

UNIVERSITAT OBERTA DE CATALUNYA

**Enginyeria en Informàtica
Projecte fi de Carrera**

Gestió de rutes i geocodificació

**Emi Palacios Jiménez
Enginyeria en Informàtica
Curs 2007-2008 – Segon Semestre**

1 DEDICATÒRIA I AGRAÏMENTS

Gràcies a totes aquelles persones que confien i creuen en mi i m'han ajudat a aconseguir el meu projecte.

En especial vull destacar el recolzament constant rebut per part de la meua parella, la comprensió d'una nena de quatre anys, la meua filla i la meua família que m'han animat en moments difícils.

En especial, voldria donar-li les gràcies a la Carol, una bona amiga i companya inseparable de fatigues universitàries i que a causa d'una malaltia no ha pogut acabar la carrera amb mi. Li agraeixo les bones estones compartides d'estudi i els ànims que m'ha donat al llarg de tota la carrera.

També voldria donar les gràcies a la meua companya de feina, la Isabel, per orientar-me en punts concrets d'aquest projecte, com la geocodificació i la normalització de carrerers. Com no, agrair al meu cap d'Àrea i amic, en Santi, pels seus consells i la seva paciència.

No voldria oblidar-me del meu consultor, moltes mercès pels teus consells que m'han ajudat a orientar-me i han fet possible dur a terme aquest projecte.

Finalment, voldria dedicar aquest projecte a la meua parella, la meua filla i en especial, a la meua amiga Carol una de les persones més valentes que he conegut.

2 RESUM

En aquesta memòria es realitza una introducció als sistemes d'informació geogràfica (SIGs) i als aspectes més importants relacionats amb els tipus de carrerers i la geocodificació. S'intenta fer un apropament al món dels SIGs mitjançant una de les problemàtiques més actuals: la gestió de rutes i la geocodificació.

La part pràctica consistirà principalment en representar gràficament, en un mapa, les rutes proporcionades en forma de direccions postals.

Des del punt de vista teòric es descriu què són els SIG, quins són els elements que els componen i quines dades contenen. Posteriorment es realitza una breu introducció a la Cartografia i la Geodèsia, dues ciències molt lligades als SIGs i sobre les quals és necessari tenir uns mínims coneixements abans de plantejar-se la creació d'un SIG.

Es parla, també, dels models espacials (model vectorial i *model raster*) i es defineixen els models i les estructures de dades espacials. Es fa un recorregut pels tipus d'estructures de dades utilitzades en els dos models (vectorial i *raster*) que són més usuals i es fa més èmfasi en les estructures de dades del model vectorial. S'analitzen els estàndards d'emmagatzematge i s'estudien les característiques bàsiques d'un repositori de dades geogràfiques: *l'Oracle Spatial*.

S'introdueixen els tipus de carrerers i es mostra un exemple de creació d'un carrerer de manera estàndard. Amb això es fa un anàlisi de la importància de la normalització dels carrerers i de la cartografia base que els integren. També s'explica un procés de geocodificació que serà el que s'utilitzarà en la resolució pràctica del projecte i es fa una petita introducció als motors de geocodificació.

Es fa un resum del material utilitzat i s'explica de forma més detallada les principals funcionalitats del gvSig. Finalment, es detalla el mètode pas a pas per arribar a la representació de les rutes en forma d'adreces postals amb l'eina gvSig.

3 ÍNDEX

1	DEDICATÒRIA I AGRAÏMENTS	2
2	RESUM	3
3	ÍNDEX	4
4	ÍNDEX DE FIGURES	7
5	INTRODUCCIÓ	9
5.1	OBJECTIUS I MÈTODE UTILITZAT.....	9
5.2	ESTRUCTURA DE LA MEMÒRIA	9
5.3	PLA DE TREBALL	10
5.3.1	<i>Descripció inicial de les tasques</i>	10
5.3.2	<i>Planificació</i>	11
6	INTRODUCCIÓ ALS SISTEMES D'INFORMACIÓ GEOGRÀFICA (SIG)	14
6.1	DEFINICIÓ D'UN SIG	14
6.2	IMPORTÀNCIA D'UN SIG	14
6.3	ELEMENTS D'UN SIG	15
6.4	LES DADES D'UN SIG	16
6.4.1	<i>Les metadades</i>	17
6.4.2	<i>Agrupació d'objectes en capes</i>	17
6.5	MODELS DE DADES PER ATRIBUTS GEOGRÀFICS	18
6.5.1	<i>Model Vectorial</i>	18
6.5.2	<i>Model raster</i>	20
6.6	FUNCIONALITATS D'UN SIG.....	21
6.7	LIMITACIONS DEL SIG	22
6.8	APLICACIONS D'UN SIG.....	22
6.9	RESUM.....	23
7	CONCEPTES SOBRE CARTOGRAFIA I GEODÈSIA	24
7.1	ESQUEMA DEL PAS D'UNA SUPERFÍCIE TERRESTRE AL PLA.....	24
7.2	DEFINICIÓ DE GEODÈSIA I CARTOGRAFIA	25
7.2.1	<i>Geodèsia</i>	25
7.2.2	<i>Cartografia</i>	25
7.3	REPRESENTACIÓ DE LA FORMA DE LA TERRA , EL GEOIDE	26
7.4	UNA APROXIMACIÓ AL GEOIDE, L'EL·LIPSOIDE.....	26
7.5	ELS SISTEMES DE COORDENADES	27
7.5.1	<i>Sistema de coordenades geodèsiques</i>	27
7.5.2	<i>Sistema de coordenades rectangulars planes</i>	28
7.6	EL DATUM	29
7.7	PROJECCIONS CARTOGRÀFIQUES	29
7.7.1	<i>Projeccions Cilíndriques</i>	29
7.7.2	<i>Projeccions Còniques</i>	31
7.7.3	<i>Projeccions planes</i>	31
7.8	LA PROJECCIÓ UTM.....	32
7.9	RESUM.....	35
8	ESTRUCTURES DE DADES ESPACIALS I EMMAGATZEMATGE	36
8.1	ELS OBJECTES GEOGRÀFICS I LA REPRESENTACIÓ DIGITAL DE LA INFORMACIÓ ESPACIAL.....	36

8.2	MODELS DE DADES ESPACIALS	37
8.2.1	<i>Model Vectorial</i>	37
8.2.2	<i>Model raster</i>	38
8.3	ESTRUCTURES DE DADES ESPACIALS	39
8.3.1	<i>Estructures de dades en el model vectorial</i>	40
8.3.2	<i>Estructures de dades en el model raster</i>	41
8.4	ESTÀNDARDS D'EMMAGATZEMATGE EN EL MODEL VECTORIAL.....	42
8.4.1	<i>Ampliació del model de dades</i>	42
8.4.2	<i>Atributs del tipus "geometria"</i>	43
8.4.3	<i>El format shape</i>	45
8.4.4	<i>Les metadades</i>	45
8.4.5	<i>Les Infraestructures de Dades Espacials (IDEs)</i>	46
8.5	REPOSITORI DE DADES GEOGRÀFIQUES: ORACLE	46
8.5.1	<i>Característiques d' Oracle Spatial</i>	47
8.5.2	<i>Model de dades d'Oracle Spatial</i>	48
8.5.3	<i>Indexació de dades espacials en Oracle Spatial</i>	48
8.5.4	<i>Model de consultes en Oracle Spatial</i>	48
8.5.5	<i>Oracle Locator</i>	49
8.6	RESUM.....	49
9	TIPUS DE CARRERERS I MOTORS DE GEOCODIFICACIÓ.....	50
9.1	TIPUS DE CARRERERS	50
9.2	COM CREAR UN CARRERER DE MANERA ESTÀNDARD: EXPERIÈNCIA DE L'AJUNTAMENT DE CALONGE, MAIG DE 2001	52
9.2.1	<i>Objectius</i>	52
9.2.2	<i>Antecedents</i>	53
9.2.3	<i>Descripció</i>	53
9.2.4	<i>Criteris de numeració</i>	53
9.2.5	<i>Plaques de senyalització de carrer</i>	54
9.2.6	<i>Proposta de nous vials</i>	54
9.3	NORMALITZACIÓ DELS CARRERERS	54
9.3.1	<i>Cartografia de base dels carrerers</i>	55
9.4	PROCÉS DE GEOCODIFICACIÓ	56
9.5	MOTORS DE GEOCODIFICACIÓ	57
9.6	RESUM.....	58
10	REPRESENTACIÓ	60
10.1	MATERIAL UTILITZAT.....	60
10.1.1	<i>gvSig</i>	61
10.2	MÈTODE UTILITZAT.....	65
10.2.1	<i>Procés de representació de les rutes pas a pas</i>	66
11	CONCLUSIONS	73
12	LÍNIES FUTURES	75
13	REFERÈNCIES	76
14	ANNEXOS.....	78
14.1	ANNEXA. DADES ORACLE.....	78
14.2	ANNEX B. NORMALITZACIÓ DE DADES	79
14.3	ANNEX C. OBTENCIÓ DE COORDENADES DE LES ADRECES POSTALS	80

14.4 ANNEX D. PREPARACIÓ DEL CAMP GEOMÈTRIC DE LA TAULA PUNT_RUTA, REGISTRE DE LA TAULA A L'ORACLE SPATIAL..... 83

4 ÍNDEX DE FIGURES

<i>Figura 5.1: diagrama de Gantt d'activitats part 1</i>	12
<i>Figura 5.2: diagrama de Gantt d'activitats part 2</i>	12
<i>Figura 5.3: diagrama de Gantt d'activitats part 3</i>	12
<i>Figura 6.2: Agrupació d'objectes en capes</i>	18
<i>Figura 6.3: Exemple de model vectorial</i>	19
<i>Figura 6.4: Diferències entre el model vectorial i model raster</i>	20
<i>Figura 7.1: Pas de referències en la Terra al pla</i>	25
<i>Figura 7.3: Diferències entre superfície real, Geoide i el-lipsoide</i>	27
<i>Figura 7.4: Coordenades geodèsiques</i>	28
<i>Figura 7.5: Projectió cilíndrica regular</i>	30
<i>Figura 7.6: Projectió cilíndrica transversa</i>	30
<i>Figura 7.7: Projectió cilíndrica obliqua</i>	31
<i>Figura 7.8: Projectió cònica</i>	31
<i>Figura 7.9: Projectió plana</i>	32
<i>Figura 7.10: Projectió UTM</i>	32
<i>Figura 7.11: Càlcul de coordenades en una zona UTM</i>	34
<i>Figura 7.12: Projectió UTM amb les divisió en zones de 6° de longitud</i>	34
<i>Figura 8.3: Model raster</i>	38
<i>Figura 8.4: Estructura quadtree</i>	41
<i>Figura 8.5: Esquema per implementar OpenGIS SFS afegint taules</i>	43
<i>Figura 8.6 : Diagrama de classes proposat pel OpenGIS SFS</i>	44
<i>Figura 8.7: Funcions espacials agregades. [46]</i>	47
<i>Figura 8.7 Exemple d'utilització del tipus de dades SDO_GEOMETRY [46]</i>	48
<i>Figura 9.1: Carrerer per portal</i>	50
<i>Figura 9.2: Carrerer tipus parcel·lari</i>	51
<i>Figura 9.3: Geocodificació en un carrerer per trams</i>	52
<i>Figura 9.4: exemple de topogràfic</i>	55
<i>Figura 9.5: Vol fotogramètric d'una zona de Múrcia [41]</i>	56
<i>Figura 9.6: extracte dels atributs descriptius del carrerer de Barcelona</i>	57
<i>Figura 10.1: Tractament de dades vectorials amb el gvSig</i>	62
<i>Figura 10.2: Georreferenciació d'imatges</i>	63
<i>Figura 10.3: Integració de les eines de CAD del gvSig</i>	64
<i>Figura 10.4: Vista formada per la composició de capes que provenen de diferents WMS remots</i>	64
<i>Figura 10.5: Afegir una nova vista al gvSig</i>	67
<i>Figura 10.6: Afegir una capa geoBD al gvSig</i>	67
<i>Figura 10.7: Definició d'una recta sobre un pla</i>	69
<i>Figura 10.8:imatge general de totes les rutes</i>	70
<i>Figura 10.9: Imatge general de totes les rutes amb un zoom</i>	71

Imatge 10.10: Zoom en una zona per mostrar algunes rutes 71
Imatge 10.11: Zoom en una zona per mostrar algunes rutes 72

5 INTRODUCCIÓ

En aquest capítol es defineixen els objectius del projecte, com s'estructuren els continguts amb capítols, el mètode utilitzat pel desenvolupament de les tasques que han de permetre assolir els objectius, i el pla de treball.

5.1 Objectius i mètode utilitzat

L'objectiu principal d'aquest projecte és apropar-se al món dels Sistemes d'Informació Geogràfica mitjançant una de les problemàtiques més actuals: la gestió de rutes i la geocodificació.

La part pràctica consistirà principalment en representar gràficament, en un mapa, les rutes proporcionades en forma de direccions postals

Per tal d'aconseguir aquest objectiu final, cal assolir prèviament aquests objectius específics:

- Conèixer que és un SIG, quins elements el componen, què el diferencia d'altres sistemes d'informació i quines són les seves aplicacions.
- Treballar amb dades geogràfiques. Obtenir les nocions bàsiques sobre Cartografia i Geodèsia que permetin saber com s'obté la posició d'un element situat sobre la superfície de la Terra i com, després, aquesta posició es pot transformar en una posició en un mapa pla.
- Entendre les estructures de dades bàsiques per fer l'anàlisi espacial i familiaritzar-se amb els conceptes de topologia o estructura arc-node.
- Estudiar els diferents tipus emmagatzematge de dades espacials. Ens decantarem pels sistemes de d'emmagatzematge basats en bases de dades relacionals (*Oracle Spatial, MySql, PostGIS, etc*).
- Conèixer alguns motors de geocodificació.
- Obtenir rutes a partir d'adreces postals.
- Publicar la informació geogràfica, visualitzar les dades utilitzant eines com gvSig, geoServer o Mapserver.

5.2 Estructura de la memòria

El Projecte Final de Carrera (PFC) estarà estructurat de la següent manera, la previsió inicial de les planes de cada part s'indica entre parèntesi.

1. DEDICATÒRIA I AGRAÏMENTS (1)
2. RESUM
3. INDEX
4. INDEX DE FIGURES (2)
5. INTRODUCCIÓ (10)
 - Objectius
 - Enfocament i Mètode seguit
 - Pla de treball
 - Productes Obtinguts

- 6. INTRODUCCIÓ ALS SISTEMES D'INFORMACIÓ GEOGRÀFICA (15)
- 7. CONCEPTES SOBRE CARTOGRAFIA I GEODÈSIA (12)
- 8. ESTRUCTURES DE DADES ESPACIALS I EMMAGATZEMATGE (10)
- 9. TIPUS DE CARRERER I MOTORS DE GEOCODIFICACIÓ. (7)
- 10. REPRESENTACIÓ (15)

Material utilitzat

Motor de base de dades

Cartografia base

Representació gràfica de les rutes

- 11. CONCLUSIONS (1)
- 12. LINIES FUTURES (1)
- 13. REFERÈNCIES (1)

5.3 Pla de treball

Per tal d'assolir els objectius del projecte s'estableix el pla de treball següent:

- Determinar les principals activitats a realitzar.
- Identificar quines són les fites més importants i quines activitats es engloba cadascuna d'elles.
- Fer una planificació temporal tant pel que fa a la distribució d'activitats com a la utilització de recursos.
- Analitzar els riscos que poden interferir en la planificació i proposar el seu corresponent pla de contingència.

5.3.1 Descripció inicial de les tasques

A continuació es descriuen les principals tasques que s'hauran de realitzar al llarg del projecte i què es pretén aconseguir amb cadascuna d'elles.

Número	Títol	Descripció
TASCA 1	<i>"Definició del pla de treball"</i>	Definició dels objectius del projecte; les tasques a realitzar; establir les dates de les fites principals; realitzar una planificació detallada d'activitats i recursos; analitzar els riscos i definir el pla de contingència.
TASCA 2	<i>"Cerca d'informació sobre SIG, cartografia i geodèsia"</i>	Cerca d'informació en diferents fonts els coneixements necessaris per comprendre l'abast d'aquests conceptes. Un cop assolits, redactar els capítols introductoris corresponents.
TASCA 3	<i>"Estudi de les estructures de dades espacials i el seu emmagatzematge"</i>	Cerca d'informació sobre conceptes d'informació espacial, estructures de dades i la seva representació. Quins formats estàndard s'utilitzen habitualment per representar objectes geomètrics, com per exemple l' <i>Oracle Spatial</i> . Estudi sobre les estructures de dades com shapefile, metadades i arxius que continguin informació sobre la projecció

		cartogràfica. Redactar els capítols corresponents.
TASCA 4	<i>“Estudi sobre motors de geocodificació i tipus de carrerers”</i>	Estudi sobre els procediments i funcions que s'utilitzen en <i>Oracle Spatial</i> per operar amb dades geogràfiques. Quins tipus de carrerers ens podem trobar.
TASCA 5	<i>“Estudi de l'eina SIG a utilitzar”</i>	Estudi del programari necessari que es farà servir pel desenvolupament del projecte. S'avaluarà software tipus gvSig, Arcview, GEOMEDIA. Redacció del capítol corresponent.
TASCA 6		Instal·lació del programari que s'ha decidit utilitzar.
TASCA 7:	<i>“Representació”</i>	Realització pràctica del projecte; representar gràficament les rutes proporcionades en forma de llista de direccions. Redacció de la documentació: motor de base de dades, cartografia base, representació gràfica de les rutes.
TASCA 8	<i>“Acabament memòria PFC”</i>	Redacció de les línies futures, conclusions, bibliografia, capítols de resum, repàs de coherència del document a nivell sintàctic, enllaços, ortografia etc.

5.3.2 Planificació

A continuació es detalla quina és la planificació del projecte mitjançant dos diagrames de *Gantt*: el d'activitats

5.3.3.1 Diagrama de *Gantt* d'activitats

En aquest punt es detallen quines són exactament les tasques i subtasques que s'han de realitzar i la seva planificació temporal.

Com a part important del diagrama es podria destacar la tasca *“d'Estudi de les estructures de dades espacials i els seus estàndards”*, en concret la de l'*Oracle Spatial*, a la que s'han dedicat 7 dies (Figura 5.1). Cal dir que l'estudi ha estat constant durant tota la realització pràctica perquè s'ha anat consultant el manual en tot moment i aprenent coses noves.

També s'ha de destacar la tasca de *“Recerca d'informació de tipus de carrerers i motors de geocodificació”* que s'ha allargat quasi una setmana (Figura 5.2). Sobre el motors de geocodificació no hi gaire informació, això a fet que fos difícil de trobar i es dedicà més temps del que s'esperava.

Finalment, es pot observar en el diagrama que la tasca de *“Realització pràctica”* té una duració de quasi un mes (Figura 5.3). Per la realització d'aquesta tasca s'han aplicat els estudis fets fins el moment i s'han dedicat uns dies per familiaritzar-se amb l'eina de visualització *gvSig* (veure 10.1.1).

5.3.4 Avaluació de Riscos

Durant el desenvolupament del projecte poden sorgir diversos imprevistos que dificultarien el seguiment normal de la planificació. A continuació es defineixen quins són els principals riscos que es preveuen inicialment i quines accions es duran a terme si es produeixen.

Risc	Acció
Imprevistos laborals. Sobrecàrrega de tasques a la feina que impliquen major dedicació temporal (hores extra) i per tant menys dedicació a el desenvolupament del projecte.	El Cap de l'àrea està al corrent de la meva situació i si fos necessari em compensaria amb dies de festa.
Arriba la data de lliurament de la PAC o d'acabament del PFC i falta temps per acabar.	Es demanaria vacances a la feina per tal d'assolir els lliuraments.
Imprevistos familiars.	Més dedicació en hores per recuperar el temps perdut.
Fallida del sistema.	Es realitzarà una còpia del sistema a l'inici del projecte que s'actualitzarà un cop instal·lat el software a utilitzar. Si es produeix una fallida, es restaurarà el sistema de la còpia.

En quant als imprevistos laborals i a les fallides del sistema són dos riscos que no s'han arribat a produir. S'ha donat el cas d'algun imprevist familiar, però s'han pres les accions oportunes dedicant més hores per recuperar el temps perdut. També s'ha demanat algun dia de festa per tal d'arribar a temps al lliurament d'alguna PAC. Cap d'aquests riscos han derivat en un problema.

6 INTRODUCCIÓ ALS SISTEMES D'INFORMACIÓ GEOGRÀFICA (SIG)

En aquest capítol es realitza una introducció als Sistemes d' Informació Geogràfica (d'ara endavant SIG). Es comença a donar una definició formal del terme i posteriorment s'expliquen els elements principals que el componen. Després s'aprofundirà en un dels punts que el diferencien dels altres sistemes d'informació: els tipus de dades amb els que treballen. Es defineix quins són aquests tipus de dades, com es relacionen entre sí, com es fan persistents i com es representen en un sistema d'informació. Per acabar es detallarà quines són les funcionalitats i limitacions principals d'un SIG i alguns exemples.

Els punts en els que s'estructura el capítol són:

- Definició d'un SIG
- Importància d'un SIG
- Elements que integren un SIG
- Tipus de dades amb els que treballa un SIG
- Model de dades per atributs geogràfics existents i les seves característiques
- Principals funcionalitats
- Limitacions d'un SIG
- Aplicacions d'un SIG
- Resum dels continguts del capítol

6.1 Definició d'un SIG

Un Sistema d' Informació Geogràfica (SIG o GIS, en el seu acrònim en Anglès) és una integració organitzada de maquinari, programari, dades geogràfiques i recursos humans, dissenyat per capturar, guardar, manipular, analitzar, integrar i mostrar dades que estan geogràficament referenciades¹ amb la finalitat de resoldre problemes complexos de planificació i gestió [8].

Com es diu anteriorment, un SIG està format per diferents elements dels quals s'espera obtenir unes funcionalitats un cop s'han integrat. Per tant, comprendre la funció que desenvolupa cadascun d'ells en el conjunt, servirà per ampliar la definició inicial de SIG.

També es pot definir com un sistema d'emmagatzemar i utilitzar informació que descriu elements que es troben en la superfície de la Terra.

6.2 Importància d'un SIG

Perquè és important un SIG? Quan un pensa sobre alguns dels temes importants que s'afronten actualment en el món, com la contaminació, desastres naturals, superpoblació etc., cada un d'ells té una dimensió geogràfica crítica. Per exemple, representar en un mapa el nivell de qualitat de l'aigua podria donar aproximacions sobre les fonts contaminants i les formes de controlar la seva emissió. Qüestions com: perquè hi ha cultius que creixen millor en certs llocs

¹ la georreferenciació és la transformació geomètrica que es veuen sotmesos els objectes d'un SIG perquè tots ells tinguin el mateix sistema de coordenades. La posició d'un punt sobre un d'aquests objectes ha de poder ser relacionat amb tots els altres objectes.

que altres o perquè es produeixen retencions de trànsit, també són afectats per la geografia. Quan un vol comprar una casa nova, probablement, es busquin propietats properes a escoles, amb determinat preu i en una zona determinada. [12]

Quan s'analitza l'impacte d'un desastre (Figura 6.1:), tal com un terratrèmol, es necessita analitzar informació geològica i sísmica, per després relacionar-ho amb dades de població i propietats que hagin estat afectades.

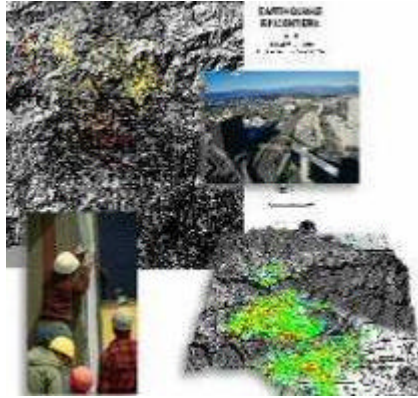


Figura 6.1: Anàlisi d'impacte d'un desastre

Moltes vegades la solució a molts d'aquests problemes passa per tenir accés a diferents tipus d'informació relacionada amb la geografia. Un SIG permet emmagatzemar i manipular informació utilitzant geografia i analitzar patrons, relacions i informació per ajudar a prendre decisions .

6.3 Elements d'un SIG

Un SIG està format per quatre elements principals: maquinari, programari, dades i els recursos humans. A continuació es descriu el paper de cadascun d'ells. [13]

- Maquinari:** En un SIG podem trobar dos tipus de maquinari:
- 1) El primer, sobre el que s'executarà el propi programari SIG i que ha de tenir prou capacitat per poder respondre a les peticions; exemples d'aquest maquinari són l'equip on s'executa el programari que guarda les dades del SIG i, l'equip on s'executa el programari que manipula i analitza les dades.
 - 2) El segon, està format per tots aquells components d'entrada i sortida (teclats, l'escàner, el plotter), destinats a realitzar l'entrada de dades de manera més automàtica.
- Programari:** Proporciona les eines necessàries per emmagatzemar, analitzar i mostrar, informació dels elements amb els quals tracta el sistema. Els principals tipus de programari que es poden trobar en un SIG són:
- 1) Eines que permeten entrar i manipular informació geogràfica; la seva funció és subministrar al sistema les dades en un format correcte i sense inconsistències geogràfiques.

- 2) Els sistemes gestors de bases de dades (SGBD²) que proporcionen persistència i integritat a les dades.
- 3) Eines per permeten consultar, analitzar i visualitzar informació geogràfica, i que per aconseguir aquesta informació són capaces de comunicar-se amb els sistemes gestors de bases de dades (SGBD).
- 4) Una interfície gràfica d'usuari que permeti accedir de manera amigable a les diverses funcionalitats.

Dades: El conjunt d'informació que descriu els elements que posteriorment seran objecte d'anàlisi pel sistema. En el cas d'un SIG existeixen tant dades que subministren informació sobre la ubicació d'un element en l'esfera terrestre, com dades que descriuen el propi element .

Recursos Humans: Donen valor afegit a la resta de components del sistema. El maquinari, el programari i les dades, per si sols no aportaren res significatiu, però la integració d'aquests en un projecte en concret en el qual s'utilitzen unes metodologies i es defineixen uns objectius és el que permet obtenir com a resultat final un bé molt preuat: el coneixement. Segurament aquest és un fet comú en tots els tipus de sistemes d'informació, però en el cas dels SIG on cada projecte és diferent de la resta i planteja nous reptes, s'accentua i es fa més important.

Els components que integren un sistema d'informació geogràfica no difereixen molt dels de la resta de sistemes d'informació. Si es pren com exemple els components que integren un sistema d'informació bancari o un sistema d'informació sanitari, es pot veure que també es componen d'aquests quatre tipus d'elements (programari, maquinari, dades i persones).

Un dels punts que més els identifica i els diferencia és un dels tipus de dades que utilitzen: els atributs geogràfics.

6.4 Les dades d'un SIG

Quan es descriuen les propietats dels objectes que hi ha en el món real, com per exemple una casa, és molt freqüent fer-ho utilitzant només els que s'anomenen atributs descriptius, aquells que són propis de la naturalesa de l'objecte i que el diferencien de la resta. Ara bé s'obvien un conjunt d'atributs tant importants com són els atributs geogràfics o espacials, que donen informació de les formes de l'objecte i la seva relació amb altres formes.

La representació primària de les dades en un SIG està basada en la representació dels objectes geogràfics associats amb ubicacions específiques al món real. La representació dels objectes es fa amb punts, línies o àrees. Per exemple, en una xarxa de serveis els atributs gràfics serien el pal de la llum (un punt), una canonada (línia) o un àrea (embassament).

Els atributs descriptius o també anomenats alfanumèrics corresponen a les descripcions, qualificacions o característiques que anomenen i determinen els objectes o elements geogràfics.

Veiem a continuació en la Figura 6.1 com una imatge del món real (en aquest cas una foto d'un carrer) es pot descriure mitjançant atributs descriptius (rectangle inferior dret) o mitjançant

² Un Sistema Gestor de base de dades (SGBD) és un conjunt de programes que permeten crear i mantenir un Base de dades, assegurant la seva integritat, confidencialitat i seguretat.

atributs geogràfics, com ara les línies dels carrers i els límits de les parcel·les (rectangle inferior esquerra).



Figura 6.1: Atributs geogràfics i descriptius

A continuació es dona una definició dels dos tipus d'atributs, per comprendre millor quins són els seus objectius i les seves diferències. [11]

Geogràfics: S'utilitzen per descriure la forma d'un objecte i la seva posició en la superfície de la Terra. En el cas de la Figura 6.1 alguns exemples serien: el perímetre d'una casa, per on passa un carrer o la ubicació d'una fanal.

Descriptius: Són propis de cada tipus d'objecte i serveixen per descriure la seva naturalesa i diferenciar-los de la resta. En l'exemple anterior serien el propietari de la casa, el sentit de circulació d'un carrer o la potència de la llum d'un fanal.

6.4.1 Les metadades

Existeix un subconjunt de dades en un SIG que tenen com a objectiu donar sentit a altres atributs: són les metadades, també anomenades dades sobre les dades. Aquestes són d'especial interès en el cas dels atributs geogràfics ja que tal i com es veurà més endavant, sense elles els atributs geogràfics es converteixen en una col·lecció de valors als quals el sistema és incapaç de donar cap tipus de significat. Realitzant una comparació amb els sistemes d'informació bancaris, el fet de no disposar de metadades seria equivalent a guardar imports sense saber amb quina moneda estan expressats.

6.4.2 Agrupació d'objectes en capes

Els SIG aporten respecte altres sistemes d'informació la consideració de dos tipus d'atributs: els gràfics i els descriptius i, a més, permeten relacionar-los a un mateix objecte que s'agrupa segons característiques comuns formant capes o categories. Una capa és sovint una unitat bàsica d'emmagatzematge. Només conté informació sobre alguns dels objectes: vies, hidrografia, nivells del terreny, vegetació etc. En una capa es presenten els atributs gràfics i els descriptius o alfanumèrics.

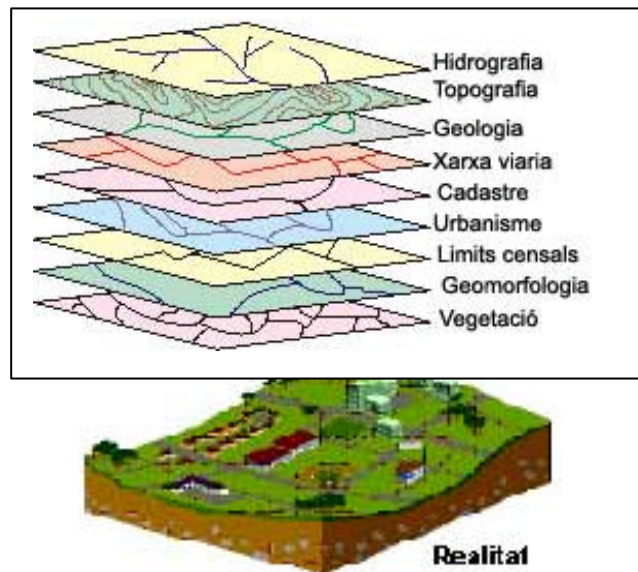


Figura 6.2: Agrupació d'objectes en capes.

A cada objecte d'una capa se li assigna un únic número identificador. Cada objecte es caracteritza per una localització única (atributs gràfics amb relació a unes coordenades geogràfiques) i per un conjunt de descripcions (atributs descriptius o alfanumèrics). El model de dades permet relacionar i unir atributs gràfics i no gràfics. Els atributs descriptius indiquen què és i com és l'objecte. El número identificador que és únic per a cada objecte de la capa s'emmagatzema en l'arxiu o mapa d'objectes i en la taula d'atributs, d'aquesta manera es garanteix una correspondència entre els atributs gràfics i descriptius.

Les relacions s'estableixen tant des del punt de vista posicional com topològic. Les dades posicionals indiquen on és l'element i les dades topològiques informen sobre la ubicació de l'element amb relació als altres.

En Figura 6.2: es poden distingir diferents capes sobre una mateixa realitat: la vegetació, la geomorfologia, límits del cens, parcel·lari urbanístic, parcel·lari cadastral, xarxa viària etc. Es podria combinar la capa de parcel·lari cadastral (capa que conté informació de les parcel·les segons cadastre) amb la xarxa viària (capa que conté el carrer actualitzat d'un municipi, per exemple) per tal de situar l'adreça postal correcta dels titulars d'una finca.

Fins ara s'han descrit els diferents tipus d'atributs sense entrar en el detall de com representarlos en un sistema d'informació. En el cas dels atributs descriptius aquest fet no implica res de nou, però, i en el cas dels atributs geogràfics, com es poden representar les dades geogràfiques en un sistema d'informació?. Existeixen dos models: el vectorial i el *raster*, que es descriuen en el pròxim punt.

6.5 Models de dades per atributs geogràfics

Un cop introduït el concepte d'atributs geogràfics, aquests s'han de poder representar en un model comprensible per un sistema d'informació. Existeixen dos models per fer-ho: el vectorial i el *raster*. A continuació es descriuen les seves principals característiques, els avantatges i els inconvenients.

6.5.1 Model Vectorial

En el model vectorial els objectes es representen a partir de parells de valors (x,y) que representen la ubicació d'un punt concret en la Terra. Mitjançant l'agrupació d'aquests parells

en vectors s'aconsegueixen línies que permeten representar objectes amb una continuïtat. L'agrupació de línies permet representar figures més complexes, com per exemple polígons irregulars.

El model vectorial intenta representar els objectes amb formes geomètriques semblants a les que té l'objecte original i, per aconseguir-ho, realitza agrupacions dels elements principals, punts i línies.

Seguint amb l'exemple anterior de la Figura 6.1 una farola es representaria per un parell de valors (x_1, y_1) , un carrer per un vector de valors $(x_{1..n}, y_{1..n})$, i el terreny d'una casa per l'agrupació de diverses línies.

En la Figura 6.3: es mostra com mitjançant punts, línies i agrupacions de línies, es poden descriure les formes dels elements i quins valors es guarden per descriure cada forma.

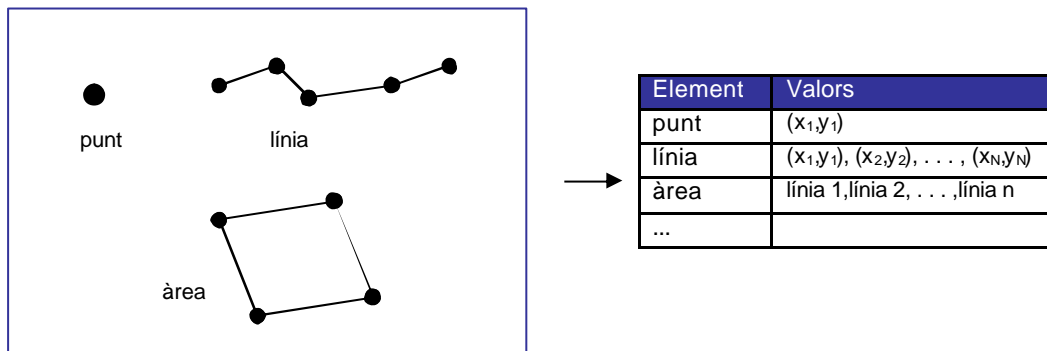


Figura 6.3: Exemple de model vectorial.

Els principals avantatges i inconvenients del format vectorial són:

Avantatges:

- El fet de tenir identificades les coordenades punt a punt fa que amb aquest model es pugin obtenir gràfics i mapes més precisos.
- La representació de les figures contínues amb vectors de valors (x,y) , i la possibilitat de connectar aquests vectors fa ideal aquest model per a l'anàlisi de xarxes.
- Com que només es guarda la informació dels objectes concrets que es volen analitzar i no una representació de tota la realitat, aquest model ocupa menys espai a l'hora de guardar les dades.
- La relació entre objecte i coordenades fa molt més senzilla l'actualització de dades, ja que es pot fer només d'uns objectes en concret.

Desavantatges:

- L'estructura de punts vectors i les possibles agrupacions és complexa.
- No és adequat per a l'anàlisi de superfícies.
- No és adequat per a representar límits difusos, ja que l'element bàsic del model, el parell de valors (x,y) no admet una interpretació difusa.

En la Figura 6.4: es mostra la representació d'una mateixa realitat en els dos models. A la part inferior esquerra es mostra el model vectorial on els elements es representen per punts i línies i, a la part inferior dreta es pot veure el model *raster* on es realitza una divisió del terreny en cel·les i a cadascuna s'assigna un valor segons l'element majoritari que conté (camí, casa, etc.).

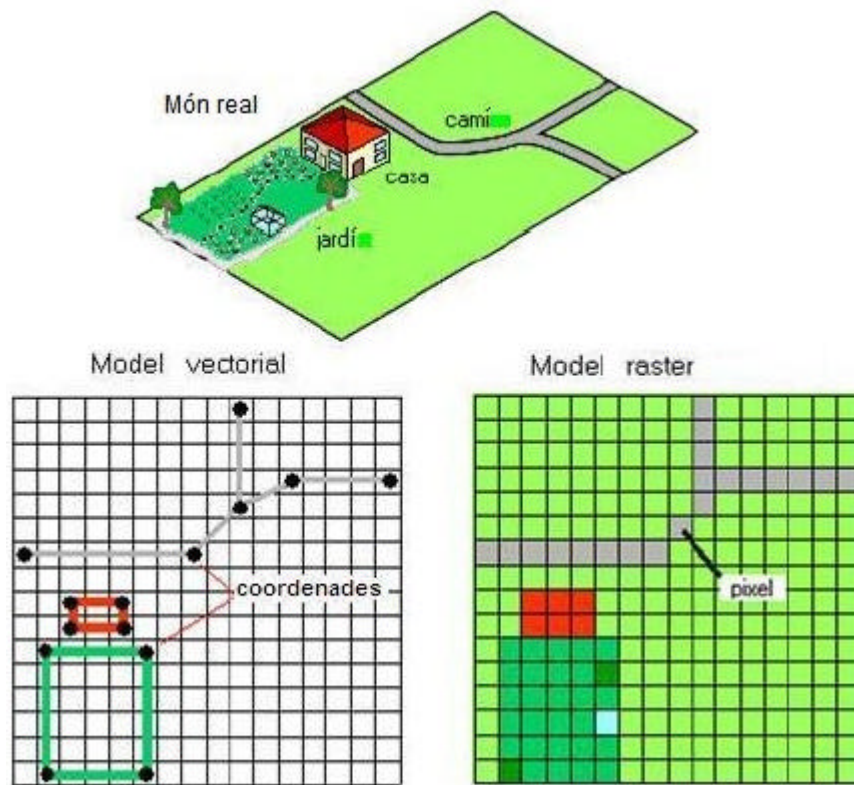


Figura 6.4: Diferències entre el model vectorial i model raster

6.5.2 Model raster.

En el cas del model *raster* per modelar els objectes del món real, es divideix la superfície a analitzar en una matriu de cel·les, posteriorment s'assigna a cada cel·la un determinat valor que dependrà de la informació que es vulgui representar i que serà representatiu de tots els elements que englobi la cel·la. La cel·la representa la unitat mínima d'informació i s'anomena píxel. Els píxels estan associats a un valor d'una variable determinada. En el cas que en un mateix espai geogràfic hi hagin diferents variables, portaria a que cada variable estaria representada en un mapa o capa diferent.

Els seus principals avantatges i inconvenients són:

Avantatges:

- El fet de guardar només un valor per cada cel·la fa que l'estructura de dades sigui més simple.
- És un model ideal per analitzar àrees ja que permet representar molt fàcilment la característica principal d'una determinada superfície (el valor de la cel·la) .
- La tecnologia per implementar-lo és més barata.
- Realitza una bona representació de límits difusos ja que, al contrari del model vectorial, en aquest cas l'element bàsic (la cel·la) ja difumina per si mateixa la superfície que representa.

Desavantatges:

- Requereix un volum important de dades, ja que quan es vol analitzar una superfície, s'ha d'assignar un valor a totes les cel·les que la representen, no es poden assignar només valors a les cel·les que contenen els objectes que s'analitzen.
- Poca exactitud en la representació d'elements, ja que es modelen superfícies i no elements.
- Inadequat per a l'anàlisi de xarxes, el fet de modelar superfícies en lloc d'elements fa que sigui molt difícil establir relacions entre diferents elements.



Figura 6.5: Foto aèria. Exemple d'imatge en format raster

6.6 Funcionalitats d'un SIG

Un SIG en sentit complet gestiona una base de dades espacial. Permet la creació i estructuració de les dades partint de fonts d'informació com els mapes, la teledetecció, bases de dades existents, etc. A més de possibilitar l'anàlisi, visualització i edició de mapes de la base de dades, un SIG disposa d'eines que permeten crear noves dades derivades de les existents. [14]

A continuació s'enumeren algunes funcionalitats:

- **Modelatge cartogràfic:** Creació de nous mapes a partir de mapes existents combinant atributs del terreny com ara la pendent, vegetació, tipologia del sòl, etc. Amb un model matemàtic es poden crear noves variables com ara, el risc d'incendis, l'índex d'erosió, etc.
- **Construir dades geogràfiques:** Mitjançant dades geomètriques existents amb CAD o capturant-los digitalment, vectorització d'imatges, GPS, etc., el sistema permet depurar-los i estructurar-los topològicament, associant-los amb bases de dades alfanumèriques. D'aquesta manera s'obtenen dades espacials que podran ser utilitzades per l'anàlisi.
- **Es poden preparar aplicacions a mida:** Un pla de control d'incendis, d'avaluació d'impactes ambientals, un model que pugui preveure un incendi o una inundació, aplicacions verticals com un sistema de gestió municipal per una empresa elèctrica, etc.

- **Anàlisi:** El SIG permet analitzar els mapes estructurats juntament amb bases de dades associades. Es poden interrogar per seleccionar les dades d'interès, veure els resultats interactivament escollint la simbologia en funció dels atributs associats i produir cartografia de qualitat.

6.7 Limitacions del SIG

Un SIG és un gran sistema informàtic i la seva implantació en una organització és sempre gradual i costosa. Es requereix l'adequació del sistema amb programació (freqüentment realitzada pel subministrador del SIG) i recopilació de les dades necessàries (subministrades per altres organitzacions o introduïdes pel client).

Per la seva explotació és necessària la concurrència de programadors conjuntament amb els professionals de l'àrea d'estudi en qüestió. No són eines d'usuari final, és a dir, per professionals no coneixedors del SIG.

6.8 Aplicacions d'un SIG

Les primeres aplicacions dels SIG van dependre de les necessitats locals, i per tant van ser diferents les unes de les altres depenent dels llocs on s'aplicaren. A Europa continental es va incidir especialment en els sistemes cadastrals i en bases de dades mediambientals. Les majors inversions en SIG a Gran Bretanya als vuitanta, van ser en sistemes d'empreses de serveis i en la creació d'una base topogràfica.

A Canadà es va realitzar una aplicació forestal capaç de determinar el volum de la tala a realitzar i identificar la via d'accés a aquesta tala. Els resultats es van entregar als governs locals de cada província. A la Xina i al Japó es va treballar en sistemes pel control i modernització de possibles canvis mediambientals.

Als Estats Units es va utilitzar la tecnologia SIG al projecte TIGER (*Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing*) realitzat pel *U.S. Census Bureau* i el *U.S. Geological Survey*. Aquest projecte es va dissenyar per realitzar la descripció posterior del cens de 1990 i va produir una descripció informàtica de la xarxa de transport dels EEUU de 170 milions de dòlars.

En l'actualitat els SIG estan en constant expansió i cada cop són més les àrees on s'apliquen. La majoria de les dades que s'analitzen en els sistemes d'informació tenen una part espacial que fins al moment s'havia ignorat pels costos d'implementació d'un SIG, però que cada cop més, s'incorpora per millorar-ne la gestió. Aquest creixement fa difícil parlar d'àrees o sectors específics d'aplicació dels SIG, tot i així hi ha uns grans grups on es troben més consolidats, alguns exemples són: [13]

- **Anàlisi de xarxes**
 - Planificació de rutes i encaminament de vehicles.
 - Desenvolupament de plans d'evacuació.
 - Gestió de flotes de transport.
 - Anàlisi de xarxes de distribució d'energia i aigua
 - Suport a la gestió
 - Localització de cables i tubs subterranis.
 - Balancejat de consums de matèries primeres segons la demanda en determinades zones.
 - Planificació d'intervencions.
 - Explotacions agrícoles.
 - Xarxes de telecomunicacions.
 - Gestió del cadastre.

- Planificació del territori.
- Arqueologia.
- Planificació demogràfica
- **Recursos naturals**
 - Gestió de parcs naturals.
 - Anàlisi de rutes de migració.
 - Simulació d'aigües subterrànies i impactes de contaminació.
 - Avaluació de l' impacte ambiental de determinades actuacions.

6.9 Resum

En aquest capítol s'ha introduït el concepte de SIG començant amb una definició formal, i després enumerant-ne els seus components, aprofundint en un dels elements que més els diferencia dels altres sistemes d'informació, el fet de treballar amb dades geogràfiques. S'ha definit què s'entén per aquestes i amb quins models es poden representar.

S'ha fet una descripció de la funcionalitat d'un SIG, les seves limitacions i s'han donat exemples d'aplicacions.

Dins d'aquest conjunt de particularitats d'un SIG es troba la capacitat de guardar informació d'elements ubicats sobre la superfície terrestre, i poder mostrar informació en un mapa pla, però com es fa referència als elements? I encara més, com un cop es tenen els valors es poden mostrar en un pla que representi una superfície esfèrica com és la Terra?. Per tal de respondre aquestes preguntes en el següent capítol es realitza una breu introducció a la Geodèsia i la Cartografia, on es veu com s'ubica un objecte mitjançant un sistema de coordenades i com després es poden passar aquestes coordenades a un mapa pla.

7 CONCEPTES SOBRE CARTOGRAFIA I GEODÈSIA

Un cop adquirida una visió global de què són els SIG, en aquest capítol es realitza una introducció a dues ciències relacionades amb ells: la Geodèsia i la Cartografia. L'àmbit d'aquestes és molt ampli i no és exclusiu dels SIG. Al llarg d'aquest capítol s'introduiran aquells conceptes que serviran per donar una resposta a tot un seguit de reptes que es plantegen a l'hora d'implantar un SIG, com ara:

- Com aconseguir les coordenades d'un objecte ubicat en la superfície terrestre.
- Com representar una superfície terrestre i els seus elements en un pla.

Per fer-ho, primer es donarà una visió global de com passar d'una ubicació en la superfície terrestre a un punt en el pla, indicant quins són els principals processos i a quina ciència involucren. Posteriorment s'entrarà en més detall en cadascun d'ells.

Els punts en els quals s'estructura el capítol són:

- **Definició de Geodèsia i Cartografia:** es defineixen aquest dos conceptes.
- **Representació de la forma de la Terra, el geoide:** s'explica com representar la forma de la Terra per tal de poder referenciar la posició dels elements.
- **Una aproximació del geoide, l'el·lipsoide:** s'introdueix un element nou: l'el·lipsoide, que facilita els càlculs per passar d'una posició sobre la Terra a un mapa pla.
- **Els sistemes de coordenades:** s'explica el sistema de coordenades geodèsiques i el sistema de coordenades rectangulars planes
- **El Datum:** es defineix aquest concepte.
- **Projeccions cartogràfiques:** es descriuen els diferents tipus fent esment d'alguns exemples i indicant les seves principals característiques.
- **La projecció UTM:** es descriu aquest tipus de projecció.
- **Resum:** es fa una recapitulació dels continguts.

7.1 Esquema del pas d'una superfície terrestre al pla

En aquest primer punt es mostra una visió global de com representar una superfície terrestre en el pla. En la Figura 7.1 es mostra un esquema de com es realitza tot el procés indicant sobre què estan referenciats els objectes, quins processos s'han de realitzar per passar d'un model de referència a un altre, quin nom reben aquests processos (reducció o projecció) i a quina ciència pertanyen (Geodèsia o Cartografia). En aquesta figura s'introdueixen els termes geoide i el·lipsoide, que es descriuen en els punts 7.3 i 7.4 respectivament.

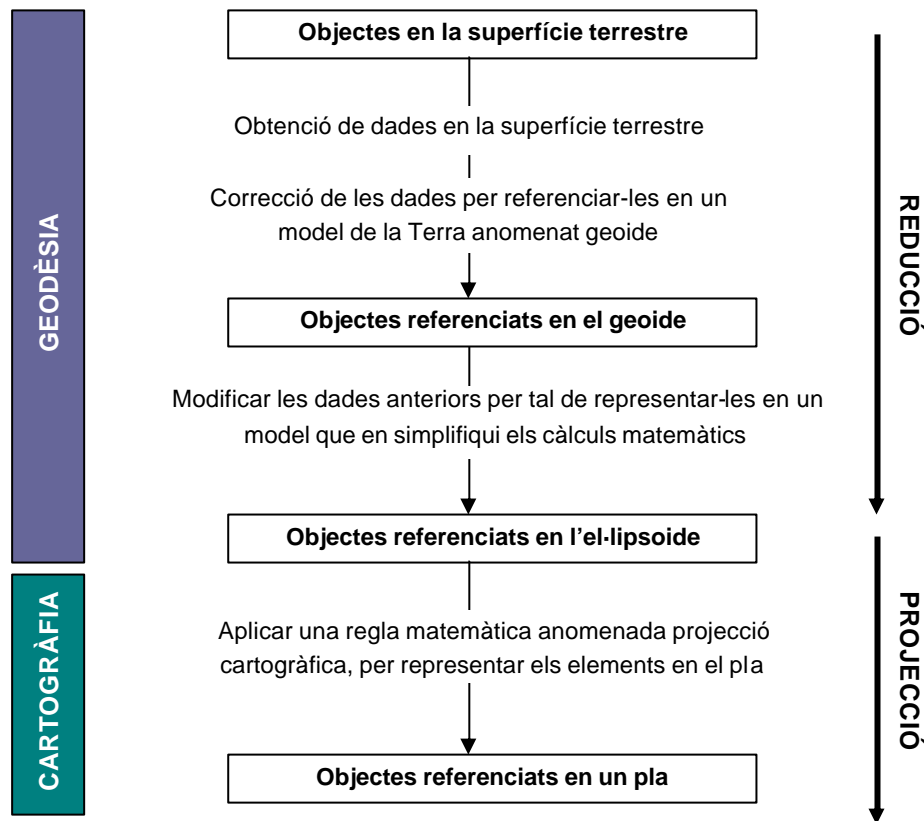


Figura 7.1: Pas de referències en la Terra al pla.

A continuació es veuen amb més detall els processos descrits en la figura.

7.2 Definició de Geodèsia i Cartografia

Abans d'aprofundir en conceptes més concrets de Geodèsia i Cartografia, és convenient donar-ne una definició per saber quin és l'àmbit de cadascuna d'elles.

7.2.1 Geodèsia

La Geodèsia és la ciència que estudia la forma, dimensions i camp gravitatori de la Terra en superfícies extenses [21]. El camp de la geodèsia és molt ampli i per aquest motiu convé distingir-ne les diverses branques:

Geodèsia esferoïdal: estudia la forma i dimensions de la Terra i la resolució de problemes sobre aquesta (mesures, distàncies, ..)

Geodèsia física: estudia el camp gravitatori de la Terra.

Astronomia geodèsia: estudia els mètodes astronòmics que permeten determinar les coordenades geogràfiques d'uns determinats punts fonamentals anomenats *Datum*.

Geodèsia espacial o còsmica: utilitza satèl·lits artificials per als seus càlculs.

Des del punt de vista pràctic una de les principals aplicacions de la geodèsia és que mitjançant les seves tècniques és possible representar amb mapes cartogràfics superfícies terrestres molt extenses.

7.2.2 Cartografia

L'objectiu d'aquesta ciència és estudiar com representar una part extensa de la superfície terrestre o la seva totalitat en un mapa pla [20]. Tenint en consideració que la Terra es considera esfèrica o el·lipsoïdal, no és possible representar-la en un pla sense que això impliqui deformacions. Per tant, la cartografia estudia els sistemes de projeccions (veure 7.7) més

En la Figura 7.2 es mostra un el·lipsoide i els corresponents semieix major "a" i semieix menor "b".

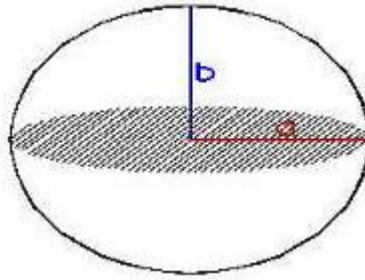


Figura 7.2: Paràmetres que defineixen un el·lipsoide

Com a resum, i per aclarir els conceptes de superfície real, geoide i el·lipsoide, en la Figura 7.3 es mostra quines serien les diferències a l'hora de modelar una mateixa superfície. Com es pot observar el geoide és el model que més s'assembla a la realitat, però per la seva forma l'el·lipsoide és molt més fàcil de representar matemàticament.

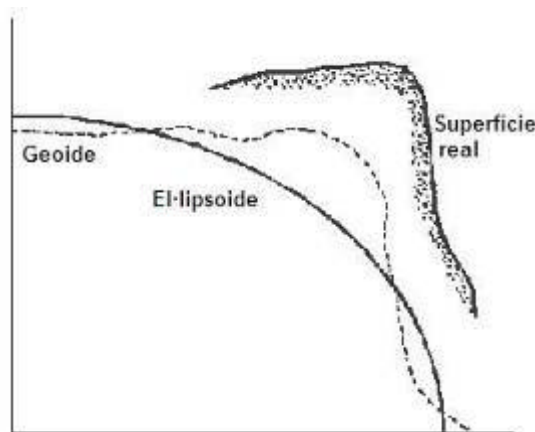


Figura 7.3: Diferències entre superfície real, Geoide i el·lipsoide.

7.5 Els sistemes de coordenades

Un cop es té un model sobre el qual projectar els punts de la superfície terrestre ja se'n poden determinar les coordenades, és a dir, una col·lecció de valors que determinen la posició d'un punt en l'esfera terrestre segons el model de referència adoptat. En aquest punt s'introduiran dos sistemes de coordenades: les coordenades geodèsiques i les rectangulars planes, les primeres donen la posició d'un punt de la superfície terrestre sobre l'el·lipsoide de referència adoptat, les segones permeten representar els punts sobre un mapa pla.

7.5.1 Sistema de coordenades geodèsiques

El sistema de coordenades geodèsiques dona la posició d'un punt de la superfície terrestre sobre l'el·lipsoide de referència adoptat. En la Figura 7.4 es mostra quines són les variables necessàries per calcular-les i amb quins valors es representen.

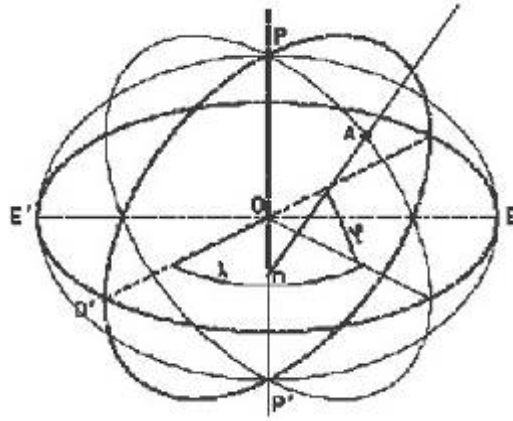


Figura 7.4: Coordenades geodèsiques.

Tenint com a referència la Figura 7.4, per calcular les coordenades d'un punt "A" sobre l'el·lipsoide de referència primer s'han de definir les següents variables:

- Meridià d'origen: queda definit pels punts PO'P' i és un pla arbitrari que conté l'eix de rotació de la Terra. Actualment aquest meridià és el de *Greenwich*, que és el nom de la ciutat per on passa.
- El meridià que passa pel punt A: queda definit pels punts PAP'.
- El pla equatorial: queda definit pels punts EO'E', és un pla perpendicular a l'eix de rotació de la Terra que passa pel centre d'aquesta.
- Vertical geodèsica: és la normal a l'el·lipsoide en el punt A.
- Vertical geocèntrica: és la línia que passa pel punt A i pel centre de l'el·lipsoide.

Amb aquestes variables s'obtenen els següents valors que representen les coordenades del punt:

- Latitud geodèsica: és l'angle f format per la vertical geodèsica (línia An) i el pla equatorial. Es mesura amb graus sexagesimals.
- Longitud geodèsica: és l'angle λ format pel pla del meridià d'origen (PO'P') i el meridià que passa pel punt A (PAP'). Es mesura amb graus sexagesimals.

Aquest sistema de coordenades expressa els seus valors en angles i això el fa poc pràctic per a la utilització en cartografia, per aquest motiu és més freqüent utilitzar els sistema de coordenades rectangulars planes.

7.5.2 Sistema de coordenades rectangulars planes

El sistema de coordenades rectangulars planes permet representar un punt de la Terra sobre un mapa pla. El pas de l'el·lipsoide al pla no és un procés senzill, ja que no es pot realitzar sense que es produeixin distorsions. Aquest procés matemàtic es coneix amb el nom de projeccions cartogràfiques i es veurà amb més detall en el punt 7.7.

Per tant, si es parteix d'unes coordenades geodèsiques expressades amb valors angulars (f, λ), aplicant-hi unes determinades funcions matemàtiques anomenades projeccions cartogràfiques és possible aconseguir unes coordenades en un pla (x, y).

$$x = f_1(f, \lambda) \quad y = f_2(f, \lambda) \quad \text{Eq. 7.3}$$

Un cop escollit el model on projectar els punts de la superfície terrestre i com calcular-ne les coordenades, és el moment d'entrar en el món de la Cartografia. En els següents punts

s'explicarà amb més detall en què consisteixen les projeccions cartogràfiques i quines opcions hi ha, abans però, és necessari definir el concepte de *Datum*.

7.6 El Datum

Si abans s'ha dit que l'el·lipsoide defineix la forma de la Terra, el *Datum* defineix la posició de l'el·lipsoide en relació amb el centre de la Terra.

En Geodèsia existeixen dos tipus de *Datum*: els verticals i els horitzontals. Els primers són utilitzats per calcular les alçades i els segons per calcular la longitud i la latitud. Per calcular les coordenades en un pla només són necessaris els segons.

El *Datum* horitzontal ve determinat per [21]: l'el·lipsoide.

El punt fonamental: és el punt en el qual la superfície del geode i la de l'el·lipsoide de referència són tangents.

7.7 Projeccions cartogràfiques

La cartografia estudia els processos més adequats per passar d'uns punts sobre l'el·lipsoide a punts en el pla, el què s'anomena projeccions cartogràfiques. Aquest procés no es pot realitzar sense que sorgeixin certes deformacions anomenades **anamorfosi** (que poden ser lineals, superficials o angulars) i, per tant, s'ha de decidir quina és la projecció més adequada en cada cas.

A continuació es detallen els diferents tipus de projeccions que existeixen, indicant quin és el mètode que utilitzen, i fent esment dels exemples més importants.

7.7.1 Projeccions Cilíndriques

Una projecció cilíndrica es considera com un cilindre que s'ubica tangent a la Terra per l'equador. Si es projecten els diversos punts de la Terra sobre el cilindre i després es desplega s'obté una representació en el pla.

Segons la col·locació del cilindre existeixen diversos tipus de projeccions cilíndriques.

7.7.1.1 Projeccions Cilíndriques regulars

Les projeccions cilíndriques regulars són aquelles en les quals el cilindre és tangent a l'equador (veure Figura 7.5). Algunes de les més importants són:

- **Equirectangular** : Es tracta del sistema de projecció més antic, va ser inventat l'any 100 a.c. i a partir del segle XVIII es va deixar d'utilitzar. Com el seu nom indica tant els paral·lels com els meridians estan espaiats regularment.
- **Projecció de Mercator**: Va ser ideada l'any 1569 per Gerardus Mercator. Una de les seves principals virtuts és aconseguir que els desplaçaments en una direcció constant siguin una línia recta. Per aconseguir-ho, separa la distància dels paral·lels, provocant una deformació a mesura que augmenta la latitud que la fa inutilitzable a partir dels 70° de latitud nord o sud.
- **Projecció cilíndrica equiàrea de Lambert**: Fou definida per Lambert el 1792 i té com a principal característica conservar les àrees del terreny. Per aconseguir-ho els meridians estan regularment espaiats mentre que els paral·lels es van ajuntant a mesura que augmenta la latitud.

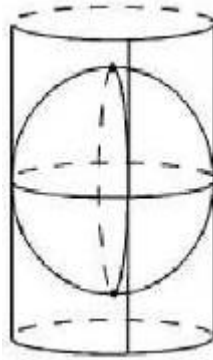


Figura 7.5: Projecció cilíndrica regular.

7.1.1.2 Projeccions Cilíndriques transverses

En les projeccions cilíndriques transverses, el cilindre s'ubica tangent a l'equador de la Terra i posteriorment es gira 90 graus (veure Figura 7.6). D'aquesta manera al final queda tangent al meridià central en lloc de l'equador. Algunes projeccions d'aquest tipus són:

- **Projecció transversa de Mercator:** Va ser introduïda per Lambert l'any 1772 i ha anat sofrint diverses modificacions. Tal i com es veurà més endavant aquesta és la base de la projecció UTM.
- **Projecció de Cassini:** Va ser ideada per Giovanni Cassini i consisteix en una projecció equirectangular (els paral·lels i els meridians equiespaiats) però amb el cilindre ubicat de forma transversal. Al llarg del segle XX ha caigut en desús.

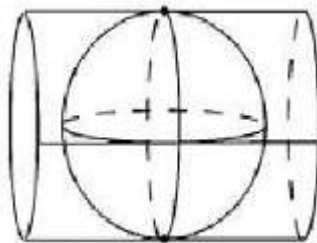


Figura 7.6: Projecció cilíndrica transversa.

7.1.1.3 Projeccions Cilíndriques obliqües

En les projeccions cilíndriques obliqües, un cop ubicat el cilindre tangent a l'equador es gira 45 graus (veure Figura 7.7). Una de les més destacades és:

- **Projecció obliqua de Mercator:** Va ser introduïda per Charles Peierce l'any 1894 i ha estat utilitzada a l'Àfrica i l'Amèrica Central.

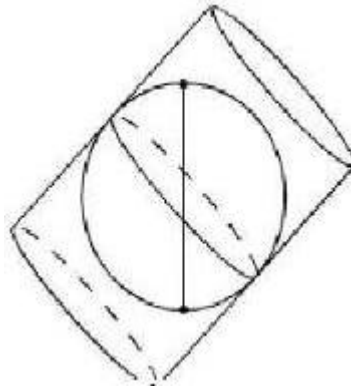


Figura 7.7: Projecció cilíndrica obliqua.

7.7.2 Projeccions Còniques

Les projeccions còniques s'efectuen ubicant un con tangent a la Terra al llarg d'un paral·lel de latitud mitja (veure Figura 7.8) . L'aspecte dels mapes amb aquesta projecció és el d'un seguit de rectes convergents a un punt (els meridians) i, un seguit de cercles concèntrics de diferents radis (els paral·lels). Aquests tipus de projeccions són interessants per superfícies petites però per grans superfícies presenten un alt grau de distorsió.

Alguns exemples són:

- **Projecció simple o equidistant:** conserva les distàncies.
- **Projecció conforme de Lambert:** conserva els angles.
- **Projecció cònica equiàrea de Lambert:** conserva els angles.
- **Projecció cònica equiàrea de Albers:** conserva les distàncies.

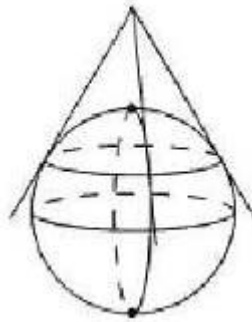


Figura 7.8: Projecció cònica.

7.7.3 Projeccions planes

En les projeccions planes s'ubica un pla tangent a la Terra, després es fa incidir una font de llum a l'interior de l'esfera i sobre la retícula de meridians i paral·lels, aquesta es projecta sobre el pla i s'obté així la projecció (veure Figura 7.9).

Els diferents tipus de projeccions es diferencien per la ubicació de la llum:

- **Projecció gnòmica:** la font de llum està a l'interior de l'esfera.
- **Projecció estereogràfica:** la font de llum està a les antípodes del punt considerat.
- **Projecció ortogràfica:** la font lluminosa està ubicada en l'infinit.

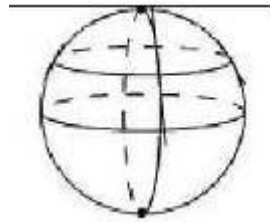


Figura 7.9: Projecció plana.

Un cop introduïts els diferents tipus de projeccions i les seves principals característiques, en el següent punt es descriu la projecció UTM, una de les projeccions més utilitzades.

7.8 La projecció UTM.

La projecció UTM és el sistema de projecció cartogràfica més utilitzat avui en dia. Les seves sigles "UTM" signifiquen *Universal Transverse Mercator*, ja que es basa en la projecció cilíndrica transversa que va idear aquest matemàtic i geògraf flamenc.

Pel fet de ser una projecció cilíndrica la superfície sobre la que es projectaran els punts de l'el·lipsoide és un cilindre i, al ser transversa, el cilindre està ubicat de tal manera que el seu eix de rotació està en el pla de l'equador i, és tangent a l'el·lipsoide en una línia que definirà un meridià d'origen. Els punts de l'el·lipsoide es projecten en el cilindre mitjançant fórmules matemàtiques i després el cilindre es desenvolupa en el pla de tal manera que l'eix Y queda determinat pel meridià d'origen i l'eix X per la tangent del cilindre al equador. En la

Figura 7.10 es mostra la relació de l'el·lipsoide amb el cilindre i quins són els eixos "X" i "Y" descrits anteriorment.

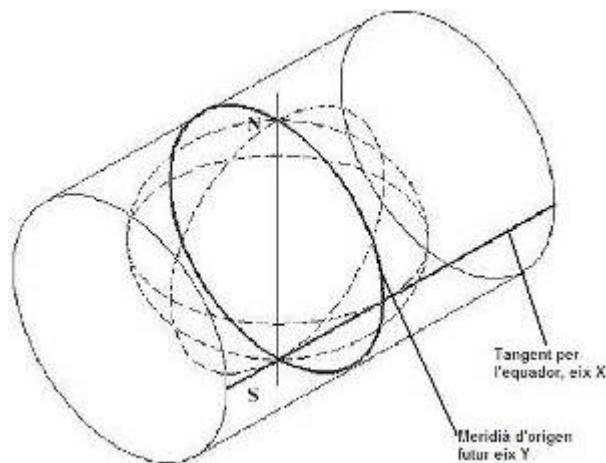


Figura 7.10: Projecció UTM

Les coordenades UTM es determinen mitjançant l'aplicació de funcions matemàtiques a coordenades geogràfiques de l'el·lipsoide, de tal manera que s'estableix una relació bijectiva entre el parell de valors (longitud, latitud) expressats en l'el·lipsoide i el parell cartesià (x, y) expressats en la pla.

Per l'elaboració de la projecció UTM s'han de definir els següents paràmetres:

- L'el·lipsoide de referència: tot i que la projecció no en fitxa cap, l'any 1930 l'Associació Internacional de Geodèsia va recomanar la utilització de l'el·lipsoide internacional de Hayford (semieix major (a)= 6378388,0 i semieix menor (b)= 6356911,946130)
- El *Datum*: és particular de cada zona on es realitzi la projecció. En el cas de Catalunya és el *Datum* d'Europa occidental o *Datum* de *Postdam*.
- Un sistema de representació pla conforme: és un sistema de representació que conserva els angles; en aquest cas s'utilitza el de Gauss.

Fruit de l'elecció d'aquest últim paràmetre (el sistema de projecció pla conforme de Gauss) sorgeixen dos inconvenients a aquest sistema de projecció:

El primer és el fet de que per latituds superiors als 80° tant nord com sud, les deformacions que apareixen són intolerables i el sistema no és vàlid. Per aquest primer problema el sistema no ofereix cap solució i el que es fa és utilitzar altres sistemes de projecció quan les superfícies a projectar s'ubiquen en aquestes latituds.

El segon problema és el fet que el sistema de representació no sigui vàlid per superfícies molt grans, ja que també provoca l'aparició de deformacions. En aquest cas sí que el sistema de projecció ofereix una solució, i divideix a Terra en zones o fusos de 6° de longitud. Un cop feta aquesta divisió el sistema realitza la projecció sobre el cilindre només dels punts que estan inclosos en el fus, evitant així que apareguin distorsions. Una conseqüència directa d'aquesta solució és que les coordenades que s'obtenen tenen validesa en la zona on s'han projectat i que per tant quan es dona el valor de les coordenades UTM sempre s'ha d'indicar la zona en la qual tenen sentit.

Les coordenades UTM s'expressen en unitats de longitud i estan referides al meridià central de la zona que es tracta, en el cas de l'eix d'abscisses (X) i, per l'equador en l'eix d'ordenades (Y). Al contrari del que es podria pensar, les coordenades UTM no tenen mai valors negatius, això s'aconsegueix canviant els valors del teòric punt (0,0). Així en el cas de les X el punt 0 sempre pren per valor 500.000 metres, però en el cas de les Y el punt 0 en l'hemisferi nord pren el valor 0 i en l'hemisferi sud pren el valor 10.000.000 metres. En la Figura 7.11 es mostra el càlcul de les coordenades en una determinada zona UTM i quins valors pren el teòric punt (0,0) per tal de que les coordenades no prenguin valors negatius en cap dels dos hemisferis.

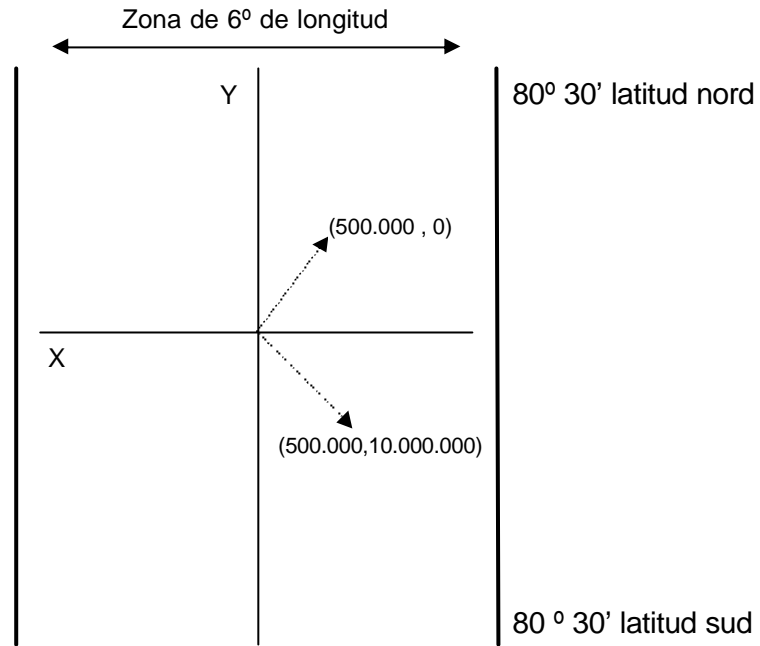


Figura 7.11: Càlcul de coordenades en una zona UTM.

Actualment el sistema de projecció UTM és l' utilitzat per les administracions públiques, incloent l'Institut Cartogràfic de Catalunya [26], per aquest motiu se'n fa una menció especial.

En la Figura 7.12 es mostra un exemple de projecció UTM on es dibuixen les diferents zones de 6° de longitud i on es pot observar que per damunt de certes latituds les deformacions són inacceptables .

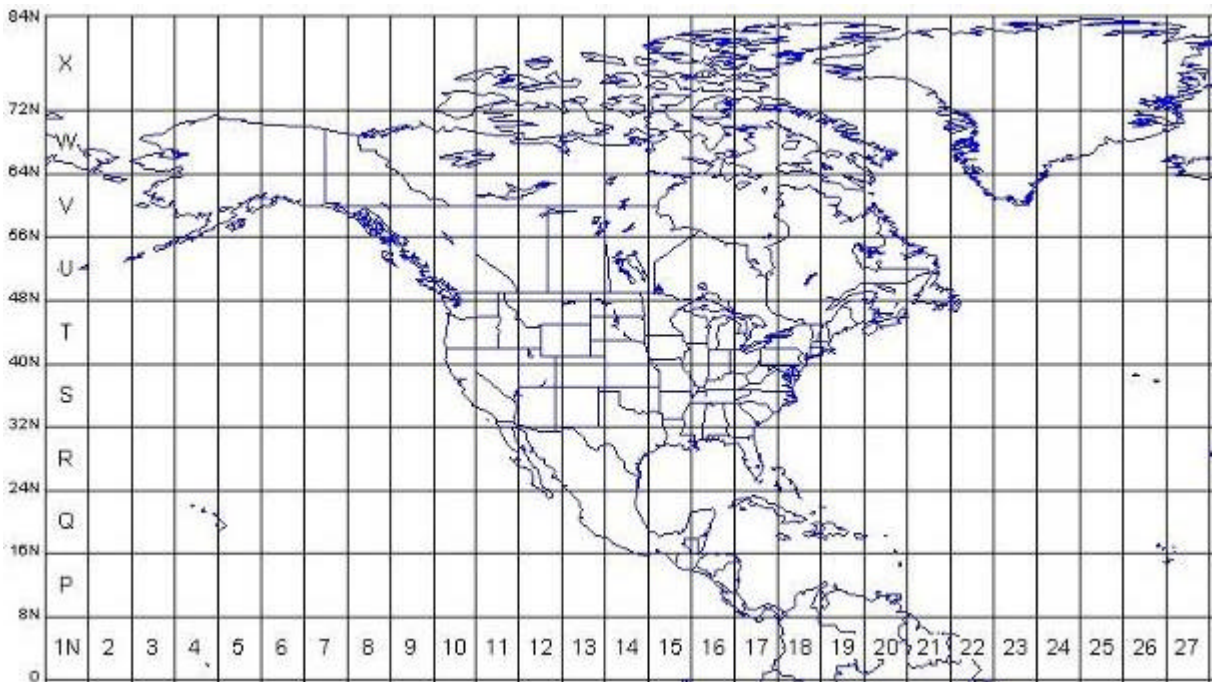


Figura 7.12: Projecció UTM amb les divisió en zones de 6° de longitud.

7.9 Resum

En aquest capítol s'ha realitzat una breu introducció a la Cartografia i la Geodèsia amb l'objectiu de donar resposta a dues de les qüestions que es plantegen a l'hora de crear un SIG: com indicar la ubicació d'un objecte en la superfície de la Terra i com representar una superfície terrestre en un mapa pla. Per donar resposta a la primera qüestió s'han explicat els sistemes de coordenades i per donar resposta a la segona s'han explicat les projeccions. També s'ha explicat una de les projeccions més utilitzades actualment, la projecció UTM. En el següent capítol es mostren les principals estructures de dades espacials i el seu emmagatzematge.

8 ESTRUCTURES DE DADES ESPACIALS I EMMAGATZEMATGE

En aquest capítol es comença per donar una visió general de com es fa la representació digital; com passar d'una complexitat del món real a una representació simplificada intel·ligible pel món dels ordinadors. A partir d'aquí es defineixen dos models bàsics que s'utilitzen per estructurar la informació geogràfica: el model *raster* i el model vectorial.

A continuació s'explica quins estàndards d'emmagatzematge i especificacions s'utilitzen per permetre l'intercanvi tant de dades vectorials com serveis geogràfics entre diferents sistemes.

Finalment, es parla d'un repositori de dades espacials: *Oracle Spatial*.

8.1 Els objectes geogràfics i la representació digital de la informació espacial

La representació digital de les entitats espacials requereix localitzar cada objecte de manera específica. Així les entitats geogràfiques habituals com els edificis, carreteres, parcel·les i municipis, són fàcilment substituïbles per punts, línies o polígons. Un cop localitzats, s'hauran d'establir les relacions existents entre cada element geogràfic respecte dels demés. La conversió de les relacions de posicionament espacial a format digital necessita d'un procés de geocodificació dels elements geomètrics resultants, en un marc de referència comú, que pot ser un sistema de coordenades de caràcter absolut (coordenades de latitud i longitud) o relatiu (qualsevol sistema de coordenades pla). La descripció de les relacions espacials de caràcter topològic, hauran de ser realitzades a partir d'un model de dades.

La construcció d'una base de dades espacial implica un procés d'abstracció per passar d'una complexitat del món real a una representació simplificada assequible pel llenguatge dels ordinadors. En la Figura 8.1: es mostra de manera gràfica aquest procés.

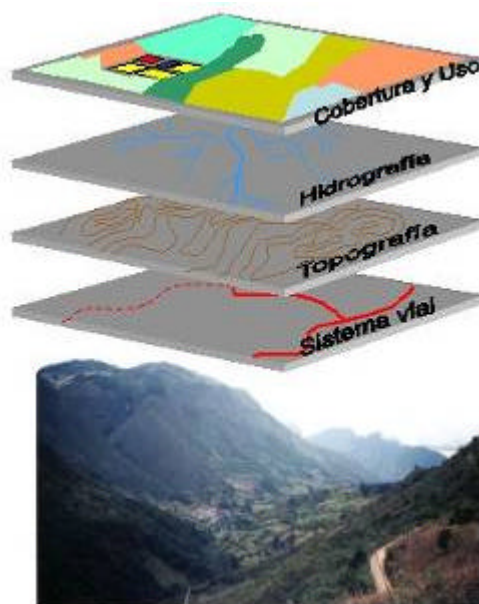


Figura 8.1: Procés d'abstracció del món real

8.2 Models de dades espacials

Tal i com s'ha definit anteriorment en el punt 6.5 hi ha dos models bàsics per estructurar la informació geogràfica: el model *raster* i el model vectorial. En el model *raster*, l'espai està dividit en cel·les o píxels i en el model vectorial la definició dels elements geogràfics que el formen: punts, línies i polígons, implica un posicionament relatiu en l'espai. La forma natural de representar aquesta situació és la geocodificació de les entitats espacials respecte a uns eixos de coordenades.

Podem definir un model de dades com:

"La conceptualització de l'espai" (*Gutiérrez y Gould, 1994*) [42].

"Un model de dades geogràfic és una abstracció del món real que utilitza una sèrie de dades objecte que l'ajuden a fer un desplegament de mapes, consultes, edició i anàlisi " (*ZEILER, 1999*) [44]

Per utilitzar un sistema d'informació sobre el món real és necessari resoldre els següents problemes: (*IGAC Conceptos básicos sobre sistemas de información geográfica, 1995*) [43]

- definir els objectes o entitats d'interès, els seus atributs i relacions
- classificar-los
- codificar-los
- assignar les normes de representació

En els dos punts següents es defineixen els dos tipus de models de dades espacials.

8.2.1 Model Vectorial

Per representar les entitats del món real s'utilitzen tres tipus d'objectes espacials (Figura 8.2:):

- **Punts:** Objectes espacials de 0 dimensions. Es pot representar qualsevol element amb punts que tinguin unes dimensions inapreciables des de la perspectiva cartogràfica.
- **Línies:** Objectes espacials d'una dimensió, les línies es defineixen com una successió de punts.
- **Polígons:** Objectes espacials de dos dimensions. Es representen amb una successió de línies tancades (p.e. un anell).

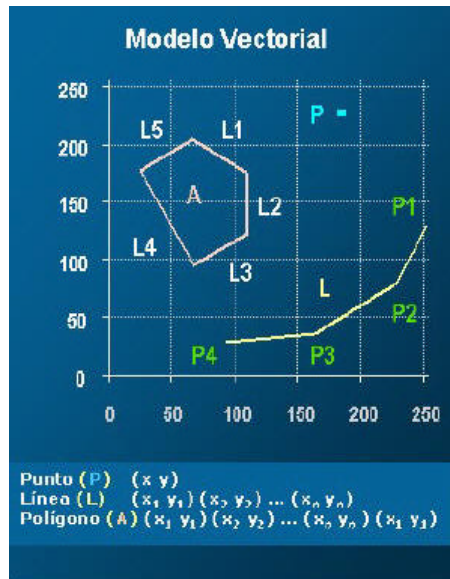


Figura 8.2: Model Vectorial

8.2.2 Model raster

“Proporciona una aproximació basada en objectes elementals (cel·les), que es poden agrupar per constituir objectes complexes que representen el món real” (Gutiérrez i Gould, 1994)” [42]

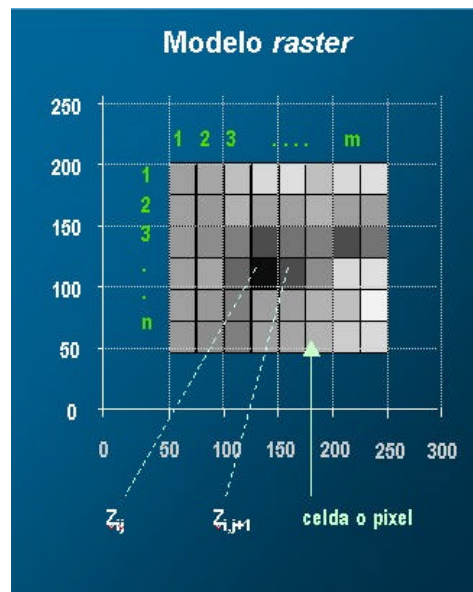


Figura 8.3: Model raster

La representació dels elements del món real es realitza de la següent manera (Figura 8.3.):

- **Un punt:** es representa amb una cel·la
- **Una línia:** es representa amb una successió de cel·les alineades.
- **Un polígon:** es representa amb una agrupació de cel·les contigües.

Un dels inconvenients és la falta de precisió en la localització dels elements, ara bé, les cel·les podrien ser petites, fins arribar a una precisió similar a la del model vectorial però es necessitaria molt d'espai per emmagatzemar-los i el seu processament seria molt costós.

8.3 Estructures de dades espacials

Es defineix com estructura de dades com:

“La implementació de la conceptualització del model de dades en un ordinador”
(Gutiérrez y Gould, 1994) [42] .

Per tant, es podria definir com la descripció més detallada dels objectes geogràfics i el seu emmagatzemament mitjançant procediments com, la codificació de grups de longitud variable en el model *raster* o les llistes de coordenades en el model vectorial (Laurini y Thomson, 1992 [45]; Gutiérrez y Gould, 1994) [42] .

Perquè la informació geogràfica sigui ràpida i efectiva s'ha d'estructurar en bases de dades per poder ser emmagatzemades independentment dels programes que les utilitzen.

Existeixen diversos models de Sistemes Gestors de Bases de Dades (SGBD), els més importants són: el jeràrquic, en xarxa, el relacional i l'orientat a objectes; cadascun amb les seves particularitats i el seu ventall de possibilitats [5]. Actualment el model més utilitzat és el relacional (tot i que amb algunes ampliacions). Els models en xarxa i el jeràrquic només s'utilitzen en aplicacions heretades. El model orientat a objectes, tot i ser útil en alguns tipus de sistemes d'informació, s'utilitza cada cop més com una extensió a les funcionalitats dels gestors relacionals.

Tot i que per implantar un SIG no és necessari utilitzar un model de SGBD concret, en la majoria dels casos s'utilitza el model relacional. Aquest està àmpliament contrastat en el tractament de dades no geogràfiques a causa de la seva utilització en altres tipus de sistemes d'informació, ara bé, quan s'aplica en el camp dels SIG, és necessari plantejar-se com implementar-hi algunes funcionalitats.

El principal repte al qual s'enfronta el model relacional a l'hora d'utilitzar-se en un SIG és com guardar atributs geogràfics (ja sigui en model vectorial o en model *raster*) i com vincular-los amb les dades descriptives de l'objecte al qual fan referència.

Existeixen dues opcions:

- **SGBD disjunt:** En aquest model s'utilitzen dos SGBD, un de relacional per guardar les dades descriptives dels objectes i un altre (que pot ser relacional o no) per guardar els atributs geogràfics. Per tal de poder relacionar els dos tipus d'atributs els sistemes comparteixen un identificador d'objecte.

Com a principals inconvenients d'aquesta opció destaquen la pèrdua de control i integritat sobre les dades que ofereix un sol SGBD i, la dificultat per intercanviar dades entre diferents SIG ja que cadascun utilitza el seu propi model per les dades geogràfiques.

- **SGBD integrat:** En aquest cas les dades es guarden totes en el mateix sistema, augmentant així el control i la integritat i facilitant les tasques d'administració ja que solament es treballa en un model de SGBD. Tot i així el model relacional no especifica

com guardar atributs del tipus geogràfic i, per tant, com fer-ho queda a la lliure elecció de cada SIG.

Actualment el model integrat va guanyant cada cop més terreny al model disjunt (aquest últim més utilitzat en els inicis dels SIG) però per treure'n tot el profit es fa necessari utilitzar un estàndard per incorporar els atributs geogràfics, això no tan sols simplificaria la gestió de les dades sinó que també permetria intercanviar dades entre diferents sistemes.

El model de base de dades orientada a objectes té un ampli camp de desenvolupament futur. La característica més important és que, en aquest tipus de bases de dades, els elements espacials del sistema i els seus atributs van junts, com caràcters inseparables. Els objectes actuen com entitats que van canviant d'acord als valors de les seves variables o atributs els quals poden ser modificats per la seva relació.

8.3.1 Estructures de dades en el model vectorial

Sobre el model vectorial que s'ha definit en el punt 8.2.1 es poden formular diverses estructures de dades que representen el mateix model de dades. Les més importants són: (Gutiérrez y Gould, 1994 [42]):

- **Llista de coordenades (estructura de dades *Spaghetti*).** Per a cada objecte espacial s'enregistra el seu identificador, seguit per una llista de coordenades dels vèrtexs (punts) que defineixen la seva posició a l'espai.

És la manera més senzilla de representar el model vectorial, però presenta una sèrie d'inconvenients. El més important és que el sistema emmagatzema informació sobre la localització dels elements però no sobre les relacions que existeixen entre els elements, és a dir, s'enregistra la geometria però no la topologia. Aquesta estructura de dades genera molta informació redundant (p.e. registra dos vegades les coordenades d'un costat comú de dos polígons).

- **Diccionari de vèrtexs.** Un mapa es representa amb dos arxius de dades: un arxiu està constituït per una relació de vèrtexs, en la que consten les coordenades X i Y , i l'altre arxiu amb els vèrtexs que defineixen cada objecte.

Aquesta estructura resol els problemes de repetició de coordenades dels punts de l'estructura *Spaghetti*, però la topologia dels objectes geogràfics no es coneix suficientment.

- **Estructura arc-node.** L'element fonamental és l'arc. On l'arc és una successió de línies que enllacen segments que comencen en un node i acaben en un altre. Els nodes es marquen on hi ha les interseccions entre línies o a on acaba una línia.

En aquesta estructura s'utilitzen diferents taules pel registre de les relacions topològiques: taula per la topologia de polígons, taula de topologia de nodes, taula de topologia d'arcs i taula de coordenades d'arcs.

L'inconvenient que té aquesta estructura, és que després de cada actualització es requereix una reconstrucció topològica. Això quan l'arxiu és gran pot resultar costós en temps.

- **Arxius DIME.** Són un dels primers exemples de representació vectorial en que es recull la topologia. La seva utilitat principal és la representació de polígons, creant-se una llista de vèrtexs amb noms i coordenades X,Y de cada un. L'objecte lineal es representa indicant en quin vèrtex comença i en quin vèrtex acaba.
- **TIN (*Triangulated Irregular Network*).** Aquesta estructura es basa en l'estructura arc-node, dissenyada especialment per representar l'elevació del terreny, però pot ser utilitzada per representar la distribució espacial de qualsevol variable contínua. Es tracta d'una xarxa de triangles irregulars interconnectats, en el que es registren les coordenades (X,Y) dels nodes que defineixen els triangles, el valor de l'elevació (Z) dels nodes i un valor que representa els triangles continus.

8.3.2 Estructures de dades en el model raster

- **Estructures raster simples.** Les més conegudes són:
 - Enumeració exhaustiva. Es tracta d'emmagatzemar un per un el valor de cada cel·la, d'acord amb la seqüència que s'estableixi, generalment fila a fila a partir de la cel·la superior.
 - Codificació per grups de longitud variable (*run length encoding*). La codificació no es fa valor a valor, sinó per grups de valors iguals seguits.
- **Estructures raster Jeràrquica .** Una derivació de les estructures convencionals per ordenar dades *raster*, la més coneguda és la dels arbres quaternaris (*quadrees*, veure Figura 8.4:). Es tracta d'operar en una mateixa capa amb diferents dimensions de blocs o grups de cel·les, el que significa treballar amb una resolució variable.

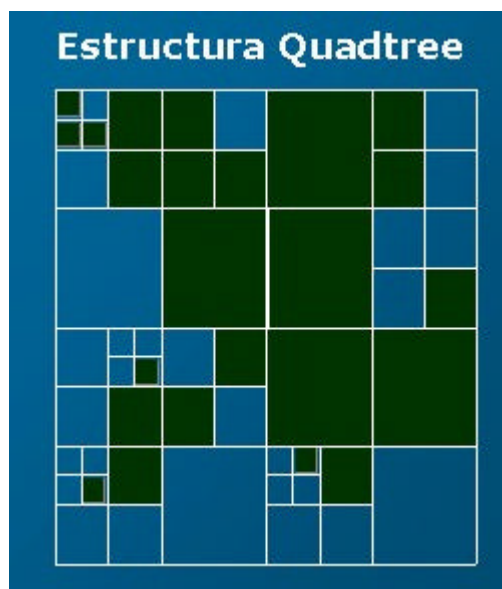


Figura 8.4: Estructura quadtree

Un cop vistes les estructures de dades més comunes en els models de dades tant *raster* com vectorial, ens centrarem en el model vectorial. En el punt següent es parlarà dels estàndards d'emmagatzematge per tal de guardar les dades en el model vectorial.

8.4 Estàndards d'emmagatzematge en el model vectorial

En la seva història, els SIG no s'han caracteritzat per la utilització d'estàndards a l'hora de guardar les dades o d'oferir interfícies de consulta. Aquest fet ha dificultat l'intercanvi d'informació entre diversos sistemes i, per tant, ha lligat la utilització d'un determinat programari d'anàlisi geogràfic amb el corresponent gestor de dades.

Per solucionar aquestes necessitats i com a resultat d'una iniciativa de diverses organitzacions públiques i privades, neix el 1994 l'*Open Geospatial Consortium (OGC)* [8], amb l'objectiu de definir estàndards i especificacions que permetin intercanviar tant dades com serveis geogràfics entre diferents sistemes [6]. Una de les especificacions és l'*OpenGis Simple Features Specifications for SQL* [7], que pretén definir un esquema SQL estàndard per gravar, consultar i actualitzar tota la informació d'un element geogràfic simple (*Simple geospatial feature*), entenent com a element geogràfic simple tot objecte que existeix en la superfície terrestre que es pot representar amb dues dimensions, i com informació els seus atributs geogràfics i descriptius.

La idea fonamental d'aquesta especificació és guardar els atributs geogràfics d'un objecte com un atribut més en les taules del model. Aquest objectiu es pot aconseguir de dues formes diferents: la primera incorporant unes determinades taules al model de dades del SIG per tal de representar els atributs geogràfics; i la segona ampliant els tipus de dades del gestor amb nous tipus anomenats "geometria". A continuació es mostra el detall de cadascuna d'elles.

8.4.1 Ampliació del model de dades

L'ampliació del model de dades del SIG consisteix en afegir un conjunt de taules i relacions definits en l'especificació *OpenGis Simple Features Specifications for SQL* [7], de tal manera que els atributs geogràfics es guardin com a claus foranes a una taula de geometries on, en una o més files es guarda mitjançant tipus numèrics o binaris la informació geogràfica (forma i ubicació). La idea d'aquesta opció es fonamenta en que no té sentit definir per cada SIG un model per guardar els atributs geogràfics, i que aquest hauria de ser comú a tots els SIG (veure Figura 8.5:).

Aquesta opció només ofereix un model per guardar i recuperar les dades geogràfiques però no defineix cap tipus d'operacions d'anàlisi espacial sobre aquestes, és a dir, així com en el cas dels atributs descriptius el SGBD és capaç de respondre a operacions com per exemple la suma de dos atributs enters, en el cas dels atributs geogràfics això no és possible.

En la Figura 8.5: es mostra un exemple de com s'amplia un disseny lògic. En aquest cas, en la taula *Feature Table* hi ha una columna que conté un atribut geogràfic, els valors de les coordenades dels elements que es guarden en aquesta columna es guarden en la taula *Geometry Columns* i, el vincle entre aquesta taula i la taula principal es realitza a través del *GID* (identificador de geometria). Per una altra banda el sistema també guarda en la taula *Geometry_Columns* del catàleg del sistema quines taules contenen columnes amb atributs geogràfics, i per cadascuna d'elles guarda quin sistema de coordenades utilitza. A l'hora de comprendre l'exemple és important entendre que la taula *Geometry Columns* de la part superior esquerra es guarda en el catàleg del sistema, i que les dues taules *Geometry Columns* de la part inferior dreta són dues maneres diferents de guardar els valors dels atributs geogràfics d'una taula que està en el mateix catàleg i esquema Figura 8.5: .

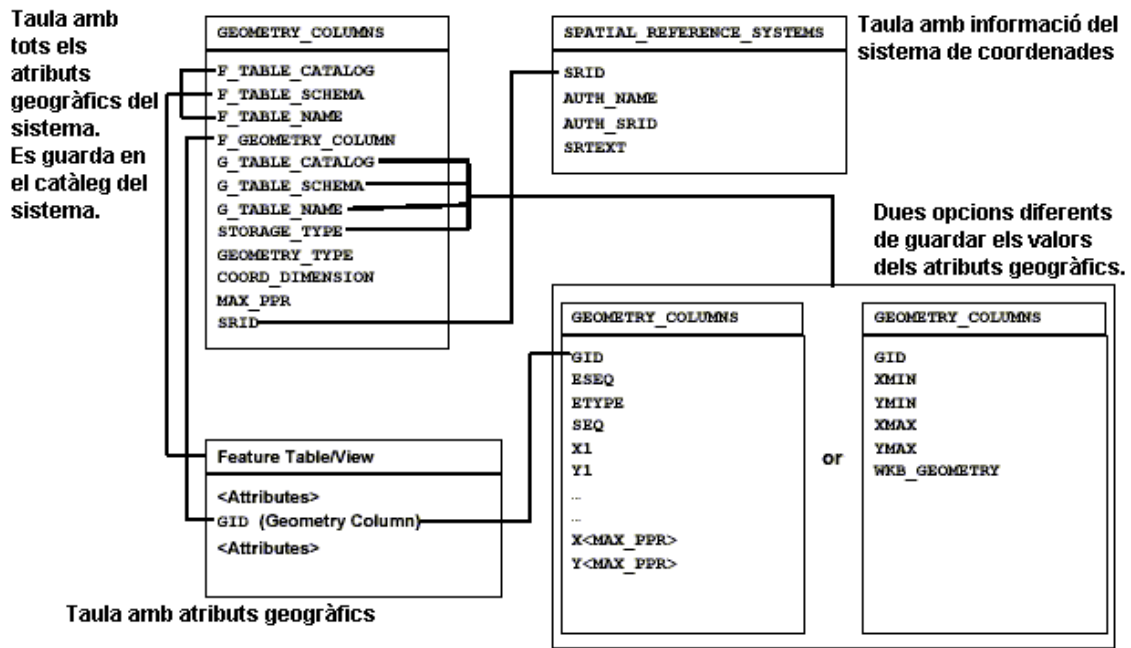


Figura 8.5: Esquema per implementar OpenGIS SFS afegint taules

8.4.2 Atributs del tipus “geometria”

La utilització d'atributs del tipus “geometria” implica que el SGBD implementa l'especificació *OpenGis Simple Features Specifications for SQL* i, per tant, l'afegeix a la col·lecció de tipus de dades que suporta el tipus de dades “geometria”. El fet que sigui el propi SGBD qui implementa l'especificació implica que no cal afegir en el model de dades del SIG les taules necessàries per guardar atributs geomètrics, sinó que en el mateix model es pot especificar que alguns atributs són del tipus “geometria”.

L'especificació també defineix tot un seguit de propietats i mètodes que han d'implementar aquests nous tipus de dades, això permet que es puguin especificar directament al SGBD algunes consultes espacials com per exemple saber la distància entre dos fanals.

A continuació en la Figura 8.6: es mostra el diagrama de classes que permet veure quins són aquests nous tipus de dades que es poden assignar als atributs de les taules en els SGBD que implementin l'especificació. Com es pot veure totes les classes hereten d'una classe abstracta *Geometry* que té associat un sistema de coordenades.

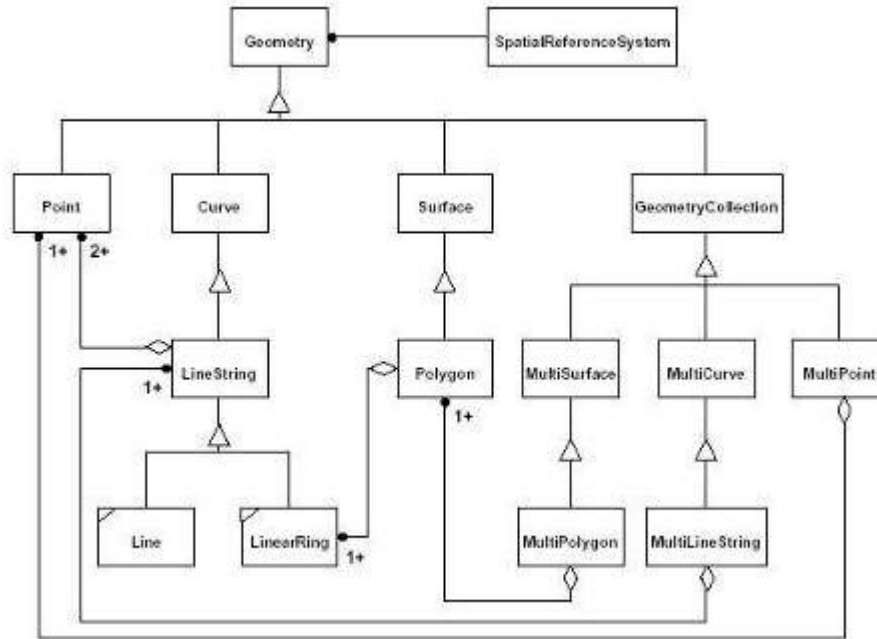


Figura 8.6 : Diagrama de classes proposat pel OpenGIS SFS.

La classe *Geometry* és l'arrel de totes les classes geomètriques, i és una classe no instanciable (no hi poden haver atributs del tipus "*Geometry*"), la resta de classes hereten d'aquesta i hi afegixen propietats i mètodes. Per donar un exemple, un dels mètodes que incorporen aquests tipus de dades és *Intersects*, que permet saber si una geometria interseca amb una altra.

L'anàlisi en detall d'aquesta especificació s'escapa dels objectius d'aquest projecte, però el fet d'introduir-la permet prendre consciència d'un concepte cada cop més estès en els SIG: la possibilitat d'intercanviar informació i serveis geogràfics entre diferents sistemes, un tret cabdal en un món cada cop més interrelacionat.

La utilitat d'aquest estàndard depèn de dos factors claus: el primer i obvi, és la possibilitat de que surtin implementacions, el segon és que existeixin programaris d'anàlisi capaços de comunicar-s'hi. En l'actualitat existeixen en el mercat diversos gestors de bases de dades que implementen l'especificació com per exemple *Oracle* [24], o *mySQL* [27] amb les seves respectives extensions com per exemple *Oracle Spatial* i, cada cop són més els programes d'anàlisi amb capacitat de comunicar-s'hi.

En el següent punt, es parlarà d'un dels formats estàndards *de facto* que més s'utilitza per l'intercanvi d'informació geogràfica entre sistemes d'informació geogràfica: el format *shape* o *shapefile*.

8.4.3 El format shape

El format *Shape* (SHP) de ESRI, és un format propietari obert de dades espacials desenvolupat per la companyia ESRI. Aquesta companyia desenvolupa i comercialitza software per Sistemes d'Informació Geogràfica com Arc/Info o ArcGIS. Originalment es va crear per la utilització amb un dels seus productes ArcView GIS, però actualment s'ha convertit en un format estàndard '*de facto*' per l'intercanvi d'informació geogràfica entre Sistemes d'Informació Geogràfica [29].

Un *Shape* és un format vectorial d'emmagatzematge digital on es guarda la localització dels elements geogràfics i els atributs associats a ells. El format no té capacitat per emmagatzemar informació topològica. En aquest format, la geometria de les dades s'emmagatzema com un joc de coordenades vectorials. Aquest format té l'avantatge sobre altres, que com que no emmagatzema la informació topològica, la velocitat de dibuix és més ràpida, requereixen menys espai en disc i són més fàcils de llegir i d'escriure [28].

Un *Shape* és generat per diferents arxius. El número mínim és de tres i tenen les extensions següents [29]:

- **.shp** – és l'arxiu que emmagatzema les entitats geomètriques dels objectes.
- **.shx** – és l'arxiu que emmagatzema l'índex de les entitats geomètriques.
- **.dbf** – és l'arxiu que emmagatzema la informació dels atributs dels objectes.

A més d'aquests arxius, opcionalment, es poden utilitzar altres per millorar el funcionament de les operacions de consulta a la base de dades. Informació sobre la projecció cartogràfica o emmagatzematge de metadades (veure 8.4.4):

8.4.4 Les metadades

El desenvolupament de les comunicacions i l'aparició de la web va suposar un salt qualitatiu per les tecnologies d'informació geogràfica. L'ús d'Internet multiplica les possibilitats d'intercanviar, compartir, distribuir i accedir a la informació geogràfica. Això significarà una gran expansió dels usuaris i noves oportunitats pels productors d'informació. Aquesta tendència cap a l'intercanvi i la publicació d'informació a la web reforça la necessitat de conèixer l'origen de les dades.

Les metadades són la informació que ens permet trobar les dades e identificar la forma de construcció de les dades, són la documentació que respon a les preguntes de qui, què, quan, com, on i perquè. És a dir, són la descripció de les dades geogràfiques (tipus de dades, format, contingut, qualitat, actualització, font, autor, etc.) que el productor de la informació ha de registrar per difondre i comunicar les potencialitats i limitacions que posseeixen les dades, de manera que altres usuaris puguin avaluar l'aplicabilitat d'aquesta informació en projectes específics.

Entre les principals variables per la construcció de les metadades es troben les següents:

- Propòsit i descripció
- Data de publicació
- Freqüència d'actualització o manteniment
- Extensió espacial
- Precisió, mètodes de captura o creació

- Informació sobre la referència espacial, *datum*³ i sistema de coordenades
- Model vectorial o *raster*
- Detall de camps (atributs), estructures de dades associades
- Format, versió
- Ubicació
- Disponibilitat, accessibilitat, preu
- Contacte de la institució, font o autor

Existeixen diferents estàndards internacionals que marquen el rumb de les metadades però tots van a parar a la *ISO 19115* [30] realitzada per el *Technical Comittee 211 (TC211)* de la *International Organization for Standardization* [31]. En relació a la geoinformació un referent és la *FGDC (Federal Geographic Data Comité)* [32] que va donar lloc a un document per l'administració de dades en els Estats Units. En l'àmbit europeu, s'ha de mencionar el treball de la *CEN (Comité Européen de Normalisation)* [33] que va elaborar la *ENV 12657 (Euro Norma Voluntària)* que porta per títol "*Geographic Information-Data Description Metadata*".

L'accés a la tecnologia i la multiplicitat d'usuaris han contribuït a generar un immens volum de dades georeferenciades. Això no sempre ha estat acompanyat de millores relacionades amb els canals de distribució i accés del públic a les dades que s'estan generant en la xarxa. És per això que es troben problemes com: dades disperses per la xarxa, cerca difícil, dades desfasades o incompletes. Els productors de dades podrien no tenir ben documentades les seves dades e inclús ells podrien ser difícils de contactar.

Com una solució per aquesta problemàtica surt el concepte de Infraestructures de Dades Espacials (IDEs) [34]. En el proper punt s'expliquen aquestes infraestructures i quina importància tenen en el món dels SIG.

8.4.5 Les Infraestructures de Dades Espacials (IDEs)

Les IDE(s) són una estratègia organitzativa, generalment assumida pels organismes públics, que permeten posar a disposició del públic catàlegs de dades espacials documentats, visibles i accessibles. Són esforços per garantir la disseminació i la utilització de les dades geogràfiques que poden es constituir a nivell nacional [35], regional [36], local [37] i global.

Les IDE(s) tenen per objectiu integrar a través d'Internet les dades, metadades, serveis e informació de tipus geogràfic. Faciliten als usuaris potencials la localització, identificació, selecció i accés a tals recursos, publicats per diferents nodes de productors d'informació geogràfica. Per això s'ofereixen diferents aplicacions que inclouen un visualitzador d'informació geogràfica que permet compondre mapes superposant la informació de diferents proveïdors, un catàleg de dades i serveis, un cercador de noms geogràfics que facilita la localització de topònims i la possibilitat de descarregar dades geogràfiques [34].

8.5 Repositori de dades geogràfiques: Oracle

Com s'ha comentat anteriorment l'essència d'un SIG està constituïda per una base de dades geogràfica. En el punt anterior s'han anomenat diferents gestors de bases de dades que ens permeten guardar dades geogràfiques. En aquest apartat es veuran les característiques de les opcions que Oracle ha implementat per poder fer operacions i anàlisi espacial.

³ model matemàtic que permet representar un punt en concret en un mapa amb les seves coordenades. A causa que la terra no és una esfera perfecta s'han d'agafar diferents el·lipsoides per tal de representar la seva forma. Un datum ha de referir-se a un el·lipsoide en particular.

8.5.1 Característiques d' Oracle Spatial

L'Oracle Spatial és una opció de la base de dades Oracle que proporciona una base robusta per aplicacions de SIG complexes. Aquestes aplicacions SIG requereixen més anàlisi espacial i una capacitat de processament major de la base de dades sobre Oracle.

Les principals característiques d'Oracle Spatial són:

- Suporta molts sistemes de coordenades i possibilita la transformació de projeccions explícites de mapes d'objectes vectorials d'un sistema de coordenades a un altre.
- **Suport per referència lineal.** Suporta l'emmagatzematge d'informació associat a una geometria lineal. Aquesta característica és clau per suportar aplicacions lineals de xarxa com carrerers a Internet, serveis, xarxes de telecomunicacions o projectes de conduccions (canonades).
- **Suport de Georàster.** Inclou un tipus de dades per la manipulació natiu d'imatges *raster* georreferenciades. Proporciona georreferenciació d'imatges i suporta l'esquema xml per la manipulació de metadades. Suporta tècniques estàndards de compressió per les imatges *raster*.
- **Les funcions espacials agregades** operen sobre un conjunt de geometries en lloc de sobre una o dos geometries. Una funció agregada executa una operació específica sobre un conjunt de geometries entrants i torna un objecte geomètric individual.

Table 12–1 Spatial Aggregate Functions
Method Description

SDO_AGGR_CENTROID Returns a geometry object that is the centroid ("center of gravity") of the specified geometry objects.
SDO_AGGR_CONCAT_LINES Returns a geometry that concatenates the specified line or multiline geometries.
SDO_AGGR_CONVEXHULL Returns a geometry object that is the convex hull of the specified geometry objects.
SDO_AGGR_LRS_CONCAT Returns an LRS geometry object that concatenates specified LRS geometry objects.
SDO_AGGR_MBR Returns the minimum bounding rectangle of the specified geometries.
SDO_AGGR_UNION Returns a geometry object that is the topological union (OR

Figura 8.7: Funcions espacials agregades. [46]

- **Model de dades en xarxa.** Es proporciona un model de dades per emmagatzemar estructures de xarxa (gràfiques) a Oracle Database 10g. Explícitament emmagatzema i manté la connectivitat de les xarxes de nodes de l'enllaç i proporciona a la xarxa la capacitat d'anàlisi com el camí més curt, anàlisi de connectivitat etc. Exemples d'aplicacions que requereixen solucions de xarxa podrien ser: el transport, trànsit i serveis. Per aplicacions de transport, el model de dades en xarxa també suporta la característica d'enrutament. Oracle introdueix un motor d'enrutament escalable que proporciona distàncies de conducció, temps i adreces entre llocs. Altres característiques que s'inclouen serien: preferència per ruta més ràpida o més curta, devolució de resum o detall d'adreces (1.1 What is Oracle Spatial [46]).
- **Model de dades Topològic.** Inclou un esquema i model de dades que emmagatzema de manera persistent la topologia en la base de dades d'Oracle. Això és molt útil quan hi ha alt grau d'edició de característiques i un requeriment fort per la integritat de les dades en els mapes i les seves capes. Un altre avantatge és la consulta basada en la

topologia que normalment s'executa més ràpid que consultes que involucren relacions amb adjacència i connectivitat.

- **Geocodificació (únicament pels Estats Units).** Disposa d'un motor de geocodificació. Associa referències geogràfiques, tals com adreces i codis postals, a coordenades de la localització (longitud i latitud)
- **Enrutament.** Proporciona distàncies, temps i instruccions entre les adreces (o les localitzacions que han estat geocodificades prèviament).

8.5.2 Model de dades d'Oracle Spatial

La utilització d'atributs del tipus "geometria" implica que el SGBD implementi l'especificació *OpenGis Simple Features Specifications for SQL* i, per tant, afegeixi a la col·lecció de tipus de dades que suporta el tipus de dades "geometria". En *Oracle Spatial* aquest tipus de dades s'anomena SDO_GEOMETRY. Així doncs, per representar la geometria dels objectes, l'Oracle Spatial, afegeix a la col·lecció de tipus de dades l'anomenat SDO_GEOMETRY.

L'SDO_GEOMETRY és un contenidor de punts, línies, polígons o col·leccions d'aquests elements. Els seus atributs són identificadors geomètrics, un identificador de referència espacial, un element descriptor, les coordenades, els vèrtexs i la connexió entre ells.

Example 2-4 SQL Statement to Insert a Rectangle

```
INSERT INTO cola_markets VALUES(
1,
'cola_a',
SDO_GEOMETRY(
2003, -- two-dimensional polygon
NULL,
NULL,
SDO_ELEM_INFO_ARRAY(1,1003,3), -- one rectangle (1003 = exterior)
SDO_ORDINATE_ARRAY(1,1, 5,7) -- only 2 points needed to
-- define rectangle (lower left and upper right) with
-- Cartesian-coordinate data
)
);
```

Figura 8.7: Exemple d'utilització del tipus de dades SDO_GEOMETRY [46]

Els avantatges proporcionats per aquest model són:

- Suport a molts tipus de geometria com arcs, cercles, polígons compostos, arcs de línies compostes i rectangles optimitzats.
- Facilitat d'utilització, creació o manteniment d'índexs i consultes espacials.
- Indexació de dades espacials.
- Amb una sola columna es pot guardar la geometria.

8.5.3 Indexació de dades espacials en Oracle Spatial

Un índex espacial proporciona un mecanisme per limitar la cerca basant-se en criteris espacials tals com intersecció i pertinença. L'Oracle Spatial utilitza per defecte una estructura d'índex espacial *R-tree* (en arbre). Un índex *R-tree* aproxima cada geometria a un sol rectangle (anomenat rectangle de limitació mínim, o MBR), que inclou com a mínim la geometria.

8.5.4 Model de consultes en Oracle Spatial

S'utilitza un model de consulta de dos nivells per resoldre preguntes espacials. La sortida de les dos consultes combinades és el resultat:

- **El filtre primari:** compara aproximacions de la geometria per reduir complexitat del còmput i és menys costosa.
- **El filtre secundari:** aplica còmputs a les geometries que resulten del filtre primari. La operació secundària del filtre és molt costosa.

8.5.5 Oracle Locator

Oracle Locator és una opció de la Base de dades d'*Oracle* que proporciona funcions pel desplegament ràpid i fàcil de creació de mapes, geocodificació i serveis de rutes. Inclou capacitats espacials avançades per suportar els serveis de localització que incorporen les aplicacions SIG. No està dissenyat per ser una solució per utilitats en un SIG que requereixen la gestió complexa de dades. Pot realitzar consultes de proximitat i altres relacions espacials entre geometries. Executa consultes de localització sobre informació relacional que no estigui emmagatzemada en el tipus de geometria. Emmagatzema i indexa geometries de vectors en la base de dades.

8.6 Resum

En aquest capítol s'ha donat una visió general de com es fa la representació digital explicant les estructures de dades espacials. Hi ha dos models bàsics per estructurar la informació geogràfica: el model *raster* i el model vectorial. S'ha vist que per representar la realitat en el model vectorial s'utilitzen tres tipus d'objectes espacials: punts, línies i polígons.

Perquè la informació geogràfica sigui ràpida i efectiva s'ha d'estructurar en bases de dades per poder-les emmagatzemar independentment dels programes que les utilitzen. Existeixen diversos models de Sistemes Gestors de Bases de Dades (SGBD), el més utilitzat és el relacional. Per aplicar aquest model en el camp dels SIG cal implementar-hi algunes funcionalitats una de les quals és l'emmagatzematge dels atributs geogràfics i la seva vinculació amb les dades descriptives de l'objecte al qual fan referència.

S'ha vist les estructures de dades que poden definir cada un dels dos models (*raster* i vectorial) i s'ha particularitzat una mica més en les estructures de dades del model vectorial: llista de coordenades, diccionari de vèrtexs, estructura arc-node, Arxius DIME i *Triangulate Irregular Network*.

Un cop vistes les estructures de dades més comunes i centrant-nos en el model vectorial es segueix parlant dels estàndards d'emmagatzematge per tal de guardar les dades en el model vectorial. Per solucionar les necessitats de la utilització d'estàndards en els SIG a l'hora de guardar les dades neix al 1994 l'*Open Geospatial Consortium (OGC)*, amb l'objectiu de definir estàndards i especificacions que permetin intercanviar tant dades com serveis geogràfics. La idea d'aquesta especificació és guardar els atributs geogràfics d'un objecte com un atribut més en les taules del model de dades (*OpenGis Simple Features Specifications for SQL*) del tipus geometria.

També es parla del format estàndard *de facto* que més s'utilitza per l'intercanvi d'informació geogràfica: el format shape (SHP) de ESRI i de les metadades. Les metadades són la informació que permet trobar la descripció de les dades geogràfiques com el tipus de dades, format, font, autor, etc.). Sorgeixen a partir de la necessitat d'intercanviar, compartir i distribuir informació geogràfica a través de la web. Finalment s'acaba parlant de l'*Oracle* com a repositori de dades geogràfica i de les seves dos opcions: L'*Oracle Spatial* i *Oracle Locator*.

Figura 9.1: Carrerer per portal

- **Per tram de carrer o eixos de carrer:** aquest tipus de carrerer es representa a través de trams de línies connectades entre sí. A cada un dels trams s'associen una sèrie d'atributs alfanumèrics en els quals s'identifica el nom del carrer i la numeració del carrer que es troba localitzat al llarg del tram. És a dir, s'identifica la numeració des del número més alt del tram fins al més baix i així per tots dos costats del tram del carrer. Normalment, es sol representar la numeració parell en un costat i la senar en un altre costat.
- **Parcel·lari:** cada parcel·la es representa per un polígon al qual s'associen les dades alfanumèriques, el número de portal i el nom del carrer al qual fan referència. Aquesta representació es propi de representacions cadastrals, es representa la parcel·la cadastral associada a un número i un carrer principal (Figura 9.2:).



Figura 9.2: Carrerer tipus parcel·lari

Tots aquests tipus de representació plantegen una sèrie d'avantatges i desavantatges en funció de la seva representació. Per exemple, el format de portal resulta ser el més precís en la ubicació dels elements que es georeferencien perquè el sistema de representació és puntual, normalment en el lloc exacte de la porta. Per contrapartida qualsevol incorporació física d'un nou portal obliga a situar un nou element puntual.

El tipus de carrerer per trams sol ser el més utilitzat, sobre tot per sistemes de navegació. Són sotmesos a una sèrie de regles topològiques, sobre tot, han de complir amb la regla bàsica de connectivitat dels seus elements. La gran avantatge respecte a la geocodificació radica en que no es basa en una numeració única i fixa, és a dir, a una representació gràfica no se li associa un únic número sinó que dins de la mateixa via se li associa un rang de la numeració del carrer, tant a un costat com a l'altre. Pel contrari al tenir un rang de números existeix el problema de la situació exacta del punt que es vol geocodificar. Això obliga a utilitzar algoritmes en la geocodificació d'interpolació en tot el tram. En funció de l'interval en la numeració representada, es divideix l'element lineal en trams equidistants i es situa el punt que s'ha de geocodificar en funció del increment respecte a la numeració menor que conté el tram i en el sentit de digitalització d'aquest tram. Així doncs després d'una geocodificació tots els números d'un carrer es representarien amb punts equidistants en tot el tram, cosa que no és real, però si aproximada [38].

La representació de carrerers per parcel·les té el problema que diferents números de portal es poden situar en una mateixa parcel·la i aquesta parcel·la pot tenir diferents carrers, cosa que complica l'associació a un únic número de portal i carrer. El problema radica en la utilització de

l'element superficial perquè s'ha d'assimilar a un element real. Per exemple, al cadastre una parcel·la cadastral no té perquè tenir un únic número de portal i tampoc tenen perquè estar a la mateixa via. Només s'associa la informació d'un únic número que pertany a la via principal o a l'entrada de l'immoble.

Tots aquests tipus de carrerers poden ser utilitzats per una situació espacial dels elements en funció del número de porta i carrer amb els serveis de geocodificació dels SIG. La utilització de diferents tipus de cartografia, obliga a que també s'utilitzi diferents serveis de geocodificació. Segons les dades d'entrada seleccionades s'utilitzarà el servei de geocodificació que calgui en funció de la geometria i dels atributs gràfics, a més, s'identificaran els camps necessaris per la seva localització.

En la Figura 9.3 es pot observar com quedaria la representació d'una sèrie de punts geocodificats utilitzant un carrerer per trams. Amb els serveis de geocodificació es pot obtenir la representació dels elements puntuals.



Figura 9.3: Geocodificació en un carrer per trams

L'objectiu d'aquest projecte és dissenyar un motor de geocodificació utilitzant una petita part del carrer de Barcelona basat en el tipus de carrer per trams o eixos de carrer. En el següent punt es detallen les condicions necessàries per implementar la geocodificació i més endavant es veuran els motors de geocodificació.

9.2 Com crear un carrer de manera estàndard: experiència de l'Ajuntament de Calonge, maig de 2001

A continuació es documenta una manera possible de crear un carrer. Aquesta és una experiència real que es va portar a terme en l'Àrea de de Gestió Territorial de l'Ajuntament de Calonge, al maig del 2001 i en la qual vaig poder participar donant suport informàtic.

9.2.1 Objectius

Elaboració d'una base de dades gràfica i alfanumèrica informatitzada dels vials del municipi i dels números de policia. Aquesta base de dades es configura com una de les principals referències sobre el territori de la resta de bases de dades municipals. L'enllaç entre elles permet la localització geogràfica i la representació gràfica de qualsevol element a representar.

La base que es crea ha de servir per depurar la resta de bases de dades municipals que requereixen aquesta informació: padró d'habitants, padró d'IBI, llicències d'obra, etc.

9.2.2 Antecedents

Es parteix de la situació següent:

- Projecte de nomenament de carrers aprovat pel Ple de l'Ajuntament de Calonge de l'any 1998.
- Nomenclàtor de carrers aprovat pel Ple de l'Ajuntament de Calonge de l'any 1998 (Rodaire Municipal).
- Treball de camp.
- Discrepàncies entre les diferents bases de dades municipals (padró d'habitants, padró d'IBI, etc).

Les diferències entre els projectes i les bases de dades municipals, així com l'existència de discrepàncies entre la realitat i el vialer aprovat vigent van provocar la revisió i depuració del vialer municipal.

L'objectiu que es vol assolir és dotar a l'Ajuntament d'una eina que unifiqués totes les dades municipals que requereixen aquesta informació i a la vegada que tingués validesa administrativa.

9.2.3 Descripció

Revisió, depuració i modificació de les dades referents al nomenclàtor de carrers i als números de portal. Aquest procés s'estructura en les següents fases d'elaboració del projecte:

- **Treball de camp.** Recull de les dades que es troben en el territori (realitat). Revisió dels noms de carrer i dels números de portal de tot el municipi segons les plaques que els hi identifiquen. Aquesta fase estableix la base del projecte de revisió, depuració i obtenció del vialer municipal. Incorporació de les dades obtingudes en el treball de camp en les bases de dades gràfiques i alfanumèriques.
- **Encreuament entre la realitat i el vialer aprovat (antic Rodaire):** Aquest procés consisteix en comparar les dades resultants del treball de camp amb el vialer actualment vigent. Mitjançant aquest encreuament obtenim un document que es configura com l'eina bàsica de treball en el que es recullen les discrepàncies entre les dues bases de dades. L'objectiu d'aquesta fase del projecte és analitzar les discrepàncies obtingudes i realitzar propostes de resolució per cada una d'elles.
- **Incorporació de les dades en les bases de dades gràfiques i alfanumèriques :** A conseqüència de l'encreuament obtingut entre la realitat i el vialer antic, es decideix donar prioritat a la realitat i incorporar aquestes dades en la base de dades del projecte. També s'incorporen nous vials que no disposaven de nom, així com la modificació en la numeració d'algunes altres parcel·les.

9.2.4 Criteris de numeració

- Es decideix conservar la numeració obtinguda en el treball de camp sempre que aquesta no desvirtui la coherència del projecte.

- Es conserva la numeració del Nomenclàtor de carrers (Rodaire Municipal) sempre que aquest no desvirtui la coherència del projecte.
- Inici de la numeració dels carrers des del nucli als afores.
- Ubicació dels nombres parells a la dreta del vial i els imparells a l'esquerra.
- Per zones pendents de desenvolupament urbanístic total o parcial, inici de la numeració del carrer des de les zones més consolidades cap a les que estan pendents d'execució. Aquesta mesura s'estableix per evitar possibles futurs canvis en la numeració dels carrers.
- Assignació d'un número de portal per parcel·la cadastral. Si existeix la possibilitat de segregacions o altres alteracions jurídiques que modifiquin la parcel·lació actual, es preveu la reserva de números pels possibles canvis que esdevinguin.
- Per parcel·les amb façana a diversos vials, s'atorguen números de portal per cada una de les façanes en previsió dels possibles accessos de les construccions que s'edifiquin.
- Si les edificacions ja estan consolidades i la numeració trobada en el carrer ho permet, també s'aplica aquest criteri per les modificacions que en un futur es puguin realitzar.

9.2.5 Plaques de senyalització de carrer

Després de l'aprovació definitiva del vialer Municipal s'han de col·locar les plaques de noms de carrer i números de policia que no es troben en el territori. Es decideix que els criteris utilitzats en la retolació de les plaques de senyalització són els següents:

- Els genèrics dels noms de vies urbanes (carrer, plaça, etc) s'escriuran en majúscula perquè es tracta de la posició inicial de la frase.
- La preposició i l'article serveix per enllaçar la part genèrica amb la part específica (topònims, antropònims, etc).
- La part específica s'escriu amb majúscules.
- Si la placa es divideix en dues línies, l'apòstrof no pot quedar al final de la primera línia. Tampoc és convenient que quedi la preposició.

9.2.6 Proposta de nous vials

Després de la revisió de tot el municipi es troben un conjunt de vials pendents d'assignar nom per diverses causes. Es crea una comissió per proposar noms nous i tractar cada cas de forma individualitzada. Bàsicament, s'analitzen els carrers del voltant i es segueix la mateixa temàtica. Per exemple, en la designació de nom d'un carrer nou anomenat Càceres, es va seguir el criteri de que els noms dels carrers de la mateixa zona eren de comunitats autònomes i es va seguir amb entitats territorials. Per proximitat al carrer d'Extremadura es va proposar el nom de carrer de Càceres.

9.3 Normalització dels carrerers

Un dels problemes principals en els carrerers radica en la qualitat de les dades que l'integren: els carrers poden estar mal escrits, l'adreça postal pot estar tota en un mateix camp i no separada en diferents columnes, poden faltar codis postals o simplement poden tenir una estructura diferent. La normalització de carrerers és una problemàtica molt habitual, per exemple, en una entitat local, com un ajuntament, s'intercanvien dades vinculades als carrerers (padrons habitants, padrons fiscals, cartografia cadastral, etc.) amb moltes altres administracions (Gerència Territorial del Cadastre, Institut Nacional D'estadística, Hisenda), empreses de serveis i altres empreses particulars que poden fer encàrrecs per l'ajuntament.

La opció que prenen moltes administracions és elaborar el seu propi carrerer; fer un treball de depuració de dades de carrer i fer que totes les seves bases de dades tinguin com a referència

aquest carrerer únic. Així doncs si es dona el cas que es treballi amb un SIG és fonamental que aquest prengui com a base aquest carrerer ja normalitzat i que tots els departaments de l'administració el prenguin com a base.

Un altre problemàtica es troba amb les dades proporcionades per altres administracions. Aquestes dades si es volen integrar en un SIG propi de l'ajuntament haurà de seguir l'estructura del carrerer de l'ajuntament o haurà de ser normalitzat. Malauradament, això és una tasca molt difícil d'aconseguir perquè el carrerer d'una entitat local, com pot ser un ajuntament, no només interactua amb un SIG sinó amb altre programari que ha d'intercanviar dades amb altres entitats que tenen la seva estructura pròpia de carrerer. En molts casos el que es fa és sempre prendre per base el carrerer vigent de l'ajuntament (a nivell de codis de carrer només) i per mitjà de taules d'equivalència entre codis de carrer es carreguen les dades proporcionades per les altres administracions. És a dir, es crea una taula amb els codis de carrer de l'ajuntament i seguidament s'afegeixen les columnes necessàries amb els codis equivalents dels carrerers proporcionats per les altres entitats. També existeix la possibilitat de prendre com a base la codificació d'una entitat externa (habitualment la Gerència Territorial del Cadastre) i utilitzar els seus codis de carrer com a referència per tot el carrerer de l'ajuntament fent una taula d'equivalències per les dades proporcionades amb les entitats restants.

9.3.1 Cartografia de base dels carrerers

En relació a la cartografia que s'utilitza de base en una carrerer, normalment s'agafa com a referència el que es diu el mapa topogràfic. Un topogràfic (Figura 9.3) és una representació del relleu d'una zona de la terra a una escala determinada. Es refereixen a àrees extenses de territori com pot ser un municipi, una regió, una província o un país. S'hi pot incloure informació sobre totes les construccions, carreteres, línies elèctriques, conreus etc.

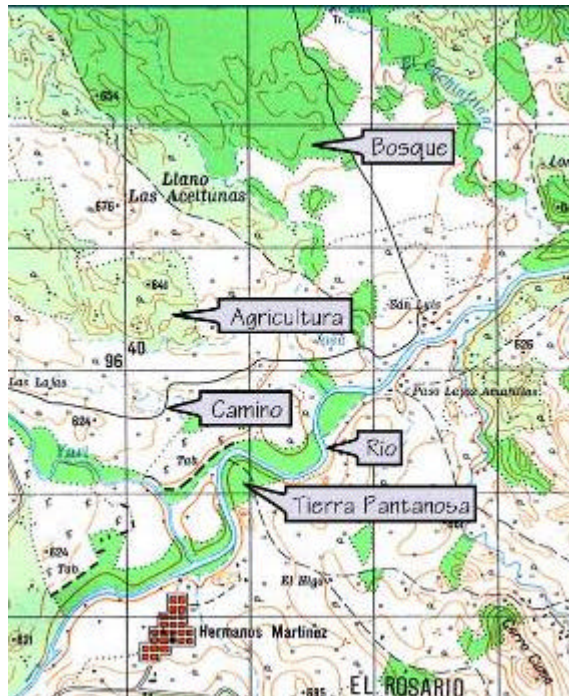


Figura 9.4: exemple de topogràfic

Els topogràfics es poden obtenir a través de les diputacions, l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC) [40] o l'Institut Nacional de Geogràfic [41]. També es poden obtenir a partir del que s'anomena vol fotogramètric (a la Figura 9.5: es pot veure un exemple). Un vol consisteix en sobrevolar una zona amb avió i prendre fotografies a una alçada i velocitat constant.



Figura 9.5: Vol fotogramètric d'una zona de Múrcia [41]

Així doncs, si es pensa en un ajuntament, la cartografia base que s'hauria d'utilitzar en un carrerer hauria de ser la mateixa que la utilitzada en tots els altres departaments. Així es treballaria amb la mateixa base cartogràfica i tothom tindria la mateixa referència ja sigui per treballs tècnics interns (obres públiques, sanejament urbà, mobiliari urbà) o per proporcionar cartografia a altres entitats o empreses de serveis.

9.4 Procés de geocodificació

Com s'ha indicat abans, la geocodificació consisteix en atribuir coordenades geogràfiques a un conjunt de direccions postals. La utilització intensiva d'aquest procés en la geografia ha fet que augmenti la capacitat de geocodificació en els SIG. Paral·lelament, és necessari que es disposi d'una base cartogràfica digital que permetrà el fet de realitzar la localització geogràfica. Així doncs, les condicions que es fixin marcaran el procés de geocodificació:

- **La llista de direccions postals.** Aquesta llista haurà d'estar organitzada en una base de dades i amb unes columnes obligatòries: identificador únic, nom carrer, tipus carrer (sigla de carrer, avinguda, etc.), número i codi postal. És possible que la direcció postal presenti alguna incidència com per exemple, que tota l'adreça estigui en una mateixa columna, que falti algun codi postal, que no tingui sigla o que simplement estigui mal escrita. Per això és indispensable que abans es realitzi un procés de normalització d'aquestes dades. Per exemple, separar l'adreça postal en diferents columnes, segons el tipus de via, nom del carrer, número, codi postal, etc. En ciutats molt gans es freqüent trobar-se homònims en els noms de carrers (pe. passeig de Gracia, gran de Gracia i travessera de Gracia), és a dir, el mateix nom amb tipus de via diferents. Per tant és important repassar aquest fet i separar el tipus de carrer del nom i assegurar-se que cada un tingui una codificació diferent. També es donen casos de carrers idèntics en nom i en sigla però que només es diferencien pel codi postal i el barri on es puguin localitzar, cal llavors intentar que faltin el menor nombre possible de codis postals en carrerers de municipis amb molts districtes.
- **Que el SIG tingui funció de geocodificació.** La funció de geocodificació s'utilitza cada vegada més en els paquets de SIG actuals. Aquesta consisteix en un procés d'interpolació lineal que es porta a terme en el moment de comparar la llista de direccions postals a representar, amb la base cartogràfica on es disposa de la

numeració postal inicial i final, dreta i esquerra, per tots els segments que formen els carrers. La base cartogràfica, la llista d'adreces o de punts a localitzar han de complir unes determinades condicions perquè el programa de geocodificació pugui realitzar la localització per interpolació amb el màxim d'encert possible. És necessari que els números de carrer parells estiguin en un costat, (generalment el dret) i que els números senars estiguin en un altre, (generalment l'esquerra). A més a mesura que s'avança pel carrer la numeració hauria d'anar creixent de forma proporcional a la distància que es recorre. En segon lloc, el format de les adreces ha de coincidir en les dues bases de dades, per exemple, el nom del carrer és abans que el número. En ciutats molt grans, el fet que hi hagin els codis postals i el barri augmenten la velocitat i precisió. Per tant, la precisió del procés de geocodificació no recau directament en l'algoritme implementat ni a la quantitat d'adreces a localitzar sinó que depèn més de la qualitat de la llista de punts analitzats.

- **La base cartogràfica.** La base cartogràfica digital ha d'estar constituïda per una estructura vectorial, on cada objecte representa una via. Això descriuria una mica l'aspecte espacial o gràfic del carrer. Paral·lelament, hi han els atributs descriptius (part alfanumèrica i no espacial) que contenen la numeració postal inicial i final, dreta i esquerra, el nom de carrer, el codi postal, etc. per tots els carrers. És imprescindible la llargada de l'element i el codi identificador únic que permetrà la unió entre la part gràfica, espacial i geomètrica de la via amb els seus atributs no espacials.

A la Figura 9.6 es mostra un extracte de la taula d'atributs descriptius del carrer de Barcelona. La taula correspon a tots els segments del carrer del Vallespir i es poden observar tots els atributs imprescindibles per la geocodificació: identificador (ID), llargada (LENGTH) i direcció (DIR) [38]:

ID	LENGTH	DIR	Codi	Denominació	Name	Left Zip	Right Zip	Start Left	End Left	Start Right	End Right	Parity
123205	29,02	1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPIR	08014	08014	0	0	0	0	0
127585	65,39	-1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPIR	08014	08014	1	17	2	14	0
127541	56,57	1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPIR	08014	08014	19	25	16	26	0
127535	21,14	1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPIR	08014	08014	27	31	28	30	0
127566	25,07	1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPIR	08014	08014	33	37	32	34	0
127554	45,02	1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPIR	08014	08014	39	45	36	50	0
127560	105,35	-1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPIR	08014	08014	47	71	52	92	0
123217	66,35	-1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPIR	08014	08014	73	85	94	110	0
123224	69,81	1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPIR	08014	08014	87	103	112	128	0
123267	66,79	1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPIR	08014	08014	105	129	130	142	0
123274	72,49	-1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPIR	08014	08014	131	141	144	162	0
122913	61,07	-1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPIR	08014	08014	143	161	164	184	0
122906	94,79	1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPIR	08014	08014	163	179	186	192	0
147808	79,11	1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPIR	08014	08014	181	195	194	196	0
147827	67,47	-1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPIR	08014	08014	197	203	198	198	0

Figura 9.6: extracte dels atributs descriptius del carrer de Barcelona

9.5 Motors de geocodificació

Els motors de geocodificació són processos capaços de tornar la ubicació d'una direcció postal a partir d'un carrer de base. Un motor de geocodificació depèn del tipus de carrer que fa servir. Això és perquè l'estructura de dades que es fa servir en un carrer no és estàndard i això condiona la manera de tractar les dades. Per tant, de motors de geocodificació en podem trobar molts i de diferents.

La funcionalitat de geocodificació és un component fonamental de molts SIGs, no tots disposen d'aquesta funcionalitat (com es el cas que de l'eina que utilitzem en aquest projecte, gvSig) .

Per una altra banda les noves tecnologies i en especial Internet, estan revolucionant la comunicació entre diferents aplicacions i això fa que ens trobem davant d'una manera diferent de dissenyar i integrar aplicacions. En aquesta línia els SIGs amb funcionalitat de geocodificació i que estan basats en serveis web, s'han convertit en la millor eina per distribuir i donar servei de geocodificació a través de la xarxa (serveis de geocodificació).

Existeixen molts serveis de geocodificació que proporcionen el aquest servei a través de la xarxa com Teleatlas [52] i ViaMichelin [53] (exemple a la Figura 9.8).

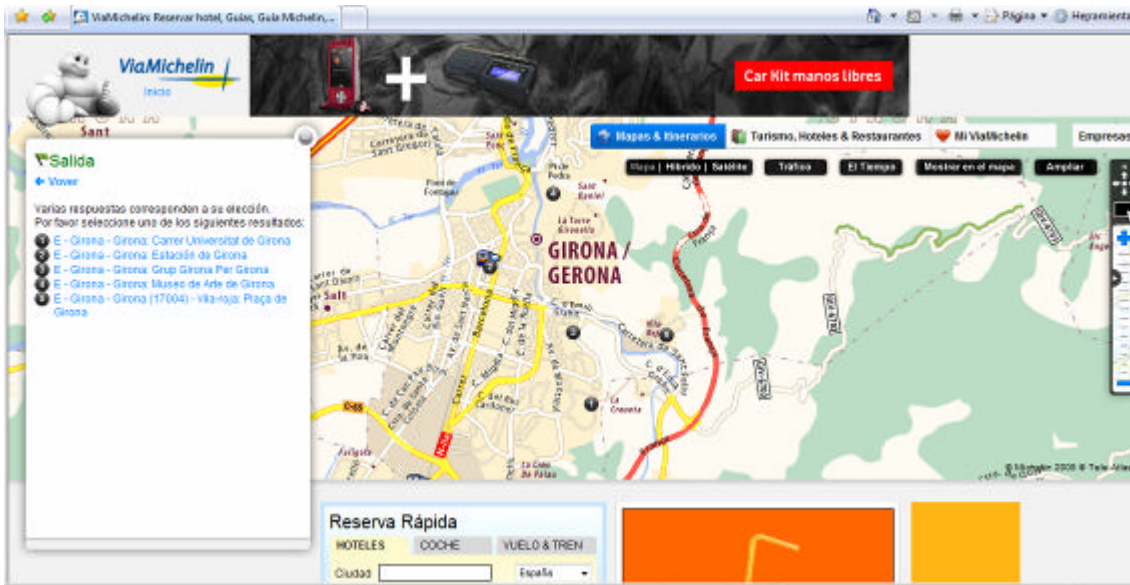


Figura 9.8: Exemple de servei de geocodificació a través de la xarxa ViaMichelin

9.6 Resum

En aquest capítol s'ha vist que la cartografia que s'ha d'utilitzar ha de complir amb una sèrie de requeriments mínims. Pot trobar-se de diferents maneres segons la geometria utilitzada i segons la seva representació. Així doncs ens podem trobar amb diferents tipus de carrers: el carrer per portal, per tram de carrer i per parcel·la.

A més s'ha explicat el procediment de creació d'un carrer de manera estàndard amb un exemple en concret: el de l'Ajuntament de Calonge. També s'ha parlat de la problemàtica de la normalització de carrers. Un dels problemes principals en els carrers radica en la qualitat de les dades que l'integren: els carrers poden estar mal escrits, l'adreça postal pot estar tota en un mateix camp i no separada en diferents columnes, poden faltar codis postals o simplement poden tenir una estructura diferent. La opció que prenen en molts llocs és elaborar el seu propi carrer; fer un treball de depuració de dades de carrer i fer que totes les seves bases de dades tinguin com a referència aquest carrer únic.

En relació a la cartografia que s'utilitza de base en un carrerer, normalment s'agafa com a referència el que es diu el mapa topogràfic. Un topogràfic (Figura 9.3) és una representació del relleu d'una zona de la terra a una escala determinada. Així doncs, la cartografia base que s'hauria d'utilitzar en un carrerer hauria de ser la mateixa per tots els departaments.

Finalment es parla de la geocodificació que consisteix en atribuir coordenades geogràfiques a un conjunt de direccions postals. La utilització intensiva d'aquest procés en la geografia ha fet que augmenti la capacitat de geocodificació en els SIG. Paral·lelament, és necessari que es disposi d'una base cartogràfica digital que permetrà realitzar la localització geogràfica. Així doncs, les condicions que es fixin marcaran el procés de geocodificació: una llista de direccions postals, un motor de geocodificació i una base cartogràfica.

10 REPRESENTACIÓ

En els capítols 6 i 7 s'ha realitzat una introducció al món dels SIG, a la Cartografia i a la Geodèsia. En els capítol 8 s'ha fet un repàs de les estructures de dades espacials i dels estàndards per emmagatzemar-les. A més s'ha fet una petita introducció a un repositori de dades: *Oracle* (en concret *Oracle Spatial*), el qual s'utilitza en la resolució de la part pràctica. Finalment al capítol 9, s'ha fet un repàs dels tipus de carrers que ens podem trobar, com es pot realitzar un procés de geocodificació i la importància de la normalització de carrers i la base cartogràfica.

Així doncs, es disposa dels coneixements necessaris per afrontar la finalitat d'aquest projecte amb el que s'intenta fer un apropament al món dels Sistemes d'Informació Geogràfica mitjançant una de les problemàtiques més actuals: la gestió de rutes i la geocodificació.

La part pràctica consisteix principalment en representar gràficament, en un mapa, les rutes proporcionades en forma de direccions postals.

En aquest capítol es presenta el material utilitzat per resoldre l'objectiu proposat i quins passos s'han seguit per arribar a la geocodificació de les direccions postals per poder-les representar en un mapa.

10.1 Material utilitzat

Les eines que s'han utilitzat per fer la part pràctica d'aquest projecte han estat:

- **Cartografia base:** S'ha proporcionat el carrer d'una part de Barcelona, amb eixos de carrer que inclouen el sentit de circulació i la numeració a cada banda de l'eix de carrer. Aquesta cartografia de Barcelona [47] és d'ús públic.
- **Dades alfanumèriques:** S'ha proporcionat una llista de direccions postals que formen la ruta que cal representar.
- **Oracle Spatial:** Repositori de dades espacial. És la eina amb la que s'han manipulat les dades proporcionades en forma d'adreces postals. Ens ha permès transformar les adreces postals i introduir-les en una taula amb el seu camp geomètric. Aquest camp contindrà les coordenades de les adreces postals transformades en punts.
- **gvSig:** Programari per visualitzar la informació geogràfica proporcionada. Es visualitzaran tant les dades proporcionades com les que s'han generat. S'enllaçarà la base de dades sota *Oracle* i ens permetrà representar les rutes ja geocodificades. Aquesta eina s'ha escollit perquè ens ha permès visualitzar les dades geogràfiques de manera ràpida, és un programari lliure i es capaç de llegir gairebé tots els formats geogràfics que existeixen actualment, com el format *shapefile* i els d'*Oracle Spatial*
- **Access i Visual Basic** S'ha utilitzat el *Microsoft Access* per vincular amb *ODBC* les taules d'*Oracle* i el *Visual Basic* per realitzar les funcions necessàries per preparar les dades que s'han de representar. La raó perquè s'ha utilitzat aquestes eines és perquè són eines que domino i he aprofitat aquest fet.

Respecte a l'*Oracle Spatial*, al capítol 8.5 ja s'ha fet una introducció de l'eina, a continuació es farà una breu descripció de l'eina de visualització de les dades geogràfiques utilitzada: *gvSig*.

10.1.1 gvSig

El gvSIG és un programari lliure que sorgeix per iniciativa de la Generalitat Valenciana, a través de la Conselleria d'Infraestructures i Transport. La universitat Jaume I, realitza les tasques de supervisió amb l'objectiu que el desenvolupament compleixi amb els estàndards internacionals (Open Gis Consortium) i l'empresa IVER Tecnologies de la Informació S.A. porta el pes del desenvolupament del programari.

Te la característica especial que és de codi obert i és gratuït. Des dels seus inicis , s'ha intentat que gvSIG sigui un projecte extensible, de manera que els desenvolupadors puguin ampliar les funcionalitats de l'aplicació fàcilment o desenvolupar aplicacions totalment noves a partir de les llibreries utilitzades en el gvSIG.

Es distribueix amb llicència GNU GPL⁴. Permet accedir a l'informació vectorial i *raster* així com a servidors de mapes que compleixin les especificacions del OGC (*Open Geospatial Consortium*) [6], característica fonamental de gvSig respecte a altres SIGs. A més implementa serveis OGC com: WMS (*Web Map Service*) [51], WFS (*Web Feature Service*) [49], WCS(*Web Coverage Service*) [48].

Està desenvolupat en llenguatge de programació Java i funciona amb els sistemes operatius *Microsoft Windows*, *Linux* i *Mac OS*. Utilitza llibreries estàndard de SIG reconegudes com el *Geotools*⁵ o el *Java Topology Suite* (JTS)⁶.

Entre els formats gràfics més habituals i d'ús extens en el món del SIG pot llegir formats vectorials com el *shapefile*, el DXF (format d'Autocad de l'empresa Autodesk), DWG (format d'intercanvi per importar-exportar arxius d'Atocad) i DGN (format de MicroStation de l'empresa Bentley)

Està orientat a usuaris finals d'informació geogràfica, professionals o personal d'administracions públiques (ajuntaments, diputacions, ministeris ...). També és de gran utilitat en entorns universitaris.

10.1.1.1 Funcionalitats del gvSIG

La característica fonamental de gvSig és la de cobrir les necessitats pròpies d'un usuari d'un Sistema d'Informació Geogràfica (SIG) vectorial. Necessitats que s'han anat cobrint de manera progressiva des de que es va començar el projecte, abordant les eines més bàsiques fins arribar a les d'ús menys freqüents.

⁴ La llicència pública general de GNU o més coneguda per GPL (General Pùblic License), és una llicència creada per la *Free Software Foundation* als anys 80 i està orientada per protegir la lliure distribució, modificació i ús de programari. El seu propòsit és declarar que el programari cobert per aquesta llicència és programari lliure i està protegit per intents d'apropiació que privin als usuaris d'aquesta llibertat.

⁵ **GeoTools** és una biblioteca SIG de codi lliure que permet desenvolupar solucions adaptades als estàndards. Proporciona una implementació de les especificacions del *Open Geospatial Consortium*.

⁶ **Java Topology Suite** (JTS) és una API que proporciona un model d'objectes espacials i funcions fonamentals geomètriques 2D. Ha estat desenvolupada per l'empresa *Vivid Solutions* i està implementada íntegrament en el llenguatge de programació *JAVA*.

Actualment podem considerar el gvSig com un complet SIG vectorial de gran potència i que permet treballar amb els formats de dades més usats en cartografia, tant vectorial com *raster*. Els formats vectorials amb els que permet treballar són el SHP (*shapefile*), DXF (format d'intercanvi d'AutoCad), DWG (format propi d'AutoCad) i DGN (format propi de MicroStation). A més, permet vincular dades amb bases de dades espacials com el *PostGIS*, *MySQL* i *Oracle*.

Entre les eines disponibles es poden trobar:

- les pròpies de càrrega de dades,
- navegació (zooms, enquadraments, desplaçaments,...),
- consulta d'informació (informació d'un element, mesura de distàncies,...),
- cartografia temàtica (llegendes per valors únics, per intervals, autoetiquetat,...),
- selecció d'elements (selecció gràfica, selecció per atributs, selecció espacial,...)
- constructor de mapes
- eina de geoprocesament

A la figura

Figura 10.1 es pot observar un exemple de tractament de dades vectorials amb el gvSig.

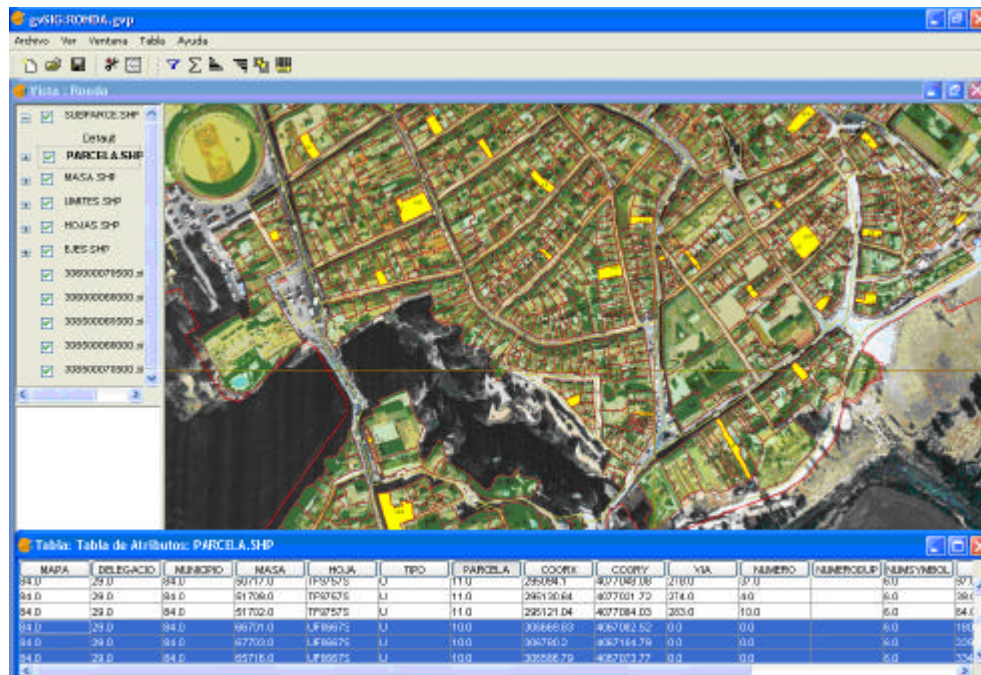


Figura 10.1: Tractament de dades vectorials amb el gvSig

Una altra funcionalitat del gvSIG es el geoprocesament que permet aplicar una sèrie de processos estàndard sobre les capes d'informació vectorial carregades en el gvSIG donant com a resultat noves capes d'informació vectorial que aportaran una nova informació addicional a les capes origen. A més te la funcionalitat de georeferenciar imatges Figura 10.2

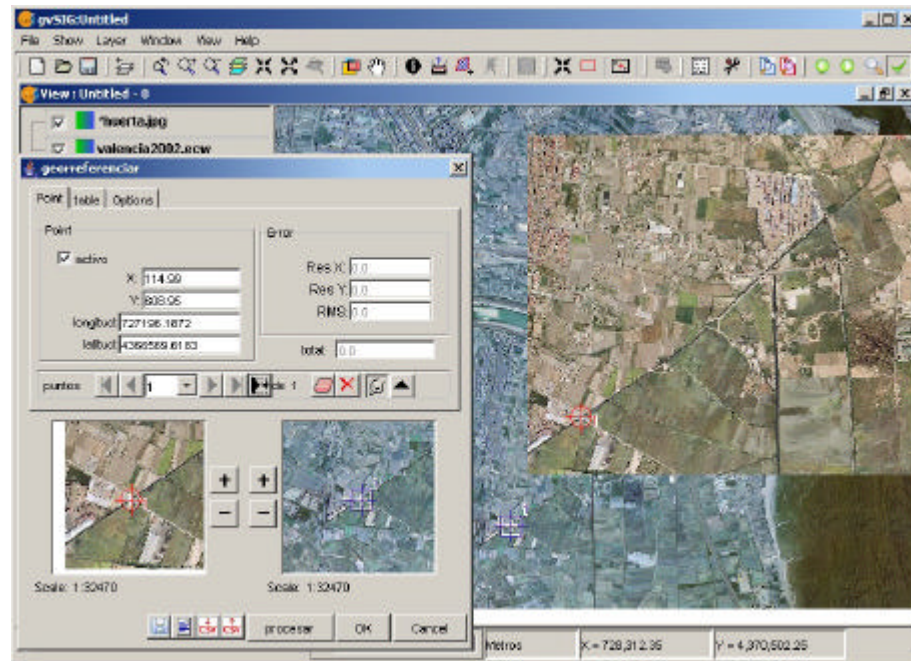


Figura 10.2: Georreferenciació d'imatges

Dins del gvSig s'han implementat les eines necessàries per permetre l'edició cartogràfica i s'elimina qualsevol dependència amb qualsevol programa de CAD⁷.

Així, el gvSig disposa d'eines d'edició vectorial que permeten modificar, crear i eliminar elements. Des del gvSig es poden editar els fitxers shape, una capa de la nostra base de dades espacial o un fitxer CAD. En tot moment s'intenta que l'usuari tingui facilitat en la utilització de les diferents funcions del gvSig. En la part de CAD s'ha habilitat una consola de comandes que permet treballar de forma molt similar a alguns dels programes més estesos del mercat. A continuació es detallen algunes de les funcionalitats bàsiques de CAD:

- Eines d'ajuda al dibuix com reixetes o comandes de desfer.
- Seleccions complexes d'elements (dins d'un cercle, fora del rectangle,...).
- Eines d'inserció d'elements, com punts, polígons, línies, el·lipses, etc.
- Eines per modificar aquests elements (punts, línies, polígons, etc.) com la rotació o la simetria.

Una cosa interessant que cal destacar és que el gvSig integra els dos móns: SIG i CAD. En la Figura 10.3 es pot observar el mòdul de CAD integrat de gvSig.

⁷ Un programa de CAD és un programa de disseny assistit per ordinador. Un CAD té moltes utilitats, des del disseny industrial fins a l'arquitectònic, passant per l'edició de cartografia.

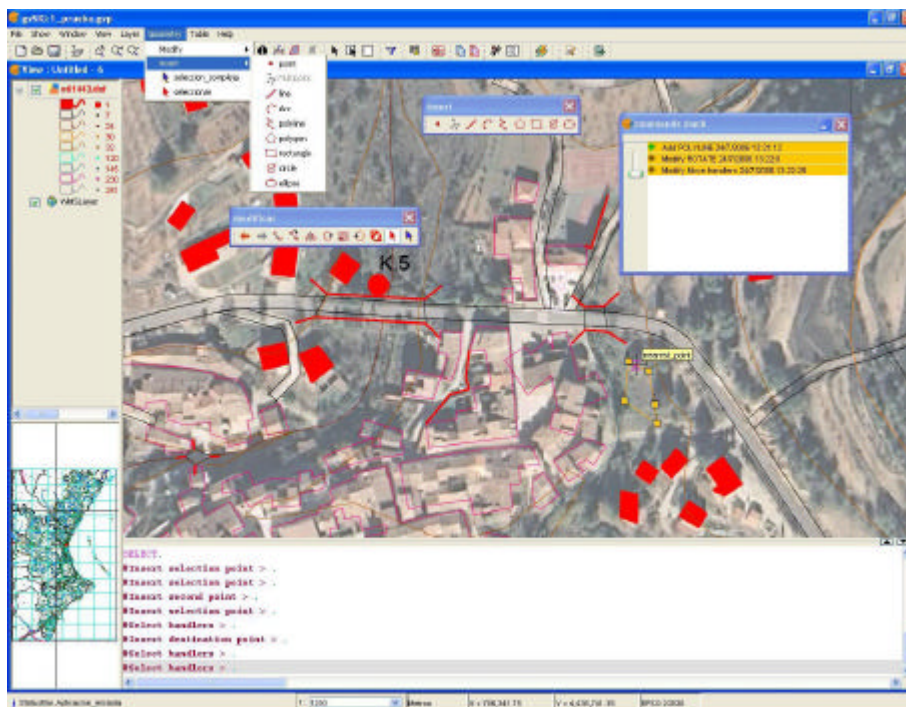


Figura 10.3: Integració de les eines de CAD del gvSig.

Una altra funcionalitat que té el gvSig és que és de client IDE [34] (és client dels diferents serveis de les Infraestructures de Dades Espacials Figura 10.4) i proporciona serveis:WMS (Web Map Service), WCS (Web Coverage Service),WFS (Web Feature Service).

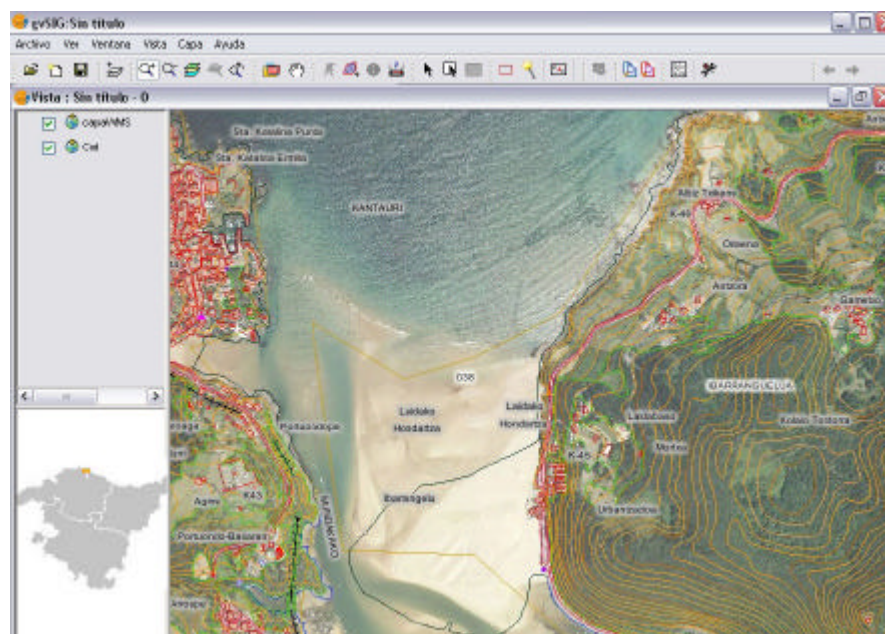


Figura 10.4: Vista formada per la composició de capes que provenen de diferents WMS remots

Així doncs, gvSIG permet afegir, crear amb informació local i treballar amb capes remotes de diferents orígens en qualsevol de les variants proposades per l'Open Geospatial Consortium (OGC).

A més d'aquests serveis, dins de les Infraestructures de Dades Espacials podem trobar el que es denomina serveis de descobriment, que s'utilitzen per trobar informació que compleixi uns criteris de cerca. Existeixen dos serveis de descobriment per trobar informació per les IDE, tots dos implementats en el gvSig:

- **Servei de Catàleg:** Permet la cerca de recursos cartogràfics mitjançant camps clau com nom, escala, tema,...tornant una llista de les metadades (dades que defineixen els recursos cartogràfics) coincidents. L'accés a aquests recursos pot ser directe, carregant-lo al gvSig com una capa, o mostrant una referència de com obtenir aquest recurs. Per tant, es pot utilitzar el gvSig com un client de Catàleg: introduint uns criteris de cerca, l'aplicació torna com a resultat aquells recursos que compleixen aquests criteris i que estan ubicats al servidor que s'indiqui.
- **Servei de Nomenclàtor:** Un nomenclàtor és una llista de topònims georeferenciats, és a dir, el topònim conté informació de les coordenades geogràfiques on s'ubica. Amb el gvSig es pot utilitzar el servei de nomenclàtor per cercar informació d'un determinat topònim, l'aplicació torna un zoom a la zona geogràfica del topònim en qüestió.

Finalment, dir que el gvSig disposa també d'algunes eines per treballar amb format *raster*, es poden afegir alguns dels formats *raster* més habituals, georeferenciar imatges, dotar de transparència a les imatges, modificar brillo, contrast, etc.

10.2 Mètode utilitzat

L'objectiu d'aquest projecte és representar gràficament amb l'eina escollida: gvSig les rutes proporcionades en forma de direccions postals.

Per poder treballar es parteix del material següent:

- **Les dades d'una part del carrer de Barcelona en Oracle i Oracle Spatial.** Aquestes dades contenen les taules Eixos_BCN i Illes_BCN, i també els seus índexs espacials. La taula Eixos_BCN conté les dades que componen aquest carrer. Aquestes dades no estan associades al portal en sí, sinó a cada tram de carrer (cada carrer té un identificador de tram). Cada un dels trams recull el primer i l'últim número de portal de la dreta, i el primer i últim número del portal de l'esquerra del carrer. Això coincideix amb els números de portal parell i senar respectivament. A més com a dades a destacar també, es disposa del nom, tipus i número de carrer, així com la llargada en metres del carrer. A més es té un camp geomètric a la taula que conté les coordenades X i Y de cada tram de carrer, això permetrà la representació d'aquesta taula amb el gvSig. Aquesta taula representada amb el gvSig serà la base sobre la qual es representaran les rutes.
- **Les rutes en forma de direccions postals en Oracle.** Com a dades principals de les rutes es disposa del nom, tipus i número de carrer emmagatzemats en una taula anomenada PUNTO_RUTA. S'observa que no es disposa de cap codi de tram que relacioni cap carrer d'aquesta taula amb la taula Eixos_BCN que forma el carrer base.

Així doncs, primer de tot, per poder representar les rutes caldrà trobar en quin tram de carrer de la taula Eixos_BCN es troba cada carrer de la taula PUNTO_RUTA . A més per poder representar les rutes caldrà calcular les coordenades X i Y (geocodificar) de les direccions postals.

Ara bé, per poder trobar en quin tram de carrer de la taula Eixos_BCN es situa cada carrer de la taula PUNTO_RUTA caldrà comparar les dues taules a nivell de nom i tipus de carrer. Per tant, es necessita sotmetre a la taula PUNTO_RUTA a una normalització de noms i tipus de carrer perquè es tingui el màxim d'encert possible a l'hora de comparar les dos taules.

Un cop s'obté el tram de carrer i s'emmagatzema en la taula PUNTO_RUTA ja s'estarà en disposició de calcular les coordenades de cada adreça postal d'aquesta taula. Com s'ha dit anteriorment, les dades que componen el carrer principal de la taula Eixos_BCN estan associats a cada tram i quan s'ha de calcular la posició d'un portal concret es realitza per interpolació. Encara que aquest mètode no es gaire precís, com que no té gaire repercussió en els serveis basats en localització perquè no es necessària molta precisió, serà la que s'utilitzarà per trobar les coordenades X i Y de les direccions postals a representar.

Finalment un cop introduïdes les coordenades en forma de punt en la taula PUNTO_RUTA, aquesta ja quedarà preparada per representar-la amb el gvSig.

10.2.1 Procés de representació de les rutes pas a pas

A continuació es detalla tot el procés amb el que s'ha arribat a la representació de les rutes en forma d'adreces postals.

- **Instal·lació del gvSig i l'Oracle Express.** S'instal·la l'Oracle 10g Express Edition que es proporciona amb el Cd de la UOC i el gvSig versió 1.1 del 21/9/2007 a partir de l'adreça <http://www.gvsig.org>.
- **Creació dels usuaris a la base de dades Oracle.** El primer que cal fer és definir a Oracle qui serà el propietari de les dades. Es crearà l'usuari UOCPFC (veure a l'annex A.1).
- **Carrega de les taules Eixos_BCN i Illes_BCN en l'Oracle i Oracle Spatial.** Es proporcionen dos taules amb dades a través d'un fitxer d'exportació en format .dmp (UOCPFC.dmp) que conté les dades Oracle i Oracle Spatial. Aquestes dades contenen les taules Eixos_BCN (especificació de la taula en l'annex A.3) i Illes_BCN, també els seus índexs espacials. Oracle disposa de mecanismes d'importació i exportació de dades. Per importar el fitxer (UOCPFC.dmp) a la base de dades, cal executar l'eina d'importació **imp** que es troba dins del directori bin de l'Oracle, en una instal·lació correcta aquest directori és al path, de manera que executant la comanda des de la línia de comandes (comanda a l'annex
- **A.2)** ja es carreguen totes les dades.
- **Instal·lar l'extensió geoBD Oracle per poder visualitzar les dades amb el gvSig.** Abans d'executar gvSig s'ha instal·lar l'extensió geoBD. Bàsicament cal: localitzar el fitxer ojdbc14.jar i copiar-lo al directori <gvSig>\bin\gvSIG\extensiones\ com.iver.cit.gvsig\ lib

- **Visualitzar les dades proporcionades d'Oracle amb el gvSig.** Abans de començar a treballar amb les dades cal comprovar que el carrerer proporcionat es pot visualitzar amb el gvSig. Caldrà crear una vista nova al gvSig i una capa de tipus geoBD. A més cal crear una connexió amb el driver 'Oracle Spatial i seleccionar les taules Eixos_BCN i Illes_BCN (Figura 10.5 i Figura 10.6).

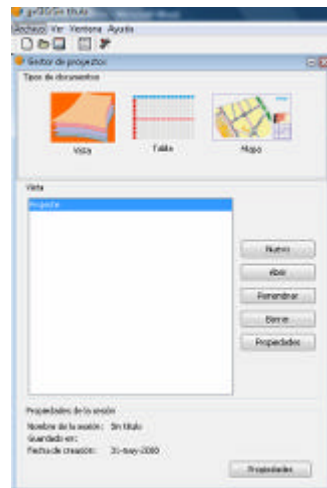


Figura 10.5: Afegir una nova vista al gvSig

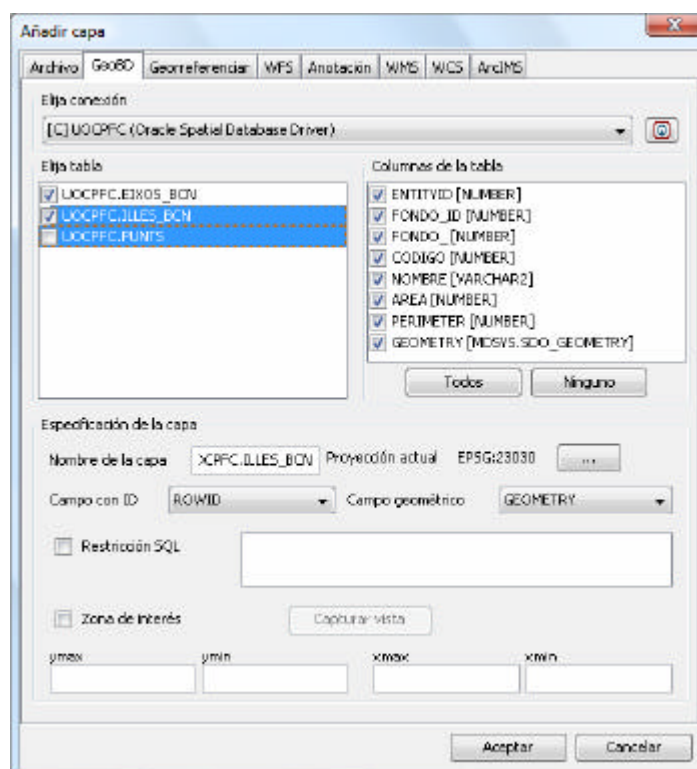


Figura 10.6: Afegir una capa geoBD al gvSig

- **Normalització de la taula PUNTO_RUTA.** Per poder trobar en quin tram de carrer de la taula Eixos_BCN es situa cada carrer de la taula PUNTO_RUTA caldrà comparar les dues taules a nivell de nom i tipus de carrer. Per tant, es necessita sotmetre a la taula PUNTO_RUTA a una normalització de noms i tipus de carrer perquè es tingui el màxim d'encert possible a l'hora de comparar les dos taules. La columna de nom de carrer de la taula PUNTO_RUTA presenta els següents inconvenients:
 - En un mateix camp (columna) hi ha el nom de carrer i el tipus de carrer (PLZ, C, RBLA).
 - Hi ha carrers que no tenen tipus de carrer, només el nom.
 - Hi ha noms de carrer que estan mal escrits (p.e: COMTE D'URGEL per COMTE D'URGELL).
 - Hi ha carrers que no existeixen en la taula Eixos_BCN.
 - Hi ha adreces postals (nom de carrer i número) que no es troben dins de cap dels tram de carrer emmagatzemats en la taula Eixos_BCN.

Les accions per normalitzar la taula PUNTO_RUTA han estat les següents:

- Càrrega de les accions proposades pel consultor (annex
- **B.1**).
- Crear una columna per emmagatzemar el tipus de carrer i separar el nom de carrer i el tipus de carrer (exemple per tallar el tipus de carrer AV en l'annex B.2)
- Actualitzar la columna de tipus de carrer de la taula PUNTO_RUTA dels carrers que no tenen el tipus de carrer. Això s'aconsegueix comparant els carrers amb la taula Eixos_BCN i s'obtenen els corresponents tipus de carrer .
- Es prescindeix dels carrers que no existeixen a la taula Eixos_BCN (exemples: CAMP DEL FERRO, DOCTOR CARARACH MAURI, FERRAN TURNE, MARQUESA CALDES DE MONBUI).
- Es prescindeix de les adreces postals (nom de carrer i número) que no estan en cap tram de carrer de la taula Eixos_BCN (exemples: tota la ruta que passa pel carrer BERENGUER DE PALOU, FLUVIA 24).
- Fer correccions en noms de carrer de la taula PUNTO_RUTA (exemples: ESPERAN? per ESPERANÇA, FRANC? per FRANCOLÍ, MOLL ESPAÑA per ESPANYA, MOLL DIPOSIT per DIPOSIT).
- Fer correccions en la numeració de carrers de la taula PUNTO_RUTA (exemples: MOLL ESPAÑA S/N per ESPANYA 1, MOLL DIPOSIT S/N DIPOSIT 1).
- **Codificar el tram de carrer de la taula PUNTO_RUTA.** Trobar en quin tram de carrer de la taula Eixos_BCN es troba cada adreça postal de la taula PUNTO_RUTA. El procediment consisteix en primer comparar si el número del carrer és parell o no. A continuació, si és parell es busca en quin tram de carrer dels parells es troba aquest número, si no, serà senar i es compara amb els trams de carrer senars. Es creen les columnes pertinents amb el codi de tram i el número inicial i final de cada tram de carrer que es troba també a la taula Eixos_BCN (codi en Visual Basic en l'annex C.1).
- **Crear una taula amb les coordenades de cada tram de carrer.** Per poder treballar amb les coordenades amb més agilitat es crea una taula amb les coordenades que es troben emmagatzemades en la columna GEOMETRY de la

taula Eixos_BCN. La nova taula s'anomena COORDENADES_TRAM (annex C.2). La finalitat d'això és després actualitzar la taula PUNTO_RUTA, afegir les columnes adients i tenir les coordenades en format numèric de l'inici i final de cada tram de carrer. Això permetrà després crear una funció per calcular les coordenades de cada adreça postal.

- **Actualitzar la taula PUNTO_RUTA amb les coordenades de la taula COORDENADES_TRAM.** S'actualitza la taula PUNTO_RUTA amb les coordenades inicials i finals del tram al que pertany cada adreça postal. Es parteix de la taula COORDENADES_TRAMS on tenim emmagatzemades les coordenades de cada tram. Es separen segons siguin coordenades d'inici de tram inicials o de final de tram. El camp que indica si es tracta d'una coordenada d'inici de tram o de final és al camp ID (1 si es tracta d'una coordenada inicial i 2 si és coordenada final annex C.3).
- **Trobar la coordenada X, Y de l'adreça postal i actualitzar la taula PUNTO_RUTA.** Per trobar la coordenada X, Y de l'adreça postal, primer de tot s'ha agafat cada tram i en funció de l'interval en la numeració, es divideix el tram en trams més petits equidistants. És a dir, si un tram va del número 99 al 117, tenim que el tram es pot dividir en 9 trams (la numeració va de dos en dos, 99, 101, 103 ...). El punt a geocodificar s'haurà de situar en funció de l'increment respecte la numeració menor que conté el tram i en sentit de digitalització d'aquest tram. En l'exemple del tram que va del número 99 al 117, el número 101 estarà situat a la posició 1/9 del tram.

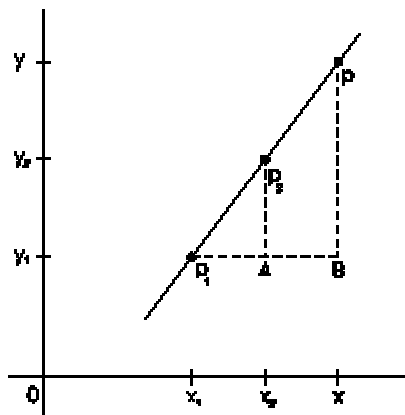


Figura 10.7: Definició d'una recta sobre un pla

Per tant ara ja sabem a quant està el punt que es busca (1/9), partint d'aquest exemple i si s'observa la Figura 10.7 podrem definir :

$$X_2 = X_1 + 1/9(X - X_1)$$

$$Y_2 = Y_1 + 1/9(Y - Y_1)$$

On X_2 , Y_2 són les coordenades que es busquen, X_1 , Y_1 les coordenades inicials del tram i X , Y són les coordenades finals. Es crea un procediment en Visual Basic per calcular les coordenades utilitzant aquesta fórmula i s'actualitza la taula PUNTO_RUTA (annex C.4).

- **Crear la taula PUNTS amb el camp geomètric en l'Oracle.** Crear la taula PUNTS amb un camp geomètric. Crear una clau principal (annex D.1).
- **Omplir la taula PUNTS amb les coordenades de cada punt.** Es crea un procediment amb *Oracle*, que omple el camp geomètric de la taula PUNTS amb les coordenades de cada adreça postal emmagatzemada en la taula PUNTO_RUTA (annex D.2).
- **Registrar la taula PUNTO_RUTA a l'Oracle Spatial.** Afegir la taula PUNTS a la taula sdo_geom_metadata_table. Les taules que tenen camps geomètrics s'han d'afegir en aquesta taula de l'Oracle Spatial perquè després es pugui veure des del gvSig. (annex D.3)
- **Crear un índex espacial sobre el camp geometria de la taula PUNTS** (annex D.4).
- **Representació de les rutes amb el gvSig.** Un cop creada la taula PUNTS amb les coordenades dels punts de les adreces postals que s'han de representar i registrades a l'*Oracle Spatial* amb el seu índex corresponent, es representaran amb el gvSig. Afegiu una capa tal i com es mostra a la figura Figura 10.6. A les figures següents es mostra part de la representació:



Figura 10.8:imatge general de totes les rutes

11 CONCLUSIONS

El treball realitzat en aquesta memòria ha permès arribar a l'autor a les següents conclusions:

- En un SIG es representen elements ubicats en la Terra i s'han de seguir conservant les mides, escales i distàncies. Per aconseguir-ho, els valors estan definits en un determinat sistema de coordenades i per assegurar que aquest és el correcte és necessari tenir uns mínims coneixements de Cartografia i Geodèsia.
- Un dels components fonamentals d'un SIG és el sistema gestor de base de dades. Tradicionalment cada SIG ha guardat les dades en un format propietari, però la iniciativa *OpenGIS* ha permès definir estàndards amb l'objectiu de trencar aquest vincle. Això ofereix la possibilitat de canviar de SIG mantenint el disseny físic de les dades.
- *Oracle Spatial* proporciona una base de dades robusta per aplicacions SIG complexes les quals necessiten més anàlisi espacial i major capacitat de processament de la base de dades d'*Oracle*.
- *L'Oracle Spatial* inclou funcions espacials, suport per sistemes de coordenades avançats, sistemes de referència lineal i funcions agregades.
- Les Infraestructures de Dades Espacials (IDE), suposen un gran avenç en el món dels SIG i la seva evolució a través d'Internet perquè tenen per objectiu integrar a través d'Internet les dades, metadades, serveis e informació de tipus geogràfic. Faciliten als usuaris potencials la localització, identificació, selecció i accés a tals recursos, publicats per diferents nodes de productors d'informació geogràfica.
- El software lliure és sinònim de compartir coneixement i gvSig vol ser una manifestació d'aquest concepte i donar la major resposta possible des del punt de vista tècnic. És un projecte obert a tota col·laboració .
- S'ha utilitzat la interpolació pel procés de geocodificació que s'ha desenvolupat. Això provoca una disminució de la precisió quan s'utilitza aquest mètode perquè s'assumeix que les adreces entre dos números són equidistants i això no sempre és així, sobretot en ciutats antigues on els carrers no són rectes. Això, normalment, no té repercussió en els serveis basats en localització ja que no es necessita una precisió excessiva, es sol utilitzar en serveis de distribució de pizzes, de paquets però no en sistemes d'emergència com bombers o ambulàncies.
- L'avantatge del model de dades de carrer per trams és la disminució del tamany de la base de dades geogràfica i la possibilitat de realitzar segmentació dinàmica dels carrers. És a dir, es poden dividir els carrers en trams sense que aquests existeixin físicament.
- Una de les desavantatges d'aquest model de referenciació de portals és que aquests es refereixen a l'eix, això pot complicar l'anàlisi quan el límit es el propi carrer. Això es soluciona introduint un nou paràmetre en la geocodificació dels portals que els allunya una distància determinada que depèn del carrer.
- Amb el tractament de rutes en general he vist una altra aplicació del món del SIG fora de l'àmbit del tractament fiscal o urbanístic al que estic acostumada a veure en una administració. A més he comprovat que és un camp força obert, es pot aplicar tant en temes turístics, com en empreses de transport, missatgeria etc. A més s'està explotant molt, a través de webs com ViaMichelin o Teletlas en les que és fàcil trobar els itineraris o rutes més curtes o ràpides per anar a un lloc concret.

- Aquest projecte m'ha fet aprofundir en el concepte de geocodificació. He treballat en la posada en marxa d'una guia de serveis on es poden localitzar tots els serveis com restaurants, hotels, carrers, hospitals etc. d'un municipi. Però aquest projecte m'ha permès veure amb una mica més de detall com crear un petit motor de geocodificació i treballar amb dades espacials.

12 LÍNIES FUTURES

En aquest projecte s'ha creat un primer model d'un motor de geocodificació per representar amb el programa gvSig unes rutes proporcionades, que en futurs treballs es podria millorar cap a un motor que proporcionés la ruta més òptima. Algunes de les possibles activitats a realitzar serien:

- Canviar la cartografia base per una de més completa amb més carrers i amb més trams de carrer.
- Carregar les dades geocodificades en servidors que disposin de la mateixa cartografia base (carrerer de Barcelona).
- Fer que el motor de geocodificació creat, a més, fes el càlcul de la ruta òptima. La ruta es podria optimitzar en funció de la distància o del temps en fer-la.
- Fer que el motor de geocodificació permetés treballar amb diferents tipus d'origen o destí a part de l'adreça postal com la localitat, punt d'interés o la coordenada directament.
- Fer el motor de geocodificació una mica més estàndard utilitzant la tecnologia dels Web services. Això permetria publicar i distribuir la funció de geocodificar a través d'Internet i poder-la consultar des d'altres punts no només localment. Això també faria que el procés es pogués carregar en altres SIGs.
- Lligat al punt anterior i aprofitant el fet que el gvSig pot treballar com a client IDE. carregant capes remotes. Es podria provar o adaptar el motor de geocodificació per altres capes de diferents orígens.
- Si s'utilitzés, (a més de la tecnologia web), la tecnologia per dispositius mòbils per la implementació del motor de geocodificació es podrien carregar les rutes geocodificades amb aplicacions per dispositius mòbils (tipus GPS o PDAs). Això dotaria de mobilitat a l'ús del motor de geocodificació perquè podria utilitzar-se des de qualsevol lloc.
- Intentar que el motor de geocodificació fos la geocodificació inversa, per exemple, obtenir les coordenades amb un GPS i obtenir una direcció postal a partir d'aquestes coordenades.

13 REFERÈNCIES

- [1] Llibre: Environmental systems research institute . Understanding GIS The ARC/INFO Method – Redlands, Ed. ESRI PRESS, 1997.
- [2] Llibre: Philip Rigaux [et al.]. Spatial Databases. Londres, Ed. Academic Press, 2002.
- [3] Llibre: Jose Ramón Rodríguez [et al.]. Metodologia i gestió de projectes informàtics. Barcelona, Universitat Oberta de Catalunya, 2003.
- [4] Llibre: Ivar Jacobson [et al.]. El Proceso Unificado de desarrollo del Software. Madrid, Ed Pearson Educación, 2000.
- [5] Llibre: Jaume Sistac [et al.]. Sistema de gestió de bases de dades. Barcelona, Ed Universitat Oberta de Catalunya, 2003.
- [6] Open Geospatial Consortium INC. OpenGIS Reference Model. Editor: George Percivall, Versió: 0.1.3, Data: 16 de setembre del 2003. [http://portal.opengis.org/files/?artifact_id=3836 , febrer 2005]
- [7] Open Geospatial Consortium INC. OpenGIS Simple Features Specification For SQL. Versió: 1.1, Data: 15 de maig de 1999. [http://www.opengis.org/docs/99-049.pdf, març 2005]
- [8] Open Geospatial Consortium INC. [http://www.opengis.org/docs/99-049.pdf, març 2005]
- [9] Kingstom Center For GIS. Introducing GIS. [http://www.emich.edu/visit/Publications/Intro_to_GIS.ppt, març 2005]
- [10] GIS.COM [http://www.gis.com, marc 2005]
- [11] GIS.COM. What is GIS [http://www.gis.com/whatisgis/whatisgis.pdf, marc 2005]
- [12] Geotecnologias. Soluciones Integrales en Geoprocesamiento [http://www.geotecnologias.com/Documentos/GIS.pdf]
- [13] University of Missouri Columbia, Department of Geography. GIS Introduction & Overview [http://msdisweb.missouri.edu/presentations/intro_to_gis/pdf/GIS_intro_over.pdf , març 2005]
- [14] Centro de supercomputación de Galicia. Sistema de Información Geográfica (SIG). [http://www.cesga.es/ca/defaultC.html?Gis/Conf.html&2 , març 2005]
- [15] Nosologig. Introducción a los SIG [http://www.nosologig.com/quesig.html, març 2005]
- [16] Instituto Geográfico Nacional, Servicio de Documentación Geográfica y Biblioteca, Francisco J. Dávila. Introducción a los sistemas de información geográfica. [http://www.icc.es/ibercarto/sig2.pdf, març 2005]
- [17] MundoGPS.[http://www.mundogps.com/, març 2005]
- [18] Monografias.com. Cartografía: el principio de la geografía general. [http://www.monografias.com/trabajos11/cartuno/cartuno.shtml, març 2005]
- [19] Universidad de Perú. Cartografía digital i los sistema de inforamción geográfica. [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvmedioambiente/Temario/Archivos/EXPOYAR11.ppt, març 2005]
- [20] Cartesia.org, Apuntes y documentos. Nociones de Cartografía. [http://www.cartesia.org/download.php?op=getit&lid=105, març 2005]
- [21] Cartesia.org, Apuntes y documentos. Nociones de Geodesia. [http://www.cartesia.org/download.php?op=getit&lid=104, març 2005]
- [22] Microsoft, Visual Basic. [http://msdn.microsoft.com/vbasic/, abril 2005]
- [23] Microsoft, Component Object Model. [http://www.microsoft.com/com/default.aspx], abril 2003

-
- [24] Oracle, Oracle Spatial, [<http://www.oracle.com/technology/products/spatial/index.htm>, març 2005]
- [25] GeoTIFF [<http://www.remotesensing.org/geotiff/geotiff.html>, abril 2005]
- [26] Instiut Cartogràfic de Catalunya [<http://www.icc.es>, maig 2005]
- [27] MySQL, [<http://dev.mysql.com/doc/refman/5.0/es/mysql-spatial-datypes.html>]
- [28] Esri, [<http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf>]
- [29] Wikipedia, [<http://es.wikipedia.org/wiki/Shapefile>]
- [30] International Organization for Standardization, [http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=26020]
- [31] Geographic Information /Geomatics, [<http://www.isotc211.org/>]
- [32] The Federal Geographic Data Committee, [<http://www.fgdc.gov/>]
- [33] Comité Européen de Normalisation, [<http://www.cen.eu/cenorm/homepage.htm>]
- [34] Infraestructura de Datos Espaciales de España IDE-E, [<http://www.idee.es>]
- [35] Infraestructura de Datos Espaciales de España IDE-E àmbit Nacional, [http://www.idee.es/show.do?to=pideep_ambito_nacional.ES]
- [36] Infraestructura de Datos Espaciales de España IDE-E àmbit Regional, [http://www.idee.es/show.do?to=pideep_ambito_regional.ES]
- [37] Infraestructura de Datos Espaciales de España IDE-E àmbit Local, [http://www.idee.es/show.do?to=pideep_ambito_local.ES]
- [38] Cartesia, [<http://www.cartesia.org/article.php?sid=345>]
- [39] Wikipedia, [<http://es.wikipedia.org/wiki/Geocodificaci%C3%B3n>]
- [40] Institut Cartogràfic de Catalunya, ICC [http://www.icc.es/web/content/ca/prof/cartografia/inici_cartografia.html]
- [41] Instituto Nacional Geogràfico, [http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/cartografia/vuelosfot.htm]
- [42] Llibre: Gutiérrez Puebla, Javier ; Gould, Michael SIG, sistema de información geográfica Editorial Síntesis, S.A, 1994
- [43] INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. -IGAC-. Conceptos Básicos De Sistemas de Información Geográfica Y Aplicaciones En Latinoamérica. Subdirección de Cartografía, IGAC. 1995, [http://www.igac.gov.co:8080/igac_web/contenidos/home.jsp]
- [44] Llibre: Zeiler, Michael, Modelling Our World, ESRI Press, California, 1999
- [45] Llibre: Laurini Robert, Thompson Derek. Fundamentals of spatial Information systems. Academic Press, 1992
- [46] Manual Oracle Spatial. [<http://youngcow.net/doc/oracle10g/appdev.102/b14255.pdf>]
- [47] AesigCat. [<http://www.aesig.org/cat/infosig/infosig.htm>]
- [48] WCS.Open Geospatial Consortium, [<http://www.opengeospatial.org/standards/wcs>]
- [49] WFS.Open Geospatial Consortium, [<http://www.opengeospatial.org/standards/wfs>]
- [50] WMC.Open Geospatial Consortium, [<http://www.opengeospatial.org/standards/wmc>]
- [51] WMS.Open Geospatial Consortium, [<http://www.opengeospatial.org/standards/wms>]
- [52] Teleatlas, [<http://www.teleatlas.com/index.htm?Lang=ES>]
- [53] ViaMichelin, [<http://www.viamichelin.es/viamichelin/esp/tpl/hme/MaHomePage.htm>]

14 ANNEXOS

14.1 ANNEX A. Dades Oracle

A.1 Sentències SQL de creació d'usuari UOCPFC i permisos.

```
-- USER SQL
CREATE USER UOCPFC IDENTIFIED BY UOCPFC
DEFAULT TABLESPACE USERS
TEMPORARY TABLESPACE TEMP;
-- ROLES
GRANT "RESOURCE" TO UOCPFC ;
GRANT "CONNECT" TO UOCPFC ;
ALTER USER UOCPFC DEFAULT ROLE "RESOURCE", "CONNECT" ;
GRANT SELECT ANY DICTIONARY TO UOCPFC;
GRANT CREATE SESSION TO UOCPFC ;
```

A.2 Càrrega de dades a Oracle

```
imp uocpfc/uocpfc file=UOCPFC.dmp
```

A.3 Especificació dels camps de la taula Eixos_BCN

Nom camp	Descripció del camp
FNODE	<i>From Node</i> . Identificador del node inicial
TNODE_	<i>To Node</i> . Identificador del node final
LPOLY_	<i>Left Polygon</i> . Identificador del polígon que queda a l'esquerra del tram, en el sentit <i>From-To</i> .
RPOLY_	<i>Right Polygon</i> . Identificador del polígon que queda a la dreta del tram, en el sentit <i>From-To</i>
LENGTH	Longitud del tram. Tot i ser un valor geomètric, també es pot guardar com una dada associada
EJES_	Identificador del tram. Coincideix amb l'identificador de la geometria.
EJES_ID	Identificador del tram.
L_ADD_FROM	Nº de carrer inicial del tram pel costat esquerra.
L_ADD_TO	Nº de carrer final del tram pel costat esquerra.
R_ADD_FROM	Nº de carrer inicial del tram pel costat dret.
R_ADD_TO	Nº de carrer final del tram pel costat dret.
SEN	Sentit de circulació. Per exemple, 3 és bidireccional.
CODVIA	Codi de via. Tots els trams del mateix carrer tenen el mateix codi de via.
CODIGOPOST	Codi postal.
FT_IMPED	<i>From-To Impedance</i> . El que costa anar del node inicial al node final.
TF_IMPED	<i>To-From Impedance</i> . El que costa anar del node final al node inicial.
TIPO	Tipus de carrer (Carrer, avinguda, plaça, etc.).
PRE_DIR	Prefix de la direcció (del nom del carrer).
NOMBRE	Nom del carrer.
SUF_DIR	Sufix de la direcció (del nom del carrer).

14.2 ANNEX B. Normalització de dades

B.1 Sentències de normalització.

```

create table uocpfc.punto_ruta_norm as select * from uocpfc.punto_ruta;

update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='DIAGONAL' where calle='AV DIAGONAL';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='MARE DE DEU DE MONTSERRAT' where
calle='AV MARE DEU DE MONTSERRAT';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='COMTE D'URGEL' where calle='COMTE
D'URGELL';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='CIRCUMVAL-LACIO' where calle='CRA
CIRCUNVAL.LACIO';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='DALMAU' where calle='DALMAU DE
CREIXELL';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='FLUVIA' where calle='DEL FLUVIA';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='ESPERANÇA' where calle='ESPERANÃA';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='FRANÇA' where calle='FRANÃA';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='GRAN VIA DE LES CORTS CATALANES'
where calle='GRAN VIA LES CORTS CATALANE';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='JOSE DE AGULLO' where calle='JOSE
AGULLO';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='MOLL DE DIPOSIT' where calle='LUG
MOLL DE DIPOSIT';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='MOLL ESPANYA' where calle='LUG MOLL
ESPANYA';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='MALLOFRE' where calle='MOSSEN QUINTI
MALLOFRE';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='PATI DE LA LLIMONA' where calle='PAT
LLIMONA';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='DOMENECH' where calle='PERE TERRE I
DOMENECH';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='BONANOVA' where calle='PG BONANOVA';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='COLOM' where calle='PG COLOM';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='FONT D'EN FARGAS' where calle='PG
FONT D'EN FARGAS';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='JOAN DE BORBO' where calle='PG JOAN
BORBO COMTE BARCELO';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='MARAGALL' where calle='PG MARAGALL';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='CANADELL' where calle='PGE CANADELL';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='MARIMON' where calle='PGE MARIMON';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='ALFONS EL SAVI' where calle='PL
ALFONS EL SAVI';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='ANTONIO LOPEZ' where calle='PL
ANTONIO LOPEZ';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='BEATES' where calle='PL BEATES';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='DOCTOR LETAMENDI' where calle='PL
DOCTOR LETAMENDI';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='MAR' where calle='PL MAR';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='SARRIA' where calle='PL SARRIA';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='PROVENÇA' where calle='PROVENÃA';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='CATALUNYA' where calle='RBL
CATALUNYA';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='GENERAL MITRE' where calle='RDA
GENERAL MITRE';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='GUINARDO' where calle='RDA GUINARDO';

```

```

update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='GRACIA' where calle='TRV GRACIA';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='AUGUSTA' where calle='VIA AUGUSTA';
update uocpfc.punto_ruta_norm set calle='LAIETANA' where calle='VIA LAIETANA';

commit;

```

B.2 Exemple per separar la sigla AV del nom de carrer. ES troben els carrers que comencen per AV. S'agafa la sigla AV i s'actualitza la columna TIPUS_VIA de la taula PUNTO_RUTA.

```

UPDATE      UOCPFC_PUNTO_RUTA      SET      UOCPFC_PUNTO_RUTA.CALLE      =
Mid([CALLE],3,200), UOCPFC_PUNTO_RUTA.TIPUS_VIA = "AV"
WHERE      (((UOCPFC_PUNTO_RUTA.CALLE) Like "AV *"));

```

14.3 Annex C. Obtenció de coordenades de les adreces postals

C.1 Procediment en Visual Basic per trobar el codi de tram corresponent de cada adreça postal de la taula PUNTO_RUTA.

El procediment consisteix en primer comparar si el número del carrer és parell o no. A continuació, si és parell es busca en quin tram de carrer dels parells es troba aquest número, si no, serà senar i es compara amb els trams de carrer senars.

```

Private Sub Comando0_Click()
Dim db As Database
Dim rs As Recordset
Dim rs2 As Recordset
Dim I As Integer
Dim A As Integer
Dim B As Integer

Set db = CurrentDb()
Set rs = db.OpenRecordset("PUNTO_RUTA")
rs.MoveFirst
Do While Not rs.EOF
    I = Val(rs!finca) Mod 2
    If I = 0 Then
        Set rs2=db.OpenRecordset("select * from EIXOS_BCN where r_add_from<="
& Val(rs!finca) & " and r_add_to>=" & Val(rs!finca) & " AND NOMBRE="" &
rs!CALLE & "";"")
        If Not rs2.EOF Then
            rs2.MoveFirst
            rs.Edit
            rs!EJES_ID = rs2!EJES_ID
            rs!EJES_ = rs2!EJES_
            rs!LENGTH = rs2!LENGTH
            rs.Update
        End If
    Else
        Set rs2 = db.OpenRecordset("select * from UOCPFC_EIXOS_BCN_COPIA where
L_add_from<=" & Val(rs!finca) & " and L_add_to>=" & Val(rs!finca) & " AND
NOMBRE="" & rs!CALLE & "";"")
        'MsgBox "select * from EIXOS_BCN where L_add_from<=" & Val(rs!finca) &
" and L_add_to<=" & Val(rs!finca) & " AND NOMBRE='" & rs!CALLE & "';"
        If Not rs2.EOF Then

```



```

        rs2.MoveFirst
        rs.Edit
        rs!EJES_ID = rs2!EJES_ID
        rs!EJES_ = rs2!EJES_
        rs!LENGTH = rs2!LENGTH
        rs.Update
    End If
End If
rs.MoveNext
Loop
End Sub

```

C.2 Sentència en SQL d'Oracle i Oracle Spatial. Inserta el nom, el codi, un identificador i els valors numèrics de les coordenades emmagatzemades en la taula Eixos_BCN. La taula COORDENADES_TRAMS es crea abans.

```

CREATE TABLE COORDENADES_TRAMS
(ENTITYID VARCHAR2(10),
NOMBRE VARCHAR2(150),
X NUMBER,
Y NUMBER,
ID NUMBER);

INSERT INTO COORDENADES_TRAMS select entityid, nombre, t.X, t.Y,
t.id from UOCPFC.EIXOS_BCN, TABLE(SDO_UTIL.GETVERTICES(geometry))
t;

```

Es pot observar que s'utilitza el procediment GETVERTICES. És un procediment que es troba dins de d'un paquet de procediments SDO_UTIL de l'Oracle Spatial i que retorna les coordenades dels vèrtexs de la geometria, en aquest cas el camp GEOMETRY.

C.3 Procediment per actualitzar la taula PUNTO_RUTA.

Es parteix de la taula COORDENADES_TRAMS on tenim emmagatzemades les coordenades de cada tram. Es separen segons siguin coordenades d'inici de tram inicials o de final de tram. El camp que indica si es tracta d'una coordenada d'inici de tram o de final és al camp ID (1 si es tracta d'una coordenada inicial i 2 si és coordenada final).

```

Private Sub Comandol_Click()
Dim db As Database
Dim rs As Recordset
Dim rs2 As Recordset
Dim i As Integer
Dim a As Integer
Dim b As Integer

Set db = CurrentDb()
Set rs = db.OpenRecordset("PUNTO_RUTA")
rs.MoveFirst
Do While Not rs.EOF

```

```

        Set rs2 = db.OpenRecordset("select * from COORDENADES_TRAMS where ID=1
AND EJES_ID= " & rs!EJES_ID & " ;")
        If Not rs2.EOF Then
            rs2.MoveFirst
            rs.Edit
            rs!x_inici = rs2!x
            rs!y_inici = rs2!y
            rs.Update
        End If
        Set rs2 = db.OpenRecordset("select * from COORDENADES_TRAMS where ID=2
AND EJES_ID= " & rs!EJES_ID & " ;")
        If Not rs2.EOF Then
            rs2.MoveFirst
            rs.Edit
            rs!x_final = rs2!x
            rs!y_final = rs2!y
            rs.Update
        End If

        rs.MoveNext
    Loop
End Sub

```

C.4 Procediment que calcula les coordenades de les adreces postals

```

Private Sub Comando3_Click()
    Dim db As Database
    Dim rs As Recordset
    Dim rs2 As Recordset
    Dim i As Integer
    Dim NUMEROS As Integer
    Dim a As Integer
    Dim b As Integer

    Set db = CurrentDb()
    Set rs = db.OpenRecordset("PUNTO_RUTA")
    rs.MoveFirst

    Do While Not rs.EOF
        NUMEROS = QuantsNumeros(rs!NUM_ini, rs!NUM_fi) - 1
        posicio = QuinaPosicio(rs!NUM_ini, rs!NUM_fi, CInt(rs!finca)) - 1
        rs.Edit

        If NUMEROS = 0 Then
            rs!x = rs!x_inici
            rs!y = rs!y_inici
        Else
            rs!x = rs!x_inici + (posicio / NUMEROS) * (rs!x_final -
rs!x_inici)
            rs!y = rs!y_inici - (posicio / NUMEROS) * (rs!y_inici -
rs!y_final)
        End If
    End While

```

```

    rs.Update
    rs.MoveNext
Loop
End Sub

```

La funció següent troba quanta números de carrer hi ha en un tram donat.

```

Function QuantsNumeros(a As Integer, b As Integer) As Integer
    Dim i As Integer
    Dim j As Integer
    i = 0
    For j = a To b Step 2
        i = i + 1
    Next j
    QuantsNumeros = i
End Function

```

La funció que es troba a continuació cerca en quina posició del tram es troba un número donat. És a dir, si tenim un tram que va del número 99 al 117 i busquem en quina posició està el 101, retornarà un 2.

```

Function QuinaPosicio(a As Integer, b As Integer, c As Integer) As Integer
    Dim i As Integer
    Dim j As Integer
    i = 0
    For j = a To b Step 2
        i = i + 1
        If j = c Then Exit For
    Next j
    QuinaPosicio = i
End Function

```

14.4 Annex D. Preparació del camp geomètric de la taula PUNT_RUTA, registre de la taula a l'Oracle Spatial

D.1 Creació de la taula PUNTS.

Es crea la taula amb el seu camp geomètric i una clau primària sobre el camp ID.

```

CREATE TABLE PUNTS(
ID NUMBER PRIMARY KEY,
ID_TRAM NUMBER,
GEOMETRY SDO_GEOMETRY);

```

D.2 Procediment Omlir_Punts

Aquest procediment omple el camp GEOMETRY de la taula PUNTS amb les coordenades de cada punt que s'haurà de representar. Aquestes coordenades s'extreuen de la taula PUNTO_RUTA.

```
create or replace PROCEDURE OMPLIR_PUNTS
AS
  CURSOR cursor1 IS SELECT ID,X,Y FROM PUNTO_RUTA;
  fila cursor1%ROWTYPE;
BEGIN
  OPEN cursor1;
  LOOP
    FETCH cursor1 INTO fila; -- retrieve entire row into record
    EXIT WHEN cursor1%NOTFOUND;
    INSERT INTO UOCPFC.PUNTS VALUES(fila.ID, MDSYS.SDO_GEOMETRY(3001,
NULL, MDSYS.SDO_POINT_TYPE(fila.X, fila.Y, NULL), NULL, NULL));
  END LOOP;
  CLOSE cursor1;
END;
```

D.3 Registre de la taula a l'Oracle Spatial

```
Insert into mdsys.sdo_geom_metadata_table select
SDO_OWNER,'PUNTS',SDO_COLUMN_NAME,SDO_DIMINFO,SDO_SRID
from mdsys.sdo_geom_metadata_table where sdo_owner='UOCPFC' and
sdo_table_name='EIXOS_BCN';
```

D.4 Creació de l'índex espacial

```
CREATE INDEX      IDX_PUNTS  ON      PUNTS  (GEOMETRIA)  INDEXTYPE  IS
MDSYS.SPATIAL_INDEX PARAMETERS('sdo_indx_dims=2');
```