



UNIVERSITAT OBERTA DE CATALUNYA

Enginyeria Informàtica (2on cicle)

Curs 2005-2006 (1^{er} semestre)

PROJECTE FINAL DE CARRERA

Sistema d'Informació Geogràfica de Distribució d'Aigües

Autora:

Isabel Aguilar Heredia

Director

Antoni Pérez Navarro

RESUM

En aquest projecte es fa la implantació d'un sistema d'informació geogràfica (SIG) per la xarxa de distribució d'aigües de la població Bell-lloc d'Urgell. A més a més de tenir digitalitzada tota la xarxa, s'incorpora un sistema de gestió, control i seguiment d'avaries.

Per conèixer millor l'entorn de treball, el projecte constarà d'una part teòrica on es fa una introducció al món del SIG. Es realitza la implantació sobre un paquet SIG comercial: *Geomedia Professional 5.2*.

S'aprofita la capacitat d'ampliar les funcionalitats que té el *Geomedia Professional 5.2*, per crear un mòdul de gestió d'avaries programant una comanda vinculada al SIG. Amb *Geomedia Professional 5.2* és difícil de desenvolupar aquesta eina. *Geomedia Professional* permet acoblar un mòdul desenvolupat especialment per satisfer les necessitats del sector de Gestió de xarxes de distribució i sanejament: *Geomedia Public Works*, que aporta unes funcionalitats especials dissenyades especialment per a aquest sector.

Aquesta eina permet (entre d'altres coses) fer un seguiment de la xarxa amb unes condicions, per la qual cosa si es fa el seguiment des d'un punt de la xarxa amb la condició que es pari quan trobi una vàlvula, per exemple es podrien detectar quines vàlvules s'han de tancar per tallar el subministrament de les zones afectades per una avaria.

Per tancar el projecte es mostren les conclusions del treball realitzat i es proposen futures línies de treball.

ÍNDEX

RESUM	2
ÍNDEX	3
ÍNDEX DE FIGURES	6
ÍNDEX DE TAULES	8
1. INTRODUCCIÓ.....	9
1.1 Justificació del pfc	9
1.2 Objectius	9
1.3 Pla de treball	10
1.3.1 Relació d'activitats.....	10
1.3.2 Fites principals.....	13
1.3.3 Planificació	13
1.3.4 Incidències del projecte	18
1.3.5 Material.....	18
2 INTRODUCCIÓ AL SIG.....	19
2.1 Definició d'un SIG.....	19
2.2 Origen i evolució dels SIG	19
2.3 Components d'un SIG	20
2.3.1 Maquinari.....	21
2.3.2 Programari	21
2.3.3 Dades	21
2.3.4 Equip humà	22
2.3.5 Regles de negoci.....	22
2.4 Models de representació	22
2.4.1 SIG vectorials	23
2.4.2 SIG Raster.....	24
2.4.3 Comparativa	24
2.5 Principals camps d'aplicació dels SIG	25
3 Conceptes sobre Cartografia i Geodèsia.....	26
3.1 Definició de Geodesia	26
3.1.1 Superfícies geodèsiques de referència	26
3.1.2 El Datum	28
3.2 Definició de Cartografia	28
3.2.1 Escala	29
3.2.2 Coordenades geogràfiques	29
3.3 De l'esfera al pIA: projeccions cartogràfiques	32
3.3.1 Projeccions cilíndriques.....	33
3.3.2 Projeccions còniques	34
3.3.3 Projeccions azimuthals o planars.....	34
3.4 La projecció UTM	35
4 Geomedia Professional 5.2.....	39

4.1	Descripció General.....	39
4.2	Components Generals	39
4.2.1	Els GeoWorkspace.....	40
4.2.2	Els Magatzems	40
4.2.3	Finestres de treball.....	41
4.2.4	Les entitats i les classes d'entitat	44
4.2.5	Sistemes de Coordenades	45
4.2.6	Llegenda.....	46
4.3	Validació de les dades	46
4.3.1	Validació de geometria	46
4.3.2	Validació de connectivitat	48
4.4	Funcionalitats	49
4.4.1	Anàlisi de dades	49
4.4.2	Captura de dades.....	53
4.5	Realització de comandes	53
4.6	Mancances	54
5	Geomedia Public Works	55
5.1	Descripció General.....	55
5.2	AFM.....	56
5.2.1	Associacions	56
5.2.2	Cardinalitat	56
5.2.3	Restriccions geomètriques	56
5.3	Model de dades.....	57
5.4	Treballant amb Xarxes	57
5.4.1	Trace definition.....	57
5.4.2	Trace	58
6	Creació del SIG.....	60
6.1	La distribució de l'aigua	60
6.1.1	La captació	61
6.1.2	El tractament	61
6.1.3	Els dipòsits	62
6.1.4	La distribució	63
6.1.5	Altres fonts de subministrament	63
6.2	Components de la xarxa de distribució	64
6.2.1	Tipus de xarxes	64
6.3	Model de xarxa de distribució.....	65
6.4	Creació del GeoWorkspace	66
6.4.1	Sistema de coordenades.....	66
6.4.2	Magatzems	66
6.4.3	Base Municipal de Catalunya	67
6.4.4	Ortofotos.....	70
6.4.5	Xarxa de distribució d'aigües.....	70

6.5	Classes d'entitat	72
6.5.1	Entitats de la xarxa	72
6.5.2	Entitats de la base cartogràfica	74
6.5.3	Escala de visualització de les classes d'entitat	74
6.6	Analisi de dades	75
6.6.1	Consulta d'atributs.....	75
6.6.2	Zones d'influència.....	76
6.6.3	Intersecció espacial.....	78
7	Eina de Gestió d'Avaries.....	80
7.1	Descripció de l'eina	80
7.2	Descripció interna de l'eina	82
7.2.1	Les avaries	82
7.2.2	Creació de la comanda.....	82
7.2.3	Algoritme de cerca de vàlvules i canonades afectades.....	83
8	Conclusions i vies de continuació	85
8.1	Vies de continuació	86
	GLOSARI	87
	Referències	88

ÍNDEX DE FIGURES

Figura 1.1: Diagrama de Gantt d'activitats Fase 1 i Fase 2	15
Figura 1.2: Diagrama de Gantt de la tercera fase.....	16
Figura 1.3: Diagrama de Gantt de la darrera fase.	17
Figura 2.1: Capes temàtiques	22
Figura 2.2: Elements cartogràfics bàsics: punt, línia, polígon.....	23
Figura 2.3: Comparativa model Raster i model Vectorial	25
Figura 3.1: Representació del geoide	27
Figura 3.2: Comparació de la superfície terrestre, el geoide i l'el·lipsoide de referència....	27
Figura 3.3: Exemple d'escala gràfica	29
Figura 3.4: Representació dels meridians	30
Figura 3.5: Representació dels paral·lels	30
Figura 3.6: Esquema il·lustratiu d'una projecció cilíndrica	33
Figura 3.7: Esquema il·lustratiu d'una projecció cònica.....	34
Figura 3.8: Projecció UTM.	36
Figura 3.9: Quadricula UTM. Fusos i Zones.	37
Figura 3.10: Detall de la quadricula UTM.....	37
Figura 4.1: Finestra de mapa i la seva corresponent llegenda, fletxa nord i barra d'escala	42
Figura 4.2: Finestra de dades	43
Figura 4.3: Finestra de composició	44
Figura 4.4: Validació de geometria: Retrocés i punt duplicat.....	47
Figura 4.5: Validació de geometria: Llaç.....	47
Figura 4.6 Validació de geometria: Àrea sense tancar	47
Figura 4.7: Validació de geometria: Forat no contingut	47
Figura 4.8: Validació de geometria: Forats superposats.....	47
Figura 4.9: Validació de connectivitat: línia molt llarga	48
Figura 4.10: Validació de connectivitat: No coincidència entre punt i línia.	49
Figura 4.11: Validació de connectivitat: No coincidència de nodes	49
Figura 4.12: Entitats que es toquen i entitats que no es toquen	50
Figura 4.13: Entitats que contenen i entitats que no contenen altres entitats.....	50
Figura 4.14: Entitats contingudes i entitats no contingudes dins d'altres entitats	51
Figura 4.15: Entitats que contenen i no contenen completament altres entitats.....	51
Figura 4.16: Entitats que són contingudes i no contingudes completament.....	51
Figura 4.17: Entitats que es sobreposen i entitats que no es sobreposen amb altres.....	52
Figura 4.18: Entitats que s'uneixen i entitats que no s'uneixen amb altres	52
Figura 4.19: Entitats espacialment iguals i entitats espacialment diferents	52
Figura 4.20: Entitats que estan a una distància d'altres i entitats que no ho estan	52
Figura 5.1: [Trace definition]	58
Figura 5.2: [Trace].....	59
Figura 5.3: Exemple de l'execució de la comanda [Trace]	59
Figura 6.1: Sistema d'abastament d'aigua.....	61

Figura 6.2: Xarxa de distribució ramificada	64
Figura 6.3: Xarxa de distribució mallada	65
Figura 6.4: Xarxa de distribució mixta	65
Figura 6.5: Definició d'arxiu d'esquema de servidor CAD.....	68
Figura 6.6: Definició d'una classe d'entitat d'un arxiu CAD.	69
Figura 6.7: Informació cartogràfica de base.....	69
Figura 6.8: Ortofoto de la població Bell-lloc d'Urgell.....	70
Figura 6.9: Pla d'Ordenació Urbanística municipal: Bell-Lloc d'Urgell	71
Figura 6.10: Diagrama UML de les classes d'entitat de la xarxa	72
Figura 6.11: Mostra d'un fragment de la xarxa	75
Figura 6.12: Configuració d'una consulta d'atributs.....	75
Figura 6.13: Consulta d'atributs: Diàmetre de canonada.....	76
Figura 6.14: Consulta de la zona d'influència d'una canonada.....	77
Figura 6.15: Zona d'influència d'una canonada.	77
Figura 6.16: Configuració de d'intersecció espacial.....	78
Figura 6.17: Intersecció espacial: Punts d'unió entre canonades.....	79
Figura 7.1: Punts d'avaría a la xarxa.....	80
Figura 7.2: Execució de la comanda de gestió d'avaries.....	81
Figura 7.3: Barra d'eines amb la comanda de gestió d'avaries	83
Figura 7.4: Diagrama de flux de l'algorisme de seguiment de la xarxa	84

ÍNDEX DE TAULES

Taula 1.1: Activitats incloses en cada fita	13
Taula 2.1. Comparativa Raster-Vectorial	24
Taula 6.1: Escales de visualització de les classes d'entitat	74

1. INTRODUCCIÓ

En aquest capítol es fa una presentació del que serà i com es desenvoluparà aquest projecte, realitzat per l'assignatura Projecte final de Carrera (PFC) de la Universitat Oberta de Catalunya (UOC).

Es presenta la planificació temporal, que marca el seguiment del projecte i es mencionen els capítols de la memòria d'aquest treball.

1.1 JUSTIFICACIÓ DEL PFC

La realització d'aquest projecte té dos objectius: El primer és la implantació d'un Sistema d'informació geogràfica (SIG) d'una xarxa de distribució d'aigües, utilitzant el SIG comercial *Geomedia Professional 5.2*. El segon la creació d'un sistema de gestió d'averies integrat en el SIG implantat, utilitzant *Geomedia Professional 5.2* i *Geomedia Public Works*.

El sistema serà capaç de realitzar les següents tasques de suport a la resolució d'averies:

- Determinar quins usuaris es veuen afectats per una possible avaria.
- Informar de les actuacions necessàries per tallar el subministrament d'aigua en els punts necessaris de manera que a la zona afectada no hi hagi cabal d'aigua.
- Minimitzar el número de clients afectats pel tall de subministrament.
- Generar l'ordre de treball a la brigada més propera que tingui capacitat per resoldre el tipus d'avaría que s'ha produït.

1.2 OBJECTIUS

Els objectius d'aquest projecte són els següents:

- Fer un estudi del funcionament dels SIG i dels conceptes que engloben el món dels SIG.
- 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 es pot transformar en una posició en un mapa pla.
- Conèixer el SIG comercial *Geomedia Professional 5.2*.

IMPLANTACIÓ D'UN SIG AMB GEOMEDIA

- Conèixer l'eina *Geomedia Public Works* i veure què aporta respecte *Geomedia Professional 5.2* en el desenvolupament del projecte.
- Realitzar la implantació d'un SIG per una xarxa de distribució d'aigües utilitzant *Geomedia Professional 5.2*. Es farà un joc de dades per poder provar el sistema correctament.
- Desenvolupar un sistema de gestió d' avaries integrat al SIG.

1.3 PLA DE TREBALL

A continuació es detalla el pla de treball que inclou el següent::

- **Relació d'activitats:** Activitats més significatives del projecte.
- **Fites principals:** Fites principals amb les activitats que inclou.
- **Planificació:** Planificació temporal de les activitats.
- **Avaluació de riscos:** Anàlisi de riscos que podrien interferir en el compliment dels objectius temporals del projecte.
- **Material:** Material necessari per a la realització del projecte.

1.3.1 Relació d'activitats

A continuació es descriuen les tasques més significatives del projecte.

Definició del pla de treball

En aquesta activitat es veuen els objectius que es volen assolir en el projecte; les tasques a realitzar; s'estableixen les dates de les fites principals; es realitza una planificació detallada d'activitats i per finalitzar es fa un anàlisi de riscos.

Durada aproximada: 15 hores

Treball de recerca d'informació sobre SIG i Cartografia

Inclou la cerca d'informació per assolir coneixements en l'àrea en què es desenvolupa el projecte. És un recull d'informació per realitzar els capítols teòrics corresponents. Les subtasques en les quals es divideix són:

- Cerca d'informació general: elements que el caracteritzen, origen i evolució, camps d'aplicació.

IMPLANTACIÓ D'UN SIG AMB GEOMEDIA

- Cerca d'informació cartogràfica.
- Format de dades dels SIG
- Redacció de continguts.

Durada aproximada: 27 hores

Introducció a GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2

Després de la seva instal·lació s'aprofundeix en el seu funcionament per poder implantar un SIG amb aquest producte. Això significa veure com definir el model de dades i com ampliar la seva funcionalitat amb programació específica.

- Instal·lació
- Lectura de manuals.
- Redacció de continguts

Durada aproximada: 25 hores

Introducció a GEOMEDIA PUBLIC WORKS

Després de la seva instal·lació es veu quins avantatges aporta *Geomedia Public Works* a un SIG de distribució d'aigües:

- Instal·lació
- Lectura de manuals
- Redacció de continguts.

Durada aproximada: 25 hores

Creació d'un SIG de distribució d'aigües

Implantació d'un SIG de distribució d'aigües. Les subtasques en les quals es divideix són:

- Disseny del model de dades
- Tria d'un sistema gestor de base de dades on emmagatzemar les dades.
- Implantació del model
- Carrega de dades (per tenir un joc de proves)

Durada aproximada: 40 hores

Realització d'un Sistema de gestió d'avaries

Inclou la programació de la part específica del SIG implantat utilitzant *Visual Basic*. Sistema de gestió d'avaries, que donat un punt en el qual es detecta una avaria o un tall de xarxa programat, fer un recorregut de la xarxa i detectar les vàlvules que cal tancar per aïllar aquella zona. El sistema indica quines vàlvules s'han de tancar per tal que no hi hagi subministrament a una determinada zona.

Les subtasques en les quals es divideix són:

- Disseny
- Implementació
- Joc de proves

Durada aproximada: 40 hores

Redacció de la memòria i la presentació

Redacció del contingut de la memòria que inclou el detall de totes les activitats realitzades en el projecte i una presentació. Les subtasques en les quals es divideix són:

- Conclusions: redacció de les conclusions del treball
- Memòria: Revisió del treball
- Presentació: Desenvolupament d'una presentació amb un límit de 20 diapositives fetes amb Microsoft Power Point, amb una síntesi del treball.

Durada aproximada: 20 hores

Debat Virtual

Entre els dies 16 i 20 de Gener fa el debat virtual. Al llarg del debat el tribunal planteja unes preguntes a l'alumne per mitjà del correu electrònic, que l'alumna contesta en el termini de 24 hores.

1.3.2 Fites principals

A continuació es detallen les dates significatives del projecte. Abans de cadascuna de les fites es fa un esborrany per fer correccions per part del consultor.

Fita	Activitats assolides		Data
PAC1	Definició del Pla de treball	Esborrany	23 de Setembre
		Lliurament	26 de Setembre
PAC2	Treball de recerca d'informació SIG i Cartografia Introducció a <i>GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2</i> Introducció a <i>GEOMEDIA PUBLIC WORKS</i>	Esborrany	25 d'octubre
		Lliurament	2 de Novembre
PAC3	Creació d'un SIG de distribució d'aigües Realització d'un sistema de gestió d'averies	Esborrany	3 de Desembre
		Lliurament	12 de Desembre
Lliurament Final	Redacció de memòria i presentació	Esborrany	30 de Desembre
		Lliurament	9 de Gener

Taula 1.1: Activitats incloses en cada fita

1.3.3 Planificació

A les figures 1.1, 1.2 i 1.3 es detalla la planificació del projecte utilitzant els diagrames de Gannt.

IMPLANTACIÓ D'UN SIG AMB GEOMEDIA

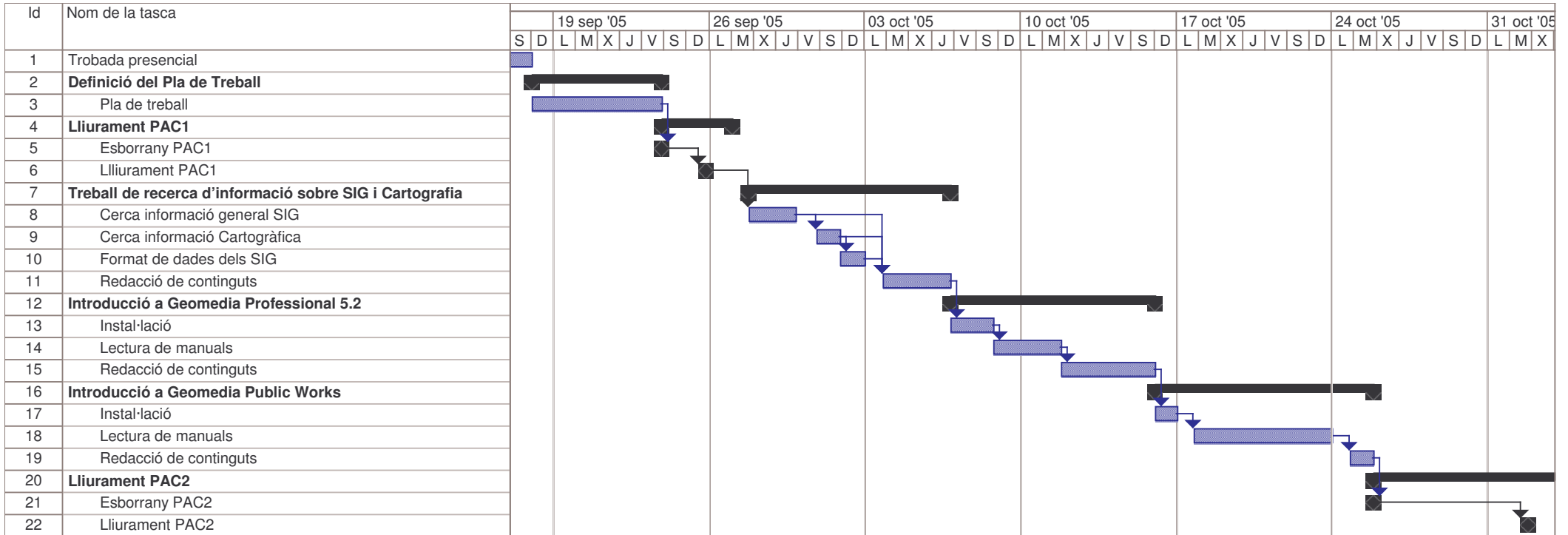


Figura 1.1: Diagrama de Gantt d'activitats Fase 1 i Fase 2

IMPLANTACIÓ D'UN SIG AMB GEOMEDIA

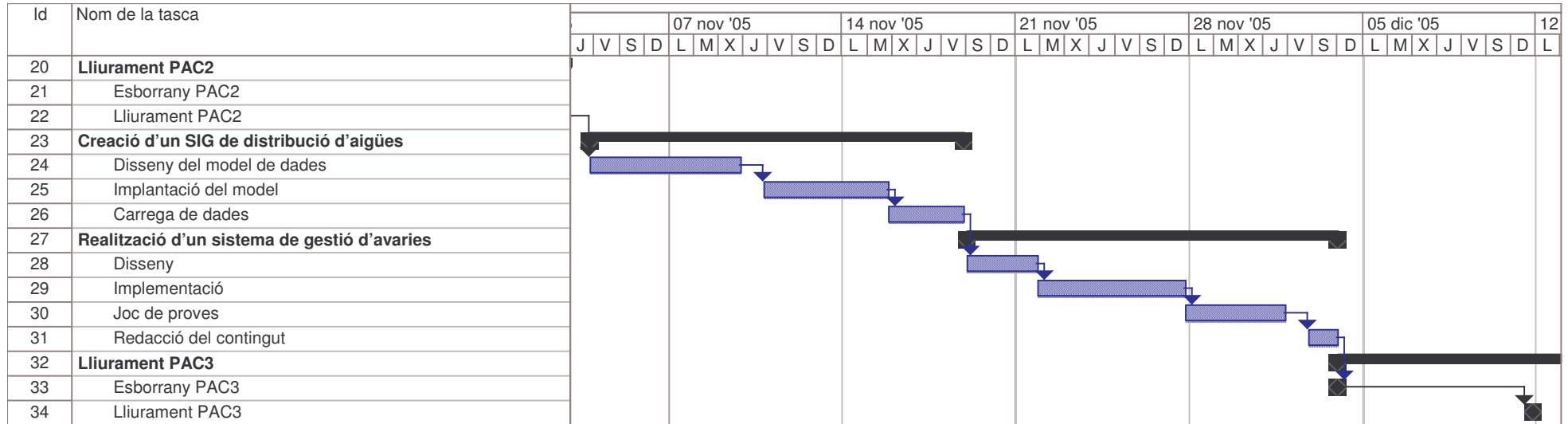


Figura 1.2: Diagrama de Gannt de la tercera fase

IMPLANTACIÓ D'UN SIG AMB GEOMEDIA

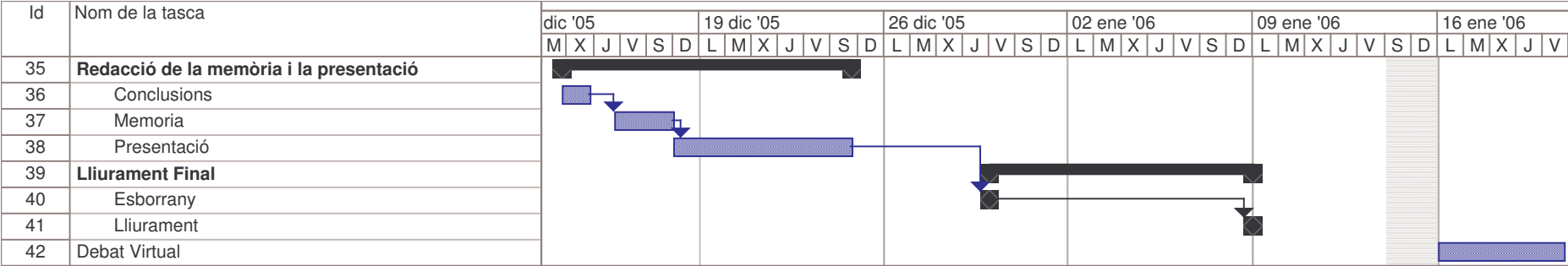


Figura 1.3: Diagrama de Gannt de la darrera fase.

1.3.4 Incidències del projecte

En el transcurs del desenvolupament del projectes s'han patit les següents incidències:

- **Avaria del punt de treball**

Fa uns mesos es va renovar el punt de treball, i a mig desenvolupament del projecte va començar a fallar un dels ventiladors de la placa mare, fins que es va aturar del tot. No hauria passat res si la tarja de xarxa no estigués integrada a la placa mare i el funcionament del *Geomedia Professional* depengués d'aixó.

Davant la impossibilitat d'anar-lo a reparar, perquè existia la possibilitat que el canviessin per una placa nova, es va optar per posar-li un ventilador addicional per aquest chip i esperar fins el lliurament del projecte (i pregar perquè no s'espatllés del tot).

Per evitar pèrdues d'informació es fan còpies de seguretat rutinàries.

- **Manca de temps per complir objectius**

Pel segon lliurament s'ha sol·licitat un dia de vacances a la feina per tenir una mica més de marge per compliment d'objectius.

1.3.5 Material

El material necessari per a un correcte desenvolupament del treball és el següent:

- *Microsoft Word*, es farà servir pels diferents lliuraments
- *Microsoft Project*.
- Conversor a pdf: es farà servir alguna eina de conversió de doc a pdf, com per exemple el *Pdfcreator* o el *Cutepdf*, per fer el lliurament final.
- *Geomedia Professional 5.2*.
- *Geomedia Public Works*
- *Visual Basic 6.0*
- *Microsoft Access*.
- Sistema operatiu: *WINDOWS XP*.
- *Mrsiddecode*.

2 INTRODUCCIÓ AL SIG

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

- **Definició d'un SIG:** Es defineix que és un SIG.
- **Origen i evolució dels SIG:** Es veu l'evolució cronològica dels SIG al llarg del temps.
- **Components d'un SIG:** Es detallen els components bàsics en què està format un SIG.
- **Models de representació:** S'expliquen els models existents i les seves característiques
- **Principals camps d'aplicació dels SIG:** Es mencionen algunes de les àrees on s'utilitzen els SIG.

2.1 DEFINICIÓ D'UN SIG

Un SIG es defineix com un conjunt de mètodes, eines i dades que estan dissenyats per actuar de forma coordinada i lògicament per capturar, emmagatzemar, analitzar, transformar i presentar tota la informació geogràfica i dels seus atributs amb la finalitat de satisfer propòsits múltiples. Els SIG són una tecnologia que permet gestionar i analitzar la informació espacial, i que va sorgir com a resultat de la necessitat de disposar ràpidament d'informació per resoldre problemes i contestar a preguntes de mode immediat.¹

Existeixen moltes altres definicions de SIG, algunes d'elles accentuen el seu component de base de dades, altres les seves funcionalitats i altres emfatitzen el fet de ser una eina de recolzament a la presa de decisions, però totes coincideixen en referir-se a un SIG com un sistema integrat per treballar amb informació espacial, eina essencial per l'anàlisi i presa de decisions en moltes àrees vitals pel desenvolupament nacional.

2.2 ORIGEN I EVOLUCIÓ DELS SIG ²

Aquest capítol es remunta fins als primers SIG per veure la seva evolució al llarg de temps.

El pioner de l'epidemiologia, el Dr. John Snow va proporcionar, pels voltants de l'any 1854, una primera aproximació als SIG, quan va cartografiar la incidència dels casos de còlera en un mapa del districte de Soho a Londres. Això va permetre a Snow localitzar amb precisió un pou d'aigua contaminat com a font causant del brot.³

IMPLANTACIÓ D'UN SIG AMB GEOMEDIA

Cap a l'any 1962, a Canadà, es va dissenyar el primer sistema "formal" d'informació geogràfica per al món de recursos naturals a escala mundial. Al Regne Unit es va començar a treballar en la unitat de cartografia experimental. No va ser fins a l'època dels 80 quan es van comercialitzar els primers SIG.

Als anys 80 es va veure l'expansió dels SIG, facilitada per la comercialització simultània d'un gran nombre d'eines de dibuix i disseny assistit per ordinador (CAD), així com la generalització de l'ús de microordinadors i estacions de treball a la indústria i l'aparició i consolidació de les bases de dades relacionals, juntament amb les primeres modelitzacions de les relacions espacials o topologia. En aquest sentit l'aparició de productes *ARC-INFO* en l'àmbit SIG o *IGDS* en l'àmbit del *CAD* va ser determinant per llençar un nou mercat amb una rapidíssima expansió. L'aparició de l'orientació a objectes (OO) als SIG (com el *Tigris d'Intergraph*), inicialment aplicada en l'àmbit militar (*Defense Map Agency – DMA*), permet noves concepcions dels SIG on s'integra tot el referit a cada entitat. Aviat els SIG es comencen a utilitzar en qualsevol disciplina que necessiti la combinació de plànols cartogràfics i bases de dades com: Enginyeria civil: disseny de carreteres, preses i embassaments, estudis mediambientals, estudis socioeconòmics i demogràfics entre d'altres.

Els anys 90 es van caracteritzar per la maduresa en l'ús d'aquestes tecnologies i per la seva expansió en nous camps (SIG als negocis), propiciada per la generalització en l'ús dels ordinadors de gran potencia, però molt assequibles, d'enorme expansió de les comunicacions i en especial Internet i el *World Wide Web*. L'aparició dels sistemes distribuïts (*DCOM, CORBA*) i la forta tendència a d'unificació de formats d'intercanvi de dades geogràfiques van propiciar l'aparició d'una oferta proveïdora (*Open Gis*) que subministra dades a un enorme mercat d'usuari final.

2.3 COMPONENTS D'UN SIG

No tots els sistemes d'informació geogràfica que es comercialitzen tenen les mateixes funcions: hi ha alguns de més complets que d'altres i l'orientació dels uns i dels altres tampoc és la mateixa. Així i tot, tots ells han de tenir uns components i unes capacitats mínimes perquè puguin ser considerats com a SIG.

Els SIG estan compostats per 5 blocs, que són el maquinari, el programari, les dades, l'equip humà i les regles de negoci. Encara que tots ells han de complir amb les seves finalitats perquè el sistema sigui funcional, existeixen diferències pel que fa a la seva importància.²

En els apartats següents es veu una pinzellada de cadascú dels components que forma un SIG.

2.3.1 Maquinari

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

A part dels ordinadors, el maquinari també està format pels perifèrics connectats als ordinadors. Segons la funció que realitzen respecte a les dades, els perifèrics s'agrupen en dispositius d'entrada, dispositius de sortida i dispositius d'emmagatzematge. Aquests són:

- Dispositius d'entrada: monitor, teclat, ratolí, tauleta digitalitzadora, escàner i càmera de vídeo, etc.
- Dispositius de sortida: monitor, impressora, *plotter*, etc.
- Dispositius d'emmagatzematge: disc durs, disc magnètic u òptic, cinta magnètica, etc.

2.3.2 Programari ¹

Els components de programari que componen un SIG són:

- Sistema gestor de base de dades.
- Una interfície gràfica d'usuari per facilitar l'accés a les eines.
- Eines per capturar i manipular informació geogràfica.
- Eines que permetin consulta, anàlisi i visualització de dades geogràfiques.

Actualment la majoria dels proveïdors de programari SIG distribueix productes fàcils d'utilitzar i poden reconèixer informació geogràfica estructurada en molts formats diferents. A més existeixen organitzacions públiques i privades que distribueixen programari SIG lliure.

2.3.3 Dades ¹

El component més important per un SIG és la informació. La informació produïda només té el valor de les dades introduïdes prèviament. Una informació incorrecta o insuficient introduïda al SIG produiria respostes incorrectes o insuficients, per molt perfeccionada o adaptada a l'usuari que pugui ser la tecnologia. Les dades poden ser tant de tipus gràfic com de tipus alfanumèric (veure apartat 2.4) i es poden obtenir per recursos propis o obtenir-se a través de proveïdors de dades. Hi ha alguns organismes oficials que les cedeixen gratuïtament (Institut Cartogràfic de Catalunya, ICC) i que serveixen com a cartografia de base i també existeix l'opció de comprar-les a empreses especialitzades. Mantenir, organitzar i fer servir les dades ha de ser política de l'organització.

El sistema d'informació Geogràfica separa la informació en diferents capes temàtiques i les emmagatzema independentment, permetent treballar amb elles de manera ràpida i senzilla, i facilitant al professional la possibilitat de relacionar la informació existent a través de la topologia dels objectes, amb la finalitat de generar-ne de nova que no es podria obtenir d'una altra manera. A la figura 2.1 es mostra un exemple de divisió de la informació per capes: es divideix la informació segons la tipologia i segons el significat que tenen, en el cas de la figura es veu aquesta separació de la informació de forma clara, al costat de cada capa s'està indicant el tipus d'informació que contenen.

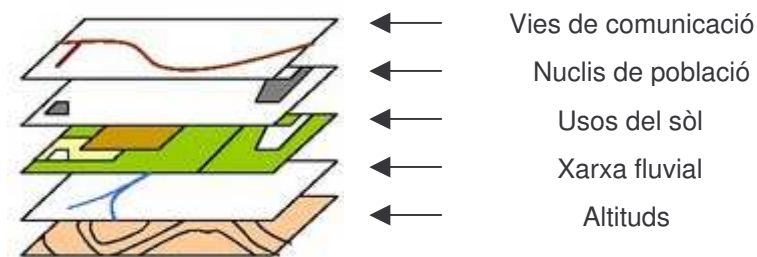


Figura 2.1: Capes temàtiques³

2.3.4 Equip humà

Les tecnologies SIG són de valor limitat sense els especialistes en utilitzar el sistema i desenvolupar plans d'implementació del mateix. Sense el personal expert en el seu desenvolupament, la informació es desactualitza i es manipula erròniament i el maquinari i el programari no s'aprofiten al màxim.

2.3.5 Regles de negoci

Perquè un SIG tingui una implementació amb èxit ha de basar-se en un bon disseny i regles d'activitats definides, que són els models i practiques operatives exclusives en cada organització.

2.4 MODELS DE REPRESENTACIÓ⁴

En l'apartat 2.3.3 s'ha vist el tipus de dades que es poden representar al SIG, en aquest apartat es veu com poder representar aquestes dades en un sistema d'informació, normalment s'utilitzen dos mètodes: el model vectorial i el model *raster*.

En el model vectorial de dades es registren únicament les fronteres dels objectes espacials, aproximant-les mitjançant línies delimitades per punts que es localitzen per les

IMPLANTACIÓ D'UN SIG AMB GEOMEDIA

seves coordenades en un sistema de referència (veure apartat 2.4.1). El resultat són mapes en els que apareixen tres objectes cartogràfics bàsics: punts, línies i polígons (veure figura 2.2).

En el model *raster*, el que es registra no són les fronteres dels objectes espacials sinó el seu contingut, quedant els seus límits implícitament representats. Es divideix el domini geogràfic en una malla regular de cel·les, normalment quadrades, assignant a cada cel·la un valor numèric que representa l'atribut que s'està registrant, mentre que la situació geogràfica de qualsevol punt ve definida per la posició de la cel·la corresponent en un sistema de coordenades cartesià. (veure apartat 2.4.2)

Depenent del tipus de dades de què es disposa, i de la classe d'anàlisi que es vulgui fer, es més aconsellable utilitzar un tipus de SIG o un altre. Cada vegada són més els sistemes que permeten treballar amb ambdós tipus de dades simultàniament. A continuació es faran consideracions de cada tipus de SIG i s'analitzaran els avantatges i inconvenients de cadascun. A la figura 2.3 i a la taula 2.1 es mostra una comparativa entre els dos models.

2.4.1 SIG vectorials

Els SIG vectorials s'utilitzen freqüentment per problemes en què interessa fer consultes a la base de dades, tant per localització com per atributs, i obtenir una resposta ràpida. La informació geogràfica s'organitza per capes en funció del tipus d'element (punt, línia o polígon) (veure figura 2.2) i dels seus atributs.



Figura 2.2: Elements cartogràfics bàsics: punt, línia, polígon

Les consultes alfanumèriques permeten trobar els elements cartogràfics que tenen una determinada característica o que compleixen certes condicions. Això es molt interessant en temes cadastrals i fiscals, per això són molt utilitzats per ajuntaments i organismes oficials i també en anàlisi de mercats, *marketing*, gestió d'emergències, etc. També són molt utilitzats en problemes de transport per xarxes lineals, com és el cas de transport de mercaderies per carretera o per ferrocarril, transport d'energia elèctrica, aigua, gas, etc., ja que els objectes cartogràfics espacials amb què es treballa són punts i línies

(dades vectorials), sobre els que es poden establir relacions topològiques de connectivitat i ordre que faciliten el seu anàlisi.

2.4.2 SIG Raster

Els SIG *raster*, són més adequats per treballar amb dades que tenen una variació continua en l'espai, com les superfícies topogràfiques, els mapes de temperatures, de concentració de substàncies, etc. També s'utilitzen quan es disposa d'imatges de satèl·lit com a font de dades, cosa cada vegada més habitual en problemes mediambientals. Els camps d'aplicació són múltiples i s'utilitzen en disciplines tant variades com la biologia, la geologia, la medicina, la climatologia o el medi ambient.

El seu ús depèn també del tipus d'anàlisi que es vulgui realitzar. Així, a diferència dels SIG vectorials, no es fan servir en anàlisi de xarxes, i no són habituals en problemes de traçats de rutes òptimes, ja que no s'emmagatzemen les relacions topològiques. L'única topologia considerada és l'adjacència de les cel·les, que està implícita a la representació. En canvi el seu ús és molt freqüent quan és necessari realitzar superposicions i operacions algebraïques amb mapes, i quan es treballa amb models digitals d'elevacions, amb què s'obtenen altres models derivats de gran interès, com els pendents, orientacions, i curvatures.

2.4.3 Comparativa

A la taula 2.1 es mostren els avantatges i inconvenients d'aquests dos tipus de representació dels SIG i a la figura 2.3 es pot veure gràficament com es representaria un objecte utilitzant cadascun dels tipus de representació.

RASTER	VECTORIAL
Avantatges	Avantatges
Estructura simple de dades	Gràfics i mapes més precisos
Anàlisi fàcil d'àrees	Bon anàlisi de xarxes
Tecnologia barata	Menys volum de memòria
Bona representació de límits confosos	Actualització de dades senzilla
Inconvenients	Inconvenients
Gran volum d'emmagatzemament	Estructures complexes de les dades
Exactitud posicional baixa	Anàlisi de superfície dolent
Presentació gràfica dolenta	Representació dolenta de límits difusos
Anàlisi de xarxes dolent	

Taula 2.1. Comparativa Raster-Vectorial⁵

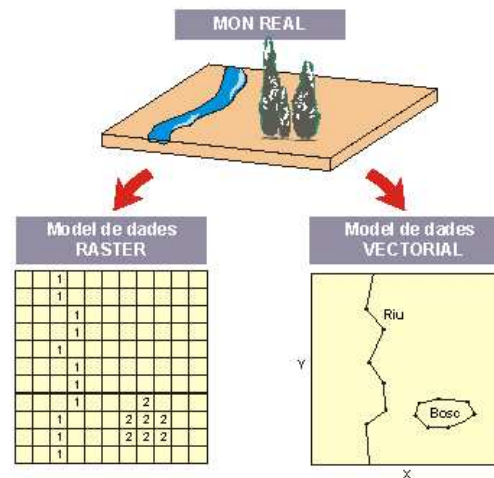


Figura 2.3: Comparativa model Raster i model Vectorial⁶

2.5 PRINCIPALS CAMPS D'APLICACIÓ DELS SIG⁷

A continuació es mencionen alguns dels camps d'aplicació més importants dels SIG⁷:

- **Planificació urbana i regional:** en el disseny i gestió de normes i ordenances de l'ús del sòl, gestió de parcs naturals, gestió municipal de llicències d'obres, gestió del mobiliari urbà, senyalització, etc.
- **Gestió d'infraestructures:** tant en les fases de disseny i construcció com en la seva explotació i manteniment.
- **Enginyeria dels transports:** en el disseny de plans de tràfic, avaluació de la xarxa viària, optimització dels recorreguts en els sistemes de distribució, gestió de línies de transport d'autobusos, ferrocarril i metro, incloent gestió del material, torns, enllaços, horaris, etc.
- **Explotacions mineres de gas, petroli i carbó, entre altres:** per la investigació de les zones més propícies per l'explotació minera.
- **Gestió del cadastre urbà, rústic, registres de la propietat, registres de productors i explotacions agrícoles, etc.**
- **Gestió de la seguretat pública:** per aplicacions militars i policials.
- **Gestió pública d'estadístiques i cens, així com definició de districtes electorals.**
- **Publicacions de mapes i dades referents a la geografia en general:** és a dir, tant física com econòmica política, administrativa, etc.
- **Dibuix de cartografia a partir de fotografies àeries i triangulacions convencionals i amb geoposicionadors globals :** GPS, *Global Positioning System*
- **Gestió comercial d'empreses:** per la gestió dels transports, anàlisi de les àrees de clients i demanda, gestió d'instal·lacions de distribució d'aigua, electricitat, gas, aeroports, etc.
- **I moltes altres...**

3 CONCEPTES SOBRE CARTOGRAFIA I GEODÈSIA

Un cop introduïts en el món dels SIG, en aquest capítol es fa una introducció a dues ciències que són la base fonamental dels SIG: la cartografia i la geodèsia. L'objectiu que es vol aconseguir es poder respondre la següent pregunta:

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

Els temes que es tracten són:

- **Definició de Geodèsia:** Es fa una introducció a la geodèsia i als conceptes geodèsics relacionats amb els SIG.
- **Definició de Cartografia:** Es fa una introducció a la cartografia i als conceptes cartogràfics relacionats amb els SIG.
- **Projeccions cartogràfiques:** Es veuen els diferents tipus de projeccions.
- **La projecció UTM:** S'explica a fons la projecció UTM que és el tipus de coordenades que s'utilitza en aquest projecte.

3.1 DEFINICIÓ DE GEODESIA

Etimològicament la paraula geodèsia procedeix del grec “geo” = terra i “daio” = dividir. És la ciència que estudia, per mitjans matemàtics, la forma i dimensions de la Terra i per aconseguir-ho es trien a la superfície, objecte d'estudi, punts distribuïts per tota ella denominats geodèsics i per les seves posicions es dedueix la forma d'un territori o de tot el globus⁸. Les seves aplicacions pràctiques es veuen a la cartografia (veure apartat 3.2), com a suport als aixecaments de mapes i als treballs topogràfics. Si es considera sota el punt de vista de ciència aplicada, el seu àmbit s'estén al camp de la meteorologia, l'astronomia, la geofísica i a la mateixa geografia⁹.

3.1.1 Superfícies geodèsiques de referència

Són dues les principals superfícies físiques que es refereixen a les altituds dels punts sobre la Terra:¹⁰

El geoide

És una superfície equipotencial o de nivell, del camp gravitatori terrestre. Aquesta superfície inclou tots els punts, en els quals el potencial gravitacional o la quantitat de treball necessari per superar l'acceleració de la gravetat és constant. A la figura 3.1 es poden veure les irregularitats del geoide, comparant amb la superfície de la Terra.

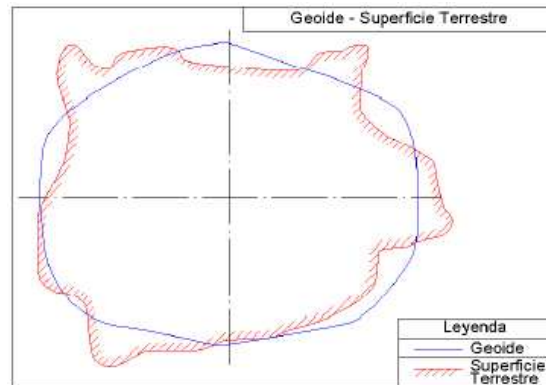


Figura 3.1: Representació del geoide¹¹

Per raons de conveniència el nivell mitjà del mar (NMM) o (MSL) es pren com la superfície que millor s'aproxima al geoide. Per tant una definició alternativa del geoide és: la superfície formada per la lliure circulació de les aigües del mar sense l'impediment de les masses terrestres i sense estar afectades pel vent, la temperatura i les forces externes.

En molts aixecaments les altituds sobre el nivell medi del mar i sobre el geoide són considerades coincidents.

L'el·lipsoide

És la superfície matemàtica simple que millor s'aproxima al geoide. Com que és una superfície matemàtica més que física la major part dels càlculs geodèsics es realitzen sobre la base d'un el·lipsoide. A la figura 3.2 es poden apreciar les diferències entre el geoide, l'el·lipsoide i la superfície terrestre.

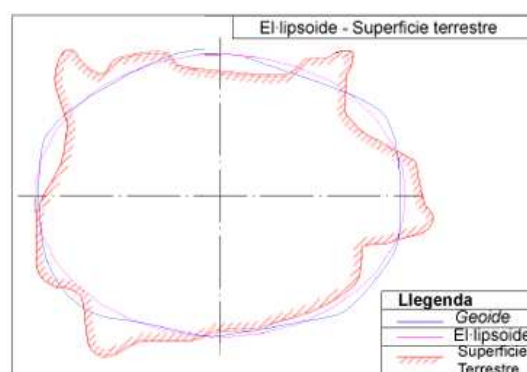


Figura 3.2: Comparació de la superfície terrestre, el geoide i l'el·lipsoide de referència¹¹

3.1.2 El Datum ¹²

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. El *datum* geodèsic està constituït per:

- Una superfície de referència amb definició geomètrica exacta, generalment un el·lipsoide de revolució
- Un punt fonamental, en què coincideixen les verticals al geoide i a l'el·lipsoide.

En general, el *datum* és la superfície de referència pel càlcul i determinació de coordenades, establint-se unes dades inicials de què deriven la resta. A la Geodèsia s'utilitzen dos tipus de *datum*, el vertical i l'horitzontal.

El *datum* vertical és la superfície de referència que permet el càlcul de les alçades i el *datum* horitzontal permet la determinació de la longitud i la latitud (veure apartat 3.2.2). Per calcular les coordenades en un pla només són necessaris els segons.

3.2 DEFINICIÓ DE CARTOGRAFIA ¹³

La descripció d'un territori es realitza de la forma més natural i expressiva a través de la seva representació en mapes. Aquesta afirmació expressa una realitat que s'ha mantingut en el transcurs de la història de la humanitat. L'home sempre ha sentit la necessitat de donar forma gràfica a l'espai on es desenvolupa la seva vida. Així va ser en els primers temps quan ho va fer mitjançant simples dibuixos o esquemes elementals de les formes més destacables del terreny. Avui ho fa a través de representacions cartogràfiques molt precises, que descriuen de manera exhaustiva qualsevol lloc de la superfície terrestre.

Correspon al camp de la Cartografia l'estudi de les diverses matèries que són necessàries per al desenvolupament dels processos de formació i producció de mapes. En aquest sentit es defineix la Cartografia com el conjunt d'estudis i operacions científiques i tècniques que intervenen en la creació, edició i anàlisi de mapes, fent-se extensiva a les seves diverses formes d'expressió, com són la plasmació del territori en models en relleu o globus terraqüis, que donen representació a la Terra en el seu conjunt o bé a una part d'ella.

Ha de tenir-se en compte que un mapa és sempre una abstracció de la realitat que percebem del propi paisatge. El concepte bàsic de la representació del territori en mapes

IMPLANTACIÓ D'UN SIG AMB GEOMEDIA

està vinculat al concepte d'escala, ja que les dimensions de la superfície terrestre són evidentment superiors a les que es poden utilitzar pel seu dibuix. D'altra banda la superfície en què es dibuixa el mapa és plana mentre que la Terra no ho és, la qual cosa fa necessària la utilització de projeccions cartogràfiques i mètodes de representació del relleu .

3.2.1 Escala ¹⁴

L'escala és la relació de proporció existent entre les mesures reals i les representades. Es pot indicar de forma gràfica i numèrica.

L'escala numèrica es representa amb una relació que consta de dos termes que es diuen unitat (1) i mòdul (M). La unitat indica el valor que es pren com a referència, que normalment és 1 centímetre i el mòdul indica el número de vegades que la unitat es considera. Per exemple, Escala 1:10.000 significa que 1 centímetre sobre el mapa equival a 10.000 centímetres al terreny, és a dir aquest centímetre al mapa defineix 100 metres de la realitat.

L'escala gràfica es representa amb una regla dividida en diversos segments iguals i continus d'una recta, que indiquen cadascun un determinat número de metres o kilòmetres. A la figura 3.3 es mostra un exemple d'aquest tipus d'escala. Aquesta escala és útil perquè facilita el procés de mesura per comparació, a més roman la seva validesa si es canvia la mida del mapa (ampliació o reducció)



Figura 3.3: Exemple d'escala gràfica ¹⁵

3.2.2 Coordenades geogràfiques ¹⁴

Els grecs van crear el sistema de coordenades geogràfiques basats en la rotació de la Terra. Un sistema de coordenades és un conjunt de valors que permeten definir unívocament la posició de qualsevol punt en l'espai respecte a un punt de referència.

El conjunt d'eixos, punts o plans que conflueixen en l'origen i a partir dels quals es calculen les coordenades s'anomena sistema de referència.

Abans de continuar amb els sistemes de coordenades es definiran uns conceptes necessaris per poder entendre'ls.

- **MERIDIANS:** Es defineixen els meridians com les línies d'intersecció amb la superfície terrestre, dels infinits plans que conté l'eix de la Terra, com es mostra a la figura 3.4. ¹¹

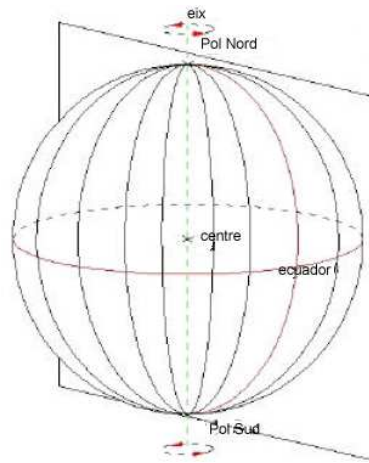


Figura 3.4: Representació dels meridians ¹¹

El sistema prem com origen per designar la situació d'una posició geogràfica un determinat meridià, denominat meridià 0º, el nom del qual es preu de la ciutat anglesa per on passa: *Greenwich*.

- **PARAL·LELS:** Es defineixen els paral·lels com les línies d'intersecció dels infinits plans perpendiculars a l'eix terrestre amb la superfície de la Terra, com es mostra a la figura 3.5. ¹¹

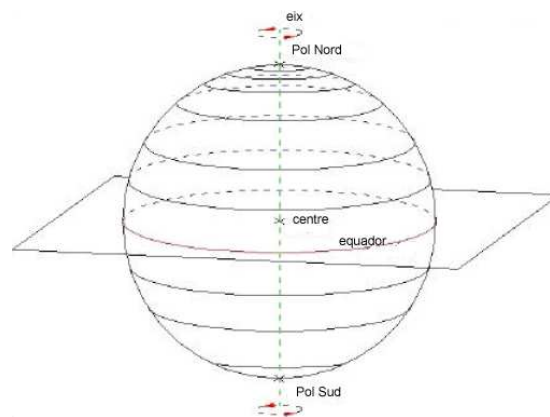


Figura 3.5: Representació dels paral·lels ¹¹

Es defineixen sobre el globus terraqui els paral·lels, creant-se el paral·lel principal, que és el que es troba a la màxima distància del centre de la Terra. Aquest paral·lel de major radi es diu equador, i divideix el globus en dos hemisferis: l'hemisferi nord i l'hemisferi sud.

IMPLANTACIÓ D'UN SIG AMB GEOMEDIA

Una vegada es té establerta una xarxa de meridians i paral·lels, la situació geogràfica d'un punt ve definida per la seva longitud i la seva latitud.

- **LONGITUD:** La longitud és la distància, en graus mesurats sobre l'equador, que hi ha d'un lloc respecte al meridià de Greenwich, a partir del qual es compta negativament de 0° a 180° cap a l'oest i positivament cap a l'est.¹⁶
- **LATITUD:** La latitud és la distància, mesurada sobre un meridià, entre una localització terrestre (o qualsevol altre planeta) i l'equador. Es mesura en graus. Si el punt pertany a l'hemisferi Nord és positiva i negativa per a l'hemisferi sud. Varia entre $+90^\circ$ i -90° .¹⁷

Alguns dels sistemes de coordenades utilitzats són:

- Sistema de coordenades cartesianes
- Sistema de coordenades polars
- Sistema de coordenades esfèriques.
- Coordenades geogràfiques

En els següents apartats es comenten les característiques principals d'aquests sistemes de coordenades.

Sistema de coordenades cartesianes

Per convenció, l'origen del sistema de coordenades cartesianes és el punt $(0,0,\dots,0)$. Les coordenades cartesianes es defineixen per dos eixos (X,Y) quan es tracta de fixar punts en el pla i per tres (X,Y,Z) quan es vol fer això en l'espai. Es consideren eixos mútuament perpendiculars que es tallen en l'origen. Les coordenades d'un punt qualsevol vindran donades per les projeccions de la distància entre el punt i l'origen sobre cadascun dels eixos.

Sistema de coordenades polars

Les coordenades polars es defineixen per un eix que passa per l'origen, anomenat eix polar. La primera coordenada és la distància entre l'origen i el punt considerat, mentre que la segona és l'angle que formen l'eix polar i la recta que passa per tots dos punts.

Coordenades geogràfiques

Les coordenades geogràfiques corresponen al concepte de la latitud i la longitud. Són els paràmetres que determinen la posició d'un punt de la superfície terrestre. Les

IMPLANTACIÓ D'UN SIG AMB GEOMEDIA

línies de referència són l'equador terrestre i un meridià inicial (el de Greenwich, per conveni). La longitud d'un punt P de la superfície terrestre és l'arc d'equador comprès entre el punt d'intersecció del meridià inicial de Greenwich amb l'equador i el punt d'intersecció del meridià local de P amb l'equador.

La latitud de P és l'arc del meridià local de P comprès entre l'equador i P, mesurat de 0° a 90° a cada hemisferi a partir de l'equador.

La forma real de la Terra fa que l'extensió d'un grau de longitud o de latitud sigui diferent en diferents punts geogràfics per la qual cosa per a més exactitud s'han fet correccions del càlcul de la latitud. La posició geogràfica d'un punt queda completament establerta en especificar l'altitud.

La latitud i la longitud poden mostrar-se en tres formats equivalents:

Graus:Decimals *Decimal Degree* (DD) exemple 41.333- 106..500

Graus:Minuts *Degree Minute* (DM) exemple 41:20- 106:30

Graus:Minuts:Segons *Degree Minute Second* (DMS) exemple 41:20:00- 106:30:00

3.3 DE L'ESFERA AL PLA: PROJECCIONS CARTOGRÀFIQUES ¹³

El pas de la superfície física de la Terra a la seva imatge plana necessita una operació prèvia de projecció sobre l'el·lipsoide de referència. Posteriorment, mitjançant un sistema de projecció cartogràfica i aplicant les adequades fórmules de transformació s'efectua el pas de la superfície de l'el·lipsoide al pla.

El primer pas cau dins de l'àmbit de la Geodèsia, que determina els càlculs a realitzar per introduir les correccions adequades a les observacions realitzades per reduir-les a la superfície de referència triada, normalment un el·lipsoide de revolució. L'estudi i solució al problema posterior de representació de l'el·lipsoide sobre un plànol pertany al camp de la Cartografia.

Una bona projecció ha de tenir dues característiques: conservació de les àrees i conservació dels angles. Desgraciadament no és possible complir ambdues condicions, seria com trobar la quadratura del cercle, per tant cal buscar solucions intermitges. Quan una projecció conserva els angles dels contorns es diu que és **ortomòrfica** o **conforme**, però com s'ha dit, aquestes projeccions no conserven les àrees.

Depenent de quin sigui el punt que es consideri com a centre del mapa es distingeix entre projeccions polars, on el centre és un dels pols; equatorials on el centre és la intersecció entre la línia de l'equador i un meridià; i obliqües o inclinades, on el centre és qualsevol punt. Es distingeixen quatre tipus de projeccions bàsiques:

- Projectió cilíndrica
- Projectió cònica
- Projectió azimutal
- Projections modificades

Per trobar la projectió apropiada (encara que no existeix una de perfecta) han de tenir-se en compte les següents característiques:

- Tipus de projectió
- L'escala del mapa
- El propòsit del mapa
- El lloc, la forma i la mida de l'àrea a representar.

A l'àrea equatorial les projections cilíndriques són més adequades i per latituds mitges les projections còniques normals i obliqua azimutal són les més usades.¹⁸

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

3.3.1 Projections cilíndriques

La projectió cilíndrica utilitza un cilindre tangent a l'esfera terrestre, col·locat de tal manera que el paral·lel de contacte és l'equador, com es mostra a la figura 3.6 Si es projecten els diversos punts de la Terra sobre el cilindre i després es desplega s'obté una representació en el pla.

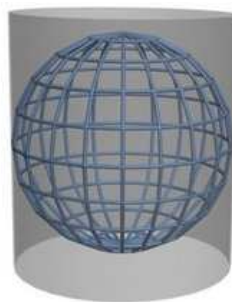


Figura 3.6: Esquema il·lustratiu d'una projectió cilíndrica

La més famosa és la projectió de Mercator que va revolucionar la Cartografia. És una de les més utilitzades encara que en general de forma modificada, degut a les grans distorsions que ofereix en les zones de latitud elevada, cosa que impedeix apreciar la verdaderes proporcions a les regions polars.

Segons la col·locació del cilindre es poden tenir diverses variants de la projectió:

- Projeccions cilíndriques regulars.
- Projeccions cilíndriques transverses.
- Projeccions cilíndriques obliqües.
- Projeccions pseudocilíndriques.

3.3.2 Projeccions còniques

A la projecció cònica la projecció s'efectua sobre un conus tangent (o secant) a la Terra al llarg d'un paral·lel que acostuma a estar situat a una latitud mitja, com es pot veure a la figura 3.7 (és una circumferència de menor diàmetre que l'equador).



Figura 3.7: Esquema il·lustratiu d'una projecció cònica

Les projeccions còniques no són gaire utilitzades ja que la zona de precisió que abracen és relativament petita, raó que fa que normalment es col·loqui el conus tangent al llarg de dos paral·lels. Encara així, les distorsions ràpidament s'accentuen. Aquests tipus de projecció són més adequades per mapes que representen zones o països en què predomini la dimensió horitzontal Est-Oest sobre la dimensió vertical Nord-Sud. Aquest pot ser el cas dels E.E.U.U., que freqüentment es veuen representats en aquest tipus de projeccions.

Dins les projeccions còniques, es mencionen les següents:

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

3.3.3 Projeccions azimuthals o planars

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

- **Projecció gnomònica:** Els feixos de llum tenen com origen el centre de la Terra

IMPLANTACIÓ D'UN SIG AMB GEOMEDIA

- **Projecció estereogràfica:** Els feixos de llum tenen com origen el costat oposat de la Terra, d'on el pla és tangent.
- **Projecció ortogràfica:** El feixos de llum estan situats a l'infinit i són paral·lels entre si.

Per trobar la projecció apropiada (encara que no existeix una de perfecta) han de tenir-se en compte les següents característiques:

- Tipus de projecció
- L'escala del mapa
- El propòsit del mapa
- El lloc, la forma i la mida de l'àrea a representar.

A l'àrea equatorial les projeccions cilíndriques són més adequades i per latituds mitges les projeccions còniques normals i obliqua azimuthal són les més usades.¹⁹

3.4 LA PROJECCIÓ UTM

La projecció UTM està molt estesa i té caràcter gairebé universal. El seu nom U.T.M. és acrònim d'*Universal Transverse Mercator* (Projecció transversa de Mercator): per ser cilíndrica és semblant a la de Mercator, però el cilindre es col·loca transversalment, és a dir, amb l'eix sobre l'equador, com es mostra a la figura 3.8.

Es pren com a superfície un cilindre que es col·loca tangent a l'el·lipsoide de referència, de manera que l'eix del cilindre està dins del plànol de l'equador, és a dir, que el cilindre és tangent a l'el·lipsoide al llarg d'una línia que defineix un meridià pres com a origen.

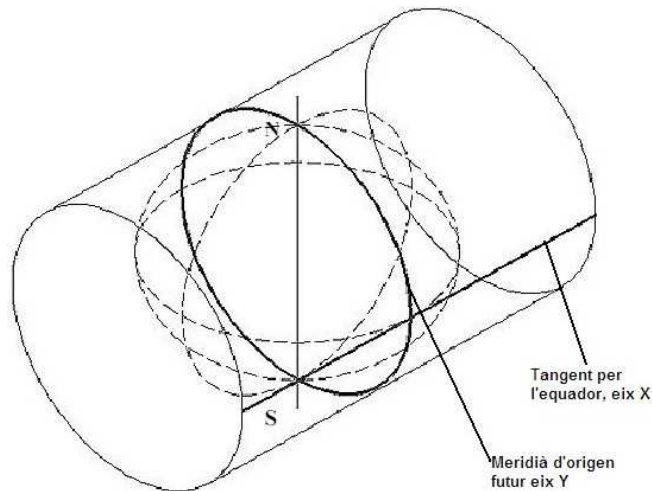


Figura 3.8: Projecció UTM.

Les coordenades UTM d'un punt sobre el plànol es determinen mitjançant relacions matemàtiques, partint de les coordenades geogràfiques determinades sobre l'el·lipsoide. Per tant les coordenades UTM són coordenades cartesianes corresponents al plànol que resulta de fer les transformacions dels punts de l'el·lipsoide sobre la superfície d'un cilindre.

S'estableix una correspondència biunívoca entre les coordenades geogràfiques (longitud i latitud) referides a l'el·lipsoide i les coordenades UTM (x,y) (cartesianes) referides al plànol transformat.

Per l'elaboració del sistema de projeccions UTM s'han adoptat les següents premisses:

- Elecció d'un el·lipsoide de referència
- Elecció d'un punt astronòmic fonamental o *datum*.
- Elecció d'un sistema de representació pla conforme (que conservi els angles, com el de Gauss).

Aquest sistema presenta l'inconvenient que no es pot aplicar a grans extensions, ja que presenten deformacions intolerables. Per solucionar el problema es divideix el Globus en 60 agrupacions iguals, anomenades fusos, de 6° de longitud cadascun, paral·lels als meridians. Aquest sistema, no és aplicable a latituds altes, per això es limiten a 80° de latitud Nord i Sud. D'aquí cap als pols es fa servir el sistema UPS (*Universal Polar Stereographic*), utilitzant la projecció estereogràfica.

Amb aquest sistema Espanya queda inclosa dins dels fusos 28,29,30 i 31 incloses les Balears i les Canàries.

IMPLANTACIÓ D'UN SIG AMB GEOMEDIA

Aquests fusos que s'han mencionat es divideixen a la seva vegada en zones de 8° d'amplitud en latitud (sentit vertical), des dels 80°30' de latitud Nord fins els 80°30' de latitud Sud, que és l'amplitud total en longituds per la que es consideren tolerables les deformacions inherents a la projecció UTM. Aquestes zones s'identifiquen per lletres majúscules des de la C fins la X, excloses la I, LL, Ñ i O.

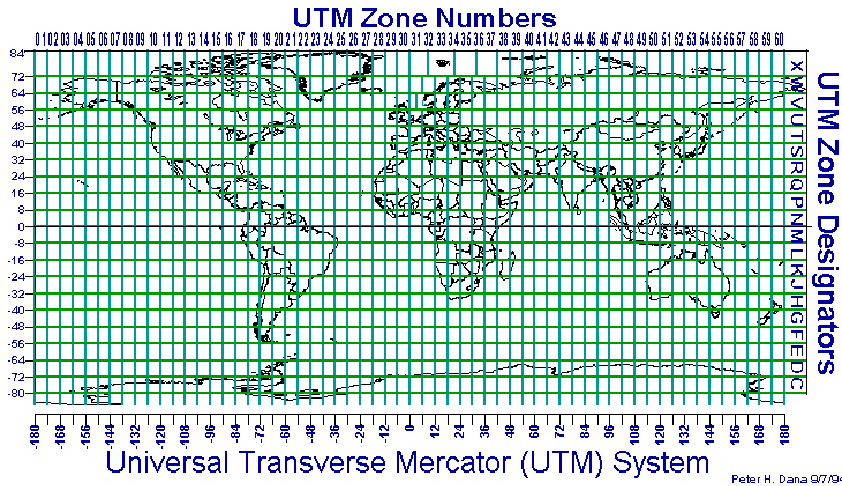


Figura 3.9: Quadricula UTM. Fusos i Zones.

Una zona queda identificada amb el número del fus i amb la lletra corresponent. Per exemple, a la figura, Catalunya quedaria inclosa dins la zona 31T.

Aquesta xarxa quadricula primària es subdivideix en quadrats de 100 km de costat. Aquests nous quadrats es designen també amb lletres majúscules i s'identifiquen d'esquerra a dreta i de baix cap a dalt, amb la lletra de la columna i la lletra de la fila.

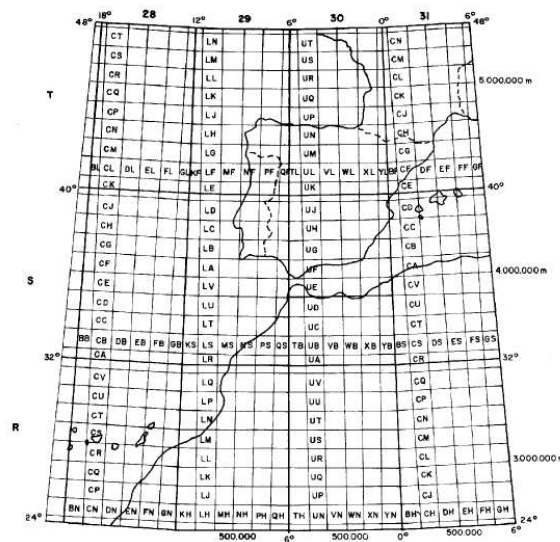


Figura 3.10: Detall de la quadricula UTM

IMPLANTACIÓ D'UN SIG AMB GEOMEDIA

Les columnes d'aquests quadrats de 100 km de costat es codifiquen partint del meridià 180° en sentit Est i al llarg de l'equador. Es repeteixen les lletres identificatives cada 18° en longitud. Es comença a la A i finalitza a la Z, excloses la I, LL, Ñ i O.

Els quadrats de 100 km es subdivideixen un altre cop en quadrats de 10 km per escales inferiors a 1:100.000 o quadrats de 1 km en escales superiors a 1:100.000.

Mitjançant aquesta codificació, es poden definir les coordenades de qualsevol punt de la superfície terrestre amb la precisió desitjada. Per exemple, per un punt pertanyent al fus 29 amb les coordenades rectangulars UTM següents:

X=652.000,45 Y=4.350.000,52

Es tindrien les següents dades:

- Identificació de la zona: 29T
- Identificació del quadrat de 100 km: PD

Les coordenades numèriques del punt (expressades amb 1 cm de precisió), s'indiquen traient la primera xifra a les abscisses i les dues primeres xifres a les ordenades, és a dir, excloent els millars i centenes de Kilòmetres, i sense posar les comes decimals:

X=652.000,45 → 5200045

Y=4.350.00,52 → 5000052

De manera que aquest punt quedaria representat de la següent forma:

29T PD 5200045 5000052

Amb la millora de la capacitat dels ordinadors les lletres s'han deixat de fer servir.

4 GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2

En els capítols anteriors s'han establert les bases de coneixement dels SIG i s'ha fet una introducció a conceptes relacionats al SIG als camps de la cartografia i la geodèsia.

En aquest capítol es fa una introducció a l'eina SIG *Geomedia Professional 5.2* (a partir d'ara es farà referència a *Geomedia Professional* sense indicar el número de versió), producte que farem servir per implantar el SIG de distribució d'aigües. Els temes que es tracten són: ²⁰

- **Descripció General:** Es dona una visió general del programari.
- **Components principals:** Es descriuen els elements principals per treballar amb el programari.
- **Validacions de les dades:** S'expliquen les utilitats que aporta el programari per realitzar la validació de les dades.
- **Funcionalitats:** Es descriuen algunes de les funcionalitats que dona el programari: anàlisi de les dades i captura de dades.
- **Realització de comandos:** Es descriu una de les potencialitats que té l'aplicació, com és la realització de comandos per ampliar el funcionament de la mateixa.

4.1 DESCRIPCIÓ GENERAL

Geomedia Professional és un SIG empresarial de la companyia *Intergraph Corporation*. Aquest producte té les següents utilitats:

- Eina de captura i manteniment de dades.
- Anàlisi de les dades de diferents magatzems i diferents fonts: permet la realització de consultes complexes.
- Impressió personalitzada de mapes.
- Captura de dades.
- Entorn de desenvolupament de programari que es pot personalitzar amb eines de desenvolupament de *Windows* com *Visual Basic* i *Visual C++*.

4.2 COMPONENTS GENERALS

En aquest apartat es descriuen els principals elements de treball del *Geomedia Professional*. Aquests són:

- Els *GeoWorkspace*
- Els Magatzems

- Les entitats
- Sistemes de coordenades
- Finestres de treball
- Les llegendes

4.2.1 Els GeoWorkspace

El *GeoWorkspace* és l'entorn base de treball de *Geomedia Professional*: El primer que es fa és crear un *GeoWorkspace* o obrir un d'existent. La configuració del *GeoWorkspace* es guarda en un arxiu amb l'extensió "gws". Permet configurar:

- El sistema de coordenades (veure apartat 4.2.4)
- Enllaços als magatzems (veure apartat 4.2.2)
- La configuració de la finestra de treball (veure apartat 4.2.5)
- Les llegendes (veure apartat 4.2.6)

Cada *GeoWorkspace* està construït sobre una plantilla. Es poden crear noves plantilles o fer servir les existents. El programari inclou una plantilla predeterminada de *GeoWorkspace*, *normal.gwt*, que conté una finestra de mapa buida (veure apartat 4.2.3.1), una llegenda buida (veure apartat 4.2.6) i un sistema de coordenades predefinit (veure apartat 4.2.5). Si s'esborra accidentalment l'arxiu *norml.gwt*, s'ha de tornar a instal·lar el programari per recuperar la plantilla, per això és recomanable fer una còpia de seguretat d'aquest arxiu.

La metodologia de treball per crear un *Geoworkspace* inclou els següents passos:

1. Seleccionar *Archivo > Geoworkspace nuevo*.
2. Seleccionar una plantilla.
3. Si es desitja un sistema de coordenades diferent al de la plantilla, es defineix pel *Workspace*.
4. Establir les connexions amb el magatzem; es configuren les finestres de treball.
5. Guardar el *GeoWorkspace*.

4.2.2 Els Magatzems

La geometria de les entitats i les dades d'atributs es visualitzen al *GeoWorkspace* mitjançant connexions amb magatzems on es guarden les dades. Cada connexió de magatzem fa servir un servidor de dades per convertir aquests a un format que el programari permeti visualitzar. Les connexions són vincles que permeten transferir i convertir dades d'entitats (veure apartat 4.2.4) d'un tipus de magatzem a un altre.

IMPLANTACIÓ D'UN SIG AMB GEOMEDIA

L'assistent per connexions amb magatzem permet crear fàcilment connexions de magatzem: l'aplicació guia pas a pas en tot el procés. L'assistent per Connexió amb magatzem permet especificar un arxiu de configuració de magatzem (.ini) per moltes connexions de dades (en algun tipus de bases de dades). Es pot crear l'arxiu .ini amb la utilitat de definició de la configuració del magatzem abans de connectar amb les dades.

Hi ha dos tipus de magatzem:

- **Magatzems de només lectura:** En aquest tipus de magatzem les dades estan en el format propi de cada tipus de magatzem i *Geomedia Professional* pot interpretar-les i incorporar-les al seu entorn de treball.
- **Magatzems de lectura i escriptura:** En aquest tipus de magatzem les dades es poden guardar de dos maneres diferents:
 - Amb el model de dades propi de *Geomedia Professional*: aquest seria el cas dels magatzems del tipus *Access* i *SQL Server*, en què *Geomedia Professional* afegeix un conjunt de taules per poder guardar els atributs geogràfics.
 - Amb el model de dades propi del magatzem: aquest seria el cas del magatzems del tipus *Oracle*. *Oracle* ofereix la possibilitat de guardar atributs geogràfics i no és necessari afegir taules addicionals.

4.2.3 Finestres de treball

Geomedia Professional treballa amb tres tipus de finestres: finestres de mapa, finestres de dades i finestres de composició. Aquestes finestres es troben dins el *GeoWorkspace*. Aquestes finestres proporcionen diferents formes de visualitzar les dades i tenen utilitats diferents.

4.2.3.1 Finestres de mapa

La finestra de mapa els gràfics o entitats (objectes geogràfics de mapa i altres). Cada finestra de mapa conté les notes marginals següents: una llegenda, una fletxa nord que indica la direcció del pol nord geogràfic i una barra d'escala, com es pot veure a la figura 4.1.

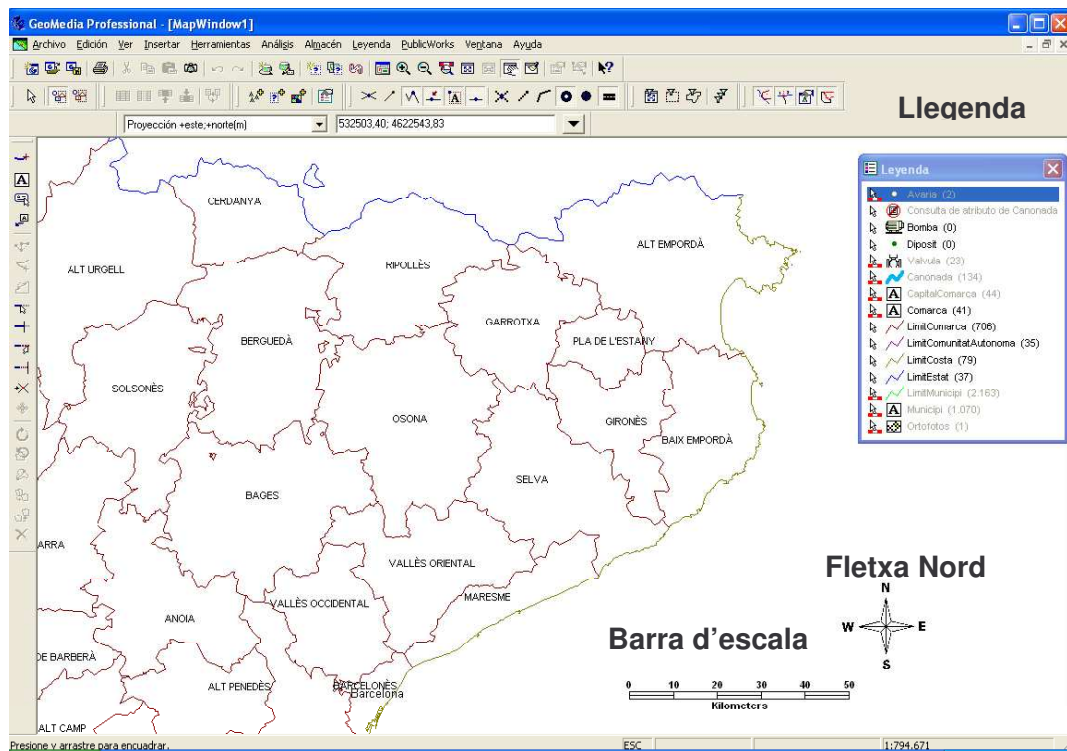
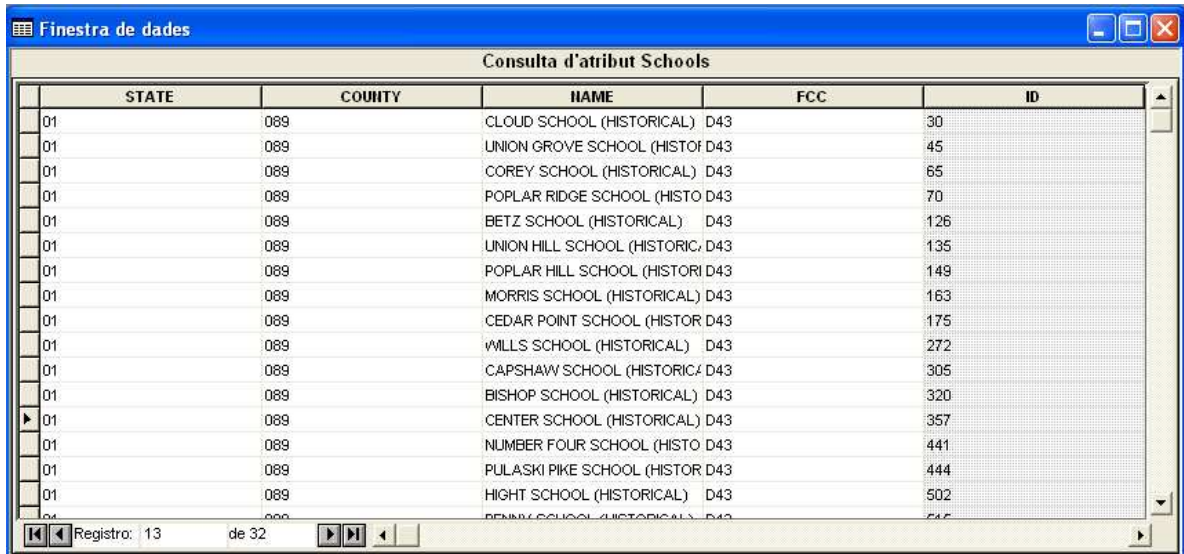


Figura 4.1: Finestra de mapa i la seva corresponent llegenda, fletxa nord i barra d'escala

Es pot activar i desactivar la visualització de cadascuna d'elles mitjançant el menú [Ver]. El contingut de la finestra de mapa es defineix normalment mitjançant la seva llegenda. Mentre que una llegenda tradicional simplement mostra el que apareix a un mapa, la llegenda de *Geomedia Professional* s'utilitza per controlar el que apareix a la finestra de mapa i el seu aspecte.

4.2.3.2 Finestres de dades

Una finestra de dades conté els atributs alfanumèrics d'una classe d'entitat o consulta. A la figura 4.2 es mostra un exemple d'aquest tipus de finestra.



Consulta d'atribut Schools				
STATE	COUNTY	NAME	FCC	ID
01	089	CLOUD SCHOOL (HISTORICAL)	D43	30
01	089	UNION GROVE SCHOOL (HISTORICAL)	D43	45
01	089	COREY SCHOOL (HISTORICAL)	D43	65
01	089	POPLAR RIDGE SCHOOL (HISTORICAL)	D43	70
01	089	BETZ SCHOOL (HISTORICAL)	D43	126
01	089	UNION HILL SCHOOL (HISTORICAL)	D43	135
01	089	POPLAR HILL SCHOOL (HISTORICAL)	D43	149
01	089	MORRIS SCHOOL (HISTORICAL)	D43	163
01	089	CEDAR POINT SCHOOL (HISTORICAL)	D43	175
01	089	WILLS SCHOOL (HISTORICAL)	D43	272
01	089	CAPSHAW SCHOOL (HISTORICAL)	D43	305
01	089	BISHOP SCHOOL (HISTORICAL)	D43	320
01	089	CENTER SCHOOL (HISTORICAL)	D43	357
01	089	NUMBER FOUR SCHOOL (HISTORICAL)	D43	441
01	089	PULASKI PIKE SCHOOL (HISTORICAL)	D43	444
01	089	HIGHT SCHOOL (HISTORICAL)	D43	502
01	089	PENNY SCHOOL (HISTORICAL)	D43	515

Figura 4.2: Finestra de dades

Cada columna representa un atribut i cada fila una ocurrència (una entitat) de la classe d'entitat (veure apartat 4.2.4). Les dades de cada cel·la són valors d'atribut. Les finestres de dades visualitzen classes d'entitat d'àrea, de punt, d'imatge, compostes, de text gràfic i no gràfiques (per més dades sobre les entitats i les classes d'entitats consultar l'apartat 4.2.4).

En un magatzem de lectura i escriptura es poden editar i revisar les entitats i valors a una finestra de dades. Tots els canvis que es realitzen es mostren a la finestra de mapa. Això vol dir que eliminar una fila de la finestra de dades esborra l'entitat corresponent del mapa.

4.2.3.3 Finestres de composició

La finestra de composició permet preparar una sèrie de dades per ser impreses en paper. A la figura 4.3 es mostra un exemple molt simple de finestra de composició. Els gràfics de mapa a la finestra de composició poden vincular-se opcionalment per reflectir els canvis realitzats a la finestra de mapa, o poden romandre estàtics com una instantània mostrant els característiques de la finestra de mapa en el moment de col·locació.

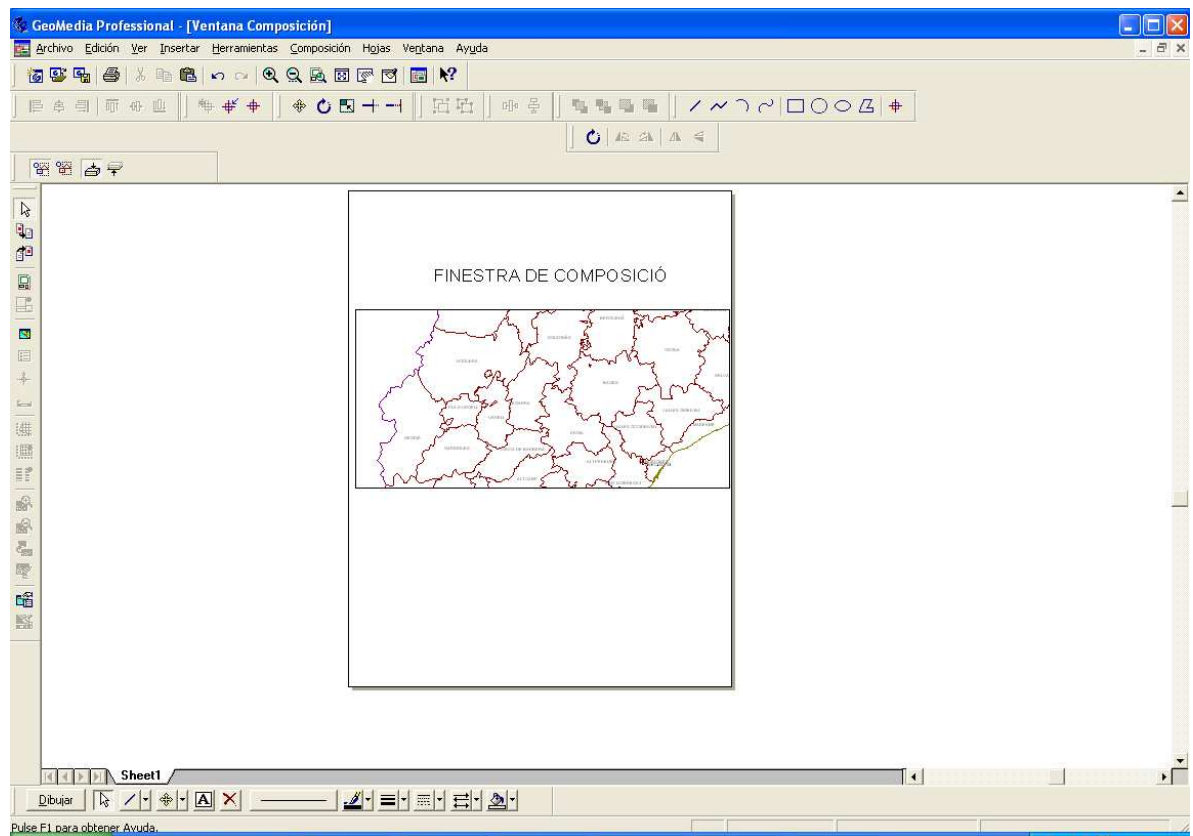







Figura 4.3: Finestra de composició

4.2.4 Les entitats i les classes d'entitat

Una entitat queda representada per la seva geometria i per les seves dades alfanumèriques. Les entitats es classifiquen segons la seva geometria en els següents tipus:

- 
Entitat Punt: Es representa amb un o més punts que indiquen la ubicació d'una entitat. Un punt també pot representar entitats que no són possibles de dibuixar a l'escala definida. Els punts es poden rotar.
- 
Entitat lineal: Es representa amb un o més arcs o línies.
- 
Entitat àrea: Es representa amb zones delimitades.
- 
Entitat composta: es representa mitjançant l'agrupació de punts, línies o àrees.
- 
Entitat de text: Es representa mitjançant text, a una ubicació puntual d'un mapa. Es poden rotar.



Entitat imatge: És una imatge *raster*.

Les entitats poden ser contigües o no contigües. Una entitat contigua, a diferència d'una entitat discontigüa, té una sola geometria.

Les classes d'entitat són agrupacions d'entitats que faciliten la manipulació d'aquestes. Per exemple permeten definir estils de representació per la classe d'entitat que afectaran a totes les entitats que agrupa.

Cada classe d'entitat creada (ja sigui des del principi o amb còpia) ha de tenir un atribut clau i una valor índex primari i únic per aquesta clau.

4.2.5 Sistemes de Coordenades

Un sistema de coordenades proporciona la base matemàtica necessària per relacionar les entitats de l'àrea d'estudi amb les seves posicions en el món real. El programari permet treballar amb tres tipus de sistemes de coordenades (veure apartat 3.2.2)

- **Sistema de coordenades geogràfiques:** Sistema de coordenades predeterminat, que expressa les coordenades en forma de longitud i latitud.
- **Sistema de coordenades projectades:** Sistema de coordenades referit a un plànol de projecció amb una relació amb l'esferoide coneguda, que expressa les coordenades en forma X i Y. (X és el valor de l'eix d'abscisses i Y el de les coordenades).
- **Sistema de coordenades geocèntriques:** Sistema cartesià amb centre a la Terra, que expressa les coordenades com la posició d'un punt específic respecte al centre de la Terra. Aquestes coordenades són cartesianes (X,Y,Z), on l'eix X passa per la intersecció del meridià principal amb l'equador, l'eix Y passa per la intersecció de l'equador amb el plànol a 90º cap a l'Est i l'eix Z correspon a l'eix de la Terra.

Les coordenades es poden transformar entre aquests tres espais. Si es canvia el sistema de coordenades després de visualitzar les dades, aquestes es transformen segons el nou sistema de coordenades i la visualització s'actualitza. El canvi de sistemes de coordenades al *GeoWorkspace* afecta només a les dades de la finestra de mapa, no als continguts en el magatzem.

4.2.6 Llegenda

La llegenda permet personalitzar l'aspecte del mapa canviant les característiques de visualització dels objectes de mapa, inclosos l'estil i la prioritat de visualització: la llegenda és el centre de control de la finestra de mapa. Les llegendes controlen quina informació apareix a la finestra de mapa, incloses la simbologia, ordre d'aparició i característiques interactives.

La llegenda té una entrada diferent per cada objecte de mapa. Si una classe d'entitat o una consulta té diversos atributs de geometria o de text, s'afegeix a la llegenda una entrada per cadascun d'ells.

Cada entrada conté un títol i una clau d'estil. Si s'activen les estadístiques d'una llegenda, l'entrada mostra el número d'objectes de mapa entre parèntesis, juntament amb el títol.

Les llegendes es poden moure, canviar de mida i tancar tal i com es faria amb una finestra normal. Una vegada personalitzada la llegenda es pot guardar, amb un nom i utilitzar-la en altres finestres de mapa dins del mateix *GeoWorkspace*.

4.3 VALIDACIÓ DE LES DADES

Com ja s'ha mencionat en l'apartat 2.3.3 disposar d'unes dades correctes és molt important per poder realitzar una explotació eficient del SIG. *Geomedia Professional* té eines que permeten mantenir la integritat de les dades detectant incongruències geogràfiques en aquestes i solucionar-les.

La validació de les dades pot ser de dos tipus: validació de geometria i validació de connexament. En els apartats 4.3.1 i 4.3.2 es postren alguns detalls d'aquests tipus de validacions.

4.3.1 Validació de geometria

La validació de geometria permet detectar alguns errors que a simple vista serien difícils de veure. Aquesta eina cerca en el model de dades de *Geomedia Professional* errors de geometria que puguin causar problemes en altres processos.

Amb la validació de geometria és possible detectar les següents condicions d'error:

Retrocés i punt duplicat

IMPLANTACIÓ D'UN SIG AMB GEOMEDIA

Un límit d'àrea, un forat o una geometria lineal que inverteix temporalment la direcció de tal manera que es dobla sobre si mateixa i continua en la direcció original. A la figura 4.4 es mostra un exemple de retrocés i punt duplicat.



Figura 4.4: Validació de geometria: Retrocés i punt duplicat

Llaç

La geometria d'un límit d'àrea o un forat té una intersecció amb si mateixa. A la figura 4.5 es mostra un exemple de llaç.



Figura 4.5: Validació de geometria: Llaç

Àrea sense tancar

Un límit d'àrea o un forat que no tanca sobre si mateix, és a dir, que l'últim vèrtex no és igual que el primer. A la figura 4.6 es mostra un exemple d'àrea sense tancar.



Figura 4.6 Validació de geometria: Àrea sense tancar

Forat no contingut

Un forat que no està contingut dins dels límits de l'àrea que el conté. A la figura 4.7 es mostra un exemple de forat no contingut.

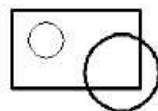


Figura 4.7: Validació de geometria: Forat no contingut

Forats superposats

Forats que es superposen dins dels límits de l'àrea que els conté. A la figura 4.8 es mostra un exemple de forats superposats.

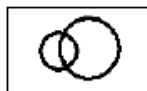


Figura 4.8: Validació de geometria: Forats superposats

IMPLANTACIÓ D'UN SIG AMB GEOMEDIA

Tipus de geometria no vàlida

La geometria emmagatzemada no coincideix amb la definició del tipus o subtipus de l'entitat.

Vèrtexs insuficients

Les geometries de polígons contenen menys de quatre vèrtexs; les geometries de línies poligonals contenen menys de dos vèrtexs.

Tipus de geometria desconeguda

El format binari no es pot convertir a un objecte de geometria.

L'aplicació a part de detectar aquests tipus d'incongruències permet corregir-les automàticament amb la comanda [Reparar geometria] a partir d'uns paràmetres o editar-les per una reparació manual.

4.3.2 Validació de connectivitat

Les eines de digitalització i edició estan dissenyades per recopilar dades netes des de la primera vegada, en lloc d'haver de solucionar els problemes a *posteriori*. Per això es troben un número relativament baix d'errors de connectivitat. La comanda [Validar connectivitat] cerca condicions anòmales causades per una digitalització inexacta, com poden ser línies massa llargues o massa curtes. Aquest tipus de validació pot arribar a ser important si es vol fer algun tipus d'anàlisi de xarxes, com és el cas d'aquest projecte.

Alguns dels errors que es detecten són de la següent tipologia:

Línia molt llarga

L'extrem d'una geometria lineal s'estén més enllà del punt on hauria d'intersecar . A la figura 4.9 es mostra un exemple de línia molt llarga.

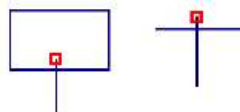


Figura 4.9: Validació de connectivitat: línia molt llarga

No coincidència entre punt i línia

Es produeix quan l'extrem d'una geometria línia no arriba a intersecar amb una altra geometria. A la figura 4.10 es mostra algun exemple de no coincidència entre punt i línia.

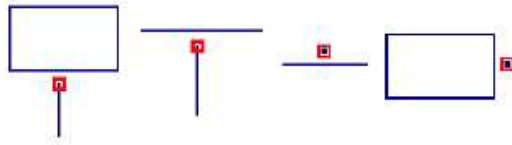


Figura 4.10: Validació de connectivitat: No coincidència entre punt i línia.

No coincidència de nodes

Es produeix quan l'extrem d'una geometria no arriba a intersecar amb l'extrem d'altre geometria lineal o punt. A la figura 4.11 es mostra algun exemple de no coincidència de nodes.

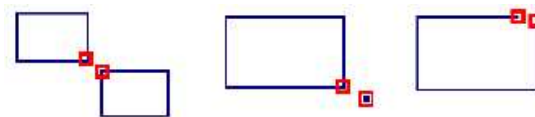


Figura 4.11: Validació de connectivitat: No coincidència de nodes

L'eina [Reparar connectivitat] permet corregir automàticament els problemes detectats a la [Validació de connectivitat]. Els problemes que no pot solucionar automàticament es deixen perquè es resolguin manualment.

4.4 FUNCIONALITATS

A continuació es veuran algunes de les funcionalitats que facilita *Geomedia Professional*.

4.4.1 Anàlisi de dades

Geomedia Professional proporciona diverses formes d'analitzar dades utilitzant consultes. En general una consulta és una petició d'informació. En particular, és una petició de les entitats que compleixen unes condicions definides o una petició de determinada informació sobre les entitats. El programari ofereix diverses maneres de definir aquestes condicions.

Les consultes s'emmagatzemen al GeoWorkspace, de manera que si un magatzem canvia, totes les consultes s'actualitzen quan s'obren. Hi ha tres tipus de consultes diferents, depenent de com s'especifiquin les condicions:

Consultes de filtres d'atributs

Limiten la cerca a les entitats individuals on els seus atributs contenen valors que compleixen les condicions especificades per cert operador. Un operador és un símbol o una expressió, com = (igual) o > (major que), que representa la relació entre dos valors.

Per exemple, es podrien buscar totes les canonades que tinguin un diàmetre inferior a 40 cm

Consultes espacials

Limiten la cerca a entitats individuals on la seva geometria té alguna relació espacial amb d'altres classes d'entitats o consultes.

Per exemple, una consulta espacial podria consistir en busca totes les canonades que es trobin a una distancia inferior a 1 km d'una vàlvula.

Els operadors espacials disponibles són:

- **Es toquen:** retorna les entitats que entre en contacte de qualsevol forma amb les entitats definides, ja sigui perquè es toquin, es superposin, es continguin unes en altres o estiguin contingudes unes per altres. A la figura 4.12 es mostra un exemple d'entitats que es toquen i altre d'entitats que no es toquen



Figura 4.12: Entitats que es toquen i entitats que no es toquen

- **Contenen:** retorna les entitats que cobreixen les entitats definides. Les entitats contingudes poden tocar, però no sobreposar-se a les voreres de les entitats definides. Els punts no poden contenir altres entitats. A la figura 4.13 es mostra un exemple d'entitats que es contenen altres entitats i altre d'entitats que no contenen altres entitats.



Figura 4.13: Entitats que contenen i entitats que no contenen altres entitats

- **Estan contingudes:** en retorna les entitats situades completament dins de les entitats definides. Les entitats contingudes poden tocar, però no sobreposar-se a

les voreres de les entitats definides. A la figura 4.14 es mostra un exemple d'entitats contingudes i altre d'entitats no contingudes dins d'altres entitats.



Figura 4.14: Entitats contingudes i entitats no contingudes dins d'altres entitats

- **Contenen completament:** retorna les entitats que cobreixen totalment a les entitats definides. Les voreres de les entitats resultants no poden tocar ni sobreposar-se a les voreres de les entitats definides. Els punts no poden contenir altres entitats completament. A la figura 4.15 es mostra un exemple d'entitats que estan contingudes i un altre on no estan contingudes completament.



Figura 4.15: Entitats que contenen i no contenen completament altres entitats

- **Estan totalment contingudes a:** retorna entitats situades íntegrament dins de les entitats definides. Les voreres de les entitats resultants no poden tocar ni sobreposar-se a les voreres de les entitats definides. A la figura 4.16 es mostra un exemple d'entitats que són contingudes i un altre on no són contingudes completament.



Figura 4.16: Entitats que són contingudes i no contingudes completament

- **Es sobreposen:** retorna entitats que es sobreposen amb les entitats definides. A la figura 4.17 es mostra un exemple d'entitats que es sobreposen i un altre en què no es sobreposen amb altres entitats.



Figura 4.17: Entitats que es sobreposen i entitats que no es sobreposen amb altres

- **S'uneixen:** retorna entitats que estan a proa d'altres entitats definides, tocant-les però sense sobreposar-se. A la figura 4.18 es mostra un exemple d'entitats que s'uneixen i altre d'entitats que no s'uneixen amb altres.



Figura 4.18: Entitats que s'uneixen i entitats que no s'uneixen amb altres

- **Són espacialment iguals:** retorna entitats que ocupen el mateix espai i la mateixa ubicació. Les entitats han de ser del mateix tipus per ser espacialment equivalents. A la figura 4.19 es mostra un exemple d'entitats espacialment iguals i un altre d'entitats que no són espacialment iguals entre elles.



Figura 4.19: Entitats espacialment iguals i entitats espacialment diferents

- **Estan a una distancia de:** retorna entitats que tinguin alguna part situada a certa distància de les entitats definides. Si el punt inicial o el final d'una entitat lineal, per exemple, es troba dins de la distància especificada, llavors el retorna. A la figura 4.20 es mostra un exemple de entitats que estan a una distancia i altres d'entitats que no estan a una distancia d'altres entitats.



Figura 4.20: Entitats que estan a una distancia d'altres i entitats que no ho estan

Consultes combinades

Les consultes combinades d'atributs gràfics i alfanumèrics busquen mitjançant certs valors d'atributs que compleixen determinades condicions espacials, com que estiguin superposades o contingudes en altre classe d'entitat o consulta.

Per exemple, una consulta combinada d'atributs gràfics i alfanumèrics buscaria totes les canonades que tinguin un diàmetre inferior a 40 cm i que es trobin a no més de 1 km d'una vàlvula.

4.4.2 Captura de dades

Geomedia Professional inclou un conjunt d'eines de producció que ajuden a capturar les dades per primera vegada. En el cas de localitzar errors, es poden corregir utilitzant la col·locació intel·ligent d'entitats i les eines d'edició, com el retall per un punt i les comandes d'extensió, o l'edició de geometries coincidents. Els passos que cal seguir són:

- Connectar a un magatzem de dades existent
- Definir la ubicació dels arxius d'estil
- Agregar classes d'entitat
- Definir colors de ressaltat i selecció
- Canviar el sistema de coordenades del *GeoWorkspace*
- Definir l'opció [Mostrar diàleg Propietats] de noves entitats.

Una vegada s'han capturat unes dades, aquestes es poden mantenir amb les eines d'edició que proporciona *Geomedia Professional*.

4.5 REALITZACIÓ DE COMANDES

Geomedia Professional disposa d'una eina que permet registrar una comanda realitzada en algun llenguatge com *Visual C++*, o *Visual Basic*. Aquesta eina permet complementar la informació gràfica d'un SIG amb altres funcionalitats personalitzades i poder resoldre totes les especificacions funcionals d'un projecte SIG.

Amb l'assistent per lots, es pot registrar una comanda d'usuari sense tenir carregats a la màquina Visual Basic o l'assistent per comandes.

Els arxius necessaris per instal·lar una comanda d'usuari són l'arxiu .dll de VB i l'arxiu .ini (l'assistent per comandes genera l'arxiu .ini en el directori /bin del projecte VB de la comanda de l'usuari). Quan s'executa "Instal·lar comanda d'usuari", es registra la comanda de l'usuari en el registre de l'ordinador.

Una vegada instal·lada la comanda d'usuari, es pot associar amb un menú o un accelerador de teclat utilitzant l'opció Eines > Personalitzar.

4.6 MANCANCES

A part d'implantar el model de dades al SIG, un dels objectius del projecte es desenvolupar una eina de gestió d'avaries. Pel desenvolupament d'aquesta eina es necessita que els elements es puguin relacionar entre si per donar un significat a la: una vàlvula està relacionada amb dos canonades. Això no ho facilita *Geomedia Professional*, s'hauria de programar específicament creant relacions amb dades alfanumèriques.

Altre cosa que es troba a faltar son mètodes per realitzar el seguiment d'una xarxa per trobar Questions d'interès depenent del tipus de xarxa.

Un altre mancança observada és que no es poden definir restriccions entre elements, que donen consistència a les dades.

Una eina que facilita la definició d'un model del tipus xarxa és *Geomedia Public Works*. En el capítol següent es fa una introducció al funcionament d'aquesta eina.

5 GEOMEDIA PUBLIC WORKS

Un dels objectius d'aquest projecte és la implantació d'un SIG d'una xarxa de distribució d'aigües en el programari *Geomedia Professional 5.2*. En el capítol 4 s'ha fet una introducció a aquesta eina.

Una altra eina que s'utilitza en aquest projecte és un complement del Geomedia Professional: *Geomedia Public Works*. *Geomedia Public Works* aporta funcionalitats al Geomedia Professional per la gestió de xarxes de distribució i sanejament.

Altre objectiu d'aquest projecte és la creació d'una eina de gestió d'averies. Per realitzar-la s'han utilitzat les utilitats de programació que aporta *Geomedia Professional* per fer les comandes, però també s'han utilitzat les que aporta *Geomedia Public Works*, que faciliten molt el desenvolupament de comandes en aquest tipus de SIG. Realment només amb *Geomedia Professional* es podria arribar a fer però amb un cost més elevat.

En aquest capítol els temes que es tracten són:²¹

- **Descripció General:** Es fa una descripció general de l'eina.
- **L'Advanced Feature Model (AFM):** Es fa una descripció del model.
- **Seguiment de xarxes:** Es describen les utilitats que aporta el programari pel seguiment de xarxes.

5.1 DESCRIPCIÓ GENERAL

Geomedia Public Works no és una aplicació aïllada del SIG *Geomedia Professional*, sinó que està integrat en aquest últim com un element més del menú. Això facilita molt el treball, ja que estan fortament acoblats.

Geomedia Public Works és un producte especialment dissenyat per satisfer les necessitats del sector de Gestió de xarxes d'aigua i sanejament, i ajuda a solucionar tots els aspectes d'una infraestructura d'aquest estil, des de la construcció fins el manteniment.

Geomedia Public Works està basat en la tecnologia Model d'entitat avançat (*Advanced Feature Model* o AFM), és un model de dades que proporciona intel·ligència incorporada de la connectivitat a la xarxa. A més l'AFM permet controlar les regles pertinents a la connectivitat a la xarxa, i té una interfície tipus Explorer i una interfície per programació d'aplicacions (*Application Programming Interface* o API) per facilitar la personalització.

5.2 AFM

El model d'entitat avançat (AFM) s'ha dissenyat i construït per modelar objectes de la vida real que permeten definir relacions i comportaments complexos a la base de dades de l'organització. Aplicacions d'aigües i distribucions d'aigua necessiten objectes connectats que formin una xarxa de canonades i connexions. Una connexió en forma de T connecta tres canonades i una connexió reductora connecta dues canonades de diàmetres diferents.

En el model d'entitats de *Geomedia Professional* els objectes de la vida real es modelen sense consideració del comportament i les relacions amb altres objectes.

Les part integrants del model AFM són:

- Associacions.
- Cardinalitat.
- Restriccions de geometria o geomètriques.

5.2.1 Associacions

Les associacions són les relacions que en el món real existeixen entre dues classes d'entitat distintes. Abans de configurar inicialment l'AFN, s'ha de reflexionar sobre quines entitats de node han d'estar connectades amb quines entitats.

5.2.2 Cardinalitat

La cardinalitat defineix el mínim i màxim número d'entitats que es poden connectar (associar) a una entitat donada. Per exemple, una connexió en forma de "T" es pot definir com una cardinalitat màxima i mínima de 3. Això indica que perquè una connexió en forma de "T" sigui vàlida ha d'estar connectada a tres canonades. Si té més o menys connexions, la comanda [Validar classes d'entitat] marcarà l'entitat com una violació de les regles. Una regla es considera ajustada quan la cardinalitat mínima i màxima és iguals. En cas contrari la regla es considera lliure.

5.2.3 Restriccions geomètriques

Les restriccions geomètriques s'apliquen quan una entitat en particular està restringida a tenir relacions geomètriques específiques dictades per regles d'associació de l'entitat a altra classe d'entitat. Per exemple una sortida d'aigua està restringida a existir només al final d'una canonada d'aigua secundària. Si s'intenta col·locar una sortida d'aigua al principi d'una canonada d'aigua secundària, es violaria la regla.

5.3 MODEL DE DADES

Geomedia Public Works admet una gran varietat de models de dades. El producte es lliura amb una base de dades d'exemple que té un model de dades, complex i utilitzable, amb atributs i relacions de xarxa predeterminades definides. Aquest esquema es pot utilitzar com a punt de partida inicial, des del qual es pot construir un model més complet que compleixi els requisits específics. En el capítol 6 es veuen les característiques d'una xarxa de distribució d'aigües, objecte d'aquest projecte.

5.4 TREBALLANT AMB XARXES

Geomedia Public Works porta integrat un entorn que resol els problemes més comuns del seguiment d'una xarxa, com per exemple:

- Trobar les vàlvules que es necessiten tancar en el cas que s'hagi d'interrompre el pas de l'aigua.
- Mostrar els punts on d'origen d'un abocament tòxic i el camí que aquest segueix.
- Mostrar els punt d'abocaments tòxics potencials a un riu.

L'aplicació utilitza dues comandes per fer el seguiment de la xarxa, [Trace definition], per definir el seguiment, i [Trace] per realitzar el seguiment. La traducció de *Trace* és seguiment.

5.4.1 Trace definition

Abans de poder realitzar el seguiment d'una xarxa s'ha de definir amb l'opció [Trace Definition]. Permet:

- Definir nous *Traces*.
- Editar definicions existents
- Copiar definicions existents
- Esborrar definicions existents

Per utilitzar aquesta opció ha d'haver almenys una connexió AFM (veure apartat 5.2) (de lectura/escriptura) en el *GeoWorkspace*.

La definició d'un *trace* conté les següents propietats, com es mostra a la figura 5.1:

- Nom
- Descripció
- Filtre espacial
- *Trace mode*: Indica la direcció de la xarxa.

- Paràmetres: Aquests paràmetres són vàlids per tots els *trace* modes
- *Sources*: Mostra totes les característiques de les classes de la connexió seleccionada.

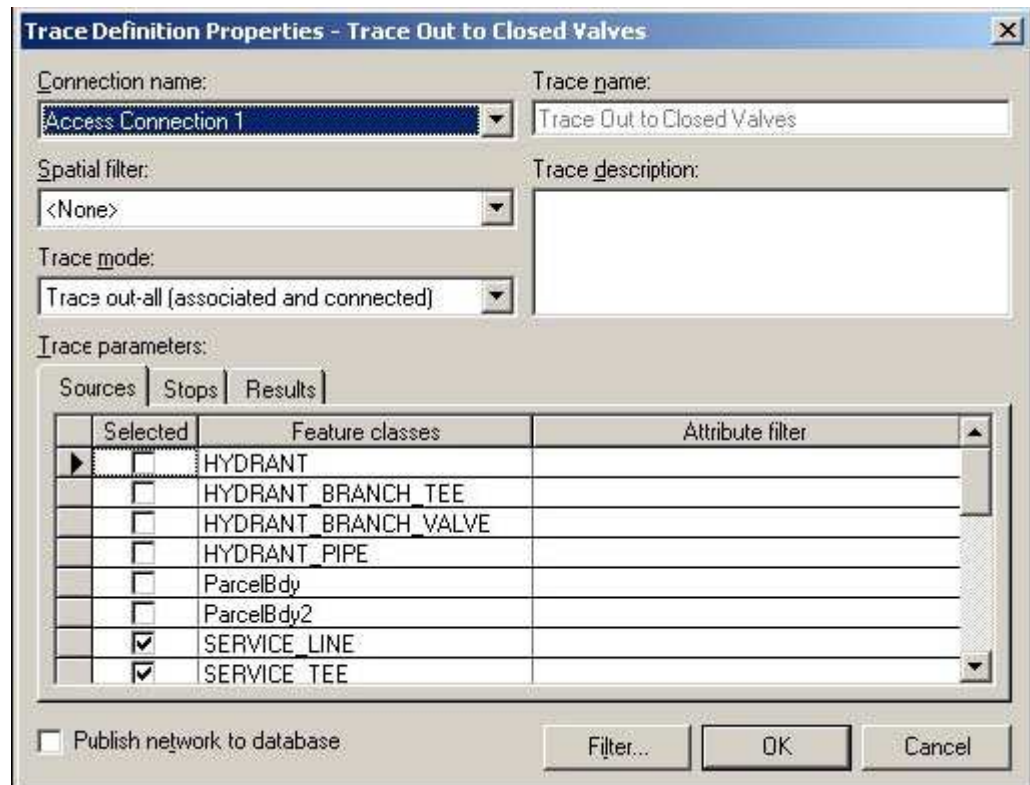


Figura 5.1: [Trace definition]

5.4.2 Trace

La comanda [Trace] permet fer un seguiment de les entitats connectades o associades a la xarxa. Les entitats estan connectades si tenen alguna associació definida. A la figura 5.2 es pot veure el formulari per l'execució de la comanda [Trace].

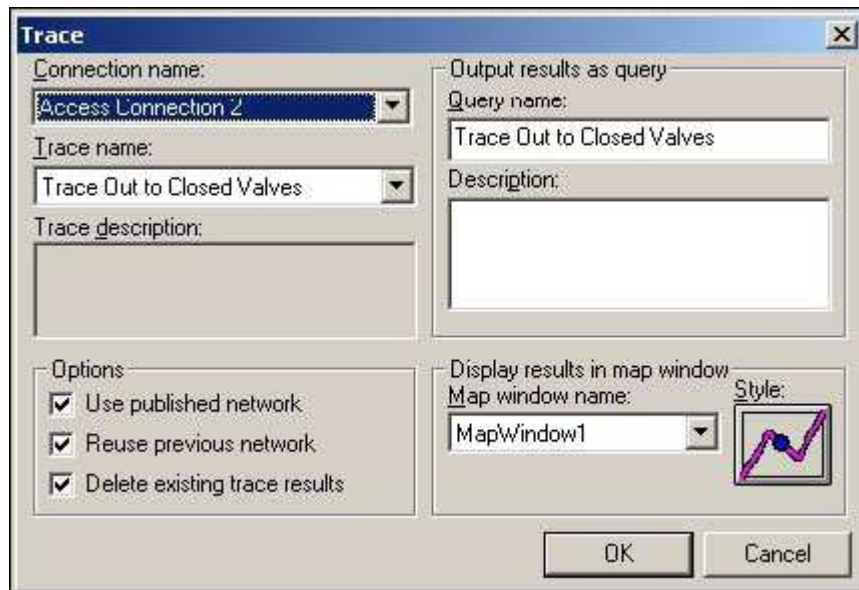


Figura 5.2: [Trace]

La comanda [Trace] permet definir una classe d'entitat o consulta que actuï com un criteri de parada a un seguiment. A la figura 5.3 es pot veure un exemple obtingut dels tutorials de *Geomedia Public Works* d'execució de la comanda [Trace]. Aquesta comanda només està habilitada si hi ha oberta al menys una connexió AFM al *GeoWorkspace* i la finestra de mapa està activa.

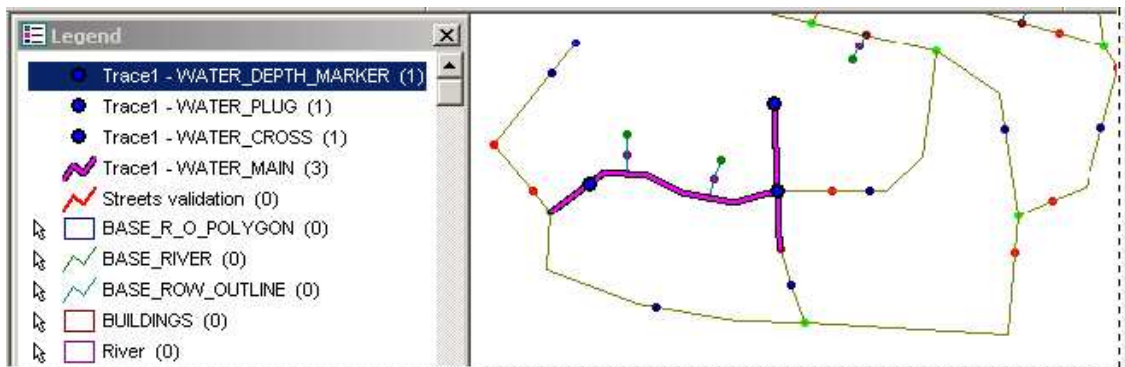


Figura 5.3: Exemple de l'execució de la comanda [Trace]

6 CREACIÓ DEL SIG

En el capítol 4 s'ha fet una introducció al programari *Geomedia Professional 5.2* i al capítol 5 s'han descrit algunes de les funcionalitats del Geomedia Public Works. En aquest capítol s'explica la implantació del SIG d'una xarxa de distribució d'aigües utilitzant el SIG *Geomedia Professional* i al capítol 7 es veurà perquè s'utilitzarà l'eina *Geomedia Public Works*.

Els punts que es tracten són:

- **La distribució de l'aigua:** en aquest apartat es descriu els components i el funcionament d'una xarxa de distribució d'aigua
- **Model de distribució d'aigua:** en aquest punt es descriu el model de xarxa que es vol implantar al SIG.
- **Creació del *GeoWorkspace*:** en aquest apartat es descriu el procés de creació del *GeoWorkspace* (veure apartat 4.2.1) amb *Geomedia Professional 5.2*.

6.1 LA DISTRIBUCIÓ DE L'AIGUA ²²

En aquest capítol es descriuen el funcionament i els components d'una xarxa de distribució d'aigua.

Les necessitats d'aigua potable de la població es cobreixen mitjançant els sistemes d'abastiment. Un sistema d'abastiment és el conjunt d'elements i processos tècnics que garanteixen que l'aigua arribi des del lloc de captació al punt de consum en condicions correctes tant en qualitat com en quantitat.

Les parts de les que consta un sistema d'abastiment són les següents:

- Captació d'un aqüífer
- Tractament
- Emmagatzemament
- Distribució

A la figura 6.1 es poden veure les diferents fases per les que passa l'aigua abans de la seva distribució.

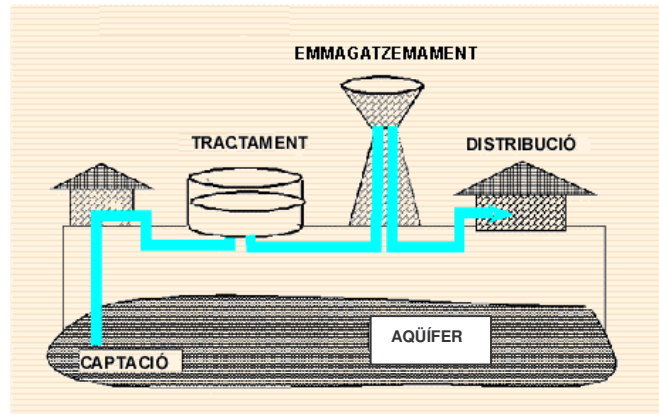


Figura 6.1: Sistema d'abastament d'aigua

6.1.1 La captació

La captació és el punt inicial del sistema d'abastiment. L'origen de l'aigua que es subministra a la població pot ser variat:

- Aigües de precipitació, pluja o neu.
- Aigües de superfícies, rius, llacs, embasaments.
- Aigües subterrànies, pous i manantials.
- Aigües d'un aquífer.

Sempre ha de captar-se l'aigua de la millor qualitat possible dins de les disponibles. L'objecte és reduir al mínim els tractaments necessaris. Les aigües de precipitació, pluja o neu, no es fan servir més que en situacions extremes ja que sempre es recullen contaminades i les quantitats són petites. Les aigües superficials, juntament amb les subterrànies són les més utilitzades per subministrar aigua a les poblacions.

6.1.2 El tractament

L'objecte del tractament és adequar les característiques de l'aigua a les normes establertes, amb la finalitat de garantir el seu consum sense cap tipus de risc sanitari. Totes les aigües, incloses les de millor qualitat, necessiten, almenys, l'addició d'un desinfectant per potabilitzar-les. Els procediments que es poden portar a terme per la depuració de l'aigua es realitzen en estacions de tractament i són de diversos tipus:

- **Tractaments mecànics:** *debaste*, tamització: Els procediments mecànics tenen com a finalitat eliminar la majoria de les partícules en suspensió que porta l'aigua. El *debaste* es realitza utilitzant una reixeta que reté entre els seus barrots els materials de major mida. Els materials més petits com ara fulles,

herbes, terres que poden travessar les reixes del *debaste* quedaran retingudes a les malles de tamització.

- **Tractaments físics:** aireació, sedimentació, flotació i filtració: L'aireació té com a principal funció l'oxidació del ferro i el manganès, així com l'eliminació de substàncies volàtils, millorant així l'olor i sabor de l'aigua. El procés de sedimentació es realitza disminuint la velocitat de circulació de l'aigua fins permetre que la matèria sedimentable es dipositi al fons. La filtració es realitza fent passar l'aigua a través d'un material porós, normalment arena, les matèries en suspensió a l'aigua de mida major al diàmetre del filtre quedaran retingudes en ell.
- **Tractaments químics:** coagulació, floculació, estovament i desinfecció: Per la floculació i coagulació s'afegeixen reactius convenientment dosificats que permeten augmentar la mida de partícules en suspensió i la seva posterior sedimentació.

Amb els processos descrits s'aconsegueix una aigua lliure de substàncies en suspensió, transparent però no desproveïda, la major part de vegades de microorganismes. Mitjançant la desinfecció es destrueixen la major part de la matèria orgànica i microorganismes que puguin existir a l'aigua.

El producte químic més utilitzat per la desinfecció de l'aigua és el clor en els seves distintes formes: clor gas, hipoclorit sòdic.

De manera sistemàtica no es realitzen tots aquests processos de depuració, sinó que queden condicionats a la qualitat de l'aigua de captació. Les aigües de procedència subterrània normalment només precisen d'un tractament de desinfecció.

6.1.3 Els dipòsits

Els dipòsits són estructures aptes per contenir un cert volum d'aigua destinada a complir les següents funcions:

- Contribuir a la potabilització de l'aigua, ja que durant el temps que roman als dipòsits permet que es continuï l'acció desinfectant del clor.
- Garantir la quantitat necessària d'aigua depurada a l'usuari i per altra part evitar les interrupcions de subministrament a la xarxa de distribució, així com en les instal·lacions de tractament.
- Subministrar la pressió suficient per poder portar a terme la distribució de l'aigua sense una aportació extra d'energia.

IMPLANTACIÓ D'UN SIG AMB GEOMEDIA

Tenint en compte que les aigües contingudes als dipòsits van , a través de la xarxa de distribució directament al consum, el dipòsit ha de garantir que la qualitat de les aigües no es deteriori, evitant variacions de temperatura, desenvolupament d'algues o microorganismes, contaminació exterior, etc.

6.1.4 La distribució

La xarxa de distribució o xarxa d'abastiment comprèn tot el conjunt de conduccions i canonades que distribueixen l'aigua tractada des dels dipòsits fins a l'aixeta del consumidor.

L'empresa distribuïdora és responsable de la qualitat de l'aigua fins la clau de pas anterior a l'entrada de cada edifici, la xarxa interior dels edificis i establiments és responsabilitat dels propietaris dels mateixos.

La xarxa de distribució està generalment sota el paviment a una profunditat variable entre 0.5 i 1 metres. Respectar, almenys, aquesta profunditat és important a l'hora d'evitar trencaments provocats pel transport pesat i pel manteniment de l'aigua a una bona temperatura.

6.1.5 Altres fonts de subministrament

En determinats casos i situacions, en els que no existeix cap altra possibilitat, l'aigua potable pot ser distribuïda per camions cisterna. L'empresa propietària de la cisterna ha de complir amb els requisits establerts a la legislació:

- Autorització sanitària
- Condicions higiènic-sanitàries de la cisterna: aïllament, protecció, etc.
- Senyalització de la cisterna amb la retolació "Aigua potable".
- Justificació de la potabilitat de l'aigua transportada

Al marge del subministrament ofert pel sistema de distribució públic hi ha un número de fonts públiques d'origen natural, que tradicionalment són utilitzades per la població. Les fonts públiques són analitzades periòdicament per l'administració Sanitària, amb la finalitat de verificar la seva potabilitat. Sempre que es detecta alguna contaminació s'informa a l'ajuntament corresponent per procedir a la seva senyalització com "No potable".

6.2 COMPONENTS DE LA XARXA DE DISTRIBUCIÓ

Els components d'una xarxa de distribució són:

- **Nusos de cabal:** Els punts de cabal són els punts de la xarxa on conflueixen les canonades o bé els seus extrems, i a través d'ells l'aigua entra o surt de la mateixa (també poden ser només punts de pas).
- **Canonades:** Les canonades són línies que transporten l'aigua d'un nus a l'altre.
- **Bombes:** Les bombes són dispositius mecànics destinats generalment a elevar aigua des d'un nivell inferior a altre superior. Freqüentment és necessari recórrer a l'ús de bombes per elevar l'aigua de pous, llacs, dipòsits o per impulsar-la per les canonades de distribució.²³
- **Vàlvules:** Les vàlvules són dispositius que limiten la pressió o el cabal a un punt determinat de la xarxa. Hi ha diversos tipus de vàlvules.²³
 - **Comporta:** S'utilitzen per regular la despesa i aïllament de sectors a una xarxa.
 - **Retenció o Check:** Permeten fer circular l'aigua en un sol sentit
 - **D'aire:** Permeten l'escapament d'aire en els punts més alts de la conducció, evitant tamponaments d'aire que impedeixen el flux de l'aigua
 - **De Flotador:** Regulen l'entrada d'aigua, fins arribar al nivell desitjat a un magatzem.
- **Punts de presa:** Comprèn el conjunt de canonades i altres elements que uneixen les conduccions viaries amb la instal·lació interior del immoble que es pretén abastir.

6.2.1 Tipus de xarxes

Segons el connexament entre els seus conductes es poden diferenciar tres tipus de xarxes de distribució: ramificades, mallades o mixtes.

Xarxa Ramificada: El sistema ramificat consisteix en una canonada principal o arteria mestra de la que es deriven artèries secundàries, de les que a la seva vegada parteixen altres, cada vegada menors i de forma anàloga als nervis d'una fulla. A la figura 6.2 es pot veure un exemple d'aquest tipus de xarxa:

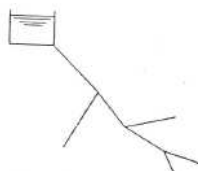


Figura 6.2: Xarxa de distribució ramificada²⁴

IMPLANTACIÓ D'UN SIG AMB GEOMEDIA

En aquest tipus de xarxa, cada punt rep aigua només per un camí. Aquest tipus de xarxa té el greu inconvenient que una avaria en un punt de la mateixa deixa en sec tota la xarxa situada a continuació del punt avariada. Per això avui dia, tenint en compte les garanties de servei exigides en les instal·lacions urbanes, no és aconsellable aquest sistema, només en casos de poblacions rurals amb caserius disseminats.

Xarxa mallada: En el sistema de xarxa mallada, els ramals de la xarxa anterior s'uneixen i l'aigua pot arribar a un punt determinat per diversos camins. En aquestes xarxes existeix un problema d'indeterminació de sentit de circulació de l'aigua, però té l'avantatge de que en cas d'avaría l'aigua arriba a la resta de la xarxa per altres canonades. Només faltaria aigua al tros avariada que es pot aïllar mitjançant claus, emplaçades de tal manera que formen petits polígons tancats independents. A la figura 6.3 es pot veure un exemple d'aquest tipus de xarxa:

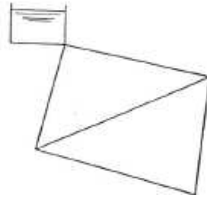


Figura 6.3: Xarxa de distribució mallada²⁴

Xarxa mixta: Es pot adoptar un sistema mixt, utilitzant la distribució en malla al centre del poble i ramificada pels barris extrems. A la figura 6.4 es pot veure un exemple d'aquest tipus de xarxa.

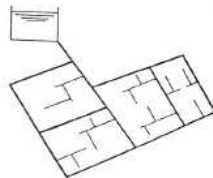


Figura 6.4: Xarxa de distribució mixta²⁴

6.3 MODEL DE XARXA DE DISTRIBUCIÓ

Per a la realització del SIG s'han utilitzat com a base cartogràfica dades obtingudes de l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC)²⁵. Concretament es centra en el full on està ubicada la població Bell-lloc d'Urgell. Donada la impossibilitat d'obtenir dades reals de la seva xarxa de distribució d'aigües, en aquest treball es realitza una xarxa hipotètica sobre la cartografia base de ICC. El model de xarxa triat és el mixt.

6.4 CREACIÓ DEL GEOWORKSPACE

En els següents apartats es descriu el procés d'implantació del SIG de distribució d'aigües amb *Geomedia Professional*. Es crea un *GeoWorkspace* amb el nom *XarxadistribucioAigua* utilitzant com a plantilla la *normal UTM31*. Aquesta plantilla conté la definició d'un *GeoWorkspace* buit amb el sistema de coordenades definit a la projecció UTM zona 31 (veure apartat 6.3.1)

6.4.1 Sistema de coordenades

El sistema de coordenades és un pas decisiu per la implantació del SIG, en cas que no s'estableixi correctament podria portar a la representació errònia de la informació, com per exemple la deformació de les dades geogràfiques.

Hi ha dos moments en què ha calgut triar un sistema de coordenades: el primer quan s'ha creat el *GeoWorkspace* (veure apartat 6.3); i l'altre en el pas de connexió a la cartografia base en format CAD (veure apartat 6.3.2), ja que s'ha de tenir en compte en quin sistema de coordenades estan les dades.

En ambdós casos el sistema de coordenades triat ha estat de tipus projecció, concretament projecció UTM (veure apartat 3.4): El SIG s'ubica a Catalunya i aquest és el sistema de coordenades que es fa servir actualment. Concretament el fus on es centra el SIG és el 31 Nord i s'utilitza el Datum Europeu del 1950.

6.4.2 Magatzems

Es defineixen 3 magatzems diferents, per diferenciar clarament la informació de base i la informació de la xarxa de distribució d'aigües:

- Base municipal de Catalunya: Es crea una connexió a un arxiu CAD (obtingut de l'ICC) (veure apartat 6.4.3).
- Ortofotos: Ortofotos obtingudes de l'ICC (veure apartat 6.6.4)
- Xarxa de distribució d'aigües: Entitats relacionades amb la xarxa (veure apartat 6.6.5)

El tipus de bases de dades triat per implantar el SIG ha estat *MS Access*, per les facilitats que dona *Geomedia Professional* per a la seva manipulació. En un altre tipus de projecte on pugui haver moltes dades i/o molts usuaris accedint a la base de dades, es poden plantejar altres opcions com *Oracle* o *SQL Server* que donen millors rendiments.

En els apartats següents es veu amb més detall tot el procés de creació dels magatzems.

6.4.3 Base Municipal de Catalunya

Per a la realització de la base cartogràfica s'han obtingut uns arxius CAD de l'ICC. Aquests arxius contenen informació cartogràfica a escala 1:1000000, que inclou els municipis, les comarques, les províncies i la comunitat autònoma amb els seus respectius caps²⁶. L'ICC publica aquestes dades en tres formats diferents: *dxf*, *export* i *dgn*: per utilitzar-los en aquest projecte s'han obtingut els arxius en format *dgn*.

Els passos per incorporar aquestes dades són els següents:

- Una vegada es té l'arxiu *dgn*, es fa un duplicat d'aquest canviant l'extensió de l'arxiu per *csf*. Es fa doble clic a sobre d'aquest arxiu, per definir el sistema de coordenades. Amb l'aplicació que s'obre es defineix l'espai de projecció de tipus UTM i els paràmetres de projecció al fus 31 Nord, que és el de Catalunya.(veure apartat 6.4.1)
- En el pas anterior obtenim un arxiu de definició del sistema de coordenades que fa servir l'arxiu CAD. En aquest pas es defineix l'arxiu de definició de l'arxiu CAD, arxiu amb l'extensió *csd*: s'identifica el contingut d'aquest arxiu i s'associa el sistema de coordenades (definit en el punt anterior). Per fer això es fa servir una utilitat que aporta *Geomedia Professional*: "Definir archivo de esquema de servidor CAD" . (veure passos a la figura 6.5). A la figura 6.5 es poden veure els passos necessaries per la definició de arxiu:
 - A. S'executa l'aplicació "Definir archivo de esquema de servidor CAD".
 - B. Es tria l'arxiu de mapa, (en aquest cas arxiu amb extensió *dgn*)
 - C. Es tria l'arxiu de sistema de coordenades, (en aquest cas arxiu amb l'extensió *csd* generat anteriorment)
 - D. Es defineixen les classes d'entitat.

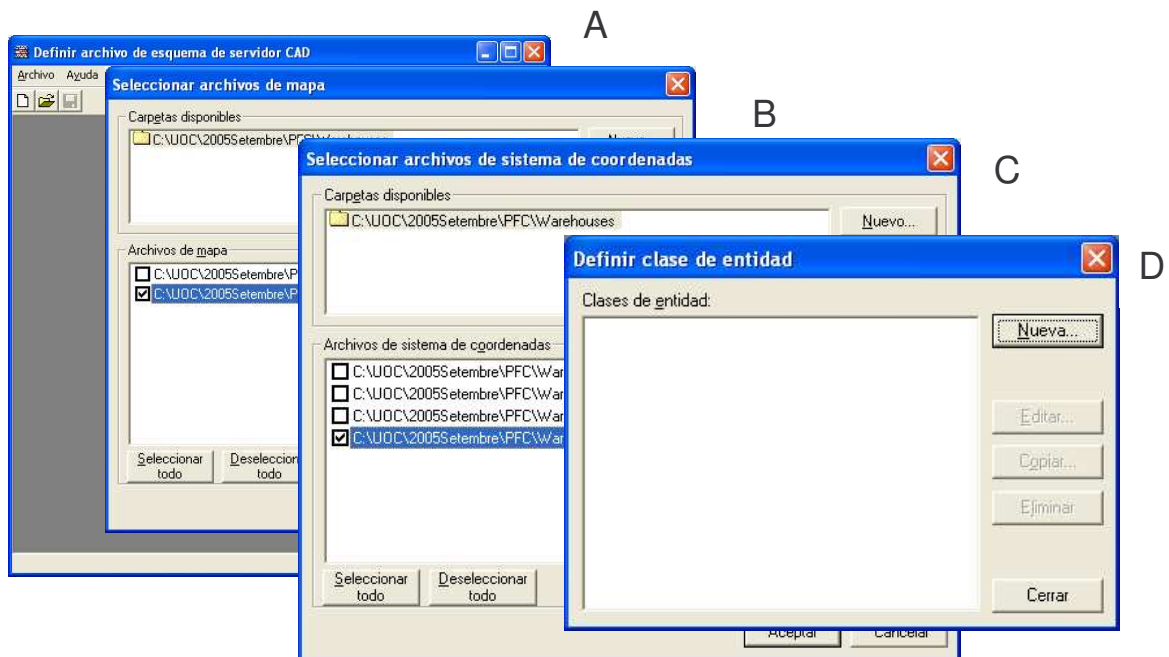


Figura 6.5: Definició d'arxiu d'esquema de servidor CAD

Per definir el contingut de l'arxiu CAD primer s'ha de conèixer la tipologia d'informació que aquest conté per poder definir les classes d'entitat. Abans de definir-les, s'ha previsualitzat des de *Geomedia professional* l'arxiu CAD i s'ha examinat el seu contingut i les propietats dels seus elements, d'aquesta manera s'han pogut definir correctament les classes d'entitat.

Les classes d'entitats definides són de tipus línia i de tipus text. A la figura 6.6 es poden veure els passos seguits per definir una classe d'entitat des de l'aplicació de definició d'esquema de servidor CAD:

- A. Opció de definició de classe d'entitat
- B. Es crea una nova entitat i es selecciona el tipus d'aquesta entitat.
- C. Es seleccionen els criteris de classificació d'aquesta entitat, per extreure els continguts de l'arxiu dgn.

IMPLANTACIÓ D'UN SIG AMB GEOMEDIA

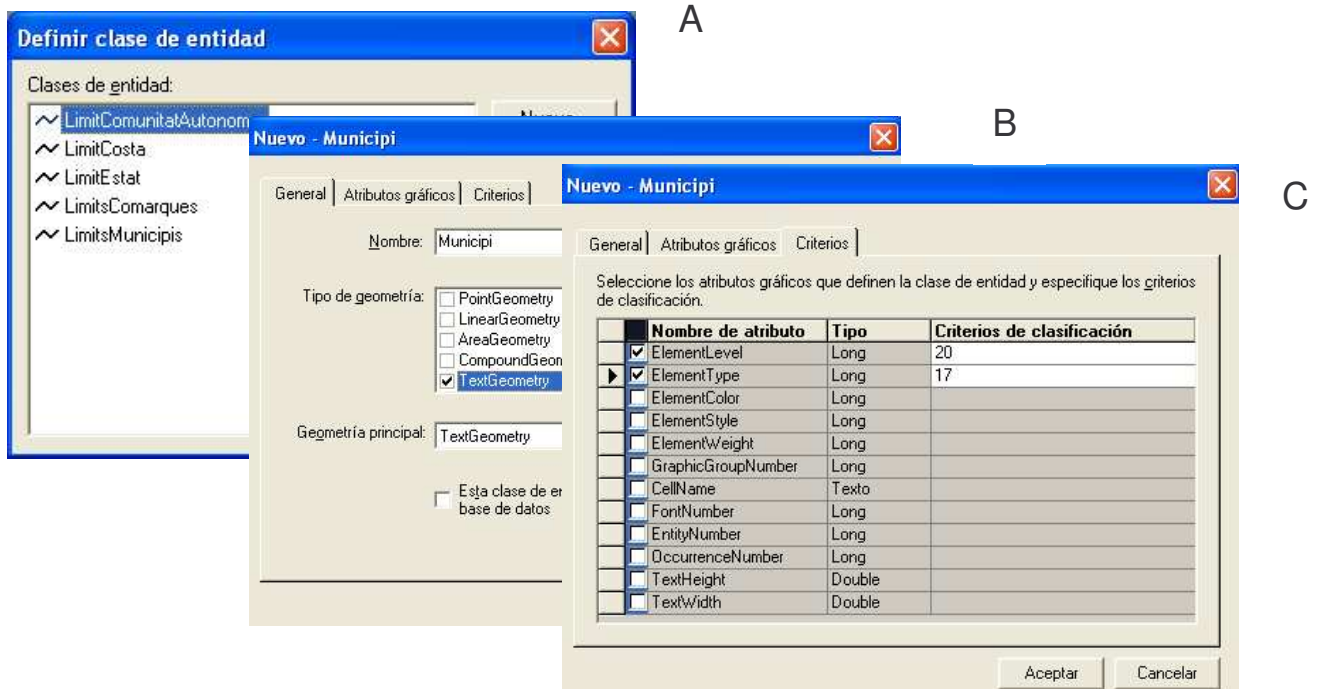


Figura 6.6: Definició d'una classe d'entitat d'un arxiu CAD.

- Aquestes dades s'integren al GeoWorkspace definit al Geomedia Professional realitzant una connexió a dades de tipus CAD. El tipus d'accés és de només lectura. Una vegada incorporades les entitats a la llegenda s'ha configurat l'escala de visualització de les classes d'entitat, perquè a certes escales la informació és tan densa que no es veu (veure aparta 6.5.3). A la figura 6.7 es pot veure una finestra de mapa amb les comarques de Catalunya.

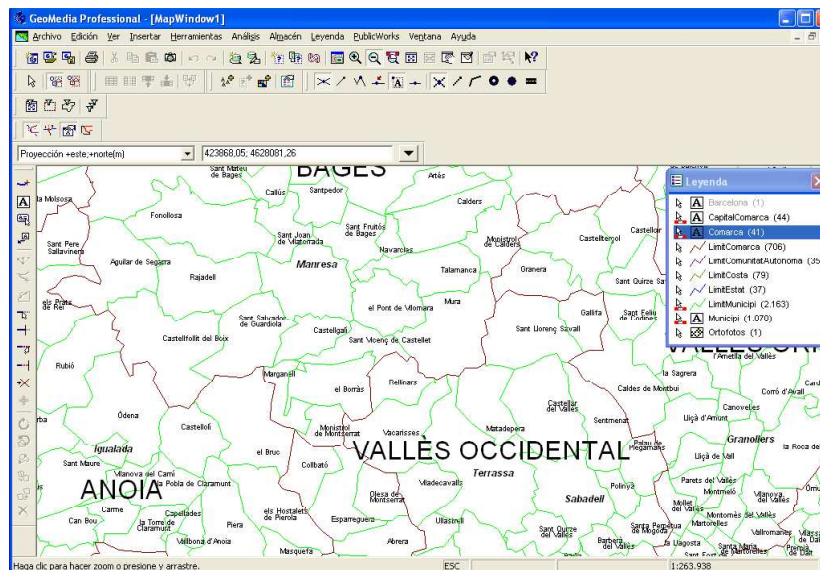


Figura 6.7: Informació cartogràfica de base

6.4.4 Ortofotos

Les ortofotos s'han obtingut de la mateixa manera que la base cartogràfica de l'ICC. S'han descarregat en l'escala més petita que s'ofereix a l'ICC: 1:5000. Es pot triar entre el format *jpg* i el format *MrSID*, s'ha triat aquesta darrera perquè la qualitat de les imatges és major. Per incloure aquestes imatges al *GeoWorkspace* s'han convertit prèviament a un format georeferenciat com és el *tif* utilitzant l'eina *Mrsiddecode*. Una vegada les ortofotos estan en format *tif*, s'insereixen a un magatzem amb l'opció que proporciona *Geomedia Professional*, "Insertar Imagenes georeferenciadas". Com que la xarxa d'aigües es fa per la població Bell-lloc d'Urgell, només s'ha inserit l'ortofoto que conté aquesta població (veure figura 6.8)

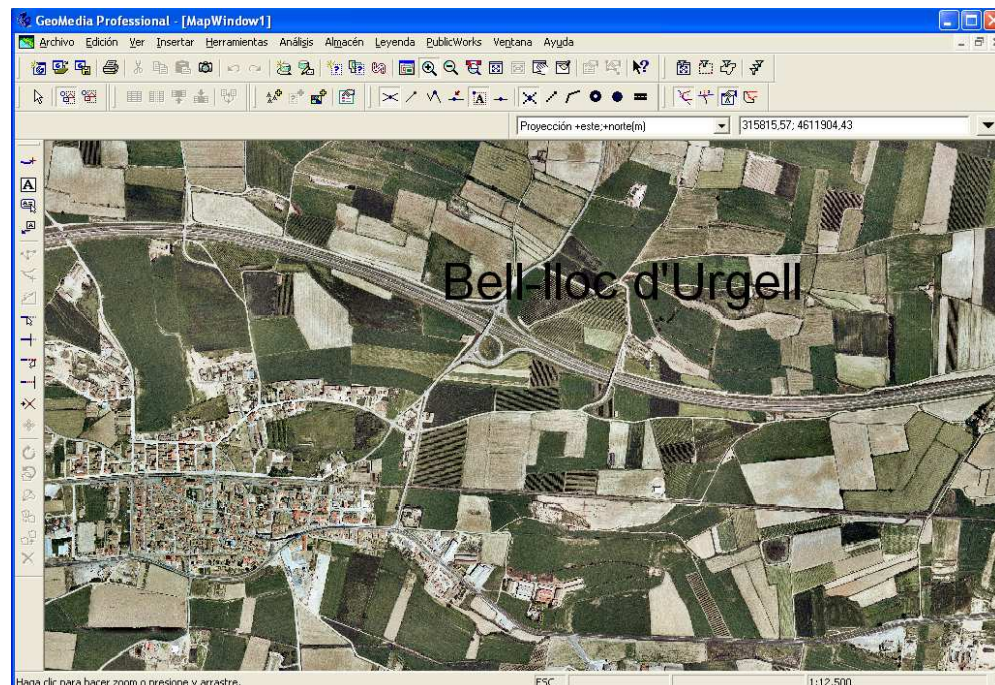


Figura 6.8: Ortofoto de la població Bell-lloc d'Urgell

6.4.5 Xarxa de distribució d'aigües

No s'ha trobat cap organisme públic que tingui publicada una xarxa de distribució d'aigües amb informació cartogràfica per incorporar-la al SIG.

S'han plantejat dues alternatives per solucionar aquesta manca de dades.

La primera és utilitzar el mapa publicat per la companyia Aigües Ter-Llobregat (ATLL) de la seva xarxa de distribució d'aigües²⁷. Aquest mapa no té informació cartogràfica i només podríem dibuixar les canonades de forma molt aproximada.

IMPLANTACIÓ D'UN SIG AMB GEOMEDIA

Vist aquest inconvenient, i intentant que la xarxa sigui el més real possible, s'ha optat per la segona opció, detallada a continuació: les dades que s'han utilitzat han estat extretes d'una demo d'un programa SIG, en particular es tracta de la xarxa de distribució d'aigües de la població Bell-lloc d'Urgell²⁸. En la pàgina web d'aquesta demo es pot veure la xarxa de distribució d'aigües d'aquesta població i les coordenades UTM del punt on es troba el ratolí.

Donada la impossibilitat d'exportar la informació proporcionada en aquesta pàgina web a algun format per poder importar-la a *Geomedia Professional*, s'ha optat per anar resseguint la xarxa de distribució d'aigües i anar apuntant les coordenades UTM dels punts significatius de la xarxa. Aquests punts són els que s'han introduït manualment al *Geomedia Professional* per definir la xarxa, aprofitant les eines que aporta per l'edició d'elements.

Aquest mètode té un marge d'error bastant ampli, però es un cas més real que l'altra opció que ens quedava.

A la figura 6.9 es pot veure la font on s'ha tret la informació i com es mostren les dades. A la part superior del mapa es poden veure unes coordenades x,y i l'escala de visualització del mapa. Les coordenades que es mostren són del posicionament al mapa del ratolí. Al mapa estan representades les canonades de la xarxa de distribució d'aigües d'aquesta població.

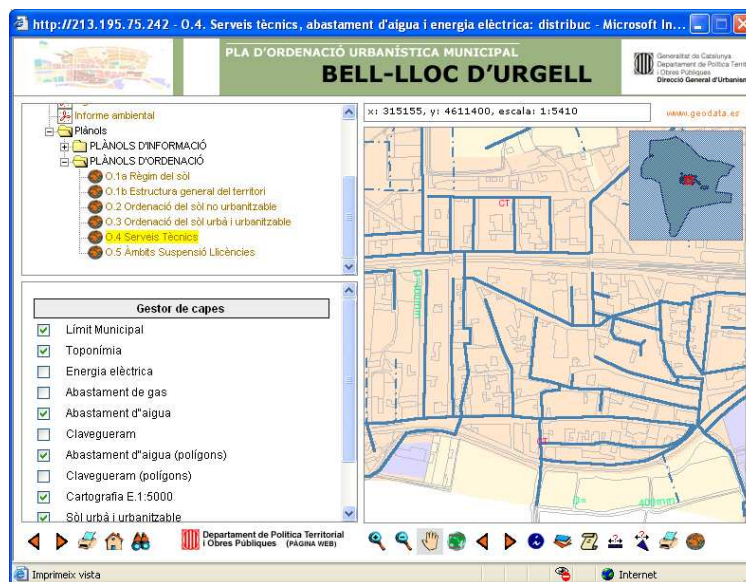


Figura 6.9: Pla d'Ordenació Urbanística municipal: Bell-Lloc d'Urgell

IMPLANTACIÓ D'UN SIG AMB GEOMEDIA

Per incorporar la informació de la xarxa de distribució d'aigua s'ha creat un magatzem tipus *MSAccess*. Un cop creat el magatzem s'han definit les classes d'entitats de la xarxa.

6.5 CLASSES D'ENTITAT

A continuació es descriuen les classes d'entitat definides per a la xarxa de distribució d'aigües i per a la base cartogràfica de Catalunya.

6.5.1 Entitats de la xarxa

Al SIG s'han representat els elements principals d'una xarxa de distribució d'aigües. A la figura 6.10 es mostra un diagrama UML amb les entitats que representen la xarxa i les relacions entre elles. Les entitats tipus canonada connecten entitats del tipus node i per aquest motiu tenen associats un nus d'inici de connexió i un node de final de connexió.

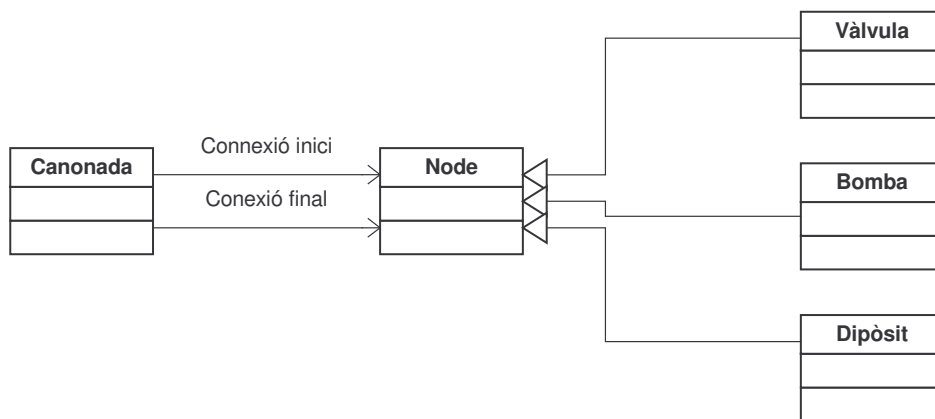


Figura 6.10: Diagrama UML de les classes d'entitat de la xarxa

Atributs comuns	
Descripció:	Són atributs que estan definits en totes les classes d'entitat del model
Material	Material del que està fet el component
Data instal·lació	Indica la data d'instal·lació del component
Empresa instal·ladora	Indica l'empresa que ha instal·lat el component

Canonada	
Tipus de geometria	Línia

IMPLANTACIÓ D'UN SIG AMB GEOMEDIA

Descripció Entitat que representa els tubs o unió de tubs per on circula l'aigua de la xarxa de distribució.

Atributs	Descripció
Identificador	Identificador del component
Tipus	Indica el tipus de canonada: pot ser principal o secundaria. (amb una taula auxiliar)
Pressió màxima	Pressió per damunt la qual la canonada es trenca, expressada en kPa (1 kPa = 0,0102Kg/cm ²)
Diàmetre	Distància entre dos punts pertanyent a una secció transversal de la canonada passant pel centre

Vàlvula

Tipus de geometria Punt
Descripció

Atributs	Descripció
Identificador	Identificador del component
Tipus	Indica el tipus de vàlvula: pot ser: comporta, retenció o <i>check</i> , d'aire, de flotador etc... (amb taula auxiliar)
Pressió màxima	Pressió màxima que pot suportar la vàlvula expressada en kPa (1 kPa = 0,0102Kg/cm ²)

Bomba

Tipus de geometria Punt
Descripció

Atributs	Descripció
Identificador	Identificador del component
Cabal de sortida	
Pressió de sortida	Força que té l'aigua que passa per l'element.
Cabal de sortida	Metres cúbics que poden passar per l'element en un segon.

Dipòsit

Tipus de geometria Punt
Descripció

Atributs	Descripció
Capacitat	Capacitat d'aigua del dipòsit en metres cúbics.

IMPLANTACIÓ D'UN SIG AMB GEOMEDIA

6.5.2 Entitats de la base cartogràfica

Des de l'eina de definició d'arxiu d'esquema de servidors CAD (veure apartat 6.4.3), s'han definit les següents classes d'entitat, sense atributs:

Geometria: Línia

- LimitEstat
- LimitComunitatAutonoma
- LimitCosta
- LimitComarca
- LimitMunicipi



Geometria : Text

- Comarca
- Municipi

6.5.3 Escala de visualització de les classes d'entitat

L'escala de visualització juga un paper molt important a l'hora de mostrar les dades al mapa. Hi ha classes d'entitat que només tindran interès de ser mostrades a certes escales i mostrar-les podria significar ocultar altres que realment interessin.

Els elements que es visualitzen segons escala són:

Classe d'Entitat	Escala mínima	Escala màxima	Estil
Canonada	1	12.000	3 punts color blau
Vàlvula	1	7.000	
Bomba	1	7.000	
Dipòsit	1	7.000	5 punts color verd
LimitMunicipi	1	500.000	1 punt color verd
Municipi	15.000	500.000	36 punts color negre
Comarca	100.000	2.500.000	132 punts color negre
Ortofoto	100	15.000	(Imatges)

Taula 6.1: Escales de visualització de les classes d'entitat



Figura 6.11: Mostra d'un fragment de la xarxa

6.6 ANALISI DE DADES

Un cop implantat el SIG ja és operatiu per treballar amb ell, tot seguit es mostren alguns exemples del seu potencial.

6.6.1 Consulta d'atributs

L'Ajuntament vol revisar les canonades que tinguin un diàmetre inferior a 1 metre, per avaluar si és correcta la instal·lació o s'hauria de renovar. A la figura 6.12 es pot veure la configuració per realitzar la consulta per atributs.

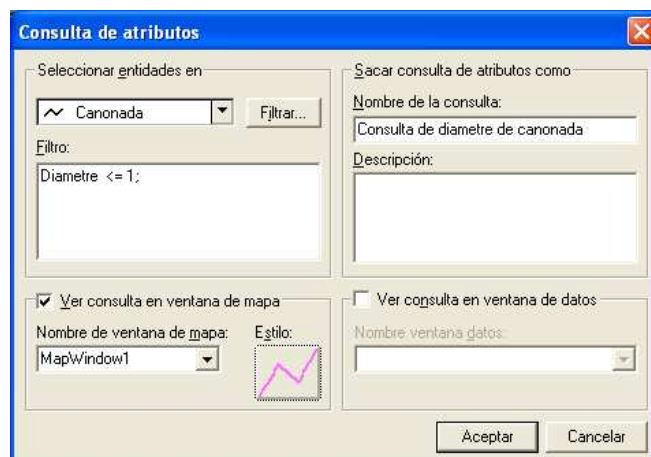


Figura 6.12: Configuració d'una consulta d'atributs

A la figura 6.13 es mostren ressaltades en la finestra de mapa de color rosa totes les canonades que tenen un diàmetre igual o inferior a 1 metre.

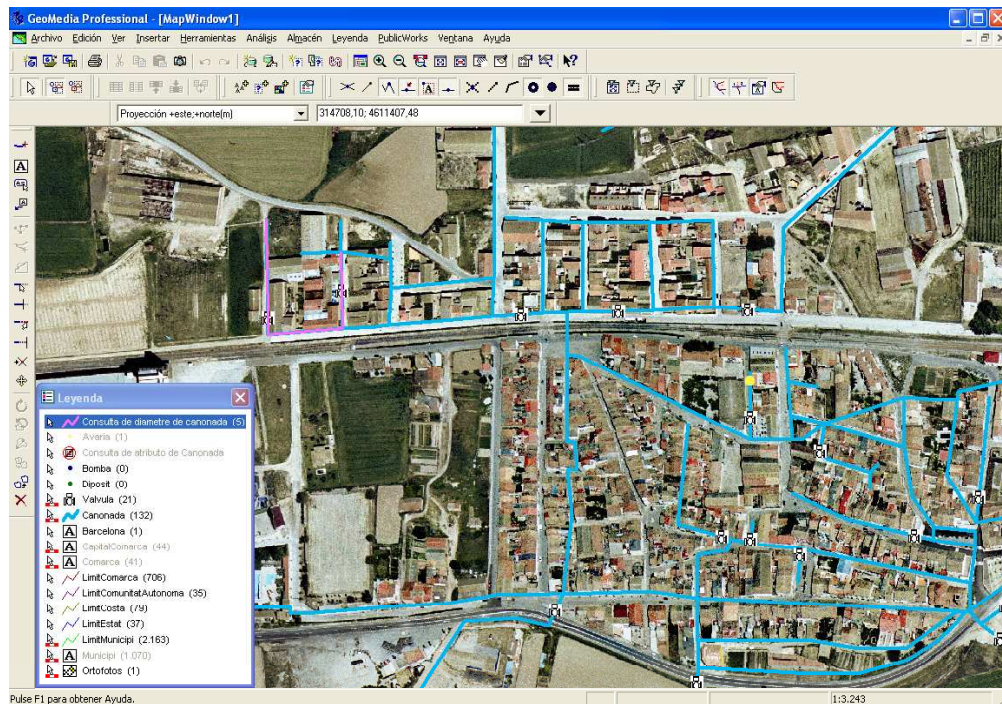


Figura 6.13: Consulta d'atributs: Diàmetre de canonada

6.6.2 Zones d'influència

Un altre tipus d'explotació de les dades l'aporten les zones d'influència: Una zona d'influència és un àrea designada al voltant o dins d'entitats sobre les quals s'executa anàlisi espacial. Es poden crear zones d'influència per entitats o consultes.

Uns veïns del poble s'estan queixant al·legant que no els arriba suficient pressió d'aigua a casa. Per veure el motiu en un primer estudi s'han mirat les vàlvules que hi ha a un perímetre de 60 metres de la canonada que els dona servei. Per veure aquesta informació s'han fet dos passos:

1. Crear una consulta de selecció per analitzar només la canonada que porta aigua a aquests veïns.
2. Realitzar una consulta de zona d'influència utilitzant la consulta anterior. A la figura 6.14 es pot veure la configuració de la consulta per zona d'influència, s'ha triat la consulta per selecció de la canonada afectada, s'ha canviat l'estil de visualització i s'ha configurat la distància amb 60 metres.

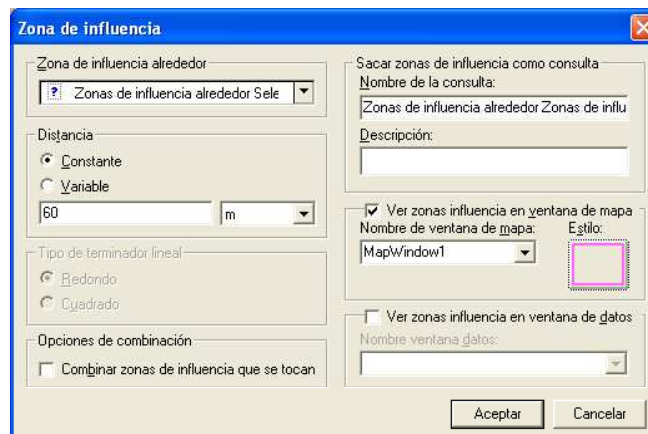


Figura 6.14: Consulta de la zona d'influència d'una canonada

El resultat optés d'aquesta consulta és el que es mostra a la figura 6.15. Una facilitat que dóna *Geomedia Professional*, es poder fer consultes sobre consultes. En el cas de les zones d'influència això dona molta flexibilitat a l'hora de fer l'anàlisi de dades.

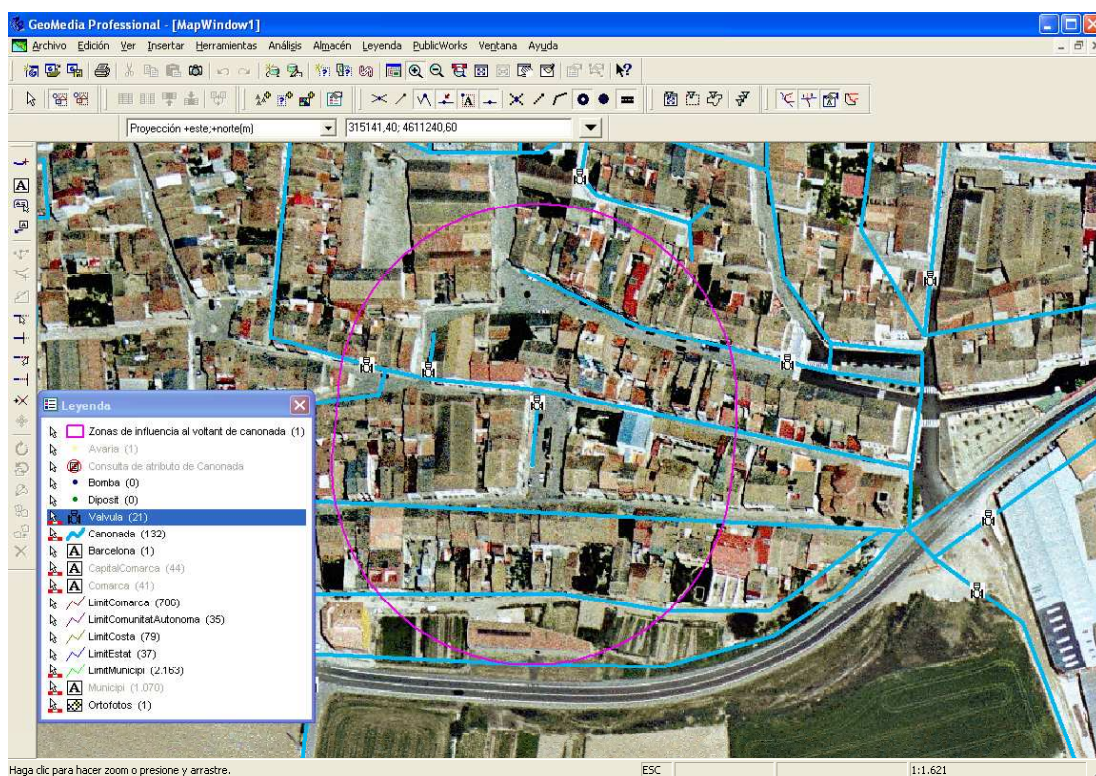


Figura 6.15: Zona d'influència d'una canonada.

6.6.3 Intersecció espacial

La intersecció espacial pot resultar útil per trobar entitats que tenen una relació espacial amb altres entitats. La xarxa està formada per un conjunt de canonades, en aquesta consulta es volen veure els punts d'unió entre una canonada i una altra. Per poder veure aquesta informació es farà una consulta per intersecció espacial. A la figura 6.16 es pot veure la parametrització d'aquesta consulta, on s'ha triat que es vol fer intersecció amb la relació espacial que es toquin entre entitats del tipus canonada.



Figura 6.16: Configuració de d'intersecció espacial.

El resultat obtingut per aquesta consulta és el que es mostra a la figura 6.17, on els punts vermells indiquen els punts d'unió entre canonades. (en aquest cas s'ha desactivat la visualització de les ortofotos perquè es pugui veure millor el resultat).

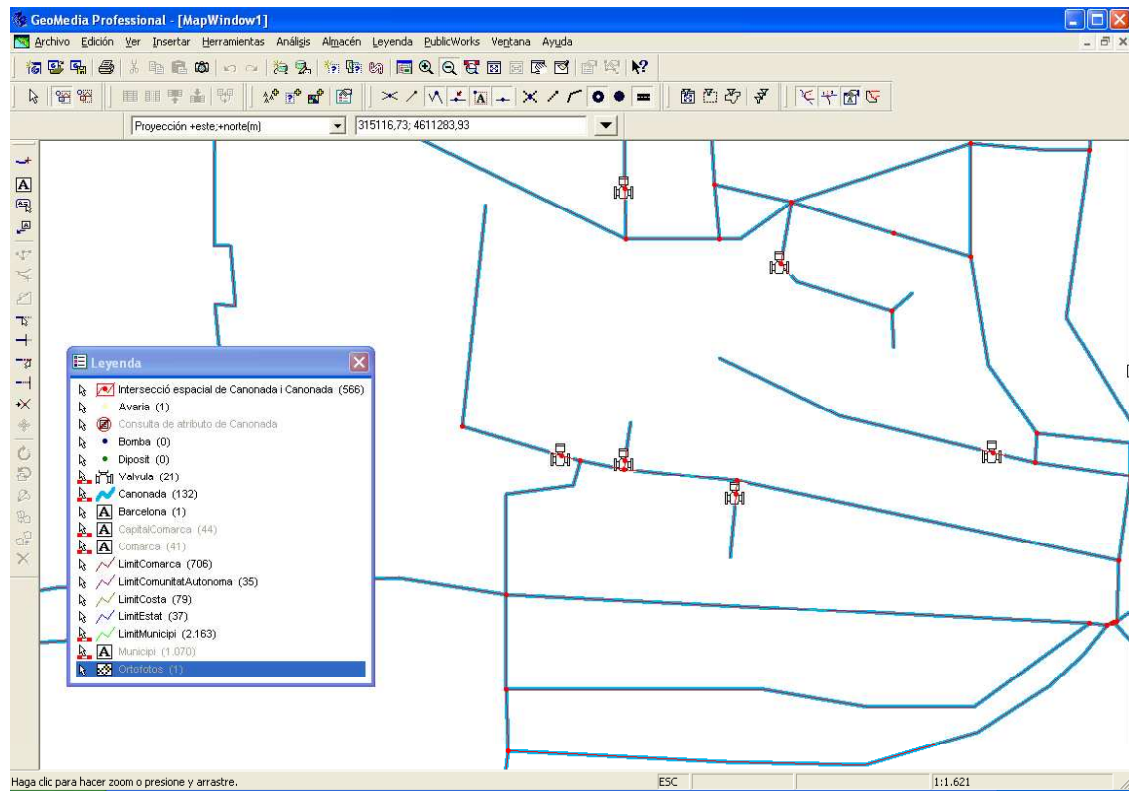


Figura 6.17: Intersecció espacial: Punts d'unió entre canonades.

7 EINA DE GESTIÓ D'AVARIES

En aquest capítol s'explica el procés de realització d'una comanda per *Geomedia Professional*. La comanda està desenvolupada en Visual Basic i s'utilitzen els objectes que proporciona *Geomedia Professional*. A part d'aquests objectes també s'han utilitzat objectes de *Geomedia Public Works*, per la seva aportació a la gestió de xarxes.

Els temes que es tracten són:

- **Descripció de l'eina:** S'explica com funciona l'eina
- **Descripció interna de l'eina:** S'explica el disseny utilitzat per desenvolupar l'eina i quin algorisme s'ha utilitzat.

7.1 DESCRIPCIÓ DE L'EINA

L'eina desenvolupada permet detectar les vàlvules afectades per uns punts d'avaría a la xarxa. Els passos a seguir són els següents:

- L'usuari introdueix els punts d'avaría a la xarxa. A la figura 7.1 es poden veure dos punts d'avaría.

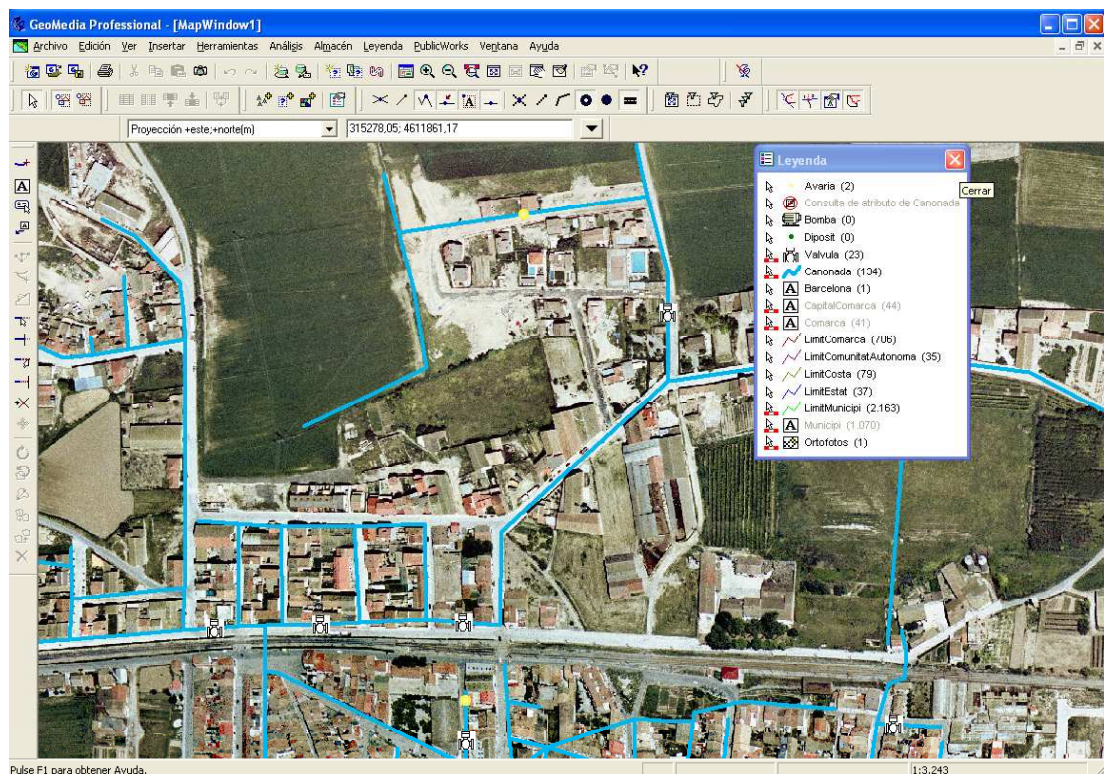


Figura 7.1: Punts d'avaría a la xarxa

IMPLANTACIÓ D'UN SIG AMB GEOMEDIA

- Una vegada introduïdes totes les avaries s'executa la comanda de gestió d'avaries instal·lada a l'entorn de *Geomedia Professional*.
- Com a resultat de l'execució de la comanda es resalten a pantalla les vàlvules que cal tancar per aïllar la zona afectada per l'avaria i les canonades afectades per les avaries. A més es treuen dos llistats on s'indiquen per una banda les vàlvules i per altre les canonades.

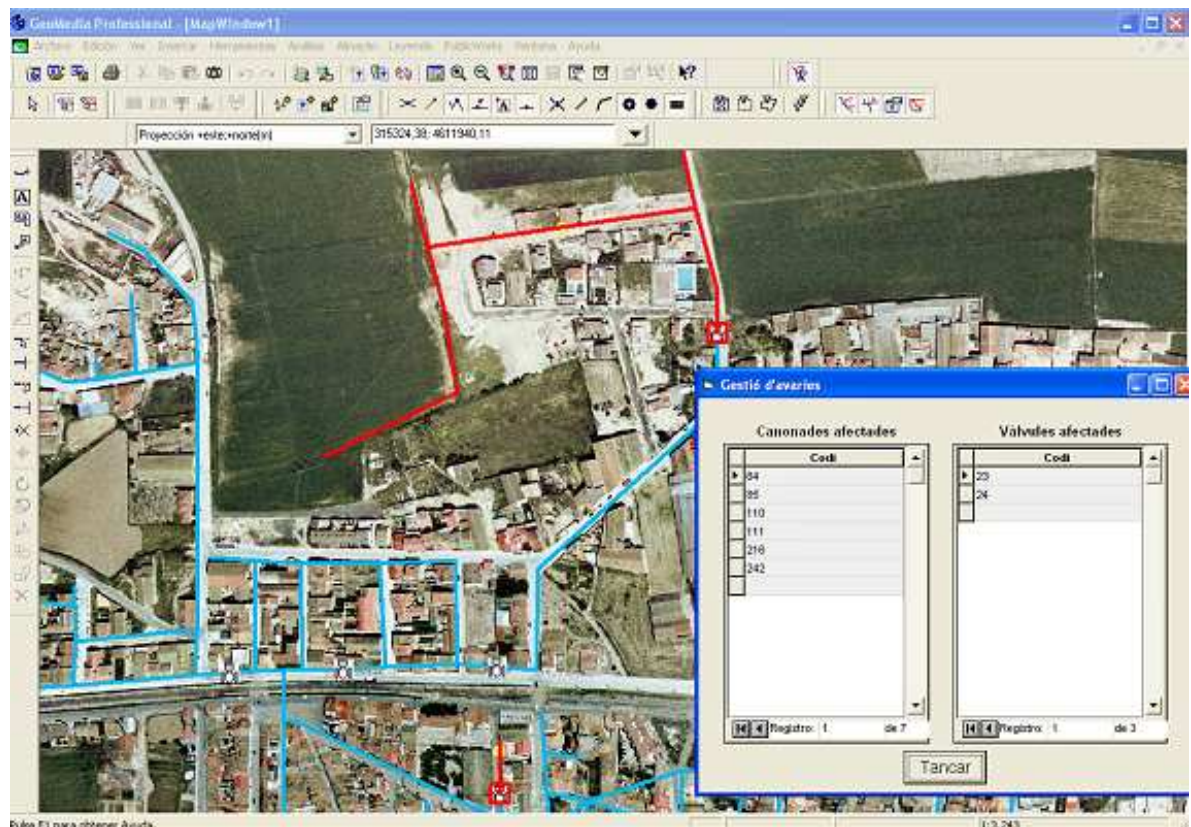


Figura 7.2: Execució de la comanda de gestió d'avaries

Tant al llistat com al gràfic es poden distingir les dos vàlvules detectades. En el cas de les canonades s'han ressaltat i s'han llistat els 6 trams de canonada afectats per les dues avaries.

7.2 DESCRIPCIÓ INTERNA DE L'EINA

En aquest apartat es descriu el mètode seguit per realitzar l'eina.

Per facilitar la localització de les vàlvules i canonades afectades per l'avaria s'han utilitzat les associacions del model d'entitat avançat (AFM) (veure apartat .5.2.1). S'han creat les següents associacions:

- Canonada-Canonada
- Canonada-Vàlvula
- Canonada-Avaria

L'associació canonada-avaria serveix per detectar les canonades directament afectades per l'avaria. L'associació canonada-canonada serveix per detectar les canonades intermèdies involucrades a l'avaria. Per detectar les vàlvules a tancar és té l'associació Canonada-Vàlvula.

7.2.1 Les avaries

Per introduir les avaries s'ha creat una classe d'entitat: Avaria.

Avaria	
Tipus de geometria	Punt
Atributs	Descripció
Codi	Identificació de l'avaria
Data d'avaria	Data en què s'ha detectat l'avaria
Data de resolució	Data de resolució de l'avaria

7.2.2 Creació de la comanda

S'ha realitzat un projecte visual basic utilitzant el *Command Wizard*. Aquesta eina facilita la creació de comandes per *Geomedia Professional*, afegint implementació de forma automàtica al projecte.

Una vegada creada la comanda s'ha de registrar perquè sigui accessible des de *Geomedia Professional*. Per fer això s'utilitza l'eina *installsrcmd* des de línia de comandes indicant la *dll* del projecte *visual basic* i el *.ini*. A la figura 7.3 es mostra encerclat a la barra d'eines el botó que serveix per iniciar la comanda. Aquest botó només està activat quan es té la finestra de mapa oberta.

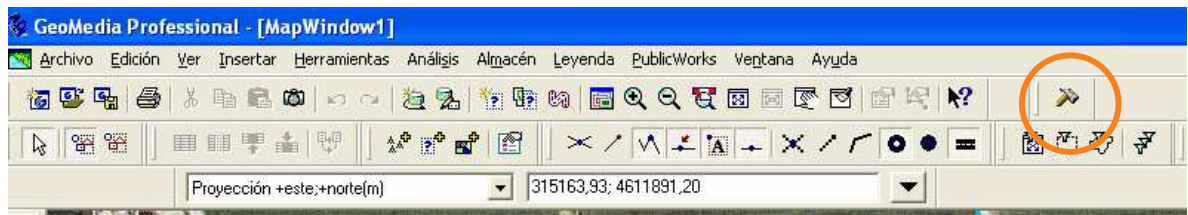


Figura 7.3: Barra d'eines amb la comanda de gestió d'avaries

7.2.3 Algorisme de cerca de vàlvules i canonades afectades

El primer pas de l'algorisme permet detectar les canonades que tenen alguna avaria. Amb aquestes canonades es cerquen les vàlvules i les canonades associades. Com a resultat s'obtenen més canonades.

Es tracta doncs d'un algorisme recursiu que va detectant les vàlvules i les canonades afectades per les avaries.

Per la localització de les entitats afectades s'han utilitzat les associacions creades a *Geomedia Public Works*.

A la figura 7.4 es mostra l'algorisme en *un* diagrama de flux.

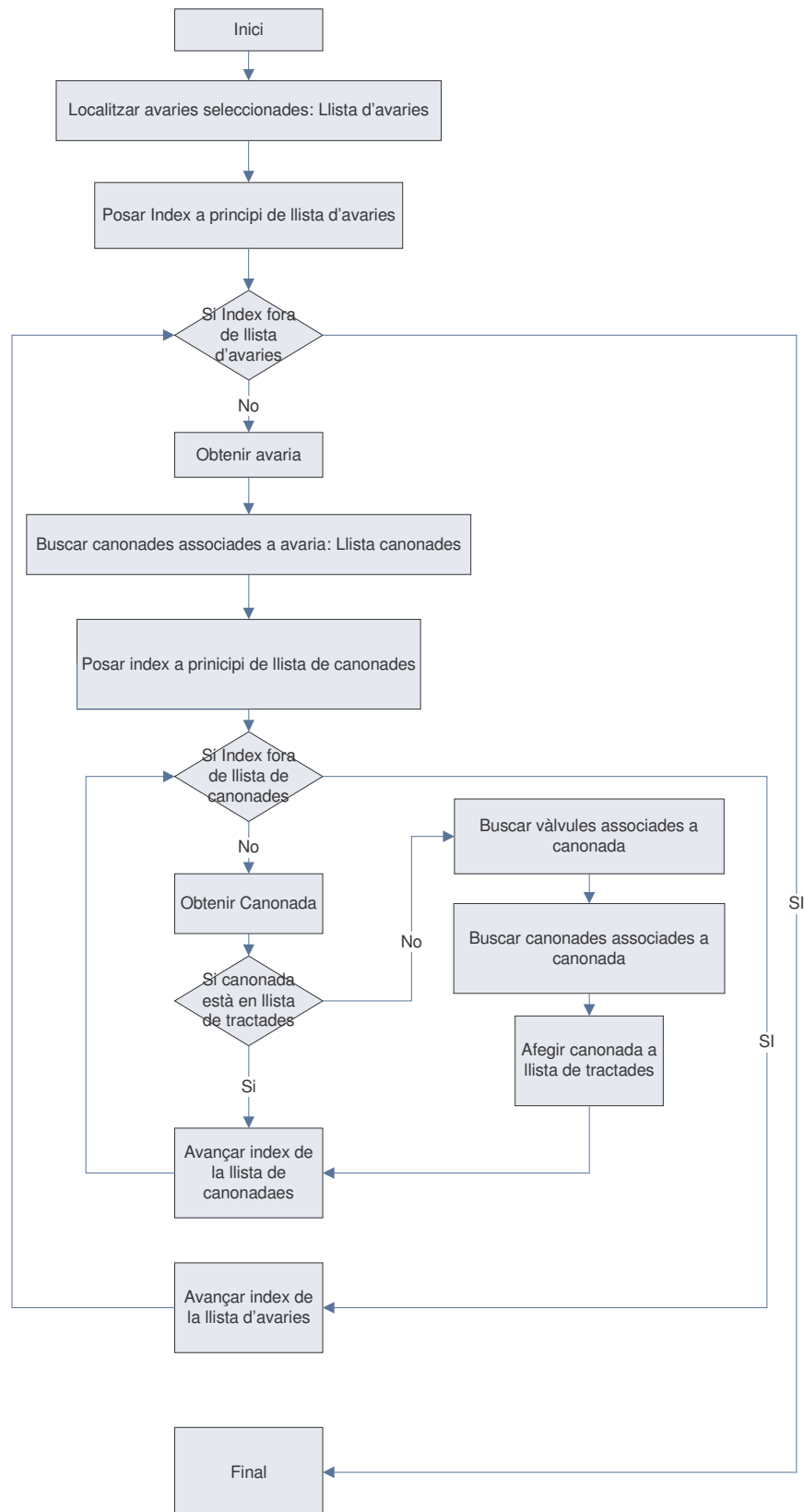


Figura 7.4: Diagrama de flux de l'algorisme de seguiment de la xarxa

8 CONCLUSIONS I VIES DE CONTINUACIÓ

En el transcurs del desenvolupament d'aquest projecte s'ha pogut veure amb detall la implantació d'un SIG amb tots els passos previs que han calgut per poder fer-ho. Ha implicat un estudi previ tant del món del SIG com de temes relacionats per la seva comprensió: la cartografia i la geodèsia.

La implantació del SIG s'ha realitzat en un producte estàndard com és *Geomedia Professional*.

S'han observat certes mancances per treballar amb un SIG d'una xarxa de distribució d'aigües. No permet definir restriccions geomètriques entre classes d'entitat, això fa que no es pugui assegurar una definició consistent de la xarxa. No permet definir relacions entre elements. Tampoc s'ha trobat una manera fàcil de poder fer el seguiment dels elements d'una xarxa.

Per aquestes mancances s'ha completat el prototipus de la xarxa amb l'ajuda de l'eina *Geomedia Public Works*. S'ha completat la definició del model de dades creant associacions entre elements i en el moment de realitzar l'eina de gestió d'avaries, aquestes associacions han estat molt útils per trobar els elements afectats per l'avaria. Sense *Geomedia Public Works* hauria costat més no tant sols la implementació de l'eina sinó la definició del model de dades que permetés fer el seguiment de la xarxa.

Una facilitat que aporta *Geomedia Professional* és la de treballar amb diferents tipus de bases de dades, en aquest cas per la creació d'un prototipus s'ha triat l'*Access* per la seva facilitat d'us. En altres projectes de més envergadura es podria triar *Oracle*, més aconsellable per un volum més gran de dades.

S'ha de mencionar la versatilitat que aporta aquest SIG pel fet de complir els criteris de l'*OpenGis*, que facilita una possible migració a un altre sistema SIG en un moment donat.

S'han vist les dificultats que comporta trobar informació per incorporar al SIG, per la xarxa de distribució d'aigües, no tant per la cartografia de base que s'ha obtingut de l'ICC. Això és degut al fet que aquesta informació és confidencial i propietat de les companyies d'aigües.

També s'ha pogut veure com ampliar la funcionalitat d'un SIG amb el desenvolupament d'una comanda. En aquest cas s'ha desenvolupat una comanda per gestionar les avaries d'una xarxa però es podria aplicar a qualsevol tipus de SIG i donar-li més funcionalitats de les que en principi té.

Encara que s'han patit dificultats en el moment de programar la comanda per la poca experiència de programació en l'entorn, resulta molt útil poder interactuar amb el SIG amb els objectes proporcionats tant per *Geomedia Professional* com per *Geomedia Public Works*. És d'agrair l'assistent que facilita *Geomedia Professional* per *Visual Basic*, per generar un projecte configurat amb uns mínims, on ja es troba la definició d'alguns mètodes per implementar a la comanda.

Cada tipus de projecte SIG marca les seves necessitats, pel que es troba indispensable la possibilitat d'ampliar la funcionalitat d'aquests amb algun tipus d'eina, en el cas de *Geomedia Professional* amb les comandes.

S'ha pogut veure el robust joc d'instruments d'anàlisi de dades que disposa *Geomedia Professional* i les facilitats d'edició de dades que incorpora.

8.1 VIES DE CONTINUACIÓ

Una millora podria ser migrar la base de dades d'*Acces* a *Oracle*.

Una possible millora pel que fa a l'eina de gestió d'avaries podria ser generar ordres de treball amb l'especificació de les avaries.

Un altre punt interessant però més complex seria la implantació d'un sistema *SCADA* (*Supervisor y Control and Data Acquisition*) pel control de la xarxa, ja que aquests sistemes donen informació en temps real dels elements a controlar.

GLOSARI

- **Geodèsia:** ²⁹Ciència que té per objecte l'estudi i la determinació de la forma, les dimensions i el camp de la gravetat de la Terra i dels cossos celestes pròxims a aquesta.
- **Cartografia:** ²⁹Ciència que té com a objecte la realització de mapes i que arreplega el conjunt d'estudis i tècniques que intervenen en la seva elaboració
- **Latitud:** ²⁹ Angle mitjà sobre un arc de meridià que hi ha entre un punt de la superfície terrestre i l'Equador.
- **Longitud:** ²⁹ Distància angular, mesurada sobre un arc de paral·lel, que hi ha entre un punt de la superfície terrestre pres com a base o origen.
- **Meridians:** ²⁹ Qualsevol dels cercles màxims de la Terra que tallen l'equador en angle recte. Es defineix per la intersecció del pla del meridià amb l'esfera. Tots els punts que pertanyen al mateix meridià és caracteritzen per tindre la mateixa hora local.
- **Meridià de Greenwich:** ²⁹ Meridià origen que passa per l'Observatori Reial de Greenwich (Londrés) i indica els 0º de longitud a partir dels quals es mesura la longitud de tots els meridians, que es numeren de 0º a 180º cap a l'est o l'oest a partir de Greenwich.
- **Metadada:** Les metadades són dades sobre les dades, això és, informació sobre la informació mateixa. En essència, intenten respondre a les preguntes, qui, què, quan, com, a on, i perquè, sobre cada una de les facetes relatives a les dades que es documenten.
- **Sistema d'informació Geogràfica (SIG):** ²⁹ És el conjunt format pel maquinari, el programari i els procediments per a capturar, manejar, manipular, analitzar i representar dades georeferenciades, per tal de resoldre problemes de gestió i planificació. També es coneix com *SIG* o amb les sigles angleses *GIS* (*Geographical Information System*)..

REFERENCIES

- ¹ Instituto de Investigación de recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, [<http://www.humboldt.org.co/humboldt/mostrarpagina.php?codpage=70001>, Octubre 2005]
- ² Monografias.com, Sistemas de Información Geográficos, [<http://www.monografias.com/trabajos/gis/gis.shtml>, Octubre 2005]
- ³ Wikipedia, Sistema de Información Geográfica [<http://es.wikipedia.org/wiki/SIG>, Octubre 2005]
- ⁴ Libre: Celestino Ordoñez [et al.], Sistemas de Información Geográfica, Madrid, Ed.Ra-ma, 2003
- ⁵ Sociedad Geográfica Española, [<http://www.sge.org/cartografia/sig2.pdf>, Octubre 2005]
- ⁶ TopoRedacciones [<http://www.topografiaglobal.com.ar/archivos/teoria/sig.html>, Octubre 2005]
- ⁷ Libre: F.Javier Moldes, Tecnología de los Sistemas de Información Geográfica, Madrid Ed.Ra-ma, 1995
- ⁸ Vademecum Remer, Topografía i Cartografía, [<http://www.proteccioncivil.org/vademecum/vdm014.htm>, Octubre 2005]
- ⁹ Wikipedia, Geodesia, [http://es.wikipedia.org/wiki/Geodesia#El_objetivo_de_la_Geodesia, Octubre 2005]
- ¹⁰ Altura ortométrica, Altura geoidal, Altura elipsoidal, [http://www.ineter.gob.ni/Direcciones/Geodesia/Seccion%20Temas%20de%20Cartografia/Altura_Ortom%20E9trica.htm, Octubre 2005]
- ¹¹ Cartesia [<http://www.cartesia.org/data/apuntes/cartografia/cartografia-geograficas-utm-datum.pdf>, Octubre 2005]
- ¹² Cartesia [http://www.cartesia.org/data/apuntes/nociones/Nociones_de_Geodesia_y_GPS.pdf, Octubre 2005]
- ¹³ Libre: Ramón M. Lorenzo Martínez, Cartografía Urbanismo y Desarrollo Inmobiliario, Madrid, Ed. Dossat, 2004
- ¹⁴ El Geógrafo en Red, [<http://www.geordena.com/UPTC/cartografia/CARTOGRAFIA%20Y%20CAD.pdf>, Octubre 2005]
- ¹⁵ Andarines [<http://www.andarines.com/orientacion/introduccion.htm>, Octubre 2005]
- ¹⁶ Wikipedia [<http://ca.wikipedia.org/wiki/Longitud>, Octubre 2005]
- ¹⁷ Wikipedia [<http://ca.wikipedia.org/wiki/Latitud>, Octubre 2005]
- ¹⁸ Cartesia [http://www.cartesia.org/data/apuntes/nociones/Nociones_de_Cartografia.pdf, Octubre 2005]
- ¹⁹ Cartesia [http://www.cartesia.org/data/apuntes/nociones/Nociones_de_Cartografia.pdf, Octubre 2005]
- ²⁰ Cartografia.cl [http://www.cartografia.cl/index.php?option=com_content&task=view&id=104&Itemid=63, Octubre 2005], Manual del Usuario de Geomedia Professional
- ²¹ Cartografia.cl [http://www.cartografia.cl/index.php?option=com_content&task=view&id=102&Itemid=63, Octubre 2005], Manual del usuario de Modelo de entidad de Geomedia PublicWorks Manager
- ²² Comunidad de Madrid [http://www.madrid.org/sanidad/salud/medio_ambiente/agua/abast/manual_5111.htm, Noviembre 2005]

²³ Glosario [<http://www.idaan.gob.pa/glosario.htm>, Novembre 2005]

²⁴ [http://www.amf.uji.es/tema2_325.pdf, Novembre 2005]

²⁵ Institut Cartogràfic de Catalunya [<http://www.icc.es>, Novembre 2005]

²⁶ Institut Cartogràfic de Catalunya: Productes digitals [<http://www.icc.es/catala/mostres.html>, Novembre 2005]

²⁷ Web publica ATLL [<http://www.atll.es/> , Novembre 2005]

²⁸ Pla d'ordenació urbanística Municipal de Bell-lloc d'Urgell [<http://geodata.es/dgu/bell-lloc/> Novembre 2005]

²⁹ Glossari de termes cartogràfics. [<http://www.gva.es/icv/glosariovl.htm> Setembre 2005]