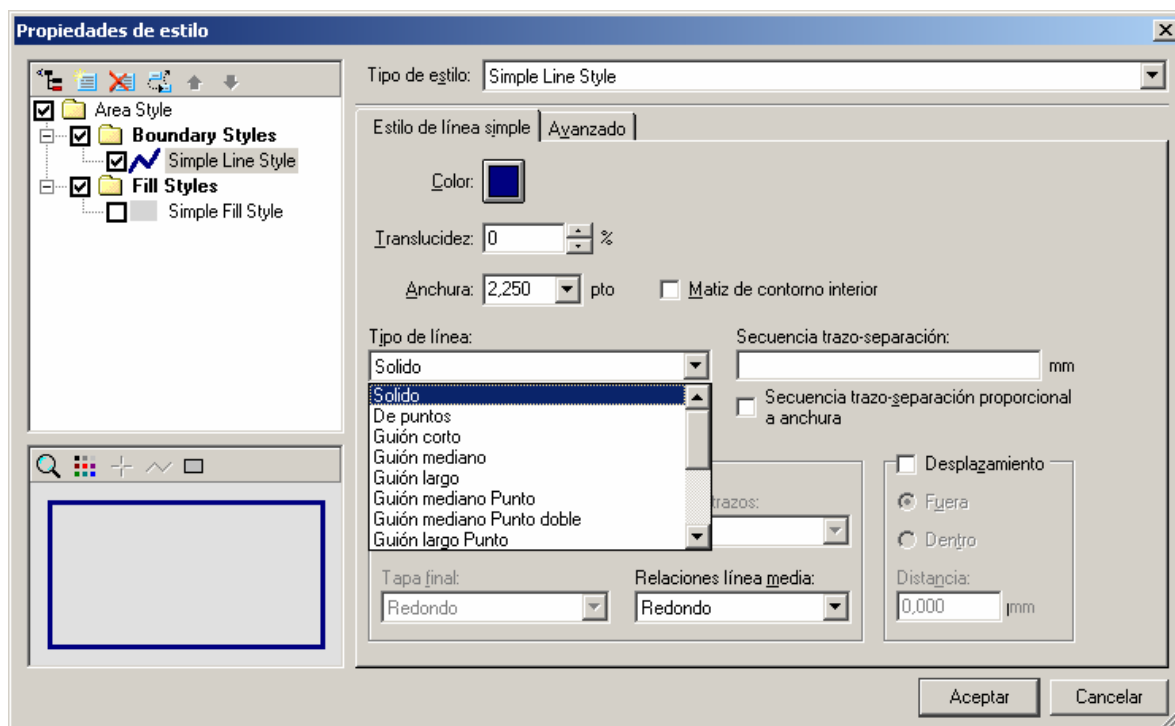


Figura 46. Quadre de diàleg d'estils.

Creació de les àrees d'influència

Tant al voltant dels taxis com de les adreces de destí i d'origen es crearan àrees d'influència, que seran utilitzades en l'anàlisi de les dades. A la Figura 47 es pot observar l'àrea d'influència d'un taxi.



Figura 47. Àrea d'influència de taxi.

Simbologia en funció dels valors dels atributs de les entitats

Una funcionalitat molt útil es la representació de la simbologia en funció dels valors dels atributs de les entitats representades. A la Figura 48 es pot observar com canvia el color de l'àrea d'influència en funció de si el taxi es troba ocupat (àrea d'influència representada en color vermell) o lliure (àrea d'influència representada en color groc), facilitant una millor comprensió de l'estat del sistema.

En el cas que el taxi es trobi ocupat, l'àrea d'influència es visualitza utilitzant el color vermell; en cas contrari en color verd. Per aconseguir aquest efecte cal establir, dins la fitxa *Avanzado* del quadre de

CAS PRÀCTIC

diàleg *Propiedades de estilo* (veure Figura 46) la propietat *Color* de l'estil usat per representar les àrees d'influència amb el següent valor:

`IF(Input.Ocupat=TRUE(); 255;65280)`

on *Input.Ocupat* fa referència al valor de l'atribut de l'entitat concreta, 255 correspon a la constant utilitzada per GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0 pel color vermell i 65280 al color verd.



Figura 48. Visualització gràfica de l'atribut 'ocupat' de taxi.

Creació de consultes

La combinació entre diferents tipus d'entitats (taxis i edificis) en la realització de consultes permetrà obtenir les assignacions de serveis òptimes.

5.1.4. El model de dades

En aquest punt s'exposa el detall de com s'implementa 'a nivell de base de dades' cadascuna de les entitats que intervenen en el SIG, així com la resta de taules usades (que no siguin les pròpies de GEOMEDIA).

Tal com s'ha exposat al punt anterior, al SIG hi ha dos tipus d'entitats: un que té una representació gràfica en el sistema i un altre que no. Independentment de si tenen o no representació gràfica, totes les entitats es guarden al magatzem (és a dir, a la base de dades MICROFOT ACCESS) en forma de taula, on el nom de la taula es correspon amb el nom de l'entitat i els seus atributs són les columnes de la taula. A la Figura 49 es pot veure el diagrama entitat - relació de les principals entitats existents en el SIG.

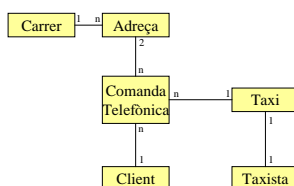


Figura 49. Diagrama d'entitat - relació.

CAS PRÀCTIC

La següent és la relació de taules usades per a la implementació del SIG. Per a cada taula es proporciona informació sobre els seus camps: el tipus, la mida en *Bytes*, si és obligatori o no, si es permet longitud zero (és a dir, valors nuls permesos o no) i si es tracta d'un camp autonumèric o no. L'entitat que representa cada taula és el propi nom de la taula.

Taula: cl_carrer

Camp	Tipus	Mida	Obligatori	Permetre lon. zero	Autonumèric
ID1	dbLong (numèric: sencer llarg)	4	No	No	Sí
Geometry	dbLongBinary (objecte OLE)	0	No	No	No
Geometry_SK	dbText (text)	15	No	Sí	No
Nom	dbText (text)	50	No	Sí	No

Taula: cl_client

Camp	Tipus	Mida	Obligatori	Permetre lon. zero	Autonumèric
Nom	dbText (text)	50	No	Sí	No
Cognom1	dbText (text)	50	No	Sí	No
Cognom2	dbText (text)	50	No	Sí	No
Num_telefon	dbText (text)	9	No	Sí	No
ID1	dbLong (numèric: sencer llarg)	4	No	No	Sí

Taula: cl_ComandaTelefonica

Camp	Tipus	Mida	Obligatori	Permetre lon. zero	Autonumèric
Id_client	dbInteger (numèric: sencer)	2	No	No	No
Id_taxi	dbInteger (numèric: sencer)	2	No	No	No
Id_carrer_origen	dbInteger (numèric: sencer)	2	No	No	No
numero_carrer_origen	dbInteger (numèric: sencer)	2	No	No	No
Id_carrer_desti	dbInteger (numèric: sencer)	2	No	No	No
numero_carrer_desti	dbInteger (numèric: sencer)	2	No	No	No
Data_creacio_comanda	dbDate (data/hora)	8	No	No	No
Data_inici_servei	dbDate (data/hora)	8	No	No	No
Data_fi_servei	dbDate (data/hora)	8	No	No	No
ID1	dbLong (numèric: sencer llarg)	4	No	No	Sí

Taula: cl_edifici

Camp	Tipus	Mida	Obligatori	Permetre lon. zero	Autonumèric
Carrer	dbText (text)	50	No	Sí	No
ID1	dbLong (numèric: sencer llarg)	4	No	No	Sí
Geometry	dbLongBinary (objecte OLE)	0	No	No	No
Geometry_SK	dbText (text)	15	No	Sí	No
Numero	dbInteger (numèric: sencer)	2	No	No	No

Taula: cl_imatge_289_125

Camp	Tipus	Mida	Obligatori	Permetre lon. zero	Autonumèric
ID1	dbLong (numèric: sencer llarg)	4	No	No	Sí
Geometry	dbLongBinary (objecte OLE)	0	No	No	No

Taula: cl_imatge_289_126

Camp	Tipus	Mida	Obligatori	Permetre lon. zero	Autonumèric
ID1	dbLong (numèric: sencer llarg)	4	No	No	Sí
Geometry	dbLongBinary (objecte OLE)	0	No	No	No

Taula: cl_imatge_290_125

Camp	Tipus	Mida	Obligatori	Permetre lon. zero	Autonumèric
ID1	dbLong (numèric: sencer llarg)	4	No	No	Sí
Geometry	dbLongBinary (objecte OLE)	0	No	No	No

Taula: cl_imatge_290_126

Camp	Tipus	Mida	Obligatori	Permetre lon. zero	Autonumèric
ID1	dbLong (numèric: sencer llarg)	4	No	No	Sí
Geometry	dbLongBinary (objecte OLE)	0	No	No	No

Taula: cl_plasa

Camp	Tipus	Mida	Obligatori	Permetre lon. zero	Autonumèric
ID1	dbLong (numèric: sencer llarg)	4	No	No	Sí
Geometry	dbLongBinary (objecte OLE)	0	No	No	No
Geometry_SK	dbText (text)	15	No	Sí	No
Nom	dbText (text)	50	No	Sí	No

Taula: cl_taxi

Camp	Tipus	Mida	Obligatori	Permetre lon. zero	Autonumèric
Llicencia	dbText (text)	50	No	Sí	No
Matricula	dbText (text)	50	No	Sí	No
ID1	dbLong (numèric: sencer llarg)	4	No	No	Sí
Geometry	dbLongBinary (objecte OLE)	0	No	No	No
Geometry_SK	dbText (text)	15	No	Sí	No
Ocupat	dbBoolean (sí/no)	1	No	No	No
ID_taxista	dbInteger (numèric: sencer)	2	No	No	No
TipusTaxi	dbText (text)	50	No	Sí	No

Taula: cl_taxista

Camp	Tipus	Mida	Obligatori	Permetre lon. zero	Autonumèric
Nom	dbText (text)	50	No	Sí	No
Cognom1	dbText (text)	50	No	Sí	No
Cognom2	dbText (text)	50	No	Sí	No
ID1	dbLong (numèric: sencer llarg)	4	No	No	Sí
Dia_lliure	dbText (text)	50	No	Sí	No

Taula: cl_TipusTaxi

Camp	Tipus	Mida	Obligatori	Permetre lon. zero	Autonumèric
TipusTaxi	dbText (text)	50	No	Sí	No
NumPlaces	dbText (text)	50	No	Sí	No
CostManteniment	dbText (text)	50	No	Sí	No
ID1	dbLong (numèric: sencer llarg)	4	No	No	Sí

5.2. Programació del SIG

Un cop construït el SIG amb les eines i funcionalitats estàndard proporcionades per GEOMEDIA cal adaptar el SIG el màxim possible a les necessitats de l'empresa. En aquest apartat s'exposa el procediment seguit per dur a terme aquesta adaptació. El detall es troba en els següents punts:

- *Entorn de desenvolupament*, on s'expliquen les possibilitats que ofereix MICROSOFT VISUAL BASIC 6.0 per a l'ampliació de funcionalitats de GEOMEDIA PROFESSIONAL

6.0, utilitzant la *Interfície de Programació d'Aplicacions* (API) proporcionada per aquest SIG.

- *Regles de negoci i factors clau*, on s'explica com s'han implementat les normes de funcionament en les extensions creades amb MICROSOFT VISUAL BASIC 6.0
- *Simplificacions introduïdes en el sistema*, per millorar la comprensió del mateix sense perdre les funcionalitats necessàries.
- *El prototipus*, on s'explica com funciona el SIG amb les funcionalitats afegides.
- *Possibles variants*, on hi ha possibles funcionalitats que podria incloure el SIG però que no s'han implementat.

5.2.1. Entorn de desenvolupament

Tal com s'ha explicat al punt 4.1, GEOMEDIA està construït al voltant de la tecnologia *Jupiter* d'INTERGRAPH. Al seu temps, aquesta és una extensió de la tecnologia d'*Incrustació i Vinculació d'Objectes* (OLE en les seves inicials en anglès) de MICROSOFT. Això facilita molt la integració entre GEOMEDIA i l'entorn de desenvolupament triat: MICROSOFT VISUAL BASIC 6.0.

La interfície de programació d'aplicacions de Geomedia

GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0 incorpora una extensa API que proporciona al programador un accés fàcil a tots els objectes que el formen. A la Figura 50 hi ha una guia de referència ràpida del model d'objectes, on es poden identificar entitats i conceptes que són familiars als usuaris de GEOMEDIA: geometria, base de dades, connexions, finestra de mapa,...

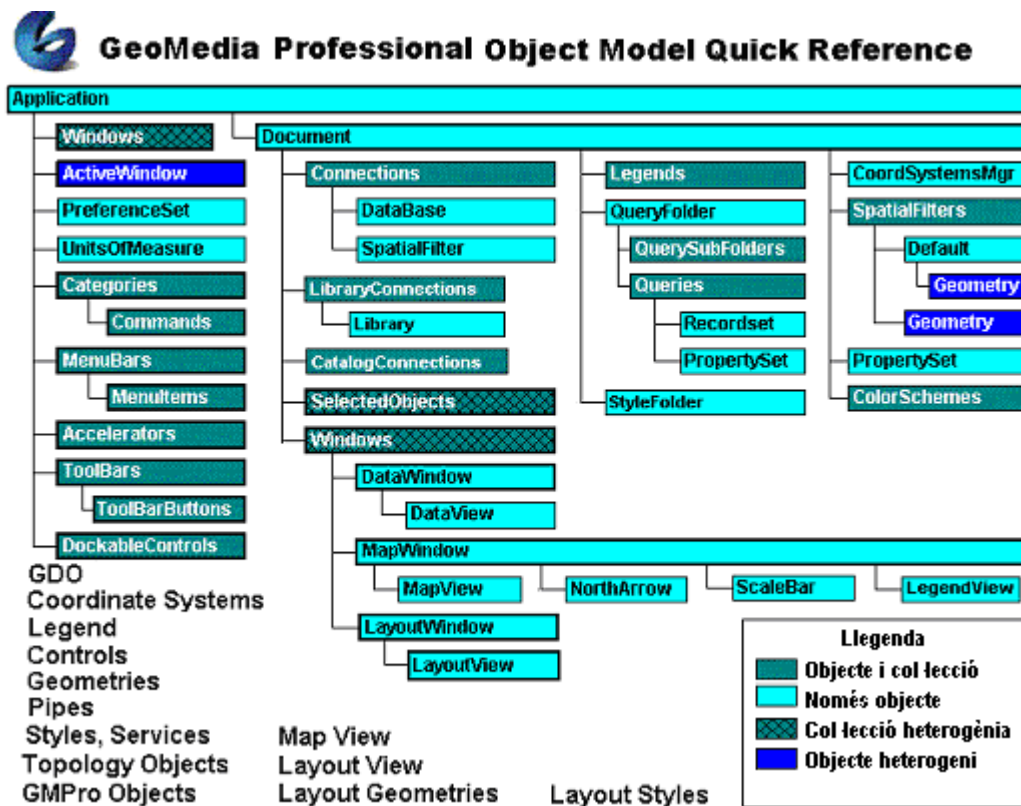


Figura 50. Guia ràpida del model d'objectes de GeoMedia Professional[47].

CAS PRÀCTIC

Gràcies a l'API de GEOMEDIA es poden **automatitzar** una gran varietat de les tasques habituals en la utilització d'un SIG, entenent per automatització *la tecnologia que permet a les aplicacions proporcionar objectes de manera coherent a altres aplicacions, eines de desenvolupament i llenguatges de macros* [30].

Per tant, l'automatització s'encarregarà de l'intercanvi d'objectes entre GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0 i els desenvolupaments construïts sobre la seva API, que es troba dividida en els següents apartats [28]:

- *El marc de treball (framework)*. Proporciona les funcionalitats necessàries per controlar la finestra principal de l'aplicació GEOMEDIA, les finestres de mapes i de dades i els controls (menús, barres d'eines, ...). També proporciona accés a:
 - la gestió del *Geoworkspace*: creació, obertura i gravació de les dades.
 - La gestió de les connexions a les bases de dades.

A la Figura 51 es poden veure les diferents classes que proporciona l'API de GEOMEDIA en diferents àrees del *framework*, on cal destacar:

- *Application*, que representa la instància en memòria de l'aplicació GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0.
- *Document*, que representa el *Geoworkspace* de l'aplicació en memòria.

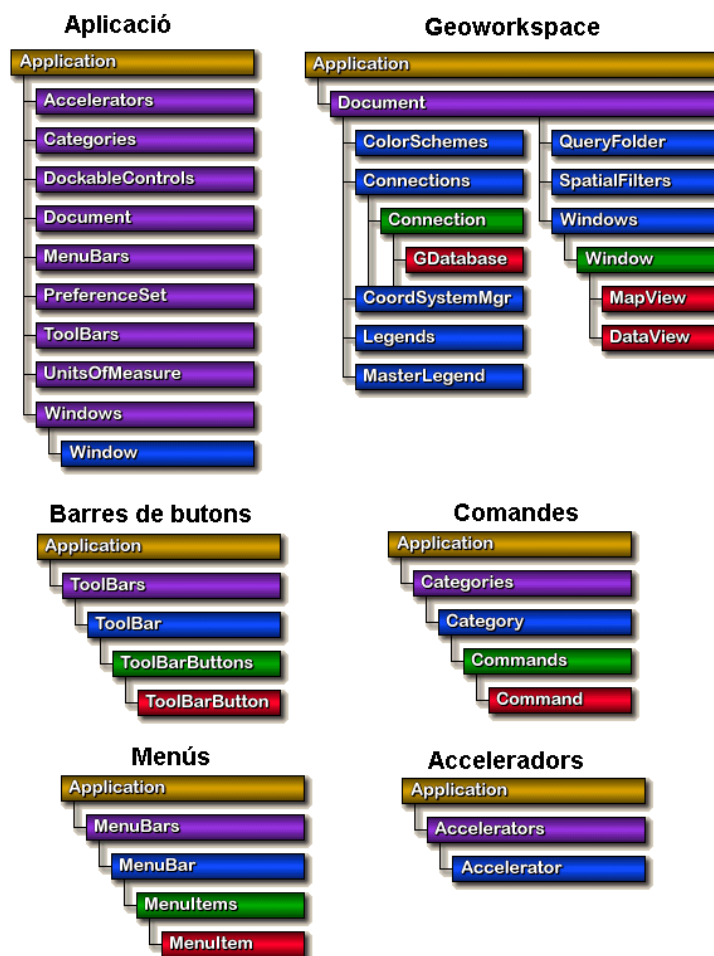


Figura 51. Classes del framework de GeoMedia [47].

CAS PRÀCTIC

- *La base de dades.* Proporciona el model d'Objectes de Dades Geogràfiques (GDO), basat en el model d'Objectes d'Accés a Dades (DAO) de MICROSOFT, orientat a fer operacions sobre bases de dades. Aquest model consisteix en un conjunt d'objectes GDO que permeten la definició de bases de dades, la seva informació i posterior actualització. A la Figura 52 es pot veure la jerarquia d'objectes del model GDO.

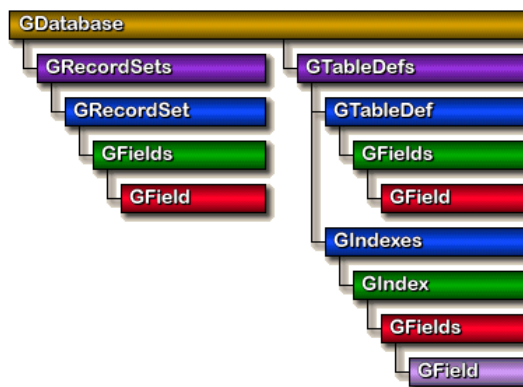


Figura 52. Model de dades GDO de GeoMedia [47].

- *Els sistemes de coordenades.* Permet personalitzar i recuperar informació sobre el sistema de coordenades del *Geoworkspace*, així com la transformació de les característiques de les dades. La jerarquia de classes proporcionada es pot veure a la Figura 53.

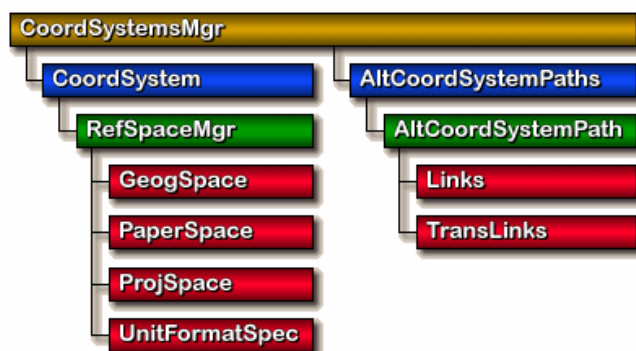


Figura 53. Jerarquia de classes en la gestió de sistemes de coordenades [47].

- *Finestres de mapes.* A través de l'objecte *GMMMapView*, que representa la visualització d'una finestra de mapa, es proporcionen els mecanismes per visualitzar informació gràfica, tant de tipus vectorial com *raster*. També proporciona la possibilitat de manipular les dades visualitzades, aplicant operacions de *zoom*, moviment, rotació, selecció, ...
- *Llegenda.* Possibilita el control sobre què és mostra en la finestra de mapa i amb quina aparença. La llegenda es troba formada per dos components: l'objecte *Legend* i el control *ActiveX LegendView*. A la Figura 54 hi ha la jerarquia de classes sota l'objecte *Legend*, que a la seva vegada es troba sota l'objecte que implementa la finestra de mapa (*MapView*).

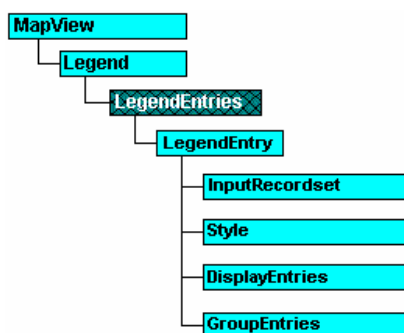


Figura 54. Jerarquia de classes dins la classe Legend [47].

- *Estils*. Els estils controlen la visualització de les dades espacials. Amb l'API proporcionada és possible canviar el gruix de línia, el tipus, el color, ... A la Figura 55 hi ha la jerarquia de classes sota *StyleFolder*, que és la classe principal del sistema referent als estils.

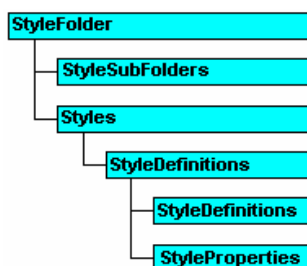


Figura 55. Jerarquia de classes dins la classe StyleFolder.[47].

- *Localitzacions*. Proporciona la funcionalitat de buscar objectes en una finestra de mapa, retornant com a resultat una col·lecció de *DisplayedObjects* (objectes visibles en una finestra de mapa), que pot incloure una o més dels següents tipus de col·leccions:
 - *RecordsetObject*. Objectes resultat d'una operació de cerca en una àrea.
 - *RecordObject*. Objectes resultat de la selecció d'una o més files en una finestra de dades.
 - *GeometryObject*. Objectes resultat d'una operació de cerca en un punt.
 - *RasterObject*. Objectes resultat d'una operació de cerca de geometries *raster*.
- *Geometria*. Proporciona eines pel disseny, edició, emmagatzemament i recuperació de dades de geometria espacial. Es requereixen dos objectes per poder operar:
 - Un objecte de geometria. Pot ser algun dels següents: *ArcGeometry*, *BoundaryGeometry*, *CompositePolygonGeometry*, *CompositePolylineGeometry*, *GeometryCollection*, *LineGeometry*, *OrientedPointGeometry*, *PointGeometry*, *PolygonGeometry*, *PolylineGeometry*, *RectangleGeometry* o *TextPointGeometry*.
 - Un objecte *GeometryStorageService*. Encarregat de traduir les dades geomètriques entre el format d'emmagatzemament i el de visualització.
- *Consultes*. Usades per guardar el nom i la descripció d'un conjunt de registres (*RecordSet*), que es pot recuperar a partir de la consulta i ser visualitzat en una finestra de mapa o de dades.
- *Finestres de dades*. Facilita l'automatització de l'ús de les finestres de dades, on es mostren els atributs no gràfics de les entitats o consultes. L'objecte que incorpora aquesta

CAS PRÀCTIC

funcionalitat és el *GMDataview*. El seu funcionament és lleugerament diferents segons si s'està usant dins o fora el *framework* de GEOMEDIA:

- *Dins el framework*. L'objecte *GMDataview* es crea automàticament al crear el seu objecte pare *DataWindow*.
- *Fora el framework*. L'objecte *GMDataview* no es crea automàticament al crear el seu objecte pare *DataWindow*.
- *Digitalització*. Per facilitar l'automatització de la digitalització d'entitats, GEOMEDIA proporciona el *Servei de Col·locació de Geometries*. Cal tenir present que aquest servei no emmagatzema dades geomètriques. Per tant, les geometries produïdes per aquest servei han de ser processades pel *Servei d'Emmagatzemament de Geometries* en el cas que es vulgui guardar (o recuperar) en els magatzems de dades.
- *Finestra de composició*. Proporciona la funcionalitat necessària per a l'automatització de la gestió de la finestra de composició. Els passos habituals són:
 1. crear la finestra de mapa (si no existia ja).
 2. crear un full en la finestra de composició.
 3. inserir un o més marcs (*SmartFrames*) en el full creat.
 4. usar els *monikers* (identificadors únics d'objecte) per encaixar els mapes en els marcs.
 5. guardar els atributs apropiats de cada marc.
 6. imprimir el full.

Com es pot veure, la possibilitat d'automatització de tasques basada en l'API de GEOMEDIA té un gran potencial., que permet construir sobre ella dos grans tipus de desenvolupaments:

- *Aplicacions completes*, on cal programar tota l'aplicació completament, per tal de funcionar independentment del programari GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0.
- *Comandes d'usuari* personalitzades, que s'integraran dins el programari GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0 com si fossin comandes pròpies de l'aplicació. La creació d'aquest tipus de comandes es facilita per l'existència d'un assistent que s'exposa en el següent apartat.

En el cas del prototipus construït en aquest projecte, s'ha triat el segon tipus (comandes d'usuari) per dur a terme la personalització del SIG.

Generació de comandes d'usuari

Per tal de facilitar la creació de noves comandes i la seva integració en el SIG, GEOMEDIA proporciona un **assistent** que guia pas a pas en la seva creació. Tot i que no és imprescindible l'ús d'aquest component, facilita molt la tasca de creació d'aquest tipus de comandes integrables en GEOMEDIA. Els passos per generar aquest tipus de comandes són:

1. Execució de l'assistent.
2. Registrar la llibreria generada en el sistema operatiu.
3. Instal·lar la comanda en GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0.

1. Utilització de l'assistent *GEOMEDIA COMMAND WIZARD*

Els passos a seguir per executar aquest assistent són:

CAS PRÀCTIC

- Obrir l'entorn de desenvolupament MICROSOFT VISUAL BASIC 6.0., sense obrir cap projecte.
- En el menú *Complementos*, triar *Administrador de complementos...*
- De la llista de complementos disponibles, triar el *Geomedia Command Wizard* i marcar les opcions de *Cargar al iniciar* i *Cargado / Descargado*. Si el complement no apareix disponible el problema es troba probablement en una instal·lació incorrecte de GEOMEDIA.
- Iniciar l'assistent en el menú que ara apareix en *Complementos* → *Geomedia Command Wizard...*, omplint la informació requerida en cada pantalla (vuit en total).

El resultat serà la creació d'un projecte que generarà una llibreria dinàmica (extensió del fitxer .dll) *ActiveX*, amb les funcionalitats que s'hagin codificat. *ActiveX* és una versió ampliada i millorada de la tecnologia OLE, desenvolupada també per MICROSOFT.

Un cop creat el projecte, s'hi programaran de la manera habitual en l'entorn MICROSOFT VISUAL BASIC 6.0 les regles de negoci requerides i, un cop finalitzada la programació, es compilarà el projecte, que generarà una llibreria dinàmica (fitxer amb extensió .dll) que contindrà les funcionalitats programades.

2. Registrar la llibreria amb la comanda d'usuari personalitzada

Per tal que aquesta llibreria estigui disponible per GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0, abans cal registrar-la en el sistema operatiu. Per fer-ho hi ha dues utilitats de línia de comandes disponibles, totes dues ubicades en el directori *Program* de la carpeta on s'ha instal·lat l'aplicació:

- *InstallUsrCmd.exe*, si es vol fer disponible la comanda nova només per l'usuari que la instal·la. La configuració de la llibreria dinàmica (.dll) on hi ha la comanda es guarda en un fitxer .ini.
- *InstallAppCmd.exe*, si es vol fer disponible la comanda nova per tots els usuaris de l'ordinador. Es la versió renovada de *InstallUsrCmd*, i guarda la configuració de la comanda en un fitxer .xml.

És recomanable executar aquestes utilitats des de el mateix directori on hi ha la llibreria dinàmica. Per exemple, la comanda per registrar la llibreria *Prova10.dll* existent en el directori *C:\GMCProva10\bin*:

```
C:\GMCProva10\bin>installUsrCmd /prod "GeoMedia Professional" Prova10.dll Prova10.ini
```

Cal tenir present que prèviament cal afegir (si no ho està) el directori *Program* a la variable *PATH* del sistema. A més, l'execució de qualsevol d'aquestes dues utilitats requereix privilegis d'administrador del sistema.

3. Instal·lar la comanda d'usuari en Geomedia Professional 6.0

Un cop registrada la llibreria en el sistema, per accedir a la nova comanda des de GEOMEDIA cal, des de el menú *Herramientas* → *Personalizar* → *Menús*, triar de la llista *categorías* l'entrada *Custom*. A la llista *Comandos* apareix llavors la nova comanda, es selecciona i, amb el botó *Agregar*, ja es troba disponible com qualsevol altre comanda de GEOMEDIA en els menús superiors de la pantalla. A la Figura 56 es pot veure el diàleg utilitat per afegir la nova comanda als menús.

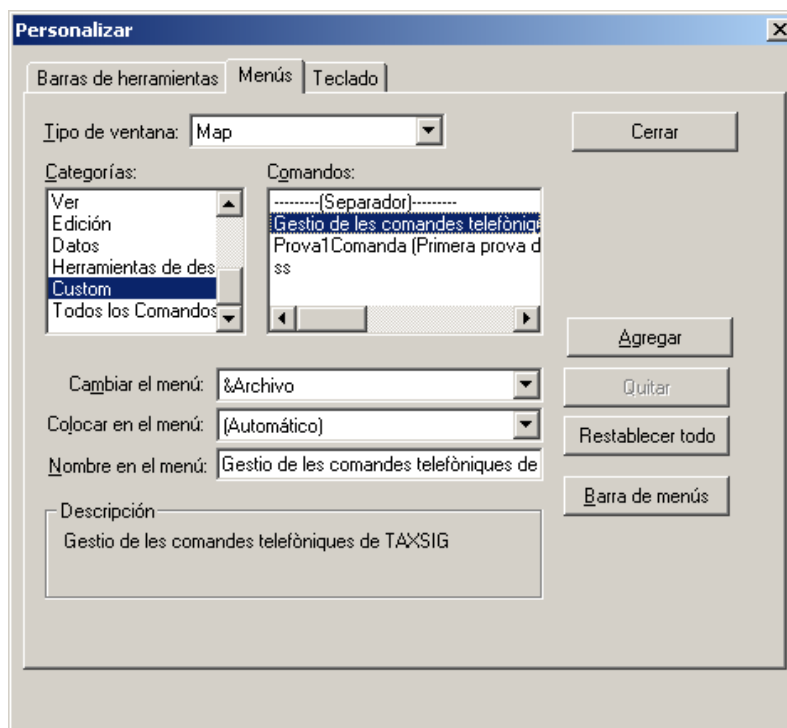


Figura 56. Personalitzar GeoMedia amb una nova comanda.

Recomanacions sobre l'ús de l'API de GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0

El desenvolupament de comandes o aplicacions completes basades en l'API proporcionada per GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0 permet ampliar i automatitzar la funcionalitat estàndard. Els següents són alguns punts que cal conèixer:

- Les comandes o aplicacions generades es creen dins del que s'anomena servidors ActiveX, que poden ser llibreries dinàmiques (extensió .dll) o programes executables (extensió .exe). Els primers es coneixen com a servidors dins de procés (*In-process*) i els segons com a servidors fora de procés (*Out-of-process*). Les aplicacions senceres han de ser del segon tipus, mentre que les comandes poden residir en els dos tipus de servidor.
- Les comandes amb formularis (pantalles) no-modals (*modeless*) no es poden desenvolupar en MICROSOFT VISUAL BASIC 6.0, si no que s'han de desenvolupar en MICROSOFT VISUAL C++. Aquesta limitació no correspon a GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0 si no a les pròpies eines de MICROSOFT.
- Quan s'inicia GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0, en la primera comunicació amb el servidor ActiveX assigna un objecte de tipus *Object* a una variable global *gobjGeoApp*. Cal tenir en compte que en quan es produeix aquesta comunicació encara no hi ha cap *Geoworkspace* carregat en memòria, és a dir, que la propietat *Document* de l'objecte *gobjGeoApp* tindrà el valor *Nothing* (valor nul).
- És important no repetir la combinació dels valors *NomDeProjecte* i *NomDeComanda* que l'assistent de comandes demana durant la seva execució, ja que s'usen internament (es concatenen separats per un punt) per registrar la llibreria i han de ser únics en el sistema. Aquest punt pot donar problemes a l'hora de registrar (utilitzant *InstallUsrCmd* o *InstallUsrApp*) les llibreries dinàmiques que contenen les comandes.

CAS PRÀCTIC

- En el cas de tenir problemes en el registre de les llibreries, la clau del registre de MICROSOFT WINDOWS a verificar (utilitzant l'aplicació *regedit.exe*) és *HKEY_CURRENT_USER\Software\Intergraph\GeoMedia Professional\06.00\UserCommands* en el cas de registrar utilitzant *InstallUsrCmd*. En el cas d'utilitzar *InstallAppCmd* la clau és *HKEY_LOCAL_MACHINE\SOFTWARE\Intergraph\GeoMedia Professional\06.00\ApplicationCommands*.
- Depuració del codi. És possible revisar el codi en temps d'execució. Per fer-ho només cal, un cop generat i registrat en el sistema (usant *InstallUsrCmd.exe* o *InstallAppCmd.exe*) el servidor ActiveX (.dll o .exe), procedir de la manera habitual en que es depuren els components ActiveX de MICROSOFT.

Com a resum d'aquestes recomanacions, cal destacar que és important comprendre en quins moments es produeix la comunicació entre GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0 i la comanda desenvolupada utilitzant MICROSOFT VISUAL BASIC 6.0., ja que només aquest coneixement permetrà una explotació del potencial proporcionat per l'API.

A la Figura 57 es pot observar un exemple de l'ús de l'API de GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0. En aquest cas, es tracta d'una rutina encarregada de canviar l'estat de les comandes telefòniques existents en la base de dades del SIG.

```
' rutina per posar una trucada en diferents estats
Private Function EstatusTrucada(ID As Integer, Estat As String) As Boolean
    Dim objRS As GRecordset, objOP As OriginatingPipe

    On Error GoTo RS_error
    objConnexioPrincipal.CreateOriginatingPipe objOP

    objOP.Table = "cl_comandatelefonica"
    objOP.Filter = "ID = " & ID
    Set objRS = objOP.OutputRecordset

    If objRS.Updatable Then
        objRS.Edit
        objRS.GFields("Estat") = Estat
        objRS.GFields("DataModificacio") = Now
        objRS.Update
    End If

    Set objRS = Nothing
    |
    Call RefrescaLlista
    EstatusTrucada = True
    Exit Function
RS_error:
    MsgBox "Sub EstatusTrucada(). Error actualitzant comanda telefónica." & Err.Description
    Set objRS = Nothing
    EstatusTrucada = False
    Exit Function
End Function
```

Figura 57. Exemple d'utilització de l'API de GeoMedia Professional 6.0.

CAS PRÀCTIC

Les comandes construïdes han estat dues:

- Una per **recollir les trucades** que sol·liciten els serveis de taxis. A la Figura 58 es pot observar la pantalla amb la que interactua l'usuari del SIG. A aquesta pantalla s'hi arriba des de el botó 'Nova trucada...' que hi ha a la pantalla principal (veure Figura 59), on es poden filtrar les comandes a visualitzar en funció dels seus estats.

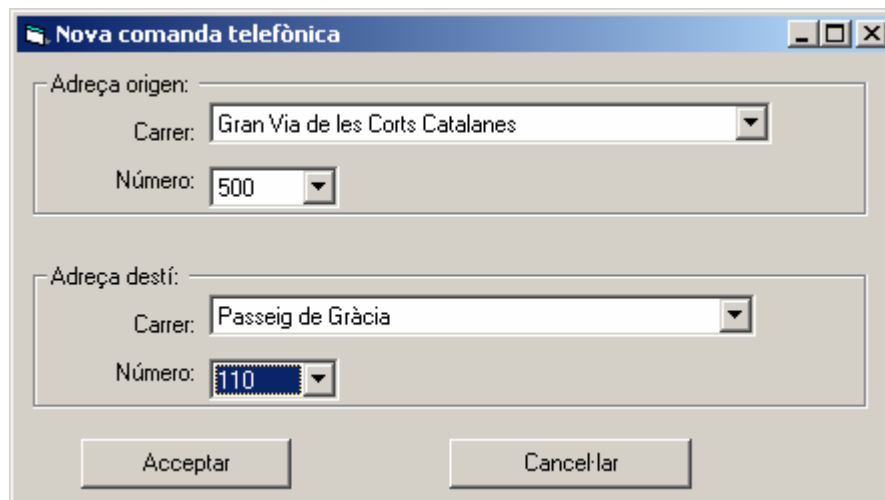


Figura 58. Comanda personalitzada per a la recepció de trucades en el SIG.

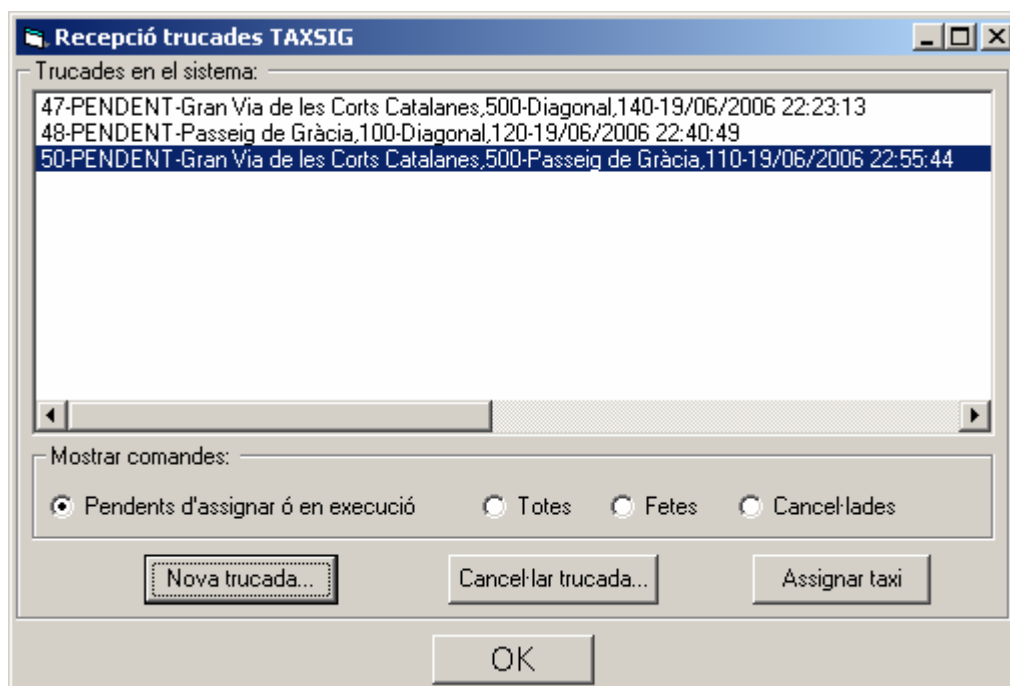


Figura 59. Pantalla principal de gestió de trucades.

- Un altre que *selecciona de manera automàtica el taxi més proper a l'adreça indicada*. No disposa d'interfície gràfica, però quan es produeix l'assignació es mostra per pantalla la informació que es pot veure a la Figura 60. A més, el color de l'àrea d'influència del taxi que s'acaba d'assignar passa de color verd a vermell, tal com es pot veure a la Figura 61.

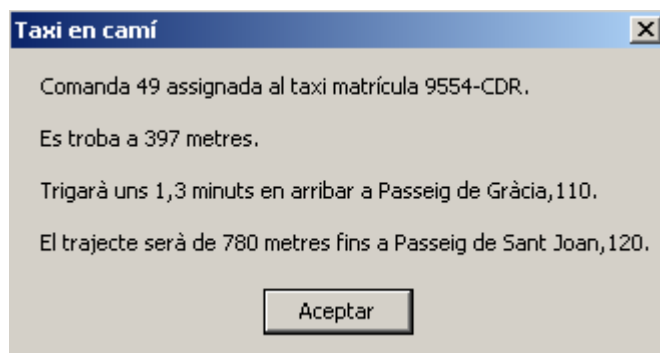


Figura 60. Assignació automàtica de taxi.



Figura 61. Taxi assignat i taxi pendent d'assignació.

5.2.2. Regles de negoci i factors clau

Les principals despeses que té l'empresa s'agrupen en aquests punts:

- Manteniment dels vehicles. En aquest apartat s'inclouen les reparacions i les revisions periòdiques que han de passar obligatòriament tots els taxis.
- Combustible.
- Lloguer de la nau. Tots els taxis es guarden en una nau per evitar que els facin malbé o els robin, ja que els vehicles són el principal actiu de l'empresa..

Com es pot veure, el lloguer de la nau és un cost fix, però els dos primers són directament proporcionals al nombre de quilòmetres que efectuen els vehicles per donar servei als clients. Per tant, la optimització dels recorreguts tindrà un impacte directe en la reducció de despeses de l'empresa.

Altres factors que milloraran gràcies a la optimització dels recorreguts seran:

- Menor temps per cada servei, de manera que es podran incrementar el nombre de serveis.
- imatge de l'empresa, ja que els clients sempre valoren positivament un menor temps de recorregut i d'espera d'arribada del taxi al domicili.
- cansament dels taxistes, ja que estaran menys hores conduint per cobrir els serveis sol·licitats.

Per tant, **l'objectiu del SIG és optimitzar l'assignació dels serveis** de les comandes telefòniques als taxis. És important no confondre aquesta assignació amb la possible optimització dels recorreguts que fan els taxis durant la realització dels serveis, tasca que recau sobre el programari del receptor GPS que incorpora cada taxi i que queda fora de l'abast d'aquest treball.

5.2.3. Simplificacions

La següent és una relació de simplificacions fetes en diferents aspectes del sistema, que no influeixen en la seva lògica general però que faciliten la comprensió i construcció del prototipus:

- *Adreces de clients senzilles.* Una adreça només constarà de nom de carrer i número, sense considerar pis, porta, població... Això també implica que els conceptes d'edifici i adreça siguin equivalents dins l'àmbit del SIG.
- *Un únic client per adreça.* D'aquesta manera, una adreça d'origen identifica inequívocament el client (en el món real, en una mateixa adreça hi viuen varis potencials clients).
- *Un únic número de telèfon per client.* D'aquesta manera, un telèfon identifica de manera inequívoca el client.
- *Un únic taxista per taxi.* D'aquesta manera, un taxi identifica de manera inequívoca el seu propietari i a l'inrevés.
- *Representació limitada del nombre de taxis.* No es representen el total de taxis de que disposa la cooperativa per fer més fàcil el seguiment de la operativa.

5.2.4. El prototipus

Un cop construït i programat el SIG, cal verificar el seu funcionament mitjançant l'execució de l'operativa real que seguirà el sistema: entrada de comandes telefòniques en el sistema i verificació de les assignacions realitzades de manera automàtica pel propi sistema.

Aquestes són les proves funcionals realitzades sobre el prototipus construït:

- Assignació correcte de serveis: la trucada entrant s'assigna al taxi que efectivament es troba més proper a l'origen del servei sol·licitat. Quan no hi ha cap taxi disponible, s'informa l'usuari del SIG i la comanda queda en estat pendent.
- Representació correcte dels taxis en el SIG: en tot moment, en pantalla els taxis es mostren en la posició que correspon a les posicions informades en la base de dades.
- Representació gràfica correcte de l'estat ocupat o lliure del taxi. Quan el taxi es troba realitzant un servei, la zona d'influència es mostra en color vermell, que canvia a verd en finalitzar el servei.
- Alliberació correcte dels taxis. Periòdicament es comprova si les comandes en execució han finalitzat i, en cas afirmatiu, el taxi torna a estar disponible per nous serveis. Els taxis s'alliberen automàticament de manera transparent a l'usuari del SIG, qui s'adona del canvi perquè el color de l'àrea d'influència del taxi torna a ser verd.

Capítol 6. Conclusions

Durant la realització d'aquesta memòria s'ha exposat, com a eix principal del projecte, el concepte de SIG. L'ampli ventall d'àrees involucrades en la construcció d'un sistema d'aquest tipus ha fet necessària una introducció prèvia a termes relatius a la geodèsia, la cartografia i la representació d'informació gràfica.

Sobre la **geodèsia**, s'ha exposat la dificultat que suposen les irregularitats que presenta la Terra a l'hora de representar la seva superfície mitjançant una figura geomètrica utilitzable per un model matemàtic que permeti fer càlculs de posicionament sobre ella.

Sobre la **cartografia**, s'ha exposat la problemàtica que suposa el representar una superfície corba com la terrestre sobre una superfície plana, ja sigui el monitor d'un ordinador o un mapa i com les projeccions ajuden a resoldre aquest problema. També s'han estudiat diferents tipus de projeccions, entre les que cal destacar la *Universal Transverse Mercator* (UTM), per ser la més utilitzada avui dia.

Sobre la **representació gràfica** s'han explicat els dos principals formats utilitzats avui dia: el format *raster* i el format vectorial, cadascun d'ells amb diferents avantatges i inconvenients, però que es poden combinar per obtenir una major capacitat d'anàlisi i presentació de resultats en un SIG.

També s'ha fet una breu introducció a l'**Institut Català de Cartografia** (ICC), una de les principals referències en el món de la cartografia a nivell estatal. Aquesta entitat de dret públic de la Generalitat de Catalunya ha estat la font d'on s'han obtingut imatges tant en format *raster* (ortofotos aèries) com vectorials (mapes amb les delimitacions comarcals de Catalunya).

Un cop assentats els pilars per a la construcció d'un SIG, s'ha triat el programari comercial **GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0** per dur a terme la creació d'un prototipus de SIG. En primer lloc s'ha dedicat un capítol a la introducció d'aquest programari per tal de donar a conèixer les múltiples possibilitats que ofereix.

S'ha presentat el **cas pràctic** on s'exposa el problema que suposa la gestió d'una flota de taxis, on l'assignació manual de serveis als diferents taxis esdevé una tasca d'elevada complexitat a causa de l'alt creixement experimentat per l'empresa. En la resolució d'aquest tipus de problemes un SIG serà de gran ajuda.

Arribats a aquest punt, la **construcció del prototipus**, s'ha dividit en dos punts:

- En un primer pas, s'ha procedit a la seva construcció utilitzant les **eines estàndard** proporcionades per GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0. Això inclou la combinació de les imatges *raster* i vectorials dins un mateix espai de treball amb un sistema de coordenades ben definit i la creació de les principals entitats que intervenen en la resolució del problema.
- Com a segon pas, i utilitzant l'API proporcionada per aquest programari, s'ha procedit a l'**extensió de les funcionalitats** del SIG mitjançant la seva programació en un llenguatge estàndard com MICROSOFT VISUAL BASIC 6.0. L'objectiu d'aquest segon pas ha estat personalitzar el màxim possible el SIG als requeriments de negoci de l'empresa que gestiona la flota de taxis.

Com es pot comprovar, al llarg de la realització d'aquest projecte s'han exposat diferents àrees de coneixement, totes elles necessàries per dur a terme la construcció d'un prototipus de SIG. És aquest ampli ventall d'àrees involucrades en la construcció d'un SIG que els proporciona la capacitat de resoldre problemes complexos en una gran diversitat de camps, on altres tipus de sistemes són clarament incapaços d'aportar solucions amb el nivell d'eficàcia d'un SIG.

CONCLUSIONS

Per tant, és d'esperar que a curt i mig termini els SIG augmentin encara més la seva presència en la vida diària dels usuaris de tecnologia. Com a prova d'això, hi ha la recent proliferació de vendes de receptors GPS que, units a un assistent digital personal (PDA) que incorpora la cartografia escaient, són cada dia més habituals en els cotxes particulars de molta gent amb la finalitat de trobar el camí més curt entre dos punt donats.

6.1. Línies futures

La principal línia futura de continuat del prototipus construït hauria de passar per la seva conversió a aplicació web, deixant de ser una aplicació d'escriptori. La importància cada cop més gran de la web, la seva millora (la web 2.0 [50]), la tecnologia AJAX (JavaScript asíncron i Llenguatge de Marques Extensible) i altres components, proporcionen la possibilitat de migrar a web, simplificant el manteniment dels SIG on accedeixin diferents usuaris des de diferents llocs de treball.

Cal tenir present que la migració a un entorn web no implica començar de zero, ja que tota la part teòrica i la part d'anàlisi de l'empresa es mantenen inalterades. El canvi més notable seria la substitució de GEOMEDIA per un altre programari d'Intergraph: WEBMAP.

Aquesta línia futura hauria de tenir en compte que en el prototipus actual hi ha fetes algunes simplificacions funcionals introduïdes per una millor comprensió durant la construcció del SIG, que caldria eliminar en el cas de dur a terme aquesta.

Capítol 7. Referències

- [1] Ministeri de ciència i tecnologia de Brasil. Divisió de processament d'imatges.
Imatges *raster* i vectorials.
[http://www.dpi.inpe.br/spring/usuario_spa/vetor_varredura.htm Març 2006]
- [2] Universitat de Washington. Portal sobre SIG i tecnologia d'informació espacial.
What is a Geographic Information System (GIS)? (Gaile and Willmott, 1989)
[<http://gis.washington.edu/phurvitz/professional/SSI/whatis.html> Març 2006]
- [3] Universitat de Washington. Portal sobre SIG i tecnologia d'informació espacial.
What is a Geographic Information System (GIS)? (NCGIA lecture by David Cowen, 1989)
[<http://gis.washington.edu/phurvitz/professional/SSI/whatis.html> Març 2006]
- [4] *Louisville/Jefferson County Information Consortium*. Introducció al SIG de *Louisville/Jefferson*.
Què és un SIG?
[<http://www.lojic.org/training/slides/introgis/sld005.htm> Març 2006]
- [5] *United States Geological Survey*. Centre d'investigació de la fauna de la pradera nord.
Què és un SIG?
[<http://www.npwr.usgs.gov/resource/1999/research/what.htm> Març 2006]
- [6] *Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humboldt*.
Cuestiones a las que responde un SIG.
[<http://www.humboldt.org.co/humboldt/mostrarpagina.php?codpage=70001#4> Març 2006]
- [7] *Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humboldt*.
Componentes de un SIG.
[<http://www.humboldt.org.co/humboldt/mostrarpagina.php?codpage=70001#9> Març 2006]
- [8] *Sociedad de Planificación y Desarrollo*.
Curs sobre SIG.
[http://gis.sopde.es/cursosgis/DHTML/que_2.html Març 2006]
- [9] *Sociedad de Planificación y Desarrollo*.
Curs sobre SIG.
[http://gis.sopde.es/cursosgis/DHTML/que_2_4.html Març 2006]
- [10] Divisió de sistemes d'informació geogràfica del comtat de Nevada.
Què és un SIG?
[<http://new.mynevadacounty.com/gis/index.cfm?ccs=632> Març 2006]
- [11] Gran diccionari de la llengua catalana.
Definició de cartografia.
[<http://ec.grec.net/lexicx.jsp?GECART=0027282> Març 2006]
- [12] Wikipedia, l'enciclopèdia lliure.
Definició de cartografia.
[<http://es.wikipedia.org/wiki/Cartograf%C3%ADa> Març 2006]

REFERÈNCIES

- [13] Portal de Generalitat Valenciana. *Glosario de términos cartográficos*.
Definició de cartografia.
[<http://www.gva.es/icv/GLOSARIO.HTM> Març 2006]
- [14] gabrielortiz.com. Portal sobre SIG.
Definició de *datum*.
[<http://recursos.gabrielortiz.com/index.asp?Info=064> Març 2006]
- [15] Curs sobre SIG realitzat per Santiago Pastrana, llicenciat en Geografia i Història.
Definició de meridià.
[<http://club.telepolis.com/geografo/general/tierra.htm> Març 2006]
- [16] *Universidad de Murcia. Cartografía y Geodesia. Sistemas de proyección*.
Sistema de coordenades angulars.
[http://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario_1.pdf Març 2006]
- [17] Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica. *Proyecciones, Anamorfosis, Coordenadas Cartesianas*
Tipus d'anamorfosi.
[<http://www.geocities.com/igncr/pagina4proyecciones.htm> Març 2006]
- [18] Wikipedia, l'enciclopèdia lliure.
Formats gràfics.
[http://es.wikipedia.org/wiki/Formatos_gr%C3%A1ficos Març 2006]
- [19] Lloc de *VisualIntegrity*, fabricant d'utilitats gràfiques multi-format.
Formats d'imatges *raster*.
[http://www.square1.nl/TGC-SITE/Formats/raster_image_formats.htm Març 2006]
- [20] Wikipedia, l'enciclopèdia lliure.
Detall sobre el format gràfic MrSID.
[<http://en.wikipedia.org/wiki/Mrsid> Març 2006]
- [21] Wikipedia, l'enciclopèdia lliure.
Definició d'azimut.
[<http://es.wikipedia.org/wiki/Azimut> Març 2006]
- [22] *J. Star and J. Estes. Geographic Information Systems: An Introduction. Prentice Hall, Inc., 1990.*
- [23] Wikipedia, l'enciclopèdia lliure.
Definició d'el·lipsoide.
[<http://es.wikipedia.org/wiki/Elipsoide> Març 2006]
- [24] Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC).
Què és l'ICC.
[<http://www.icc.cat> Març 2006]
- [25] *www.designnews.com*, lloc web dedicat al disseny. *Technology links CAD applications*.
Tecnologia *Jupiter* d'*Intergraph*.
[<http://www.govtech.net/magazine/story.php?id=95367&issue=7:1997> Març 2006]

REFERÈNCIES

[26] www.govtech.net, lloc web dedicat al govern de les noves tecnologies. *Product Focus: Desktop GIS*.

Tecnologia *Jupiter* d'Intergraph.

<http://www.designnews.com/article/CA150542.html?ref=nbra> Març 2006]

[27] Intergraph; GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0; Ajuda en línia de GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0

[28] Intergraph; *Building on the GeoMedia Professional Engine*; Ajuda en línia de GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0

[29] Eduard Allué Pont. Creació d'un Sistema d'Informació Geogràfica de Carreteres. Problema logístic de l'empresa Vall Companys Grup. Universitat Oberta de Catalunya. 2005.

[30] <http://www.elguille.info>, lloc dedicat a la programació. *Curso Básico de Programación en Visual Basic*.

Automatització d'objectes en Windows.

http://www.elguille.info/VB/cursos_vb/BASICO/basico47.htm Juny 2006]

[31] *Revista Internacional de Ciencias de la Tierra. FAMILIA IDL: EL SOFTWARE DEL MUNDO CIENTÍFICO. Especial - Abril de 2000*.

Informació sobre el programari ENVI.

http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=348 Juny 2006]

[32] Lloc web de l'empresa Lizardtech. *GeoExpress con MrSID*.

Informació sobre el programari GeoExpress

<http://www.lizardtech.es/solutions/geo/> Juny 2006]

[33] Lloc web de Daratech Inc.

Distribució del mercat de programari SIG l'any 2001.

<http://www.daratech.com/> Juny 2006]

[34] Zogg, Jean-Marie; GPS Basics. 2002

[35] www.manualdevuelo.com. *NAVEGACION*.

Latitud y longitud.

<http://www.inicia.es/de/vuelo/NAV/NAV72.html> Març 2006]

[36] Wikipedia, l'enciclopèdia lliure.

Meridià de Greenwich

http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Prime_meridian.jpg Abril 2006]

[37] Wikipedia, l'enciclopèdia lliure.

Conversió de *raster* a vectorial.

http://en.wikipedia.org/wiki/Vector_graphics Abril 2006]

[38] *Universidad Autónoma de Madrid. Historia de la cartografía*.

Projeccions cilíndriques.

www.uam.es/otros/fcmatematicas/Trabajos/Bartolome/FCMcarto.pdf Abril 2006]

[39] gabrielortiz.com. Portal sobre SIG.

Segment de control GPS.

<http://recursos.gabrielortiz.com/index.asp?Info=039> Abril 2006]

REFERÈNCIES

- [40] Web oficial de la xarxa soviètica de satèl·lits GLONASS.
Logotip de GLONASS.
[http://www.glonass-center.ru/frame_e.html Abril 2006]
- [41] *Colegio Profesional de Ingenieria, Arquitectura y Agrimensura de la provincia del Chubut. El AGRIMENSOR CHUBUTENSE N° 13 - Marzo de 2006.*
Estat actual de la xarxa GLONASS:
[<http://www.agrimensoreschubut.org.ar/Publicacion/el-ag-ch-13.pdf> Març 2006]
- [42] web de la comissió europea. Energia i transport.
Logotip de la xarxa GALILEO.
[http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/index_en.htm Març 2006]
- [43] Agència Espacial Europea. Notícies del 25 d'Abril de 2005
Geoide.
[http://www.esa.int/esaLP/SEMCO8NQS7E_LPgoce_0.html Març 2006]
- [44] *Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). Nociones de Geodesia y GPS.*
Relació entre el geoide, l'el·lipsoide i la superfície terrestre.
[http://www.ineter.gob.ni/Direcciones/Geodesia/Seccion_Temas_de_Geodesia/NOCIONES_DE_GEODESIA_Y_GPS.PDF Març 2006]
- [45] www.cartesia.org. Lloc web destinat a la divulgació de la geomàtica.
Relació entre el geoide, l'el·lipsoide i la superfície terrestre.
[http://www.cartesia.org/data/apuntes/nociones/Nociones_de_Geodesia_y_GPS.pdf Març 2006]
- [46] *Universidad de Valladolid. Area de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría.*
Ignacio Alonso Fernández-Coppel. *Profesor asociado.*
Comparació entre el Geoide y la superfície terrestre.
Projecció i coordenades UTM.
[<http://www.cartesia.org/data/apuntes/cartografia/cartografia-geograficas-utm-datum.pdf> Març 2006]
- [47] Intergraph. GeoMedia Professional 6.0. *Building on the GeoMedia Professional Engine.*
Gràfics sobre l'API de GeoMedia Professional 6.0
- [48] Intergraph. GeoMedia Professional 6.0.
Captures de pantalla treballant amb GeoMedia Professional 6.0
- [49] Intergraph. *WorkingwithGeoMediaProfessional.pdf.*
Gràfics del manual d'usuari de GeoMedia Professional 6.0.
- [50] www.maestrosdelweb.com. Lloc web destinat a la divulgació del coneixement de la web.
La web 2.0
[<http://www.maestrosdelweb.com/editorial/web2/> Juny 2006]