

**Introducció als Sistemes d'Informació Geogràfica
i creació d'una base de dades dels elements
d'una xarxa de distribució d'aigua potable.**

Nom Estudiant : Carmelo Rodriguez-Rey Martin
ETIG

Nom Consultor : Jordi Ferrer Duran

Data Lliurament : Juny 2004

Introducció als sistemes d'informació geogràfica i creació d'una base de dades dels elements d'una xarxa de distribució d'aigua potable.

Resum

Aquest treball consta de dues parts : una primera part , purament teòrica i una segona part teòrica i pràctica.

La primera part , Introducció als sistemes d'informació geogràfica , consisteix en una descripció breu dels aspectes fonamentals dels sistemes d'informació geogràfica (SIG o GIS), basada en la consulta dels llibres i documents en línia indicats a la bibliografia.

La segona part , Creació d'una base de dades dels elements d'una xarxa de distribució d'aigua potable, consta de dues seccions . La primera secció és una breu descripció dels components d'aquest tipus de xarxes i d'algunes característiques de l'aigua transportada basada en la consulta dels llibres i documents en línia indicats a la bibliografia. La segona secció conté una proposta d'un model conceptual i de dos models relacionals d'aquest tipus de xarxes. El primer model relacional inclou només els components alfanumèrics o no georeferenciats d'aquestes xarxes . El segon model relacional inclou tant els components gràfics georeferenciats com els components alfanumèrics d'aquestes xarxes. A partir del primer model relacional s'ha creat , mitjançant el SGBD Oracle 9i , una base de dades relacional amb els components alfanumèrics dels elements de la xarxa de distribució d'aigua de la zona d'estudi seleccionada . Mitjançant un camp comú , del mateix tipus de dades i de la mateixa amplària , es podrien vincular els registres de les taules d'aquesta base de dades amb els seus corresponents components gràfics bàsics georeferenciats (punts , línies , polígons) utilitzant un programari SIG en format vectorial, segons un model híbrid d'emmagatzematge de dades geogràfiques o espacials.

Paraules clau : sistemes d'informació geogràfica , SIG , GIS , distribució d'aigua potable , bases de dades geogràfiques o espacials.

Index de continguts

1. Introducció	6
1.1 Justificació del TFC i context en el qual es desenvolupa	6
1.2 Objectius del TFC	6
1.3 Enfocament i mètode seguit	6
1.4 Planificació del projecte	7
1.5 Productes obtinguts	7
1.6 Breu descripció dels altres capítols	8

Primera part : Introducció als Sistemes d'Informació Geogràfica

2. Definició i components dels SIG	9
2.1 Equip o Hardware	10
2.2 Programari o Software	11
2.3 Bases de dades geogràfiques o espacials	12
2.4 Interfície Usuaris – Equip	15
3. Aplicacions dels SIG	15
4. Models de programari SIG	16
4.1 Model vectorial	17
4.2 Model raster	18
4.3 Model digital del terreny	20
4.4 Model de moviment sobre xarxes	21
5. Fases de desenvolupament d'un projecte SIG	21
5.1 Model conceptual	22
5.2 Entrada de dades	22
5.3 Correcció d'errors	23
5.4 Anàlisi de dades	24
5.5 Presentació de resultats	28

Segona part : Creació d'una base de dades amb els elements d'una xarxa de distribució d'aigua potable

6. Xarxes de distribució d'aigua potable	30
6.1 Aigua transportada	30
6.2 Tipus de xarxes	32
6.3 Components de la xarxa	33
7. Disseny d'una base de dades amb els elements d'una xarxa de distribució d'aigua potable	36
7.1 Model conceptual	36
7.2 Model relacional	38
7.2.1 Component alfanumèric	39
7.2.2 Components gràfics i alfanumèric	40
8. Zona d'estudi i procedència de les dades	40
9. Creació de la base de dades relacional xarxa mitjançant el SGBD Oracle 9i	44

10. Conclusions	47
Glossari	47
Bibliografia	49
Annex A . Punts singulars, trams i malles de la xarxa de distribució d'aigua potable de la zona d'estudi	52
Annex B . Inserció de valors a les taules de la base de dades xarxa	54
Annex C . Consultes de les dades inserides a les taules de la base de dades xarxa	58
Annex D. Plànol de la xarxa de distribució d'aigua a la zona d'estudi	61

Index de figures

1. Model híbrid d'emmagatzematge de dades	13
2. Model integrat d'emmagatzematge de dades	13
3. Organització en capes i fulles en una BD geogràfica	14
4. Organització en capes temàtiques en una BD geogràfica	14
5. Model vectorial	17
6. Model raster	19
7. Capa temàtica d'un model raster	19
8. Vectorització	20
9. Model digital del terreny	21
10. Entrada de dades en un SIG i sortida en forma de mapes	23
11. Identificació d'una zona i presentació dels seus atributs	25
12. Zones d'influència al voltant d'un riu	26

13.	Estació de tractament d'aigua potable	31
14.	Tractament de potabilització d'aigües	31
15.	Tractament de l'aigua captada d'una font superficial	31
16.	Xarxa ramificada	32
17.	Xarxa amb una malla	32
18.	Xarxa amb 4 malles	32
19.	Vàlvules	34
20.	Ventosa amb vàlvula de tancament	34
21.	Hidrant aèri	35
22.	Símbols normalitzats d'elements d'una xarxa	35
23.	Símbols no normalitzats d'elements d'una xarxa	36
24.	Diagrama EE-R del model conceptual d'una xarxa de distribució d'aigua potable	37
25.	Situació de la zona d'estudi (escala petita)	40
26.	Situació de la zona d'estudi (escala 1/10000)	41
27.	Instal·lació de canonades	41
28.	Origen de l'aigua potable de la zona d'estudi	42
29.	Centre de control	43
30.	Còpia d'un plànol del projecte	43

1. Introducció

1.1 Justificació del TFC i context en el qual es desenvolupa .

Els Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG) són una potent eina per l'emmagatzematge , recuperació i anàlisi de dades geogràfiques que són utilitzats en aplicacions molt diverses i que contribueixen a una millor comprensió de les activitats humanes i dels processos terrestres així com a una millora de la qualitat del medi ambient.

Actualment, dins les assignatures de Bases de Dades I i II dels estudis de ETIG a la UOC , no es fa cap referència a les bases de dades geogràfiques o espacials . Es per aixó que sembla justificat realitzar un TFC sobre una de les aplicacions dels SIG i dedicar la primera part d'aquest treball a descriure brevement els aspectes fonamentals i a les aplicacions més importants dels SIG

1.2 Objectius del TFC

Els objectius principals d'aquest TFC són :

- Descriure les característiques fonamentals dels SIG , indicant els seus components i les seves principals aplicacions
- Plantejar un projecte sobre una aplicació concreta dels SIG (estudi d'una xarxa de distribució d'aigua potable), dissenyant una base de dades amb components geogràfics i no geogràfics .
- Creació d'una base de dades amb els components no geogràfics de la xarxa de distribució d'aigua estudiada , utilitzant el SGBD Oracle 9i.

1.3 Enfocament i mètode seguit.

Per tal de preparar la primera part del TFC i també el primer apartat de la segona part, s'han consultat els llibres i documents indicats a la bibliografia.

La base de dades xarxa , indicada a la segona part del TFC , s'ha creat utilitzant el SGBD Oracle 9i amb dades que procedeixen de la xarxa de distribució d'aigua potable de la zona d'estudi seleccionada.

1.4 Planificació del projecte.

A la taula 1 es mostra es mostren les diferents tasques o fites del projecte , indicant la data inicial i la duració de cada tasca , calculada en dies laborables , amb una mitjana de dedicació de 3 hores/dia.

Número	Tasca o Fita	Data d'inici	Duració (dies laborables)
1	Recollida i consulta de bibliografia sobre introducció als SIG	11/03/04	15
2	Redacció de la primera part del projecte (Introducció als SIG)	01/04/04	9
3	Lliurament de la primera part del projecte	13/04/04	-
4	Recollida i consulta de bibliografia sobre xarxes de distribució d'aigua potable	14/04/04	8
5	Recollida de dades de la xarxa d'aigua potable de la zona d'estudi	26/04/04	7
6	Redacció de la segona part del projecte (descripció dels elements d'una xarxa de distribució d'aigua potable i disseny d'una base de dades d'aquests elements	05/05/04	9
7	Lliurament de la segona part del projecte	17/05/04	-
8	Creació amb Oracle 9i de la base de dades xarxa amb els components no geogràfics dels elements de la xarxa de distribució d'aigua de la zona d'estudi	18/05/04	10
9	Redacció definitiva del projecte complet	01/06/04	14
10	Lliurament de la Memòria	18/06/04	-

Taula1 . Planificació de les tasques del projecte

1.5 Productes obtinguts

Apart de les descripcions dels components d'un SIG i dels elements d'una xarxa de distribució d'aigua potable, els productes obtinguts al TFC són :

- un model conceptual d'una xarxa de distribució d'aigua potable
- el model relacional corresponent al model conceptual anterior
- una base de dades relacional , creada amb Oracle 9i , amb els components alfanumèrics dels elements de la xarxa de distribució d'aigua de la zona d'estudi.

1.6 Breu descripció dels altres capítols de la Memòria

La primera part de la Memòria consta de 4 capítols (apart del capítol 1 d'introducció) :

- El capítol 2 defineix els SIG i els seus components principals (equip, programari, bases de dades i interfície) .
- El capítol 3 menciona les principals aplicacions dels SIG.
- El capítol 4 descriu els 4 models principals dels programaris de SIG : vectorial, *raster*, model digital del terreny i model de moviment sobre xarxes.
- El capítol 5 comenta les 5 fases principals de desenvolupament d'un projecte realitzat amb un SIG : creació d'un model conceptual , entrada de dades , correcció d'errors ,anàlisi de dades i presentació de resultats.

La segona part de la Memòria consta de 4 capítols :

- El capítol 6 defineix els components principals de les xarxes de distribució d'aigua potable , els dos tipus de xarxa i algunes característiques de l'aigua transportada.
- El capítol 7 indica un model conceptual i el corresponent model relacional dels elements d'una xarxa de distribució d'aigua potable d'una població.
- El capítol 8 descriu la zona d'estudi seleccionada i indica la procedència de les dades (detallades a l'annex A i representades , parcialment, a l'annex D).
- El capítol 9 , indica les sentències SQL2 de creació d'una base de dades relacional , utilitzant el SGBD Oracle 9i, amb els components alfanumèrics dels elements de la xarxa de distribució d'aigua potable de la zona d'estudi. A l'annex B s'indiquen les corresponents sentències SQL2 d'inserció de dades .

A l'annex C es mostren algunes consultes realitzades amb l'eina Oracle SQL*Plus de les dades inserides a les taules de la base de dades crada.

Primera part

Introducció als Sistemes d'Informació Geogràfica

2. Definició i components dels SIG

El terme sistemes d'informació geogràfica, abreviat SIG o GIS (de l'anglès *Geographical Information System*), té diversos significats . Possiblement , les accepcions més freqüents són les següents :

- un tipus de programa informàtic . Per exemple : Arc/Info™ (ESRI,1997); ArcView™ (Lantada, 2002) ; Idrisi™ (Ordoñez, 2003)
- una classe de sistema d'informació. Per exemple : Sinamba (Sistema d'informació ambiental d'Andalusia).
- una eina per a la gestió de mapes i bases de dades geogràfiques . Per exemple : Miramon™ (utilitzat en el Servei Interactiu de Mapes Ambientals , SIMA, del Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya).
- una eina especialitzada en l'anàlisi espacial ,tant de dades geogràfiques com dels seus atributs temàtics.

Una de les definicions de SIG més citades és la del NCGIA * :

<< Un sistema d'informació compost per equip i programari per tal de capturar, manipular, modelitzar, analitzar i representar dades geogràfiques, amb l'objectiu de resoldre problemes de gestió i planificació >>.

Aquesta definició destaca tant les funcionalitats d'un SIG com la seva capacitat de servir de suport a les decisions professionals.

Segons altra definició (Rigaux, 2002) : *<< Un sistema que, a més d'elaborar mapes, emmagatzema o recupera dades geogràfiques i combina aquestes dades per a crear noves presentacions i realitza diverses funcions d'anàlisi espacial >>.*

La funció de presentació de dades geogràfiques és similar a la dels mapes tradicionals .Tanmateix, en un SIG l'emmagatzematge i la presentació de dades es fan per separat , permetent la visualització de resultats de diverses maneres, a més de poder fer-se calculs de distància i de superfícies ,així com de relacionar els objectes geogràfics amb els seus atributs descriptius o alfanumèrics.

Un programa CAD (de disseny assistit per ordinador) pot realitzar també moltes de les funcionalitats d'un programa SIG,com ara la producció de mapes. Tanmateix, les funcions d'anàlisi espacial ,descrites més endavant, només estan implementades pels programes SIG més complets.

* *National Center for Geographical Information Analysis* , de la universitat de Santa Barbara a Califòrnia.

Les dades geogràfiques descriuen tres característiques importants dels objectes geogràfics¹ :

- la posició sobre la superfície terrestre, geocodificació o georeferència, de manera directa o indirecta. La georeferència directa o continua s'indica habitualment mitjançant un sistema de coordenades globals planes (per exemple , dins una zona UTM²) . La georeferència indirecta o discreta descriu la posició dins d'una determinada entitat de referència (per exemple : adreça o codi postal) .
- els atributs temàtics o descriptius o alfanumèrics, que descriuen les propietats de l'objecte . Poden ser variables qualitatives o quantitatives, amb escala ordinal , d'interval o proporcional.
- les relacions espacials o geomètriques (topològiques³ o no topològiques) amb altres objectes geogràfics.

Els components d'un SIG , considerat com un sistema informàtic, són :

- el maquinari o equip o *hardware* , que proporciona el suport físic del sistema.
- el programari o software , que proporciona les funcionalitats del sistema.
- les bases de dades geogràfiques.
- els usuaris, que proporcionen i consumeixen la informació i decideixen què se n'ha de fer.

2.1 Equip o *hardware*.

L'equip o *hardware* d'un SIG és en part específic i en part comparable al utilitzat en altres aplicacions.

Entre les parts de l'equip d'un SIG que són similars a les de qualsevol altra aplicació, s'inclouen :

- La unitat central de processament o CPU
- La memòria d'accés aleatori o RAM
- Diversos perifèrics , com ara : monitor, ratolí , teclat, impressores i dispositius d'emmagatzematge

Entre les parts de l'equip d'un SIG que són més específiques , s'inclouen :

- La taula de digitalització
- L'escàner
- El traçador o *plotter*

¹ objectes habitualment representats en els mapes , ocupant una posició determinada . Per exemple : carrers, carreteres , parcel·les , rius, etc

² *Universal Transversal Mercator* , sistema de coordenades derivades per projecció transversal de l'el·lipsoide terrestre de referència o datum geodèsic de referència (Jones, 1997 ; Lorenzo, 2001)

³ relacions independents de les coordenades dels objectes i que no canvien quan es produeixen determinades transformacions , com l'estirament. Per exemple : la contigüitat, la inclusió i la connectivitat

La taula de digitalització s'utilitza en els SIG de tipus vectorial per a convertir manual o automàticament la informació sobre la posició de línies i punt d'un mapa o d'un gràfic en dades digitals d'entrada. El mapa o gràfic a digitalitzar es col·loca sobre la taula i l'usuari situa el cursor del dispositiu sobre les línies o punts del mapa, per registrar les seves coordenades. El mode de treball pot ser manual (registrant cada punt d'interès) o automàtic, seguint un recorregut seleccionat.

L'escàner o escombrador òptic s'utilitza en els SIG de tipus *raster* per a convertir automàticament informació analògica (de mapes, dibuixos o fotografies) en imatges digitals en format *raster* o en xarxa de cel·les.

La conversió es fa mitjançant un feix de llum sobre l'objecte a digitalitzar. El rebot del feix és captat per un detector i transformat en un senyal elèctric digital.

Els *plotters* o traçadors són dispositius de dibuix automàtic. Els models més utilitzats actualment, pels SIG de tipus vectorial o *raster*, són de tipus electrogràfic. Produeixen imatges en color o en blanc i negre d'una gran resolució (400 dpi o punts per polzada). En una primera fase el model de la imatge forma part d'un conjunt de càrregues electrostàtiques. En una segona fase la imatge es fa visible per tractament amb partícules d'un pigment amb càrregues de signe oposat a les del model.

2.2 Programari o *software*

El programari d'un SIG consta del programari general o sistema operatiu i del programari específic.

La major part d'empreses que subministren programari específic de SIG ofereixen diferents versions que poden executar-se en determinats sistemes operatius (Macintosh, Windows NT, Windows 9x, 2000, XP). Sembla que la tendència és l'adopció de Windows NT com a sistema operatiu estàndard per al programari específic dels SIG. (Bernhardsen, 1999). Actualment, ja no es pot adquirir cap programari SIG que s'executi en el sistema operatiu DOS, tot i que era molt freqüent durant la dècada passada (Bosque, 1997; Comas i Ruiz, 1993)

El programari específic actual d'un SIG inclou diversos mòduls, apropiats per a aplicacions determinades. Mitjançant controladors adequats, el programari pot comunicar-se amb diversos perifèrics d'entrada i sortida de dades.

Les funcions bàsiques d'un programari específic SIG poden agrupar-se en 5 categories:

- Entrada de dades
- Verificació de dades i correcció d'errors

- Estructuració i gestió de dades (pròpies del subsistema gestor de base de dades)
- Anàlisi de dades
- Presentació de resultats de l'anàlisi

Al capítol 5 (fases d'un projecte SIG) es descriuen aquestes funcions.

2.3 Bases de dades geogràfiques o espacials

Tota la informació que es processada en un SIG s'emmagatzema en bases de dades. Una base de dades (BD) és un conjunt de fitxers ,emmagatzemats de manera persistent a la memòria externa i amb dades estructurades per un SGBD. Un SGBD (Sistema gestor de base de dades) és un programari per a la definició ,emmagatzematge,manipulació, consulta i control de les BD. Un SGBD facilita la utilització simultània de les BD per diversos usuaris, actuant com a mediador entre els usuaris o els programes i les BD i assegurant la màxima independència entre els components de nivell lògic (per exemple taules) i els components de nivell físic (per exemple pàgines o índexs).

L' estructura de les dades en una BD depèn del tipus de model (en xarxa, jeràrquic, relacional,orientat a objectes) .El tipus de model de BD més utilitzat en els SIG per a l'emmagatzematge de dades descriptives o alfanumèriques és el BD relacional.

Les BD relacionals tenen una sola estructura de dades : la taula o relació, formada per files (tuples) i columnes (atributs) ,sense jerarquies ni apuntadors.Les característiques principals dels BD relacionals són la no repetició de tuples ,l'atomicitat dels atributs i la possibilitat de combinació entre 2 taules , mitjançant la clau forana d'una amb la clau primària de l'altre.

El disseny d'una BD relacional es fa en 2 etapes : en primer lloc es fa el disseny del model conceptual (mitjançant el diagrama entitat – relació) . En segon lloc es fa el disseny del model lògic ,per transformació de les entitats i interrelacions del model conceptual. El llenguatge estàndard utilitzat per a la definició i manipulació de dades de les BD relacionals és el SQL.

Les BD orientades a objectes assignen a cada objecte un identificador únic , uns atributs i uns mètodes o operacions.Els objectes del mateix tipus s'agrupen en classes, les quals poden agrupar-se en superclasses.Un objecte hereta els atributs i els mètodes de la seva classe. Un objecte pot relacionar-se amb altres objectes i tenir com atributs altres objectes.

Les bases de dades relacionals (i les jeràrquiques o en xarxa) no són adequades per a l'emmagatzematge i tractament dels components espacials o geomètrics de les dades geogràfiques (Jones ,1997 ; Rigaux 2002) perquè :

- L'ordre d'introducció dels registres de coordenades dels punts d'una línia és significativa .
- la mida dels registres pot ser molt variable (per exemple ,en el cas del nombre de punts d'un polígon)
- La necessitat de conèixer l'estructura espacial dels objectes geogràfics per poder formular algunes consultes amb SQL.

- La impossibilitat d'expressar algunes relacions topològiques ,com l'adjacència o la inclusió.
- La seva escassa eficiència, ja que per tal de representar una informació espacial cal crear una gran quantitat de tuples.

L'emmagatzematge dels 2 components (espacials i descriptius) de les dades geogràfiques es fa actualment en la major part dels SIG segons 2 tipus de models :

- Model híbrid (Figura 1) . Aquest model consta de 2 mòduls o subsistemes connectats . El primer mòdul és un programari pel tractament de dades espacials . El segon mòdul és un programari pel tractament de dades alfanumèriques o bé un SGBD extern (per exemple Oracle™, Informix™) . Els 2 components ,espacial i alfanumèric, d'un mateix objecte geogràfic comparteixen un mateix codi identificador,per tal de poder combinar -los.

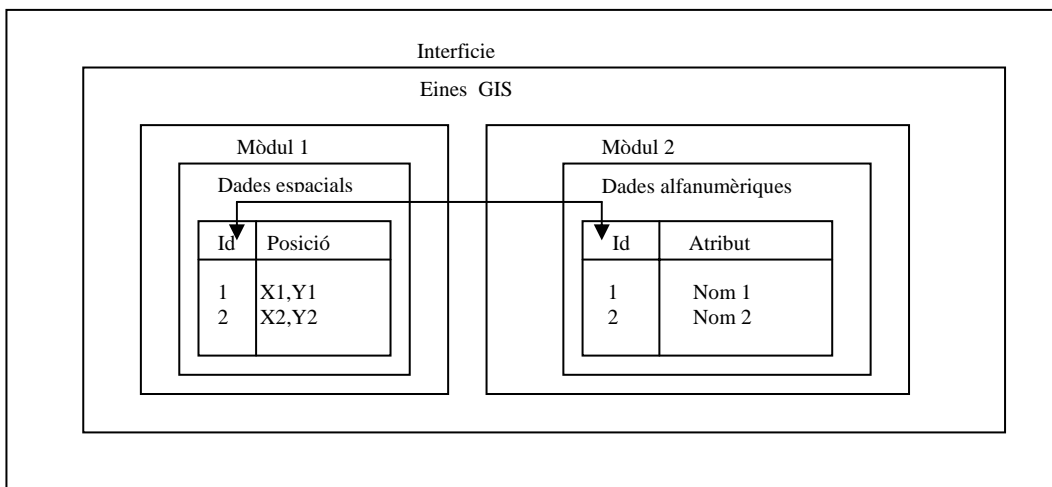
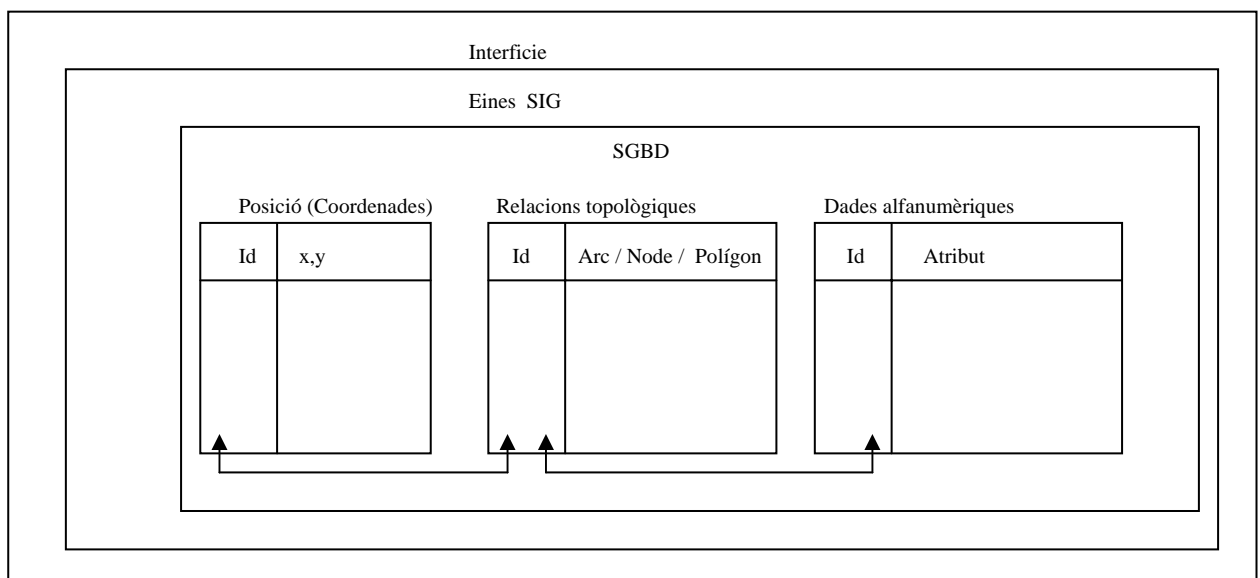


Figura 1 . Model híbrid d'emmagatzematge de dades (Heywood, 2002)

- Model integrat (Figura 2). Aquest model consta d'un SGBD i pot tenir fitxers separats però relacionats per a dades espacials i per a dades alfanumèriques o bé pot tenir fitxers on s'emmagatzemen tant dades espacials com dades alfanumèriques.

Figura 2 . Model integrat d'emmagatzematge de dades (Bernhardsen, 1999)



D'altra banda, tot i que no siguin realment SIG , existeixen mòduls independents que funcionen sobre SGBD comercials (com ara Oracle spatial o Informix spatial) que poden emmagatzemar i gestionar dades espacials i alfanumèriques . Aquests mòduls no tenen funcionalitats per a realitzar anàlisi espacial o per a la presentació de resultats en mapes (Rigaux, 2002).

Habitualment, les entitats de les bases de dades geogràfiques d'un SIG estan organitzades en capes temàtiques ,on cada capa correspon a un tema d'interés per al projecte a desenvolupar (per exemple usos del sòl,rius,carreteres). Si el territori d'estudi és extens , també poden estar subdividides en fulls (*tiles*),on cada full correspon a una extensió de terreny reduïda.(Figura 3 i Figura 4)

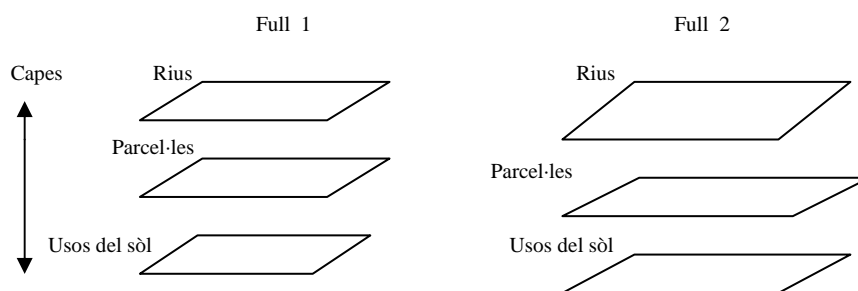


Figura 3. Organització en capes i fulls en una BD geogràfica (ESRI ,1997)

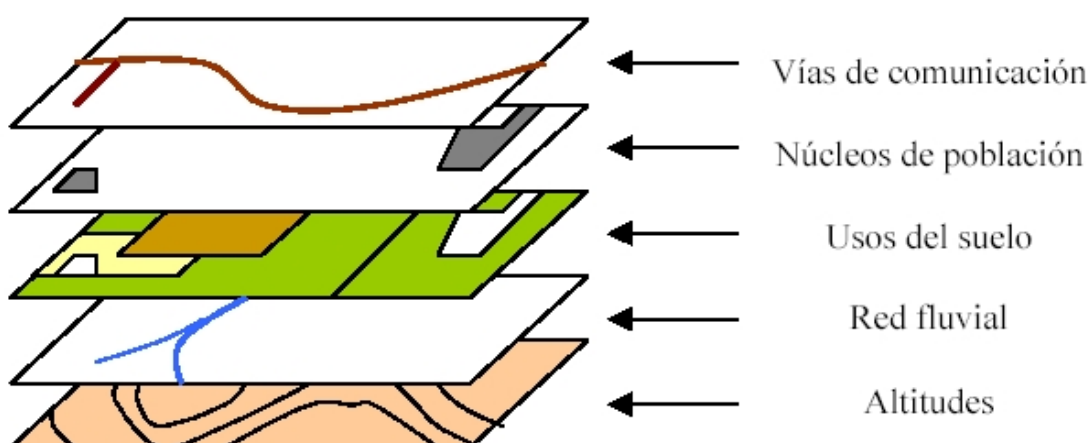


Figura 4. Organització d'una BD geogràfica en capes temàtiques (Wikipedia)

2.4 Interfície usuaris - equip

Els usuaris d'un SIG decideixen les tasques que volen fer , en quin moment i en quin ordre, tenint la possibilitat de cancel·lar qualsevol acció abans de completar-la.

La comunicació entre els usuaris i l'equip d'un SIG es pot fer mitjançant :

- ordres sobre el teclat ,que el programari ha de saber interpretar
- seqüència d'ordres ,executades d'una vegada com una unitat . (macros),
Alguns SIG utilitzen llenguatges de programació per a crear macros (per exemple : Avenue en ArcView™ (Lantada, 2002) o AML en ArcInfo™ (ESRI, 1997)
- formularis amb preguntes i possibles respostes que l'usuari ha de seleccionar.
- icones o símbols en la pantalla que quan són activades executen ordres.

3 Aplicacions dels SIG

Algunes de les aplicacions més importants dels SIG ,classificades segons les àrees on s'utilitzen amb més freqüència (Bosque , 1997) són :

- Planificació i gestió d'infraestructures (xarxes d'aigua, gas,electricitat, telèfon,fibra òptica , etc) . Els SIG utilitzats en aquesta àrea s'anomenen AM / FM ¹ .Entre les aplicacions més freqüents estan : l'inventari i el manteniment de la xarxa, el control d'avaries i de diversos paràmetres de la xarxa (pressió,voltatge) , la previsió del consum i la coordinació d'actuacions entre diferents empreses per tal d'evitar duplicitats o conflictes
- Gestió cadastral . Els SIG utilitzats en aquesta àrea ,per a la localització,identificació de propietaris,valoració i imposició dels bens rústics i urbans ,s'anomenen LIS /SIT² . A partir de la base de dades del cadastre,gràfica i alfanumèrica, s'han elaborat altres bases de dades sobre alguns cultius (per exemple el SIG oleícola espanyol).
- Planificació i gestió urbana . Els ajuntaments i altres entitats supramunicipals utilitzen els SIG per a diverses aplicacions de planificació i gestió urbana , com per exemple : manteniment de vies públiques,control d'edificacions, gestió de residus urbans ,llista de carrers i usos del sòl.
- Transports . Les empreses o institucions responsables de la gestió del transport utilitzen els SIG per a diverses aplicacions com el càlcul de la ruta òptima entre dos punts, l'estat del trànsit en diferents moments,l'anàlisi dels accidents de transit , el control de l'estat del

¹ *Automated Mapping and Facilities Management* o Cartografia assistida per ordinador i Gestió d'infraestructures.En cas que tinguin funcions d'anàlisi espacial s'anomenen també AM/FM/GIS (Langley,1999)

² *Land Information Systems* o Sistemes de Informació Territorial.

paviment de les carreteres o la localització més adequada d'un centre de distribució de mercaderies.

- Medi Ambient i gestió de recursos naturals . Per exemple : gestió de residus industrials,de la construcció o ramaders; distribució de zones amb risc d'incendis,desertificació o erosió ; gestió de parcs naturals ; control de l'habitat d'animals salvatges ; distribució de la contaminació d'aigua,aire o sòl ; control de qualitat d'aigües superficials ; control d'incendis forestals.
- Agricultura . Per exemple : anàlisi de rendiments de cultius ,planificació de collites, control d'aplicació de fertilitzants i plaguicides.
- Gestió forestal . Per exemple : planificació de tales i de pistes forestals
- Cartografia . Diverses Institucions (com ara l'Institut Cartogràfic de Catalunya o l'Institut Geogràfic Nacional) elaboran diversos tipus de mapes en format analògic o digital , que poden ser utilitzats com informació de base per a la realització de projectes amb els SIG.
- Medicina . Localització de brots epidèmics de diverses malalties ¹
- Anàlisi de mercats . Entre les aplicacions en aquesta àrea figuren : la localització més adequada d'una nova planta, tenint en compte la previsió de la demanda i la localització de les empreses competidores.
- Altres àrees d'aplicació són per exemple els serveis de protecció civil (per la planificació de rutes d'evacuació òptimes en cas d'emergències),la prospecció de minerals o petroli i l'estudi de jaciments arqueològics.

4 Models de programari SIG

En els SIG es representen de manera simplificada els objectes geogràfics del món real utilitzant models. En primer lloc s'utilitzen models conceptuals ,que identifiquen els objectes a representar amb els seus components gràfics i temàtic i descriuen les relacions entre els objectes. En segon lloc, s'utilitzen models lògics , derivats dels models conceptuals. A continuació es comenten quatre d'aquests models : vectorial,*raster* , digital del terreny i en xarxa . Els 2 models bàsics amb els quals treballan fonamentalment la major part dels SIG són el vectorial (figura 5) i el *raster* (figures 6 i 7). Alguns SIG fonamentalment vectorials són ArcView™ (Lantada, 2002) , ArcInfo™ (ESRI, 1997) ,Autodek Map (Moldes,2002) ,GeoMedia,MapInfo , MicroStation MGE i SmallWorld.

Un SIG bàsicament *raster* és Idrisi™ (Ordoñez, 2003). D'altra banda , la major part dels SIG incorporen funcions que permeten la conversió entre els dos models : vectorització (conversió de *raster* a vectorial) ,figura 8, i rasterització (conversió de vectorial a *raster*).

¹ Un exemple actual ,sobre la distribució de la malaltia pel virus del Nil occidental als Estats Units es pot consultar a l'adreça : <http://westnilemaps.usgs.gov/>

4.1. Model vectorial

És un model bidimensional on els objectes geogràfics es representen mitjançant 3 tipus bàsics de components o primitives gràfiques (figura 5) :

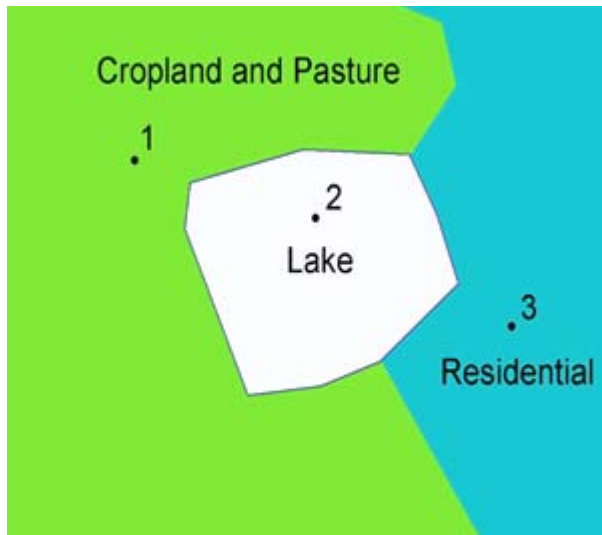


Figura 5 . Model vectorial (USGS¹)

- Punts (elements sense dimensió). Representen objectes, la superfície dels quals és molt petita en relació a l'espai exterior. (per exemple, cases, encreuaments) . La posició dels punts s'indica mitjançant un parell de coordenades planes (x,y).
- Línies (elements d'una dimensió formats per un nombre finit de segments. Un segment és una línia que uneix 2 punts o vèrtexs) . Representen objectes , la superfície dels quals és petita en relació a la seva longitud. (per exemple, rius, carreteres) . Una línia és tancada (anell) quan els seus dos punts extrems són idèntics. Cada línia es representa per una llista de segments i cada segment pels seus 2 punts extrems.
- Polígons / Arees (elements bidimensionals, delimitats per una línia tancada, de 3 o més segments, que és la seva frontera o contorn.) . Representen objectes bidimensionals o projeccions planes d'objectes tridimensionals (per exemple, parcel·les, llacs, unitats administratives) .

A cada tipus bàsic (punt, línia , polígon) se li assigna un codi identificador.

El model vectorial és el més adequat per a representar objectes geogràfics amb límits precisos., com edificis, carreteres o parcel·les. Generalment, els objectes geogràfics del mateix tipus , situats sobre el mateix territori, s'agrupen en capes. Es distingeixen 2 tipus de models vectorials, segons la manera de representar les col·leccions d'objectes geogràfics : en espagueti o topològic.

¹ U.S. Geological Survey . U.S. Department of the Interior . Reston . USA

Model vectorial en espagueti o en llista de coordenades

Aquest model no emmagatzema les relacions topològiques ni els punts de tall de dos línies i es digitalitza 2 vegades la frontera comú entre 2 polígons.

Algunes funcions d'anàlisi, com la superposició, no es poden fer amb aquest model. Un exemple de SIG basat en aquest model és MapInfo™ (Bosque, 1997)

Model vectorial topològic

Aquest model registra les relacions topològiques entre punts i línies a més dels punts de connexió o intersecció de les línies (nodes). En aquest model es distingeixen tres tipus de punts: nodes, vèrtexs i centroides. Els nodes són punts aïllats o punts de connexió / intersecció de 2 o més arcs. (excepcionalment, poden ser també extrems d'una línia sense sortida).

Els centroides són els centres de gravetat o geomètrics dels polígons.

Els vèrtexs són els punts d'un arc no situats en els extrems.

Un tipus bàsic o primitiva addicional utilitzada per aquest model és l'arc.

Els arcs són línies que comencen en un node, poden passar per algún vèrtex i acaben en un node. La intersecció entre 2 arcs es registra com un node, tot i que no correspongui a cap objecte geogràfic. Un polígon es representa per una llista d'arcs i per un centroide.

Una manera de representar les primitives gràfiques d'aquest model seria (Rigaux, 2002): punt: [x:real,y:real]; node: [punt,<arc>]; polígon: <arc>;

arc: [node inicial,node final,polígon esquerra,polígon dreta,<punts>]. El símbol <n> vol dir llista dels elements n.

Les relacions topològiques s'emmagatzemen en 3 tipus de taules: la taula de nodes (amb la llista d'arcs que es troben en el node), la taula d'arcs (amb el node inicial, el node final, el polígon de l'esquerra i el polígon de la dreta) i la taula de polígons (amb la llista d'arcs que el formen).

Amb aquest model es poden fer diversos tipus d'anàlisi espacial, com superposició, connectivitat i proximitat.

Alguns SIG vectorials utilitzen aquest model, per exemple ArcView™ (Lantada, 2002), ArcInfo™ (ESRI, 1997) i Autodesk Map (Moldes, 2002)

4.2 Model raster

El model raster o en mosaic o en trames, representa els objectes geogràfics mitjançant un conjunt de cel·les o píxels¹, usualment rectangulars o quadrades, disposades dins una matriu bidimensional (figura 6). Cada cel·la ocupa una posició (segons la seva fila i columna dins la matriu) i té associat un únic valor alfanumèric, que representa una part d'un objecte o bé un

¹ *Picture element*. Element més petit d'una imatge que pot ser processat i representat.

atribut d'un objecte Els objectes amb diversos atributs alfanumèrics o temàtics es representen per diferents capes , una per cada atribut.(figura 7).

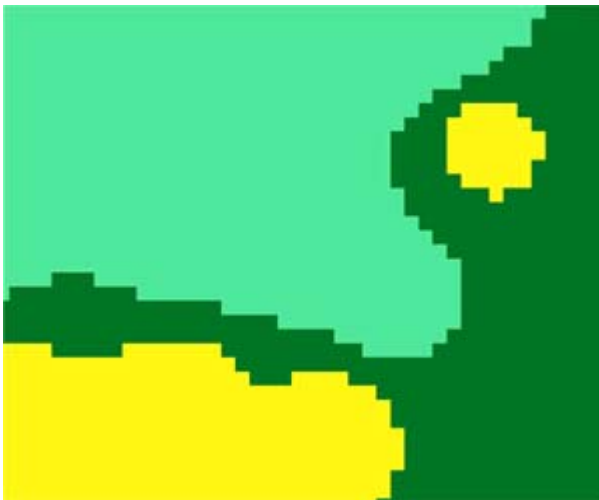


Figura 6 . Model *raster* (USGS)

1	1	1	1	1	1	1	3	3	3
1	1	1	1	1	1	1	3	3	3
1	1	1	1	1	1	3	3	3	3
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
1	1	1	1	2	2	2	3	3	3
1	1	1	1	1	1	3	3	3	3
1	1	1	1	1	1	1	3	3	3
1	1	1	1	1	1	1	1	3	3

Figura 7 . Capa temàtica d'un model *raster* (USGS)

En aquest model els límits entre els objectes no queden registrats de manera explícita ,com en el model vectorial, però poden deduir-se dels valors de cada cel·la . La georeferència dels objectes representats es dedueix de la posició ocupada per cada cel·la . La única relació topològica representada en aquest model és l'adjacència, que es dedueix implícitament. L'únic tipus bàsic utilitzat

en aquest model per representar objectes és la cel·la .

Aplicant algoritmes de vectorització (figura 8) es poden obtenir punts,línies i polígons . Els punts es corresponen amb un pixel i la seva posició és la posició del pixel en la matriu. Les línies i polígons es corresponen amb una seqüència de pixels.

El model *raster* és el més adequat per a representar objectes geogràfics amb límits difusos , com ara usos del sòl o cobertes del sòl.

Els avantatges d'aquest model enfront del vectorial són que la seva estructura de dades és més simple i la captura de dades és més ràpida .Els seus inconvenients són el gran nombre de capes temàtiques que necessita i la menor precisió o resolució de les dades de posició (depenents de l'extensió de territori representada per cada cel·la, que pot variar des de 10 X 10 m fins a

10 X 10 km) (Ordoñez, 2003).

Tant les dades geogràfiques obtingudes de satèl·lits com les obtingudes per escanejat d'una imatge s'emmagatzemen en format *raster*.



Figura 8. Vectorització (USGS)

4 . 3 Model digital del terreny

Els models digitals del terreny MDT o models digitals d'elevacions MDE proporcionen una representació simplificada de l'espai tridimensional.

(figura 9) . La posició dels objectes es defineix per tres coordenades (x,y,z) . Les dos primeres indiquen la posició en un pla . La tercera coordenada (z) pot ser la altura o elevació sobre el terreny o bé un valor d'una variable quantitativa (com la temperatura,la pressió o el pendent).Els tipus bàsics utilitzats per a la representació dels objectes geogràfics en aquest model poden ser el punt o la línia (Bosque, 1997).

En els MDT basats en línies, cada línia pot representar punts del terreny amb la mateixa altitud (com les corbes de nivell dels mapes topogràfics) o bé punts del terreny amb el mateix valor d'una variable quantitativa (per exemple isolínies del pH del sòl) .Aquest model es considera poc eficient perquè no emmagatzema relacions topològiques i per la dificultat de càlcul dels valors dels punts situats entre les isolínies.

Pel que fa als MDT basats en punts , es distingeixen dos models : MDT *raster* i els TIN (*Triangulated Irregular Network* o xarxa de triangles irregulars). En els MDT *raster* , els punts es situen sobre una matriu regular de cel·les. En el model TIN , els punts estan distribuïts irregularment sobre un espai bidimensional i formen els vèrtexs de triangles . El valor de l'altura de cada vèrtex s'obté sobre el terreny . Els valors de les altures de diferents punts de cada triangle es calculen per interpolació lineal dels valors de les altures dels seus vèrtex. Es guarden en fitxers no només les localitzacions dels punt sinó també la seva topologia. Es considera un model més eficient que el MDT raster

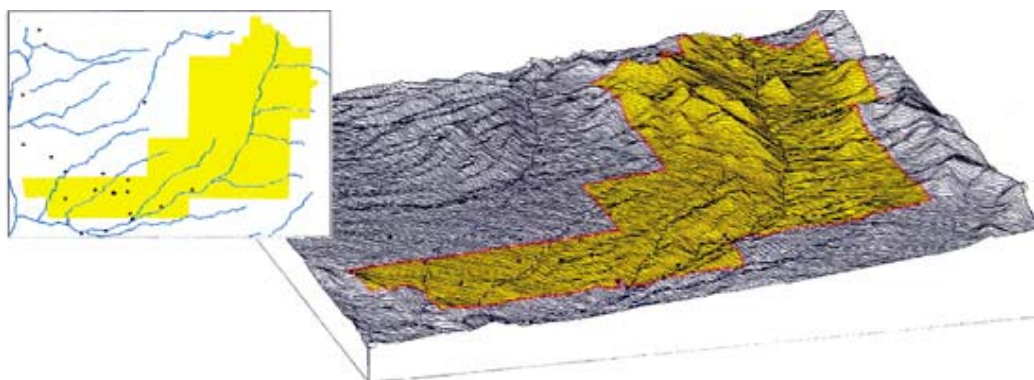


Figura 9 Model digital del terreny (USGS)

4 . 4 Model de moviments sobre xarxes

Aquest model proporciona una representació del moviment de persones o objectes entre dos punts/nodes d'una xarxa. Consta d'un graf connex i dirigit format per línies i nodes. Cada línia i cada node té un identificador únic. Els atributs de les línies especifiquen les condicions de desplaçament (com ara límit de velocitat, obres en les vies) .Aquest model s' aplica especialment per al càlcul de rutes òptimes (més ràpides o més curtes) entre dos punts de la xarxa.

5 Fases de desenvolupament d'un projecte

Un cop delimitada la zona d'estudi , definit els objectius del projecte i el model de SIG a utilitzar ,es pot desenvolupar el projecte seguint les 5 fases següents (Comas i Ruiz, 1993) : obtenció del model conceptual , entrada de les dades disponibles ; verificació de dades (correcció d'errors) ,anàlisi de dades i presentació de resultats.

5.1 Model conceptual

Aquesta fase ,que correspon a la fase d'anàlisi d'un projecte segons l'enginyeria del programari, és independent de qualsevol implementació. i es pot desglossar en 4 subfases (ESRI, 1997) :

- identificació dels objectes geogràfics requerits per desenvolupar el projecte
Cada objecte geogràfic té un component espacial i uns atributs alfanumèrics
- identificar els atributs descriptius o alfanumèrics de cada objecte.
- organitzar els objectes amb els mateixos atributs en capes d'informació o temes (per exemple ,els rius o els països) .

Segons una representació intuïtiva (Rigaux, 2002)

tema = {objecte geogràfic } ;

objecte geogràfic = [part espacial,part descriptiva]

En el cas dels models raster a cada atribut el correspon una capa.

- Registrament de les coordenades reals (per exemple UTM) dels punts de control (punts de la zona d'estudi amb coordenades conegudes)

5.2 Entrada de dades

L'entrada de dades geogràfiques representa ,en temps i diner, la fase més costosa del projecte . Les dades a utilitzar poden estar disponibles en diversos formats (figura 10) :

vectorial,raster,gràfic estàndard (DXF, DWG,etc),de bases de dades (en cas d'atributs descriptius), de receptors GPS ¹ , fitxer de text, etc. També pot ser que les dades no estiguin disponibles i hagin de crear-se a partir de medicions topogràfiques amb estacions especials ,de restitució² de fotografies aèries ,de digitalització o escanejat de mapes convencionals o gràfics)

L'entrada de dades dels atributs descriptius ,no disponibles en format vertical, es fa habitualment per teclat.assignat a cada atribut d'un objecte el mateix codi que té el component espacial de l'objecte.

¹ Global Positioning System .Sistema de posicionament per satèl·lit ,que permet obtenir les coordenades corresponents a una estació receptora que capta els missatges radiats enviats per un conjunt de satèl·lits (Langley, 1999 ; Lorenzo,2001).

² eliminació de la distorsió produïda en la fotografia aèria quan el terreny fotografiat no és pla i l'angle de la visual no va ser vertical.,amb transformació de la projecció cònica en ortogonal.(Bernhardsen,1999)

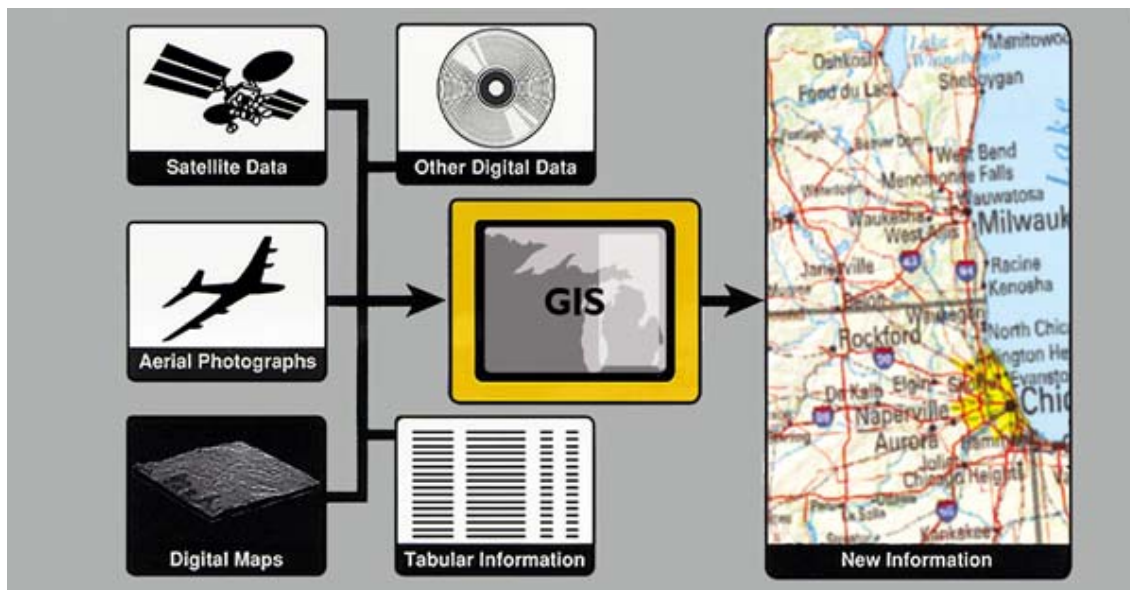


Figura 10 . Entrada de dades en un SIG i sortida en forma de mapes (USGS)

En els SIG de tipus vectorial, quan l'entrada de dades s'ha fet amb un escàner, s'ha d'efectuar una vectorització després de l'escanejat. La vectorització és una tècnica de conversió de dades en format *raster* a dades en format vectorial (figura 8) . Pot fer-se de 3 maneres :manual,automàtica o assistida.

En la vectorització manual, se seleccionen sobre la superfície escanejada les zones a convertir en línies. La vectorització automàtica es fa mitjançant un programa .sense intervenció de l'operador. La vectorització assistida és en part manual i en part automàtica. En principi, es fa automàticament, però en cas de dificultat d'interpretació el programa torna el control a l'operador.

5.3 Correcció d'errors

Les dades introduïdes en un SIG poden tenir diversos tipus d'errors.que poden condicionar la qualitat dels resultats obtinguts.

Els diferents tipus d'errors de les dades dels objectes geogràfics poden classificar-se (Bernhardsen ,1999) en :

- errors de la posició (coordenades) .La magnitud d'aquests errors pot indicar-se expressant l'exactitud (o diferència entre el valor mesurat i el real) i la precisió (o nombre de dígits significatius del valor mesurat).
- errors dels atributs descriptius
- errors durant el procés d'entrada de dades (escanejat,digitalització, transformació,etc)
- incoherència de les dades (*inconsistency*)
- manca de cobertura (*completeness*) de les dades disponibles (per problemes de cost d'adquisició, falta de temps o inaccessibilitat)

- recollida de dades obsolets sense actualització (*timeliness*)
- de generalització (*thinning*) o de suavitzat (*smoothing*) de línies ,en relació amb l'escala de representació dels mapes .Tenint en compte que un mapa d'escala gran ,com 1:1000 , és habitual el suavitzat de línies per tal d'augmentar el nivell de detall . Mentre que en un mapa d'escala petita,com 1: 100000, és habitual la simplificació o generalització de línies per tal de disminuir el nivell de detall.

(Per cert, crec que hi ha una errada al llibre de Comas i Ruiz ,1993, pàgina 67, perquè el terme *line thinning* correspon a la generalització o reducció de punts en una línia ,mentre que el terme *line smoothing* correspon a la suavització o addició de punts a una línia) (Aronoff, 1989, pàgina 204 ; Bernhardsen ,1999 pàgines 232,233)

Alguns SIG vectorials ,com ara Arc/Info (ESRI ,1997) disposen de programes d'edició geomètrica que permeten la correcció de diversos errors potencials que corresponen a la categoria de incoherència de dades. Alguns d'aquests errors són els següents :

- node penjant (*dangling node*) : —● node connectat només a un arc
- pseudonode : —●— node connectat només a dos arcs
- sobretraç (*overshoot*) : —|— línia que sobrepassa a un altra línia
- subtraç (*undershoot*) : —| línia inacabada
- polígons ficticis o falsos (*sliver polygon*) : polígons d'àrea molt petita ,estrets i molt allargats
- polígons sense centroide (centre geomètric i punt d'identificació) o bé amb més d'un centroide.

L'operador pot especificar un paràmetre de tolerància ,per tal que ,si no es sobrepassa ,el SIG pugui corregir automàticament els errors anteriors (en el cas dels polígons falsos ,substituir-los per una línia).

5 . 4 Anàlisi de dades

Les funcions d'anàlisi de dades o anàlisi espacial distingeixen els SIG d'altres sistemes d'informació.Aquestes funcions poden tractar conjuntament o per separat els components espacials i alfanumèrics de les dades.

Les funcions d'anàlisi es poden classificar en 3 grups segons el seu nivell de complexitat (Aronoff,1989 ; Comas i Ruiz, 1993) :

- Funcions de menor complexitat (nivell 1) ,que seleccionen les dades existents sense crear noves entitats . Comprenen les funcions de Recuperació selectiva,Mesura de distàncies i àrees , Agregació i Reclassificació.
- Funcions de complexitat intermedia (nivell 2) , que poden crear noves entitats i identificar interrelacions entre els objectes. Comprenen la Superposició,les funcions de Connectivitat i les funcions de Proximitat.

- Funcions d'elevada complexitat (nivell 3) ,que modelitzen processos i simulen escenaris inexistents.

Recuperació selectiva

Aquestes funcions seleccionen elements que compleixen una condició o uns criteris determinats per l'usuari. Poden ser de 3 tipus :

- de selecció d'atributs alfanumèrics que compleixen una condició lògico-aritmètica .(I,O,NO,<,<=,=,>,>=,<>). La selecció es pot fer sobre una taula o sobre 2 taules relacionades per unió, combinació, autocombinació, intersecció o diferència.
- de selecció dels components espacials,amb o sense selecció d'atributs alfanumèrics. .La selecció es pot fer sobre un component (punt,línia,polígon) o sobre dos components relacionats .

Les possibles relacions espacials topològiques entre 2 polígons són (Rigaux,2002) : inclusió ,igualtat,adjacència, solapament i separació .



- de selecció interactiva ,amb participació de l'usuari.Poden ser d'identificació (amb presentació dels atributs corresponents a l'element seleccionat per l'usuari sobre la pantalla . Figura 11) o d'extracció (*clipping*) on es mostra en pantalla ,per separat,la zona seleccionada per l'usuari .



Figura 11 . Identificació d'una zona i presentació dels seus atributs (USGS)

Mesura de distàncies i àrees.

Permeten calcular la distància entre 2 punts, la longitud d'una línia i el perímetre o superfície d'un polígon.

Agregació

Permeten calcular diversos paràmetres estadístics .tant d'atributs descriptius (mitjana,màxim,mínim, regressió) com de components espacials (centre de gravetat de polígons, regressió espacial).

Reclassificació d'atributs descriptius

Permeten una agregació d'entitats quan canvien de valor els atributs descriptius qualitius (per exemple canvi de perers i pomers per fruiters en un mapa de distribució de cultius) o quantitius.

Superposició

Permeten la superposició (*overlay*) de 2 capes d'informació. (amb polígons,amb polígons i línies o amb polígons i punts),amb creació d'una nova capa d'informació. En la capa resultant es calculen els punts d'intersecció dels polígons i línies de les 2 capes font. A més s'estableixen les relacions topològiques entre els elements de la capa resultant. A cada polígon de la capa resultant s'associen els atributs temàtics ,qualitius i quantitius,resultants de la combinació /unió dels atributs corresponents dels polígons dels quals deriva .

Proximitat

Les funcions de proximitat poden classificar-se en cinc grups :

- Zones d'influència (buffer zones, figura 12). Obtenen polígons d'una extensió determinada al voltant de punts,línies o polígons. Els nous polígons tenen els mateixos atributs que els components originals.

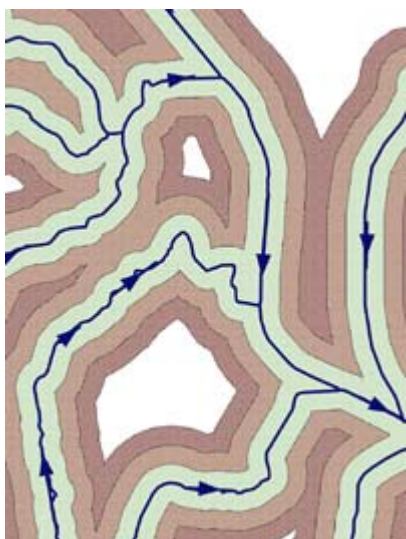


Figura 12 . Zones d'influència al voltant d'un riu (USGS)

- Inclusió
Punt en polígon / Polígon en polígon . Comproven si el punt o polígon pertany o no a un polígon.
- Funcions de proximitat sobre models *raster* bidimensionals
Calculen el valor de l'atribut d'una cel·la a partir dels valors de les cel·les veïnes. (per exemple la mitjana de les cel·les situats dins una finestra determinat). Si aquest càlcul es repeteix per a totes les cel·les, s'obté la funció anomenada de càlcul de mitjanes mòbils.
- Funcions de proximitat sobre MDT (Bosque, 1997)
Càlcul del pendent entre 2 punts (variació d'altura en relació a la distància)
Càlcul de l'orientació (angle del pla tangent a la superfície amb el Nord).
Càlcul de l'ombrejat altimètric (permet simular l'altura en els maps, assignant colors d'intensitat variable segons diversos intervals d'altitud).
Càlcul del volum d'excavacions corresponent a una zona.
Generació d'isolínies (línies que uneixen punts del terreny amb el mateix valor, per exemple corbes de nivell, si el valor és l'altura)
- Funcions d'interpolació espacial
Calculen els valors dels punts del terreny situats entre altres punts amb valors coneguts .
Entre les diverses tècniques d'interpolació poden mencionar-se la interpolació lineal , la polinòmica i la poligonació automàtica.
Aquesta última , anomenada també poligonació de Thiessen/Voronoi, genera polígons de valors constants, el contorn dels quals és equidistant dels 2 punts veïns amb valors coneguts.

Connectivitat

Les funcions de connectivitat entre objectes geogràfics d'una xarxa es fan sobre models de moviment sobre xarxes (anàlisi de xarxes) o sobre models tipus *raster*.

- Anàlisi de xarxes .
Una xarxa és un conjunt de línies connectades a través de les quals es desplacen persones, vehicles o recursos mòbils, efectuant un desplaçament uni o bidireccional. Les funcions d'anàlisi de xarxes depenen de les regles de desplaçament , de les unitats de mesura (temps, diner, distància) i de l'acumulació de valors durant el desplaçament.
La resistència o impedància al desplaçament pot ser molt diversa (limitació de velocitat, semàfors, embussos, etc). Dues aplicacions freqüents de l'anàlisi de xarxes són : la selecció de la ruta òptima entre 2 punts de la xarxa i la localització òptima de serveis o instal·lacions de manera que el cost de desplaçament dels usuaris potencials sigui mínim.

- Anàlisi de connectivitat en models raster
Alguns SIG raster incorporen funcions que permeten calcular la ruta òptima entre dos punts així com el seu cost de desplaçament (en unitats monetàries ,de temps o de distància).

5.5 Presentació de resultats

La fase final del desenvolupament d'un projecte amb un SIG és la presentació dels resultats de l'anàlisi de dades .Aquesta fase s'anomena també visualització (Bernhardsen,1999) o sortida de dades (Heywood,2002)

Amb un SIG es poden obtenir diferents presentacions de resultats partint d'una sola base de dades,tant en forma virtual o temporal (sobre la pantalla de l'ordinador) com en forma real o permanent (en suport de paper o de plàstic, o de pel·licula fotogràfica o de diapositiva).

La presentació més habitual és en forma de mapes. Altres presentacions menys freqüents són els gràfics o diagrames i les taules.

Els mapes obtinguts poden ser de diferent tipus (temàtics, topogràfics bidimensionals, topogràfics tridimensionals o animacions) i informen sobre la posició, forma, mida o distribució de diferents objectes geogràfics.

Els components més importants d'un mapa són els següents :

- la xarxa de referència (línies de coordenades que indiquen la longitud o latitud o bé diferents coordenades planes .
- tipus de projecció utilitzada (especialment en mapes de petita escala).
- l'escala , numèrica o gràfica .
- La llegenda, amb el significat dels símbols empleats .
- La generalització (o criteris d'inclusió o eliminació d'entitats amb els canvis d'escala) en cas de mapes virtuals .
- L'exactitud de les distàncies i àrees .
- L'orientació (fletxa indicant el nord)
- Altres (títol,anotacions d'entitats, font d'informació)

Un tipus de mapa temàtic molt utilitzat per representar resultats d'estudis socio-econòmics és el mapa de coropletes (Heywood, 2002). En aquests mapes, els valors dels atributs quantitatius estudiats s'agrupen en diversos intervals o classes i cada classe es representa amb un símbol diferent.

Actualment, mitjançant Internet, es poden obtenir una gran quantitat de mapes temporals, connectant-se a servidors que disposen de SIG. Alguns d'aquests mapes es poden visualitzar amb el navegador habitual i d'altres només es visualitzen descarregant un programa,*applet* o *plug-in*. Habitualment, l'usuari pot canviar l'escala d'aquests mapes i fer consultes d'identificació d'objectes.

Segona part

Creació d'una base de dades amb els elements d'una xarxa de distribució d'aigua potable

6. Xarxes de distribució d'aigua potable

La xarxa de distribució pública d'aigua potable a una població és la part del sistema d'abastament d'aigua situada entre la presa d'aigua sobre la canonada de conducció (provinent d'un dipòsit o d'una ETAP¹) i els extrems dels ramals d'escomesa que comuniquen amb les canonades comuns situades a l'interior dels edificis de la població.

L'aigua de la xarxa circula per canonades enterrades, generalment sota les voreres i seguint el recorregut de la xarxa viària. Les canonades d'aigua potable se situen en un pla superior a les canonades del clavegueram i inferior al d'altres conduccions soterrades (de gas, d'electricitat o telefòniques) i separades per una distància mínima, vertical i horitzontal, establerta per normes oficials.

6.1 Aigua transportada

L'entitat gestora responsable de l'abastament d'aigua a una població ha de proveir als abonats d'aigua potable amb un cabal i una pressió adequada i en qualsevol moment.

El cabal d'aigua subministrada es calcula tenint en compte el consum humà (aproximadament 200 litres/habitants/dia), el reg dels parcs i jardins públics i l'ús ocasional pel servei d'extinció d'incendis.

La pressió de l'aigua que circula per les canonades de la xarxa serà la necessària per arribar, sense bombeig, als punts superiors dels edificis (no excessivament alts) i per que tingui una pressió mínima a cada habitatge de 5 m.c.a² segons les normes NIA³. La pressió no ha de ser excessivament alta (més gran de 50 m.c.a) per tal d'evitar possibles trencaments de canonades o fuges per les juntes o pels aparells de control. (López Alegria, 2002).

La velocitat de circulació de l'aigua dins les canonades de la xarxa serà superior a un valor mínim, per tal d'evitar obstruccions per dipòsit de sediments, i inferior a un valor màxim, per tal d'evitar el fenomen del cop d'ariet⁴.

L'aigua que circula per la xarxa de distribució ha de ser apta per al consum humà i complir els paràmetres organolèptics, físics, químics i microbiològics indicats per la norma vigent (R.D 140/2003, BOE 21/2/2003) per tal de protegir la salut de les persones dels efectes adversos derivats del consum d'aigües contaminades.

Per això, abans de l'entrada a la xarxa de distribució, l'aigua captada de fonts superficials o subterrànies és sotmesa, a les ETAP, a diversos tractaments físico-químics (decantació, aireació, floculació, filtració) amb substàncies autoritzades així com a desinfecció amb clor o derivats. (figures 13-15)

¹ Estació de tractament d'aigua potable

² metres de columna d'aigua. 1 m.c.a equival a 1/10,33 atmosfera o a 1/10,2 bar o a 0,1 kg/cm²

³ Normes bàsiques per a Instal·lacions interiors de subministrament d'Aigua (ordre de 9-12-1975)

⁴ fenomen produït per la variació brusca de velocitat de l'aigua dins una canonada, amb oscil·lacions de pressió que poden produir trencament o deformació de canonades. (Mayol, 1997)



Figura 13 Estació de tractament d'aigua potable (Aigües Girona)

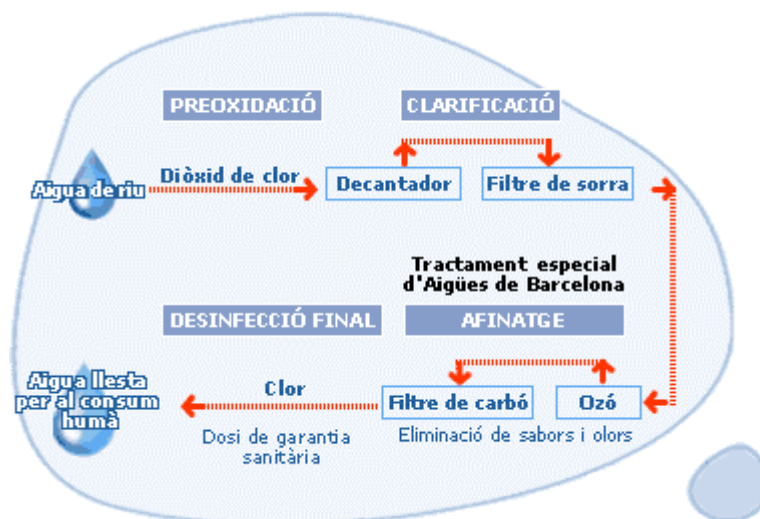


Figura 14 Tractament de potabilització d'aigües (Aigües de Barcelona)

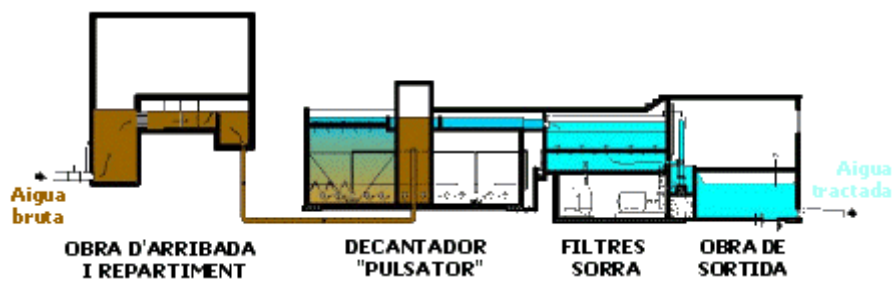


Figura 15. Tractament de l'aigua captada d'una font superficial (Aigües Girona)

6.2 Tipus de xarxes

Els dos tipus de disseny habituals d'una xarxa d'aigua potable són : ramificat (figura 16) i mallat (figures 17 i 18) (Mayol,1997).

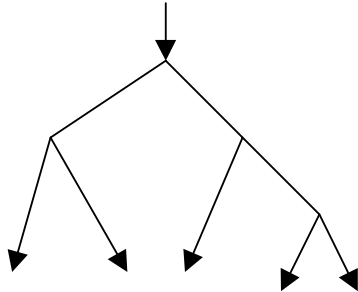


Figura 16 . Xarxa ramificada

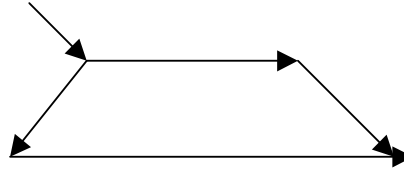


Figura 17 . Xarxa amb una malla de 4 nodes i 4 trams

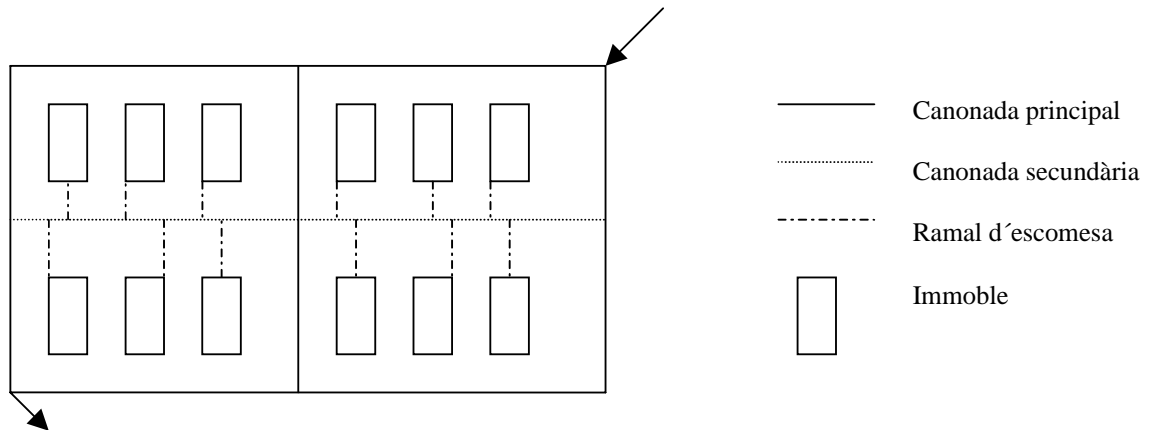


Figura 18 . Xarxa amb 4 malles

Una xarxa ramificada , o en arbre invertit , consta d'una canonada principal i diverses canonades secundàries i terciàries ,de manera que l'aigua circula sempre en el mateix sentit. Aquest disseny té l'inconvenient de que quan es produeixi una interrupció del servei en un punt intermedi de la xarxa , l'avaría afectarà també a tota la xarxa situada després d'aquest punt . Un altre inconvenient de les xarxes ramificades és l'estancament de l'aigua als extrems de la xarxa, la qual cosa obliga a fer freqüents descàrregues al clavegueram per tal d'evitar contaminacions.

Una xarxa mallada consta d'un nombre variable de nodes i de trams de canonada que formen un conjunt de malles o circuits tancats independents. Cada tram pot tenir una longitud i diàmetre diferent . L'aigua dins de cada tram pot circular a una velocitat, pressió i cabal diferent . L'alimentació d'un tram d'una canonada secundària pot fer-se independentment pels seus dos extrems i,per tant el sentit del corrent dins d'aquest tram pot variar.

La xarxa mallada té l'avantatge de que en cas d'avaria a un punt qualsevol de la xarxa es pot aïllar el tram afectat ,tancant les vàlvules corresponents ,de manera que l'aigua pugui circular per la resta de trams. Un inconvenient d'aquest tipus de xarxa és que s'han de fer càlculs complexos per tal d'esbrinar els diàmetres adequats de les canonades ,tenint en compte les pèrdues de càrrega.¹ (Mayol ,1997 ; López Alegria ,2002).

6.3 Components de la xarxa

Els components d'una xarxa de distribució d'aigua es poden classificar en :

- Canonades
- Elements accessoris de maniobra i control
- Peces especials

Una canonada és una successió de tubs convenientment units que formen un conducte tancat i aïllat de l'exterior, de manera que es conservin les qualitats essencials de l'aigua que transporta (Ministeri de Foment , 1996) . Les artèries o canonades principals són les que enllacen un sector de la xarxa amb el conjunt sense que s'hi realitzen preses directes per als abonats. Les canonades secundàries són les que deriven de les artèries. Les escomeses o ramals d'escomesa enllacen la xarxa de distribució amb les canonades generals situades a l'interior dels edificis dels abonats. Cada escomesa consta d'una clau de registre situada sota la vorera que està allotjada dins una arqueta o pericó coberta per una tapa de fosa.

Els tubs de les canonades es fabriquen en sèrie complint les normes corresponents (UNE / EN / ISO ²) . Els materials habituals dels tubs són : fosa dúctil (aleació de ferro amb carboni amb 2,5 - 4 % de carboni en forma de grafit esfèric), formigó ,fibrociment (actualment en desús) i plàstic (PVC o policlorur de vinil, polietilè i polièster). Els diàmetres normalitzats (D_N) dels tubs varien des de 40 fins a 2000 mm. La pressió normalitzada ³ (P_N) dels tubs ha de ser superior al doble de la pressió de treball (P_t ⁴) (Ministeri de Foment ,1996) .

Els elements accessoris de maniobra i control de la xarxa són : les vàlvules, les ventoses o boques d'aire, les descàrregues o desguassos ,les boques de reg o hidrants de reg i les boques d'incendi o hidrants d'incendi.

¹ Disminució de la pressió de l'aigua circulant dins les canonades pel fregament amb els components de la xarxa.

² UNE : Una Norma Espanyola;EN : European Norm ;ISO : International Organization for Standardization

³ pressió que ha de suportar un tub sense acusar manca d'estanquitat

⁴ pressió màxima de treball més sobrepressió per cop d'ariet

Les vàlvules (figura 19) són elements reguladors de la circulació de l'aigua dins les canonades (Martin, 1975 ; Mateos, 1989) accionades de manera manual o motoritzada o bé automàticament (actuant sense necessitat d'operaris, perquè obtenen del flux de l'aigua l'energia necessària per a funcionar). Normalment s'allotgen dins una arqueta o pericó coberta per una tapa de fosa.

Les vàlvules més freqüents de les xarxes de distribució s'anomenen de tancament o de seccionament perquè quan s'accionen ,generalment de manera manual, tallen la circulació de l'aigua per un sector de la xarxa. Els dos tipus més freqüents d'aquestes vàlvules són les de comporta i les de papallona



Figura 19 . Vàlvules

Les vàlvules es col·loquen a la sortida de les derivacions en te i també a distàncies determinades en les canonades principals i secundàries ,per tal de poder aïllar un sector de la xarxa quan s'ha de fer alguna reparació ,connexió o substitució. També es col·loquen juntament amb una ventosa (figura 20) o amb una descàrrega. Les vàlvules automàtiques més freqüents són les reductores de pressió ,las de retenció , les d'anti-inundació i les d'alleugeriment de sobrepressió. Les vàlvules reductores de pressió redueixen la pressió de sortida a un valor fix o proporcional a la pressió d'entrada. Les vàlvules de retenció o d'anti-retorn només permeten el pas de l'aigua en un sol sentit. Les vàlvules anti- inundació funcionen quan augmenta la velocitat de l'aigua o disminueix la pressió com a conseqüència del trencament d'una canonada.

Figura 20 . Ventosa amb vàlvula de tancament

Les ventoses normals o bifuncionals admeten o expulsen l'aire d'una canonada durant el buidatge o l'ompliment d'aigua. Les ventoses trifuncionals a més també expulsen l'aire acumulat dins les canonades que contenen aigua a pressió. Les ventoses (figura 20) s'instal·len als punts més alts de la xarxa i també als canvis de pendent o a distàncies determinades en qualsevol tram.



Els desguassos o descàrregues s'instal·len als punt més baixos de la xarxa, juntament amb una vàlvula de tancament , per tal de poser buidar d'aigua les canonades.



Les boques d'incendi o hidrants d'incendi són cilindres de fosa connectats la xarxa de distribució que tenen dos o tres preses per a mànegues del servei d'extinció d'incendis . Poden ser aèris o en columna (figura 21) o bé soterrats,al·lotjats dins una arqueta o pericó coberta per una tapa de fosa . S'instal·len a les voreres a determinades distàncies entre ells (menor de 200 m segons la norma BE-CPI-81/82)

Figura 21 . Hidrant aèri

Les boques de reg o hidrants de reg són elements connectats a la xarxa de distribució que serveixen per a proveir l'aigua necessària per a regar carrers, parcs o jardins públics. També actuen de boques d'aire.

Dins la categoria de peces especials s'inclouen diversos elements de la xarxa de distribució com ara : unions o juntes , cabalímetres, comptadors,tapes cegues, cons de reducció /ampliació de diàmetre de canonades , peces per a empalmaments o canvis de direcció de tubs (colzes de 90° o 1/4 ,45° o 1/8, 22,5° o 1/16 i 11,25° o 1/32, derivacions en Te, maneguets) .

Les juntes poden ser de diversos tipus (amb brides , de campana , Gibault , soldada ,encaixada, ...) .

Una descripció completa de les característiques dels components d'una xarxa de distribució d'aigua potable es pot consultar a la pàgina web de l' entitat Canal de Isabel II ,dins la secció : "Atención a Proveedores.Cuadro de precios" A la figura 22 s'indiquen alguns símbols d'elements de la xarxa ,segons la norma NTE-ISA 1976 (López Figueroa, 1997) . Altres símbols ,no normalitzats (López Alegria ,2002 ; AGBAR) s'indiquen a la figura 23 .

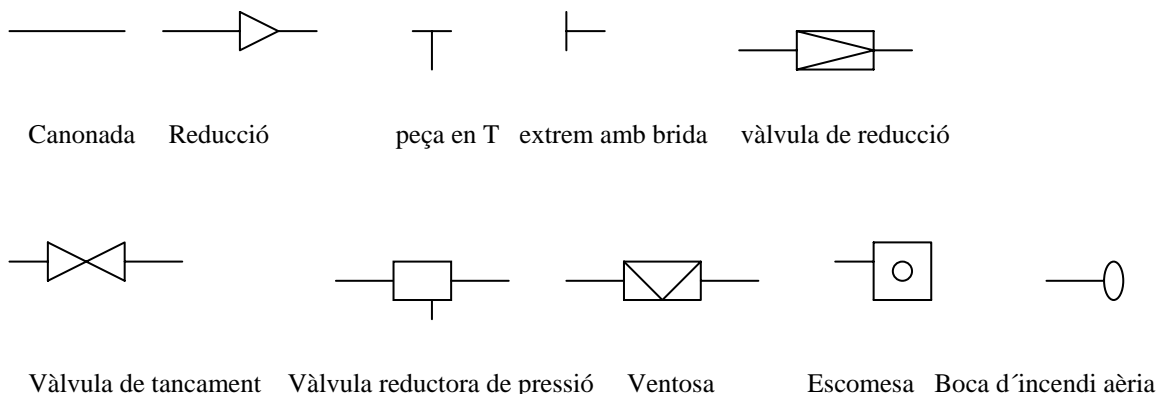


Figura 22 . Símbols normalitzats d'elements d'una xarxa de distribució

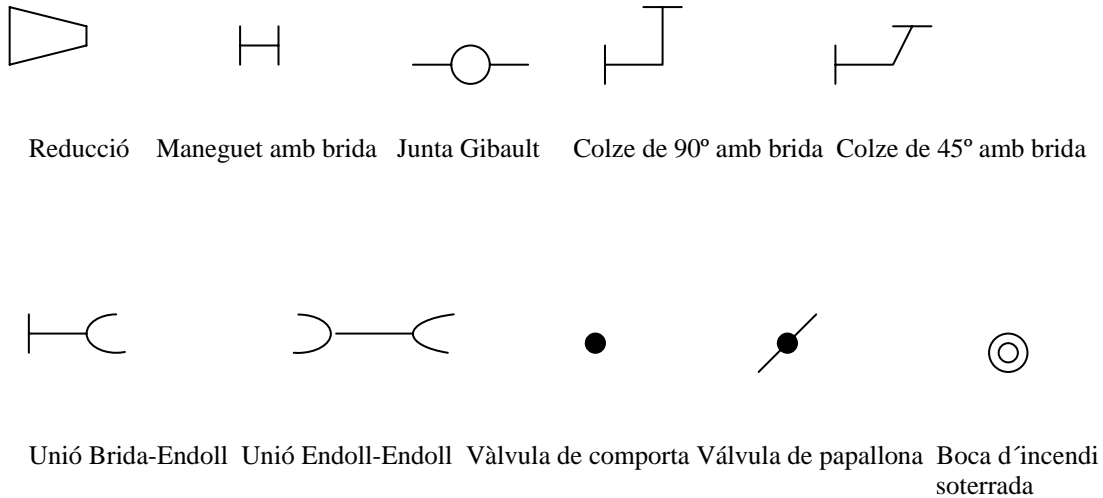


Figura 23 Símbols no normalitzats d'elements d'una xarxa de distribució

7 Disseny d'una base de dades amb els elements d'una xarxa de distribució d'aigua potable

El disseny d'una base de dades es pot descompondre en 3 etapes successives : conceptual, lògica i física. En aquest treball només s'indiquen la primera etapa (utilitzant un diagrama entitat relació ampliat o EE-R) i la segona etapa (resultant de la transformació del model EE-R en un model relacional per tal d'utilitzar un gestor de base de dades relacional, com Oracle 9i, per a crear la corresponent base de dades).

7.1 Model conceptual

De les descripcions dels components d'una xarxa mallada de distribució d'aigua potable indicades als apartats 6.2 i 6.3 es dedueixen les següents entitats :

Malla, Tram, Node, Hidrant (subtipus BocaReg i subtipus BocaIncendi), Valvula, Ventosa, Desguas, Peca Especial, Arqueta, Clau Registre, Escomesa i Abonat

L'entitat Tram és un tram de canonada, d'una longitud i d'un diàmetre determinat i construït amb un determinat material, situat entre dos nodes. El seu component gràfic és una línia.

L'entitat node és un punt singular en la representació de la xarxa. Pot ser un punt d'unió entre dos trams o bé un punt on hi hagi un canvi de direcció de la canonada. El seu component gràfic és un punt.

L'entitat Malla és un circuit tancat de la xarxa formada per diversos trams i nodes. El seu component gràfic és un polígon.

L'entitat Abonat és un usuari de l'aigua de la xarxa amb un contracte de subministrament d'aigua amb l'entitat gestora de la xarxa.

La resta d'entitats del model s'han definit a l'apartat 6.3. El seu component gràfic és un punt, excepte en el cas d'escomesa que és una línia.

Un diagrama EE-R del model conceptual d'una xarxa mallada de distribució d'aigua potable es representa a la figura 24.

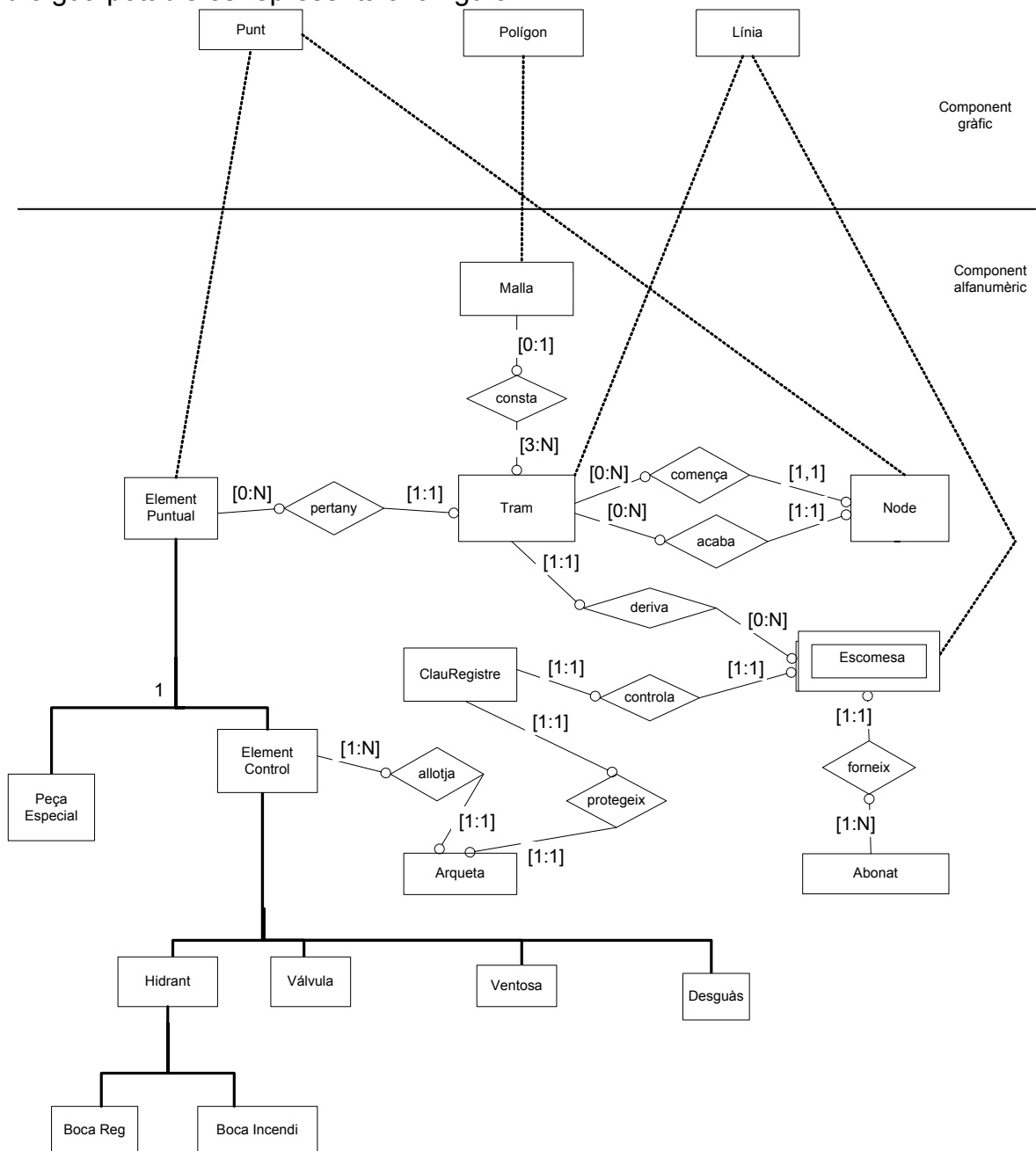


Figura 24 . Diagrama EE-R del model conceptual d'una xarxa de distribució d'aigua potable

Les entitats representades a la figura 24 (i els seus atributs , subratllats si són claus primàries) són les següents :

- Node
 - codi_node , cota , fondaria
- Malla
 - codi_malla, nombreTrams, us
- Tram
 - codi_tram , diametre, longitud, material, estat , pressio,classe norma, revestiment , tipusJunta
- Hidrant
 - codi_hidrant , diametre , marca , tipusJunta
- Bocalncendi (entitat subclasse de Hidrant)
 - codi_hidrant , tipus , nombrePreses , diametreSortida1 ,diametreSortida2
- BocaReg (entitat subclasse de Hidrant)
 - codi_hidrant , tipusConnexio
- Valvula
 - codi_valvula , tipus , diametre , pressio , accionament , material classe , marca, revestiment , tipusJunta
- Ventosa
 - codi_ventosa ,tipus, diametre , pressio , marca , tipusJunta
- Desguas
 - codi_desguas ,tipus , diametre , pressio ,marca ,tipusJunta , valvulaTancament
- PecaEspecial
 - codi_peca , tipus,diametre1,diametre2,diametre3, material , pressio
- Arqueta
 - codi_arqueta , llargada , amplaria , fondaria , tipusTapa
- Escomesa (entitat dèbil , s'identifica completament amb codi_Tram)
 - codi_escomesa , diametre ,pressio , longitud , material ,tipusJunta
- ClauRegistre
 - codi_clau ,diametre , tipus , material , pressio
- Abonat
 - codi_abonat , nomCognoms , adreca , poblacio , numCompte

7.2 Model relacional

Totes les entitats descrites en 7.1, excepte Abonat, són entitats geogràfiques o espacials i per tant consten d'un component alfanumèric i d'un component gràfic (figura 24) . En un programari SIG vectorial , el component gràfic es representa per punts (amb 2 coordenades) , per línies i per polígons (formats per una llista ordenada de punts). Si s'utilitza un gestor de base de dades relacional és possible emmagatzemar totes les dades de les entitats

geogràfiques (tant gràfiques com alfanumèriques) o bé només les dades alfanumèriques.

7.2.1 Component alfanumèric

Considerant només les dades del component alfanumèric , el model relacional resultant de la transformació d'entitats i d'interrelacions del model conceptual descrit en 7.1 consta de les següents taules o relacions, amb claus primàries subratllades :

Node (codi_node , cota , fondaria)

Malla (codi_malla, nombreTrams, us)

Tram (codi_tram ,codi_malla , nodel , nodeF , diametre, longitud, material, estat , pressio ,classe ,norma, revestiment , tipusJunta)
on {codi_malla} referencia Malla i {nodel} referencia Node i {nodeF} referencia Node.

Hidrant (codi_hidrant , codi_tram , codi_arqueta ,diametre , marca , tipusJunta)
on {codi_tram} referencia Tram i {codi_arqueta} referencia Arqueta

Bocalncendi (codi_hidrant , tipus , nombrePreses , diametreSortida1, diametreSortida2)
on {codi_hidrant} referencia Hidrant

BocaReg (codi_hidrant , tipusConnexio)
on {codi_hidrant} referencia Hidrant

Valvula (codi_valvula ,codi_tram, codi_arqueta, tipus , diametre , pressio , accionament , material , classe , marca , tipusJunta , revestiment)
on {codi_tram} referencia Tram i {codi_arqueta} referencia Arqueta

Ventosa (codi_ventosa ,codi_tram , codi_arqueta,tipus ,diametre , pressio , marca , tipusJunta)
on {codi_tram} referencia Tram i {codi_arqueta} referencia Arqueta

Desguas (codi_desguas ,codi_tram, codi_arqueta, diametre , pressio , tipus, marca, tipusJunta, valvulaTancament)
on {codi_tram} referencia Tram i {codi_arqueta} referencia Arqueta

PecaEspecial (codi_peca , codi_tram ,tipus , diametre1 , diametre2 , diametre3,material, pressio)
on {codi_tram} referencia Tram

Arqueta (codi_arqueta , llargada , amplaria , fondaria , tipusTapa)

Escomesa (codi_escomesa , codi_tram,diametre ,pressio , longitud , material ,tipusJunta)
on {codi_tram} referencia Tram

ClauRegistre (codi_clau , codi_escomesa , codi_arqueta ,diametre , tipus , material , pressio)
on {codi_escomesa} referencia Escomesa i {codi_arqueta} referencia Arqueta

Abonat (codi_abonat , codi_escomesa , nomCognoms , adreca , poblacio , numCompte)
on {codi_escomesa} referencia Escomesa

7.2.2 Components gràfic i alfanumèric

Considerant les dades dels components gràfic i alfanumèric , el model relacional resultant de la transformació d'entitats i d'interrelacions del model conceptual descrit en 7.1 consta de les taules o relacions descrites 7.2.1 (amb un atribut addicional) i a més de les 4 taules següents , amb claus primàries subratllades (Rigaux ,2002 ; Jones, 1997) :

Punt (codi_punt , xcoord , ycoord)
PuntCadena (codi_PuntCadena , codi_punt , numOrdre)
 on {codi_punt referencia Punt}
Linia (codi_linia , codi_PuntCadena)
 on {codi_PuntCadena referencia PuntCadena}
Poligon (codi_poligon , codi_PuntCadena)
 on {codi_PuntCadena referencia PuntCadena}

L'atribut numOrdre de la taula PuntCadena és necessari per tal de poder representar una llista ordenada , donat que al model relacional no és significatiu l'ordre dels atributs o dels registres .

L'atribut addicional de les taules indicades en 7.2.1 (excepte Abonat) és :

codi_poligon per a Malla

codi_linia per a Tram i Escomesa

codi_punt per a la resta de taules (excepte Abonat)

D'aquesta manera, tant el component gràfic com l'alfanumèric d'una entitat geogràfica estan vinculats per un camp comú, del mateix tipus de dades i de la mateixa amplària.

Tot i que sigui possible crear una base de dades relacional amb dades gràfiques i alfanumèriques es considera que el model relacional no és adequat per l'emmagatzematge de dades gràfiques (Jones, 1997) per diversos motius com : la sobrecàrrega produïda per repetició de codis d'identificació i la necessitat de crear índexs molt grans per tal de mantenir les ordenacions , a més de la incomoditat d'entrar dades de coordenades de cada entitat puntual.

8. Zona d'estudi seleccionada i procedència de les dades



La zona seleccionada per a l'estudi de la xarxa de distribució d'aigua potable és un sector de la urbanització Vullpalleres-Oest . Aquesta urbanització , en construcció, està situada al Nord-Oest del terme municipal de Sant Cugat del Vallès , a la comarca del Vallès occidental i a la província de Barcelona.

Figura 25 . Situació de la zona d'estudi , escala petita (ICC)

Els límits d'aquesta urbanització són : Nord : autopista B30 /A7 ; Est : ferrocarril de la Generalitat Barcelona- Sabadell ; Sud : Ferrocarril de RENFE

Barcelona – Manresa ; Oest : carretera BV1462 de Sant Cugat a Barcelona pel túnel de Vallvidrera. (figures 25 i 26)

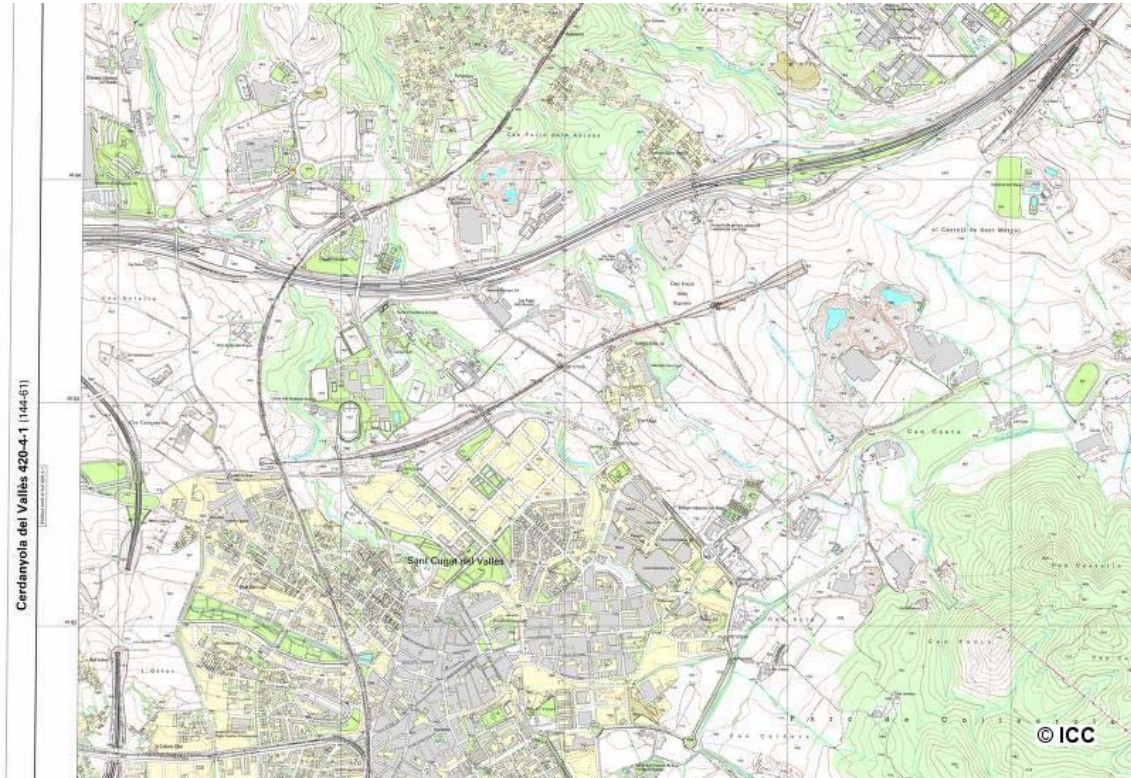


Figura 26 . Situació de la zona d'estudi .(sector oest del full 144-061 del mapa topogràfic 1/10000 de Catalunya (ICC)



Actualment, (Maig de 2004) , només s'ha fet el traçat dels carrers ,la instal·lació del clavegueram i una part de la xarxa de distribució d'aigua potable (figura 27). Quan estiguin construïts els habitatges i equipaments projectats es preveu que podrà residir-hi un nucli de població de 1000 habitants.

Figura 27 . Instal·lació de canonades d'una xarxa de distribució d'aigua potable

La zona d'estudi, és la part de la urbanització Vullpalleres –Oest limitada al Nord per l'autopista B30 /A7 , a l'Est pel ferrocarril Barcelona – Sabadell , al Sud per la Rambla de Vullpalleres i a l'Oest per l'avinguda Graells . Aquests límits es representen al plànol de la xarxa d'aigua que s'adjunta a aquest treball en l'annex D.

La superfície ocupada per la zona d'estudi és de 13 Ha.; la seva altitud mitjana és de 166 m; el desnivell màxim és de 4 m i les coordenades UTM (en metres ,dins del fus 31) dels seus 4 vèrtexs extrems són :

extrem nord-oest : X : 422.282,22 ; Y : 4.593.553,48

extrem sud-oest : X : 422.363,29 ; Y : 4.593.135,40

extrem nord-est : X : 422.685,67 ; Y : 4.593.477,73

extrem sud-est : X : 422.642,13 ; Y : 4.593.126,19

La xarxa de distribució d'aigua potable de la zona d'estudi és de tipus mallada i consta de 5 malles , amb 34 trams de canonada de fosa dúctil,de 6 diàmetres diferents : 400,350,250,200,150 i 100 mm. La longitud total de les canonades és de 3 km. A les taules A1 i A2 de l'annex A figuren algunes dades d'aquesta xarxa.

Aquesta aigua és subministrada per l'empresa SOREA ("Sociedad Regional de Abastecimiento de Agua Potable S.A") ,del grup AGBAR ,concessionària del servei municipal d'aigües de Sant Cugat del Vallès . L'aigua prové habitualment del riu Ter i excepcionalment del riu Llobregat.

L'aigua del riu Ter ,regulada pels pantans de Sau,Susqueda i Pasteral, és transportada fins a la ETAP de Cardedeu i després a diversos dipòsits .L'aigua del riu Llobregat ,regulada pels pantans de Baells,Sant Pons i Llosa del Cava, és transportada fins a les ETAP d'Abrera i Sant Boi i després a diversos dipòsits reguladors o d'emmagatzemament.(figura 28).

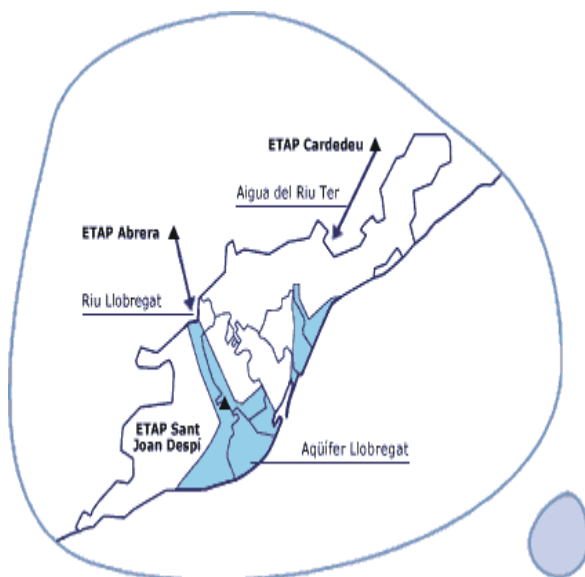


Figura 28. Origen de l'aigua potable de la zona d'estudi (AGBAR)

L'empresa SOREA disposa d'un sistema de telecontrol de diverses estacions i punts de la conducció d'aigua potable (figura 29)



Figura 29 . Centre de control d'una xarxa de distribució d'aigua potable (AGBAR)

Procedència de les dades.

Les dades utilitzades per a la creació d'una base de dades dels elements de la xarxa de distribució de la zona d'estudi, procedeixen de la documentació del Projecte de la urbanització Vullpalleres –Oest , elaborat per l'empresa EGI i aprovat , l'any 2003 ,per l'ajuntament de Sant Cugat del Vallès . Aquestes dades han estat proporcionades pel gestor de projectes d'aquesta urbanització. A la figura 30 es mostra una còpia d'un dels plànols d'aquest projecte.

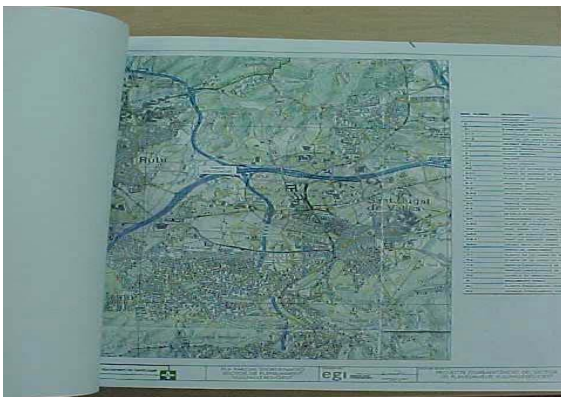


Figura 30 . Còpia d'un plànol del projecte d'urbanització de la zona d'estudi

Una còpia ,en format .doc , del plànol de la xarxa d'aigua de la zona d'estudi , a escala 1/2000,elaborat amb el programari AutoCad i guardat en format .dwg , s'inclou com annex a aquest treball (Annex D)

La georeferenciació dels punts singulars de la xarxa , en coordenades UTM , s'ha efectuat per aixecament topogràfic de la zona d'estudi , utilitzant tècniques de GPS diferencial , a partir de vèrtex geodèsics de coordenades conegudes.

9 Creació de la base de dades relacional xarxa , mitjançant el SGBD¹ Oracle 9i

Mitjançant el SGBD Oracle 9i (Personal Edition per a Windows 98) i utilitzant l'assistent de configuració de bases de dades (Oracle 2001 a , Oracle 2001 b) s'ha creat una base de dades relacional, anomenada xarxa, amb els elements de la xarxa d'aigua de la zona d'estudi . La base de dades xarxa consta de totes les taules indicades a 7.2.1 i 7.2.2 , exceptuant les taules Escomesa,ClauRegistre i Abonats ,de les quals no es disposa de dades. Les taules de la base de dades xarxa s'han creat amb l'eina Oracle SQL* Plus (Abbey 2002 , Koch 1997 , Urman 2002) on s'han executat les instruccions SQL2 següents :

```
CREATE TABLE Node
(codi_node VARCHAR2 (5) NOT NULL ,
cota NUMBER (5,2) ,
fondaria NUMBER (5,2) DEFAULT 100 NOT NULL,
PRIMARY KEY (codi_node) );
```

```
CREATE TABLE Malla
(codi_malla VARCHAR2 (3) NOT NULL ,
nombreTrams NUMBER (2) NOT NULL ,
perimetre NUMBER(3),
area NUMBER(5),
us VARCHAR2 (20) ,
PRIMARY KEY (codi_malla) );
```

```
CREATE TABLE Tram
(codi_tram VARCHAR2 (5) NOT NULL ,
codi_malla VARCHAR2 (3) ,
nodeI VARCHAR2(5) NOT NULL ,
nodeF VARCHAR2(5) NOT NULL ,
diametre NUMBER (4) NOT NULL ,
longitud NUMBER (3) NOT NULL ,
material VARCHAR2 (20) DEFAULT 'fosa dúctil' NOT NULL ,
estat VARCHAR2 (20) DEFAULT 'actiu' NOT NULL,
pressio NUMBER (4,2) ,
classe VARCHAR2 (3) ,
norma VARCHAR2 (20) DEFAULT 'ISO 2531-98' NOT NULL,
revestiment VARCHAR2 (30) ,
tipusJunta VARCHAR2 (40) DEFAULT 'de campana amb anell d'elastomer' NOT NULL,
PRIMARY KEY (codi_tram) ,
FOREIGN KEY (codi_malla) REFERENCES Malla (codi_malla) ,
FOREIGN KEY (nodeI) REFERENCES Node (codi_node) ,
FOREIGN KEY (nodeF) REFERENCES Node (codi_node) ,
CHECK (estat IN ('actiu' , 'inactiu' , 'en reparacio' ) ) );
```

```
CREATE TABLE Arqueta
(codi_arqueta VARCHAR2 (3) NOT NULL ,
llargada NUMBER (3,2),
amplaria NUMBER (3,2) ,
fondaria NUMBER (3,2) ,
tipusTapa VARCHAR2 (30) DEFAULT 'circular de fosa ductil' NOT NULL,
PRIMARY KEY (codi_arqueta) );
```

```
CREATE TABLE BocalIncendi
(codi_hidrant VARCHAR2 (3) NOT NULL ,
codi_tram VARCHAR2 (5) NOT NULL ,
codi_arqueta VARCHAR2 (3) NOT NULL ,
```

¹ Sistema gestor de base de dades

```

tipus VARCHAR2 (20) DEFAULT 'soterrat' NOT NULL ,
diametre NUMBER (4) DEFAULT 100 NOT NULL ,
marca VARCHAR2 (20) ,
nombrePreses NUMBER (1) ,
diametreSortida1 NUMBER (4) ,
diametreSortida2 NUMBER (4) ,
tipusJunta VARCHAR2 (30) ,
PRIMARY KEY (codi_hidrant) ,
FOREIGN KEY (codi_tram) REFERENCES Tram (codi_tram) ,
FOREIGN KEY (codi_arqueta) REFERENCES Arqueta (codi_arqueta) );

```

```

CREATE TABLE BocaReg
(codi_hidrant VARCHAR2 (3) NOT NULL ,
codi_tram VARCHAR2 (5) NOT NULL ,
codi_arqueta VARCHAR2 (3) NOT NULL ,
diametre NUMBER (4) ,
marca VARCHAR2 (20) ,
tipusConnexio VARCHAR2 (20) ,
tipusJunta VARCHAR2 (30) ,
PRIMARY KEY (codi_hidrant) ,
FOREIGN KEY (codi_tram) REFERENCES Tram (codi_tram) ,
FOREIGN KEY (codi_arqueta) REFERENCES Arqueta (codi_arqueta) );

```

```

CREATE TABLE Valvula
(codi_valvula VARCHAR2 (3) NOT NULL ,
codi_tram VARCHAR2 (5) NOT NULL ,
codi_arqueta VARCHAR2 (3) NOT NULL ,
tipus VARCHAR2 (20) NOT NULL ,
diametre NUMBER (4) NOT NULL ,
pressio NUMBER (4,2) ,
accionament VARCHAR2 (15) DEFAULT 'manual' NOT NULL ,
material VARCHAR2 (20) DEFAULT 'fosa' NOT NULL ,
classe VARCHAR2 (3) ,
marca VARCHAR2 (20) ,
revestiment VARCHAR2 (30) ,
tipusJunta VARCHAR2 (30) DEFAULT 'brides' NOT NULL ,
PRIMARY KEY (codi_valvula) ,
FOREIGN KEY (codi_tram) REFERENCES Tram (codi_tram) ,
FOREIGN KEY (codi_arqueta) REFERENCES Arqueta (codi_arqueta) ,
CHECK (accionament IN ('manual', 'automatic' ) ) );

```

```

CREATE TABLE Ventosa
(codi_ventosa VARCHAR2 (4) NOT NULL ,
codi_tram VARCHAR2 (5) NOT NULL ,
codi_arqueta VARCHAR2 (3) NOT NULL ,
tipus VARCHAR2 (20) NOT NULL ,
diametre NUMBER (4) NOT NULL ,
pressio NUMBER (4,2) ,
marca VARCHAR2 (20) ,
tipusJunta VARCHAR2 (30) ,
unitats NUMBER (1) ,
PRIMARY KEY (codi_ventosa) ,
FOREIGN KEY (codi_tram) REFERENCES Tram (codi_tram) ,
FOREIGN KEY (codi_arqueta) REFERENCES Arqueta (codi_arqueta) );

```

```

CREATE TABLE Desguas
(codi_desguas VARCHAR2 (3) NOT NULL ,
codi_tram VARCHAR2 (5) NOT NULL ,
codi_arqueta VARCHAR2 (3) NOT NULL ,
diametre NUMBER (4) NOT NULL ,

```

```

marca VARCHAR2 (20) ,
pressio NUMBER (4,2) ,
tipus VARCHAR2 (20) ,
tipusJunta VARCHAR2 (30) ,
valvulaTancament CHAR DEFAULT 's' NOT NULL,
PRIMARY KEY (codi_desguas) ,
FOREIGN KEY (codi_tram) REFERENCES Tram (codi_tram) ,
FOREIGN KEY (codi_arqueta) REFERENCES Arqueta (codi_arqueta) ,
CHECK ( valvulaTancament IN ( 's', 'n' ) ) ;

```

```

CREATE TABLE PecaEspecial
(codi_peca VARCHAR2 (5) NOT NULL ,
codi_tram VARCHAR2 (5) NOT NULL ,
tipus VARCHAR2 (20) NOT NULL ,
diametre1 NUMBER (4) ,
diametre2 NUMBER (4) ,
diametre3 NUMBER (4) ,
material VARCHAR2 (20) ,
pressio NUMBER (4,2) ,
PRIMARY KEY (codi_peca) ,
FOREIGN KEY (codi_tram) REFERENCES Tram (codi_tram) ) ;

```

En cas que la base de dades relacional xarxa emmagatzemi també els components gràfics , caldria incloure també les instruccions SQL2 de creació de les taules següents :

```

CREATE TABLE Punt
(codi_punt VARCHAR2 (6) NOT NULL ,
xcoord NUMBER (8,2) NOT NULL ,
ycoord NUMBER (9,2) NOT NULL ,
PRIMARY KEY (codi_punt) ) ;

```

```

CREATE TABLE PuntCadena
(codi_PuntCadena VARCHAR2 (5) NOT NULL ,
codi_punt VARCHAR2 (6) NOT NULL ,
numOrdre NUMBER (2) NOT NULL ,
PRIMARY KEY (codi_PuntCadena) ,
FOREIGN KEY (codi_punt) REFERENCES Punt (codi_punt) ) ;

```

```

CREATE TABLE Linia
(codi_linia VARCHAR2 (5) NOT NULL ,
codi_PuntCadena VARCHAR2 (5) NOT NULL ,
PRIMARY KEY (codi_linia , codi_PuntCadena) ,
FOREIGN KEY (codi_PuntCadena) REFERENCES PuntCadena (codi_PuntCadena) ) ;

```

```

CREATE TABLE Poligon
(codi_poligon VARCHAR2 (3) NOT NULL ,
codi_PuntCadena VARCHAR2 (5) NOT NULL ,
PRIMARY KEY (codi_poligon , codi_PuntCadena) ,
FOREIGN KEY (codi_PuntCadena) REFERENCES PuntCadena (codi_PuntCadena) ) ;

```

En aquest cas, les taules : Node, BocaIncendi, BocaReg, Valvula , Ventosa , Desguas , PecaEspecial i Arqueta tindrien l'atribut addicional codi_punt ; la taula Tram tindria l'atribut addicional codi_linia i finalment , la taula Malla tindria l'atribut addicional codi_poligon.

A l'annex B s'indiquen les instruccions SQL2 per a la introducció de diversos valors dels atributs de les taules de la base de dades xarxa (només dels components alfanumèrics).

A l'annex C es mostren algunes consultes , realitzades amb l'eina Oracle SQL*Plus, de les dades inserides a les taules de la base de dades xarxa.

10 Conclusions

En aquest treball s'ha intentat descriure les característiques fonamentals dels Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG) i d'una de les seves aplicacions : la representació dels elements d'una xarxa de distribució d'aigua potable.

També s'ha creat ,utilitzant el SGBD Oracle 9i , una base de dades amb els components alfanumèrics dels elements de la xarxa de distribució d'aigua potable de la zona d'estudi seleccionada.

Per tal de poder completar totes les fases de desenvolupament d'un projecte realitzat amb un SIG , caldria disposar d'un programari SIG ,amb format vectorial i amb un model híbrid d'emmagatzematge de dades, per a poder vincular els registres de les taules de la base de dades creada amb els seus corresponents components gràfics bàsics (punts, línies i polígons).

Glossari

Adjacència : relació topològica entre dos polígons amb intersecció de contorns i sense intersecció de zones internes.

AM / FM : Automated Mapping /Facilities Management , cartografia assistida per ordinador i gestió d'infraestructures. SIG utilitzats habitualment en empreses de serveis públics.

Arc : segment que uneix dos nodes.

artèria : canonada principal d'una xarxa de distribució d'aigua.Normalment, no es deriva cap escomesa d'una artèria.

Atribut : dada alfanumèrica associada a una entitat geogràfica.

bar : unitat de pressió . 1 bar és equivalent a 10^5 Pascal o bé a 0,987 atm o bé a $1,02 \text{ kg/cm}^2$.

CAD : Computer Aided Drafting/Design/Drawing , disseny assistit per ordinador. Els programes CAD es diferencien dels SIG en que no utilitzen habitualment bases de dades ni realitzen anàlisis espacials.

Centroide : centre geomètric d'un polígon,utilitzat com identificador del polígon.

Connectivitat : relació topològica entre dos entitats geogràfiques amb una ruta o enllaç físic de pas entre elles.

cop d'ariet : fenòmen produït per la variació brusca de velocitat de l'aigua dins una canonada ,amb oscil·lacions de pressió que poden produir trencament o deformació de canonades.

cota topogràfica : altitud d'un punt del terreny sobre el nivell mitjà del mar.

cota vermella : fondària de soterrament de la canonada d'una xarxa d'aigua.

dada geogràfica : dada associada a una entitat geogràfica , que consta de dos components : espacial o geogràfic (relatiu a la seva posició) i alfanumèric o temàtic (relatiu a les propietats no espacials de l'entitat).

diàmetre nominal (D_n) : diàmetre normalitzat de fabricació d'una canonada.

Equival al diàmetre interior en cas d'una canonada de fosa i al diàmetre exterior en cas d'una canonada de plàstic (PVC ,polietilè,poliester) .

DXF : Drawing Exchange Format , format de dades espacials desenvolupat per Autodesk per al programari Autocad™ i utilitzat per altres programaris.
Aquest programari no admet informació associada a les entitats gràfiques ni tampoc relacions topològiques.

Entitat geogràfica : entitat o fenòmen que ocupa una posició en l'espai o sobre la superfície terrestre, determinada per georeferència directa o indirecta

escomesa : ramal d'una canonada secundària d'una xarxa de distribució d'aigua que enllaça amb les canonades generals situades a l'interior dels edificis dels abonats.

ETAP : estació de tractament d'aigua potable.

Georeferència directa : posició sobre la superfície terrestre descrita mitjançant un sistema de coordenades (cartesianes o geogràfiques).

Georeferència indirecta : posició sobre la superfície terrestre descrita amb relació a la posició d'una entitat amb coordenades conegudes.

GIS : Geographic Information System , sistema d'informació geogràfica / SIG
La sigla GIS és més utilitzada que la sigla SIG.

GPS : Global Positioning System , sistema de posicionament mitjançant una xarxa de satèl·lits emissors d'ones electromagnètiques.

hidrant : boca d'incendi d'ús exclusiu per a bombers.

Línia / Polilínia : entitat gràfica unidimensional d'un SIG en format vectorial formada per un conjunt de segments connectats.

mallà : circuit tancat i independent d'una xarxa de distribució d'aigua potable. Consta de diversos nodes enllaçats per trams de canonada.

m.c.a : metres de columna d'aigua. Unitat de pressió .
1 m.c.a equival a 1/10,33 atm o bé a 1/10,2 bar o bé a 0,1 kg/cm²

LIS : Land Information System , sistema d'informació geogràfica utilitzat en gestió cadastral i registre de la propietat immobiliària.

MDT : model digital del terreny o representació de l'espai tridimensional.

MDE : model digital d'elevació , semblant al MDT, on la coordenada z es refereix sempre a l'elevació sobre el terreny.

Node : punt inicial o final d'un arc. Punt d'unió de dos trams de canonada en una xarxa mallada de distribució d'aigua potable

pèrdua de càrrega : disminució de pressió d'un corrent d'aigua pel fregament amb els components de la xarxa de conducció o distribució.

pressió normalitzada (P_n) : pressió que ha de suportar un tub sense acusar manca d'estanquitat.

pressió de treball : pressió màxima de treball més sobrepressió per cop d'ariet

Pixel : Picture element , element més petit d'una imatge que es pot processar i representar . En el model raster , equival a una cel·la

Polígon : Entitat gràfica bidimensional d'un SIG en format vectorial , delimitada per una línia tancada.

Punt : entitat gràfica sense dimensions d'un SIG en format vectorial ,la posició del qual es representa mitjançant un parell de coordenades.

punt singular : element d'una xarxa de distribució d'aigua ,diferent de la canonada, que produeix una pèrdua de càrrega.

Raster : model de representació dels objectes geogràfics mitjançant un conjunt o matriu de cel·les o pixels.

Resolució : en cas d'imatges , nombre de punts per unitat de longitud , tant en sentit horitzontal com vertical ; en cas d'un model raster, mida d'un pixel.

Segment : part d'una línia limitada per dos punts.

SIG : sistema d'informació geogràfica. Sistema informàtic utilitzat per emmagatzemar, manipular i representar dades geogràfiques .

SIT : sistema d'informació territorial / LIS

Solapament : relació topològica entre dos polígons amb intersecció de contorns i de zones internes.

Superposició : combinació de dos o més mapes temàtics amb creació d'un nou mapa que conté les dades gràfiques i alfanumèriques dels mapes inicials.

TIN : Triangulated Irregular Network : MDT que utilitza una xarxa de triangles irregulars,on les altures de diferents punts de cada triangle es calculen per interpolació de les altures dels seus vèrtexs.

Topològica : relació espacial entre entitats geogràfiques que no canvia quan es produeixen determinades transformacions, com ara l'estirament.

UTM : Universal Transversal Mercator, sistema de coordenades derivades per projecció transversa de l'el·lipsoide terrestre de referència.

Vectorial : model de representació dels objectes geogràfics mitjançant entitats o tipus gràfics bàsics o primitius (com ara punts, línies,polígons).

Bibliografia :

- Llibres :
 - Abbey M , Corey M , Abramson I : "Oracle 9i . Guia de aprendizaje"
Madrid : Osborne McGraw-Hill . 2002
 - Aronoff S. "Geographic Information Systems : A Management Perspective"
Ottawa : WDL Publications .1989.

- Bernhardsen T. "Geographic Information Systems. An introduction"
NewYork : John Wiley & Sons .1999. 2nd. edition.
- Bosque Sendra J. "Sistemas de Información Geográfica" .Madrid :Rialp
1997. 2ª edición.
- Comas D. , Ruiz E. "Fundamentos de los Sistemas de Información
Geográfica " . Barcelona: Ariel. 1993
- ESRI . "Understanding GIS . The Arc/Info Method". ESRI Press :Redlands.
1997 . 4th edition.
- Heywood I ,Cornelius S, Carrer S " An introduction to geographical
information systems" . Pearson : London. 2002 .2nd edition.
- Jones C "Geographical Information Systems and Computer Cartography"
Longman : Harlow . 1997
- Koch G , Loney K . " Oracle 8 . The complete reference " .
Osborne –McGrawHill : Berkeley . 1997
- Lantada Zarzosa N. , Nuñez Andrés M.A. " Sistemas de Información
Geográfica. Prácticas con ArcView " . Edicions UPC : Barcelona . 2002
- Langley PA, Goodchild MF, Maguire DJ , Rhind DW " Geographical
Information Systems " John Wiley & Sons : New York .1999 . 2nd edition
- López Alegria P. "Abastecimiento de agua potable" . Alfaomega :
México 2002
- López Figueroa P. "El agua. Tecnología de su distribución y uso " Progenisa . Sevilla.
1997
- Lorenzo R.M. "Cartografía . Urbanismo y desarrollo inmobiliario" .
Dossat 2000 : Madrid . 2001
- Martín J. "Manual práctico para la instalación y conservación de una distribución de
agua. " Ediciones Urmo. Bilbao. 1974
- Mateos de Vicente M. " Válvulas para abastecimiento de agua "
Bellisco : Madrid . 1989
- Mayol Mallorquí J.M. " Tuberías " . Bellisco : Madrid. 1997
- Ministerio de Fomento . "Pliego de prescripciones técnicas generales
para tuberías de abastecimiento de agua " . Centro de Publicaciones del
Ministerio de Fomento : Madrid .1996
- Moldes Teo F.J. "Proyectos GIS con AutoCAD 2002. Autodesk Map".
Anaya Multimedia : Madrid . 2002
- Oracle Corporation . Oracle9i Personal Edition for Windows 98
Installation Guide . Release 1 . 2001 a.
- Oracle Corporation . Oracle9i Database Administrator's Guide for
Windows . Release 1 . 2001 b.
- Ordoñez C. , Martinez-Alegria R. " Sistemas de Información Geográfica.
Aplicaciones prácticas con Idrisi 32 " . Ra-Ma : Madrid . 2003
- Rigaux P, Scholl M , Voisard E." Spatial Databases with application to
GIS" . Morgan Kaufmann : San Francisco. 2002

- Urman S. "Oracle 9i. Programación PL / SQL" . McGrawHill – Interamericana de España : Madrid . 2002
- Documents en línia :
 - AESIG .Secció catalana de l'Associació Espanyola de Sistemes d'Informació Geogràfica.
<http://www.aesig.org/> (data de consulta 03/2004)
 - Aigües de Barcelona. <http://www.aiguesdebarcelona.es/>
(data de consulta : 04 / 2004)
 - Canal de Isabel II . Atención a Proveedores. <http://www.cyii.es/>
(data de consulta : 04 / 2004)
 - "Geographic Information Systems " . http://erg.usgs.gov/isb/pubs/gis_poster/ (data de consulta 03/2004)
 - "Geography matters. An ESRI white paper" . <http://www.gis.com/>
(data de consulta 03/2004)
 - Institut Cartogràfic de Catalunya . <http://www.icc.es/>
(data de consulta : 04 / 2004)
 - NCGIA. "GIS core curriculum for technical programs. Background Trunk"
<http://www.ncgia.ucsb.edu/cctp/toc.html> (data de consulta 03/2004)
- Pedmanabhan G. i altres "A glossary of GIS terminology".
Technical Report 92-13 . NCGIA : Santa Barbara 1992.
<http://www.ncgia.ucsb.edu/products.html> (data de consulta 03/2004)
- Servei d'aigües de Girona , Salt i Sarrià de Ter .
<http://www.aiguesdegirona.com/> (data de consulta : 04 / 2004)
- "SIG oleícola español " . <http://www.mapya.es/es/sig/sig1.htm>
(data de consulta 03/2004)
- "SIMA (Servei interactiu de mapes ambientals)"
<http://sima.gencat.net/website/sima/viewer.htm>
(data de consulta 03/2004)
- Sociedad Regional de Abastecimiento de Aguas . Sorea S.A
<http://www.sorea.es/scugat> (data de consulta : 04 / 2004)
- "What is GIS" . URL : <http://www.gis.com/> (data de consulta 03/2004)
- Wikipedia . "The free encyclopedia " . Versió en espanyol . Article SIG.
<http://www.wikipedia.org/> (data de consulta 03/2004)

Annex A

Punts singulars, trams i malles de la xarxa de la zona d'estudi

Taula A1. Punts singulars de la xarxa

Codi_punt	Coordenada x (UTM)	Coordenada y (UTM)	Observacions
P1	422.282,22	4.593.553,48	N , 400 , Origen artèria
P2	422.287,43	4.593.530,02	N , 400 , 250 , C
P3	422.291,87	4.593.537,45	V , V _e
P4	422.308,98	4.593.546,92	N , 250 , B , 250 , C
P5	422.396,13	4.593.530,38	H
P6	422.597,78	4.593.505,20	H
P7	422.671,65	4.593.498,83	N , 250 , B , 250 , C
P8	422.685,67	4.593.477,73	N , 250 , 250 , C
P9	422.649,64	4.593.388,06	N , 250 , 200 , 250 , V , V _e , Tr
P10	422.503,58	4.593.395,56	H
P11	422.353,30	4.593.417,88	N , 200 , 400 , 350 , V , V _e , Tr
P12	422.328,96	4.593.434,79	H
P13	422.304,01	4.593.455,35	N , 400 , 400 , C
P14	422.695,19	4.593.381,85	H
P15	422.707,65	4.593.382,73	N , 250 , 250 , V, D, sortida M2, T
P16	422.668,90	4.593.218,85	H
P17	422.662,46	4.593.138,11	N , 250 , 250 , B , sortida M2, T
P18	422.650,62	4.593.142,80	N , 250 , 250 , C
P19	422.642,13	4.593.126,19	N , 250 , 250 , C
P20	422.576,43	4.593.125,05	H
P21	422.540,26	4.593.123,86	N , 250 , 100 , V , D , sortida M2, Tr
P22	422.503,17	4.593.229,13	N , 100 , 150 , V , C
P23	422.346,96	4.593.392,47	N , 350 , 350 , 150 , V , Tr
P24	422.485,83	4.593.372,24	N , 150 , 150 , 150 , T
P25	422.513,67	4.593.368,90	N , 150 , sortida M3 (masía) , Ta
P26	422.487,97	4.593.311,67	N , 150 , 150 , C
P27	422.339,21	4.593.310,78	N , 150 , 350 , V , 350 , Tr
P28	422.321,99	4.593.388,21	N , 350 , 350 , C
P29	422.337,70	4.593.399,87	N , 350 , 350 , C
P30	422.340,82	4.593.298,99	N , 350 , 150 , V , 350 , Tr
P31	422.488,50	4.593.298,66	N , 150 , 150 , C
P32	422.490,73	4.593.242,63	H
P33	422.491,72	4.593.231,80	N , 150 , 150 , 150 , T
P34	422.351,54	4.593.229,53	N , 150 , 350 , V , 350 , Tr
P35	422.340,63	4.593.263,42	H
P36	422.352,95	4.593.217,74	N , 150 , 350 , V , 350 , Tr
P37	422.490,64	4.593.222,58	N , 150 , 150 , C
P38	422.521,60	4.593.122,96	N , 150 , 150 , C
P39	422.387,09	4.593.118,96	N , 150 , 150 , C
P40	422.363,29	4.593.135,40	N , 150 , 350 , V , B , final artèria , Tr

Nota : Els números de la columna Observacions indiquen els diàmetres, en mm, dels trams de canonada situats al punt corresponent. B : boca de reg , C : colze D : desguàs , H : boca d'incendi , M : malla , N : node , T : derivació en T , Ta : tapa cega , Tr : derivació en T amb reducció , V : vàlvula , V_e : ventosa.

Taula A2. Trams de canonada i malles de la xarxa

Tram	Longitud (metres)	Diàmetre (mm)	Malla
P1-P2	24	400	Origen M1
P2-P4	27	250	M1
P4-P7	366	250	M1
P7-P8	25	250	M1
P8-P9	97	250	M1
P9-P11	298	200	M1
P11-P13	62	400	M1
P13-P2	76	400	M1
P9-P15	58	200	M2 i sortida M1
P15-P17	249	250	M2
P17-P18	13	250	M2
P18-P19	19	250	M2
P19-P21	102	250	M2
P21-P22	112	100	M2
P22-P33	12	150	M2 i sortida M4
P11-P23	27	350	Origen M3 i sortida M1
P23-P24	140	150	M3
P24-P25	28	150	Sortida M3 (masia)
P24-P26	61	150	M3
P26-P27	149	150	M3
P27-P28	79	350	M3
P28-P29	20	350	M3
P29-P23	12	350	M3
P27-P30	12	350	Origen M4 i sortida M3
P30-P31	148	150	M4
P31-P33	67	150	M4
P33-P34	140	150	M4
P34-P30	70	150	M4
P34-P36	12	350	Origen M5 i sortida M4
P36-P37	138	150	M5
P37-P38	104	150	M5
P38-P39	135	150	M5
P39-P40	29	150	M5
P40-P36	83	350	M5

Annex B

Inserció de valors a les taules de la base de dades xarxa

Les instruccions SQL2 d'inserció de diversos valors a les taules de la base de dades xarxa (dels components alfanumèrics dels elements de la xarxa de distribució d'aigua de la zona d'estudi) són les següents :

```
insert into Node(codi_node) values ('N1');
insert into Node(codi_node,cota) values ('N2' , 169.53);
insert into Node(codi_node) values ('N4' );
insert into Node(codi_node) values ('N7');
insert into Node(codi_node) values ('N8');
insert into Node(codi_node,cota) values ('N9' , 167.99);
insert into Node(codi_node,cota) values ('N11' , 167.00);
insert into Node(codi_node,cota) values ('N13' , 167.97);
insert into Node(codi_node) values ('N15');
insert into Node(codi_node) values ('N17');
insert into Node(codi_node) values ('N18');
insert into Node(codi_node) values (N19');
insert into Node(codi_node) values ('N21');
insert into Node(codi_node) values ('N22');
insert into Node(codi_node,cota) values ('N23' , 167.65);
insert into Node(codi_node) values ('N24');
insert into Node(codi_node) values ('N25');
insert into Node(codi_node) values ('N26');
insert into Node(codi_node,cota) values ('N27' , 166.48);
insert into Node(codi_node,cota) values ('N28' , 167.25);
insert into Node(codi_node) values ('N29');
insert into Node(codi_node,cota) values ('N30' , 166.15);
insert into Node(codi_node) values ('N31');
insert into Node(codi_node) values ('N33');
insert into Node(codi_node,cota) values ('N34' , 165.79);
insert into Node(codi_node,cota) values ('N36' , 165.62);
insert into Node(codi_node) values ('N37');
insert into Node(codi_node) values ('N38');
insert into Node(codi_node,cota) values ('N39' , 165.19);
insert into Node(codi_node,cota) values ('N40' , 165.20);
```

```
insert into Malla values ('M1' , 7 ,951,43378, 'oficines' );
insert into Malla values ('M2' , 7 ,565,null, 'equipaments' );
insert into Malla values ('M3' , 6 ,461,11357, 'habitatges' );
insert into Malla values ('M4' , 4 ,425,9041, 'habitatges' );
insert into Malla values ('M5' , 5 ,489,14602, 'habitatges' );
```

```
insert into Tram(codi_tram,codi_malla,nodel,nodeF,diametre,longitud) values ('T1' , null, 'N1' ,
'N2', 400 , 24);
insert into Tram(codi_tram,codi_malla,nodel,nodeF,diametre,longitud) values ('T2' , 'M1' , 'N2' ,
'N4', 250 , 27);
insert into Tram(codi_tram,codi_malla,nodel,nodeF,diametre,longitud) values ('T3' , 'M1' , 'N4' ,
'N7', 250 , 366);
insert into Tram(codi_tram,codi_malla,nodel,nodeF,diametre,longitud) values ('T4' , 'M1' , 'N7' ,
'N8', 250 , 25);
insert into Tram(codi_tram,codi_malla,nodel,nodeF,diametre,longitud) values ('T5' , 'M1' , 'N8' ,
'N9', 250 , 97);
insert into Tram(codi_tram,codi_malla,nodel,nodeF,diametre,longitud) values ('T6' , 'M1' , 'N9' ,
'N11', 200 , 298);
```

```

insert into Tram(codi_tram, codi_malla, nodel, nodeF, diambre, longitud) values ('T7', 'M1', 'N11',
, 'N13', 400, 62);
insert into Tram(codi_tram, codi_malla, nodel, nodeF, diambre, longitud) values ('T8', 'M1', 'N13',
, 'N2', 400, 76);
insert into Tram(codi_tram, codi_malla, nodel, nodeF, diambre, longitud) values ('T9', 'M2', 'N9',
, 'N15', 200, 58);
insert into Tram(codi_tram, codi_malla, nodel, nodeF, diambre, longitud) values ('T10', 'M2',
, 'N15', 'N17', 250, 249);
insert into Tram(codi_tram, codi_malla, nodel, nodeF, diambre, longitud) values ('T11', 'M2',
, 'N17', 'N18', 250, 13);
insert into Tram(codi_tram, codi_malla, nodel, nodeF, diambre, longitud) values ('T12', 'M2',
, 'N18', 'N19', 250, 19);
insert into Tram(codi_tram, codi_malla, nodel, nodeF, diambre, longitud) values ('T13', 'M2',
, 'N19', 'N21', 250, 102);
insert into Tram(codi_tram, codi_malla, nodel, nodeF, diambre, longitud) values ('T14', 'M2',
, 'N21', 'N22', 100, 112);
insert into Tram(codi_tram, codi_malla, nodel, nodeF, diambre, longitud) values ('T15', 'M2',
, 'N22', 'N33', 150, 12);
insert into Tram(codi_tram, codi_malla, nodel, nodeF, diambre, longitud) values ('T16', null, 'N11',
, 'N23', 350, 27);
insert into Tram(codi_tram, codi_malla, nodel, nodeF, diambre, longitud) values ('T17', 'M3',
, 'N23', 'N24', 150, 140);
insert into Tram(codi_tram, codi_malla, nodel, nodeF, diambre, longitud) values ('T18', null, 'N24',
, 'N25', 150, 28);
insert into Tram(codi_tram, codi_malla, nodel, nodeF, diambre, longitud) values ('T19', 'M3',
, 'N24', 'N26', 150, 61);
insert into Tram(codi_tram, codi_malla, nodel, nodeF, diambre, longitud) values ('T20', 'M3',
, 'N26', 'N27', 150, 149);
insert into Tram(codi_tram, codi_malla, nodel, nodeF, diambre, longitud) values ('T21', 'M3',
, 'N27', 'N28', 350, 79);
insert into Tram(codi_tram, codi_malla, nodel, nodeF, diambre, longitud) values ('T22', 'M3',
, 'N28', 'N29', 350, 20);
insert into Tram(codi_tram, codi_malla, nodel, nodeF, diambre, longitud) values ('T23', 'M3',
, 'N29', 'N23', 350, 12);
insert into Tram(codi_tram, codi_malla, nodel, nodeF, diambre, longitud) values ('T24', null, 'N27',
, 'N30', 350, 12);
insert into Tram(codi_tram, codi_malla, nodel, nodeF, diambre, longitud) values ('T25', 'M4',
, 'N30', 'N31', 150, 148);
insert into Tram(codi_tram, codi_malla, nodel, nodeF, diambre, longitud) values ('T26', 'M4',
, 'N31', 'N33', 150, 67);
insert into Tram(codi_tram, codi_malla, nodel, nodeF, diambre, longitud) values ('T27', 'M4',
, 'N33', 'N34', 150, 140);
insert into Tram(codi_tram, codi_malla, nodel, nodeF, diambre, longitud) values ('T28', 'M4',
, 'N34', 'N30', 350, 70);
insert into Tram(codi_tram, codi_malla, nodel, nodeF, diambre, longitud) values ('T29', null, 'N34',
, 'N36', 350, 12);
insert into Tram(codi_tram, codi_malla, nodel, nodeF, diambre, longitud) values ('T30', 'M5', 'N36',
, 'N37', 150, 138);
insert into Tram(codi_tram, codi_malla, nodel, nodeF, diambre, longitud) values ('T31', 'M5',
, 'N37', 'N38', 150, 104);
insert into Tram(codi_tram, codi_malla, nodel, nodeF, diambre, longitud) values ('T32', 'M5',
, 'N38', 'N39', 150, 135);
insert into Tram(codi_tram, codi_malla, nodel, nodeF, diambre, longitud) values ('T33', 'M5',
, 'N39', 'N40', 150, 29);
insert into Tram(codi_tram, codi_malla, nodel, nodeF, diambre, longitud) values ('T34', 'M5',
, 'N40', 'N36', 350, 83);

insert into Arqueta values ('A3', 0.6, 0.6, 1, default);
insert into Arqueta values ('A4', 0.6, 0.6, 1, default);
insert into Arqueta values ('A5', 0.6, 0.6, 1, default);

```

```

insert into Arqueta values ('A6',0.6, 0.6,1,default) ;
insert into Arqueta values ('A7',0.6, 0.6,1,default) ;
insert into Arqueta values ('A9',0.6,0.6,1,default) ;
insert into Arqueta values ('A10',0.6,0.6,1,default) ;
insert into Arqueta values ('A11',0.6,0.6,1,default) ;
insert into Arqueta values ('A12',0.6,0.6,1,default) ;
insert into Arqueta values ('A14',0.6,0.6,1,default) ;
insert into Arqueta values ('A15',0.6,0.6,1,default) ;
insert into Arqueta values ('A16',0.6,0.6,1,default) ;
insert into Arqueta values ('A17',0.6,0.6,1,default) ;
insert into Arqueta values ('A20',0.6,0.6,1,default) ;
insert into Arqueta values ('A21',0.4,0.4,1,default) ;
insert into Arqueta values ('A22',0.4,0.4,1,default) ;
insert into Arqueta values ('A23',0.4,0.4,1,default) ;
insert into Arqueta values ('A27',0.4,0.4,1,default) ;
insert into Arqueta values ('A30',0.4,0.4,1,default) ;
insert into Arqueta values ('A32',0.4,0.4,1,default) ;
insert into Arqueta values ('A34',0.4,0.4,1,default) ;
insert into Arqueta values ('A35',0.4,0.4,1,default) ;
insert into Arqueta values ('A36',0.4,0.4,1,default) ;
insert into Arqueta values ('A40',0.4,0.4,1,default) ;

```

```

insert into Bocalncendi(codi_hidrant, codi_tram, codi_arqueta)
values ('H5', 'T3', 'A5') ;
insert into Bocalncendi(codi_hidrant, codi_tram, codi_arqueta)
values ('H6', 'T3', 'A6') ;
insert into Bocalncendi(codi_hidrant, codi_tram, codi_arqueta)
values ('H10', 'T6', 'A10') ;
insert into Bocalncendi(codi_hidrant, codi_tram, codi_arqueta)
values ('H12', 'T7', 'A12') ;
insert into Bocalncendi(codi_hidrant, codi_tram, codi_arqueta)
values ('H14', 'T9', 'A14') ;
insert into Bocalncendi(codi_hidrant, codi_tram, codi_arqueta)
values ('H16', 'T10', 'A14') ;
insert into Bocalncendi(codi_hidrant, codi_tram, codi_arqueta)
values ('H20', 'T13', 'A20') ;
insert into Bocalncendi(codi_hidrant, codi_tram, codi_arqueta)
values ('H32', 'T26', 'A32') ;
insert into Bocalncendi(codi_hidrant, codi_tram, codi_arqueta)
values ('H35', 'T28', 'A35') ;

```

```

insert into Bocareg(codi_hidrant, codi_tram, codi_arqueta)
values ('H4', 'T3', 'A4') ;
insert into Bocareg(codi_hidrant, codi_tram, codi_arqueta)
values ('H7', 'T3', 'A7') ;
insert into Bocareg(codi_hidrant, codi_tram, codi_arqueta)
values ('H17', 'T10', 'A17') ;
insert into Bocareg(codi_hidrant, codi_tram, codi_arqueta)
values ('H40', 'T33', 'A40') ;

```

```

insert into Valvula(codi_valvula, codi_tram, codi_arqueta, tipus, diametre, pressio) values ('V3',
'T2', 'A3', 'papallona', 250, 10) ;
insert into Valvula(codi_valvula, codi_tram, codi_arqueta, tipus, diametre, pressio) values ('V9',
'T5', 'A9', 'papallona', 250, 10) ;
insert into Valvula(codi_valvula, codi_tram, codi_arqueta, tipus, diametre, pressio) values ('V11',
'T6', 'A11', 'papallona', 200, 10) ;
insert into Valvula(codi_valvula, codi_tram, codi_arqueta, tipus, diametre, pressio) values ('V15',
'T9', 'A15', 'papallona', 250, 10) ;
insert into Valvula(codi_valvula, codi_tram, codi_arqueta, tipus, diametre, pressio, material, classe)
values ('V21', 'T14', 'A21', 'comporta', 100, 16, 'bronze', '2') ;

```



```

insert into Valvula(codi_valvula, codi_tram, codi_arqueta, tipus, diametre, pressio, material, classe)
values ('V22', 'T14', 'A22', 'comporta', 100, 16, 'bronze', '2' );
insert into Valvula(codi_valvula, codi_tram, codi_arqueta, tipus, diametre, pressio, material, classe)
values ('V23', 'T17', 'A23', 'comporta', 150, 16, 'bronze', '2' );
insert into Valvula(codi_valvula, codi_tram, codi_arqueta, tipus, diametre, pressio, material, classe)
values ('V27', 'T20', 'A27', 'comporta', 150, 16, 'bronze', '2' );
insert into Valvula(codi_valvula, codi_tram, codi_arqueta, tipus, diametre, pressio, material, pressio)
values ('V30', 'T25', 'A30', 'comporta', 150, 16, 'bronze', '2' );
insert into Valvula(codi_valvula, codi_tram, codi_arqueta, tipus, diametre, pressio, material, pressio)
values ('V34', 'T27', 'A34', 'comporta', 150, 16, 'bronze', '2' );
insert into Valvula(codi_valvula, codi_tram, codi_arqueta, tipus, diametre, pressio, material, classe)
values ('V36', 'T30', 'A36', 'comporta', 150, 16, 'bronze', '2' );
insert into Valvula(codi_valvula, codi_tram, codi_arqueta, tipus, diametre, pressio, material, classe)
values ('V40', 'T33', 'A40', 'comporta', 150, 16, 'bronze', '2' );

```

```

insert into Ventosa values ('Ve3', 'T2', 'A3', 'trifuncional', 100, 16, null, null, null) ;
insert into Ventosa values ('Ve9', 'T5', 'A9', 'trifuncional', 100, 16, null, null, null) ;
insert into Ventosa values ('Ve11', 'T6', 'A11', 'trifuncional', 100, 16, null, null, null) ;

```

```

insert into Desguas values ('D15', 'T9', 'A15', 100, 16, null, null, null, default) ;
insert into Desguas values ('D21', 'T14', 'A21', 100, 16, null, null, null, default) ;

```

```

insert into PecaEspecial values ('Pe2r', 'T2', 'reduccio', 400, 250, null, null, null) ;
insert into PecaEspecial(codi_peca, codi_tram, tipus) values ('Pe2c', 'T2', 'colze');
insert into PecaEspecial(codi_peca, codi_tram, tipus) values ('Pe4c', 'T3', 'colze');
insert into PecaEspecial(codi_peca, codi_tram, tipus) values ('Pe7c', 'T4', 'colze');
insert into PecaEspecial(codi_peca, codi_tram, tipus) values ('Pe8c', 'T5', 'colze');
insert into PecaEspecial values ('Pe9r', 'T9', 'Te amb reduccio', 250, 250, 200, null, null) ;
insert into PecaEspecial values ('Pe11r', 'T6', 'Te amb reduccio', 400, 350, 200, null, null) ;
insert into PecaEspecial(codi_peca, codi_tram, tipus) values ('Pe13c', 'T8', 'colze');
insert into PecaEspecial(codi_peca, codi_tram, tipus) values ('Pe15t', 'T10', 'Te');
insert into PecaEspecial(codi_peca, codi_tram, tipus) values ('Pe17t', 'T11', 'Te');
insert into PecaEspecial(codi_peca, codi_tram, tipus) values ('Pe18c', 'T12', 'colze');
insert into PecaEspecial(codi_peca, codi_tram, tipus) values ('Pe19c', 'T13', 'colze');
insert into PecaEspecial values ('Pe21r', 'T14', 'Te amb reduccio', 250, 250, 100, null, null);
insert into PecaEspecial values ('Pe22r', 'T15', 'reduccio', 150, 100, null, null, null);
insert into PecaEspecial(codi_peca, codi_tram, tipus) values ('Pe22c', 'T15', 'colze');
insert into PecaEspecial values ('Pe23r', 'T17', 'Te amb reduccio', 350, 350, 150, null, null);
insert into PecaEspecial(codi_peca, codi_tram, tipus) values ('Pe24t', 'T19', 'Te');
insert into PecaEspecial(codi_peca, codi_tram, tipus) values ('Pe25', 'T18', 'tapa cega');
insert into PecaEspecial(codi_peca, codi_tram, tipus) values ('Pe26c', 'T20', 'colze');
insert into PecaEspecial values ('Pe27r', 'T21', 'Te amb reduccio', 350, 350, 150, null, null);
insert into PecaEspecial(codi_peca, codi_tram, tipus) values ('Pe28c', 'T22', 'colze');
insert into PecaEspecial(codi_peca, codi_tram, tipus) values ('Pe29c', 'T23', 'colze');
insert into PecaEspecial values ('Pe30r', 'T25', 'Te amb reduccio', 350, 350, 150, null, null);
insert into PecaEspecial(codi_peca, codi_tram, tipus) values ('Pe31c', 'T26', 'colze');
insert into PecaEspecial(codi_peca, codi_tram, tipus) values ('Pe33t', 'T27', 'Te');
insert into PecaEspecial values ('Pe34r', 'T28', 'Te amb reduccio', 350, 350, 150, null, null);
insert into PecaEspecial values ('Pe36r', 'T30', 'Te amb reduccio', 350, 350, 150, null, null);
insert into PecaEspecial(codi_peca, codi_tram, tipus) values ('Pe37c', 'T31', 'colze');
insert into PecaEspecial(codi_peca, codi_tram, tipus) values ('Pe38c', 'T32', 'colze');
insert into PecaEspecial(codi_peca, codi_tram, tipus) values ('Pe39c', 'T33', 'colze');
insert into PecaEspecial values ('Pe40r', 'T34', 'Te amb reduccio', 350, 350, 150, null, null);

```

```

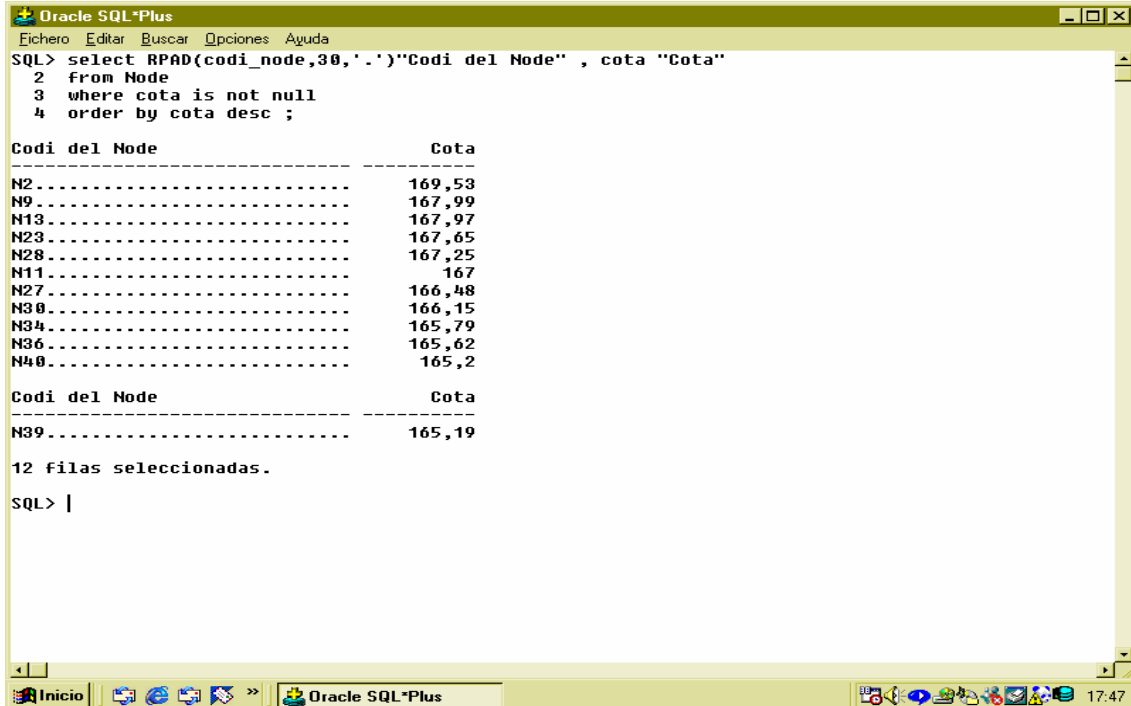
commit ;

```

Annex C

Consultes de les dades inserides a les taules de la base de dades xarxa

Número 1 : Llista dels nodes de la xarxa de la zona d'estudi ,amb cota coneguda, ordenats per cotes , en ordre descendent.



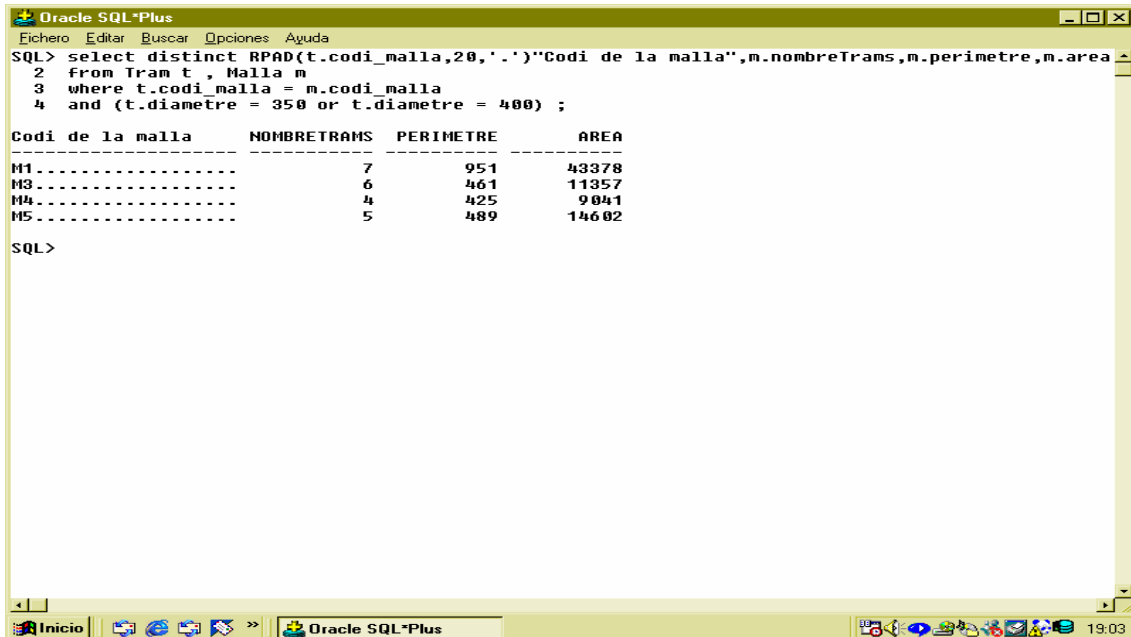
```
Oracle SQL*Plus
Fichero  Editar  Buscar  Opciones  Ayuda
SQL> select RPAD(codi_node,30,'.') "Codi del Node" , cota "Cota"
2   from Node
3   where cota is not null
4   order by cota desc ;

Codi del Node                Cota
-----
N2.....                    169,53
N9.....                    167,99
N13.....                   167,97
N23.....                   167,65
N28.....                   167,25
N11.....                    167
N27.....                   166,48
N30.....                   166,15
N34.....                   165,79
N36.....                   165,62
N40.....                   165,2

Codi del Node                Cota
-----
N39.....                   165,19

12 filas seleccionadas.
SQL> |
```

Número 2 : Malles de la xarxa de la zona d'estudi que deriven d'una canonada principal (de diàmetre 350 o 400) , indicant el nombre de trams,perímetre i àrea

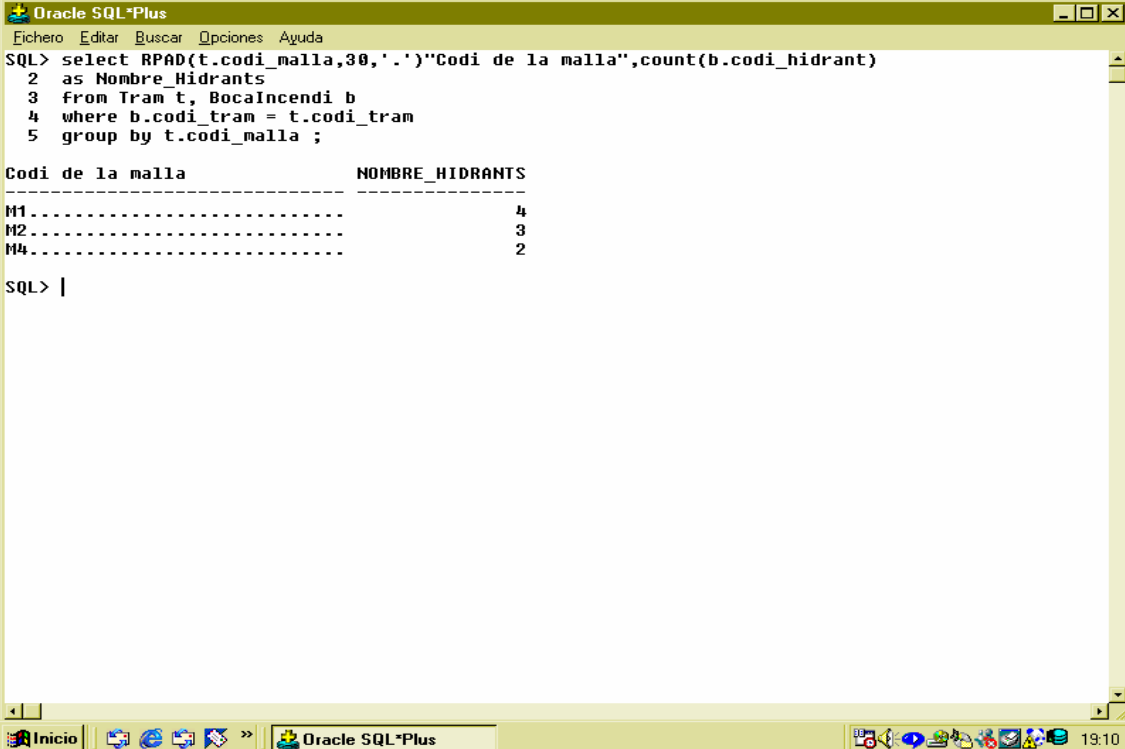


```
Oracle SQL*Plus
Fichero  Editar  Buscar  Opciones  Ayuda
SQL> select distinct RPAD(t.codi_malla,20,'.') "Codi de la malla",m.nombreTrams,m.perimetre,m.area
2   from Tran t , Malla m
3   where t.codi_malla = m.codi_malla
4   and (t.diametre = 350 or t.diametre = 400) ;

Codi de la malla            NOMBRETRAMS  PERIMETRE  AREA
-----
M1.....                    7           951       43378
M3.....                    6           461       11357
M4.....                    4           425       9041
M5.....                    5           489       14602

SQL>
```

Número 3 : Nombre d'hidrants situats en cada malla de la xarxa de la zona d'estudi.



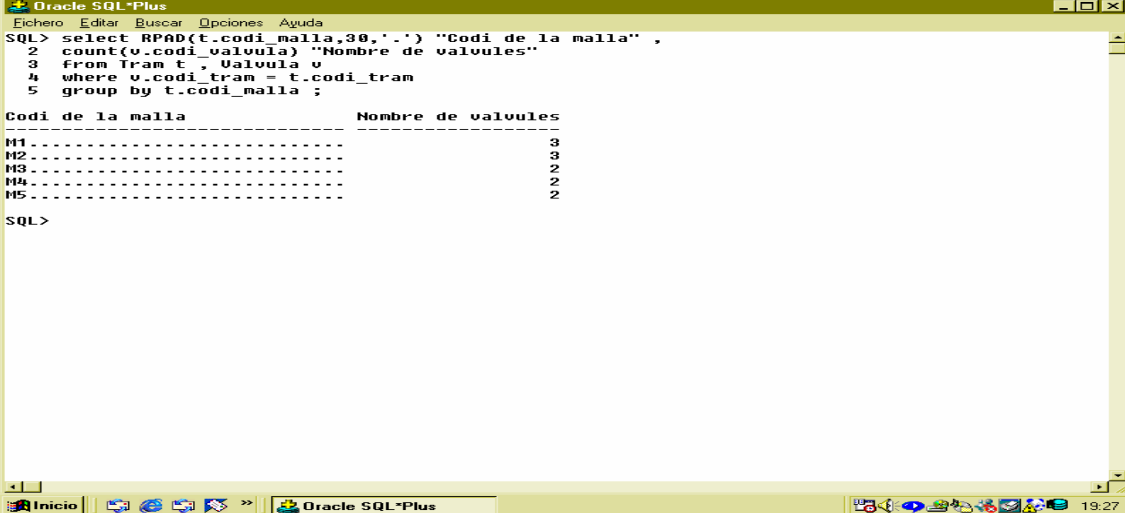
```
Oracle SQL*Plus
Fichero  Editar  Buscar  Opciones  Ayuda
SQL> select RPAD(t.cod_i_malla,30,'.') "Codi de la malla",count(b.cod_i_hidrant)
2 as Nombre_Hidrants
3 from Tram t, BocaIncendi b
4 where b.cod_i_tram = t.cod_i_tram
5 group by t.cod_i_malla ;

Codi de la malla                NOMBRE_HIDRANTS
-----
M1.....                          4
M2.....                          3
M4.....                          2

SQL> |
```

The screenshot shows the Oracle SQL*Plus interface. The query executed is: `select RPAD(t.cod_i_malla,30,'.') "Codi de la malla",count(b.cod_i_hidrant) as Nombre_Hidrants from Tram t, BocaIncendi b where b.cod_i_tram = t.cod_i_tram group by t.cod_i_malla ;`. The output is a table with two columns: 'Codi de la malla' and 'NOMBRE_HIDRANTS'. The rows are: M1 with 4 hydrants, M2 with 3 hydrants, and M4 with 2 hydrants. The window title is 'Oracle SQL*Plus' and the taskbar shows 'Inicio' and 'Oracle SQL*Plus'.

Número 4 : Nombre de vàlvules situades en cada malla de la xarxa de la zona d'estudi.



```
Oracle SQL*Plus
Fichero  Editar  Buscar  Opciones  Ayuda
SQL> select RPAD(t.cod_i_malla,30,'.') "Codi de la malla" ,
2 count(v.cod_i_valvula) "Nombre de valvules"
3 from Tram t , Valvula v
4 where v.cod_i_tram = t.cod_i_tram
5 group by t.cod_i_malla ;

Codi de la malla                Nombre de valvules
-----
M1.....                          3
M2.....                          3
M3.....                          2
M4.....                          2
M5.....                          2

SQL>
```

The screenshot shows the Oracle SQL*Plus interface. The query executed is: `select RPAD(t.cod_i_malla,30,'.') "Codi de la malla" , count(v.cod_i_valvula) "Nombre de valvules" from Tram t , Valvula v where v.cod_i_tram = t.cod_i_tram group by t.cod_i_malla ;`. The output is a table with two columns: 'Codi de la malla' and 'Nombre de valvules'. The rows are: M1 with 3 valves, M2 with 3 valves, M3 with 2 valves, M4 with 2 valves, and M5 with 2 valves. The window title is 'Oracle SQL*Plus' and the taskbar shows 'Inicio' and 'Oracle SQL*Plus'.

Número 5 : Nombre de peces especiales, del tipus de reduccions de diàmetre, que existeixen en cada malla de la xarxa de la zona d'estudi

```

Oracle SQL*Plus
Fichero Editar Buscar Opciones Ayuda
SQL> select RPAD(t.codi_malla,30,'.') "Codi de la malla" ,
2 count(p.codi_peca) "Nombre de reduccions"
3 from Tram t , pecaEspecial p
4 where p.codi_tram = t.codi_tram
5 and p.tipus like '%reduccio'
6 group by t.codi_malla ;

Codi de la malla                Nombre de reduccions
-----
M1.....                          2
M2.....                          3
M3.....                          2
M4.....                          2
M5.....                          2

SQL> |

```

Número 6 : Desnivells existents entre els dos extrems de cada tram, amb cotes dels extrems conegudes ,de la xarxa de la zona d'estudi.

```

Oracle SQL*Plus
Fichero Editar Buscar Opciones Ayuda
SQL> select RPAD(t.codi_tram,30,'.') "Codi del tram" ,
2 RPAD(t.codi_malla,30,'.') "Codi de la malla" ,
3 ABS(n1.cota - n2.cota) "desnivell"
4 from Tram t , Node n1 , Node n2
5 where t.nodeI = n1.codi_node
6 and t.nodeF = n2.codi_node
7 and n1.cota is not null
8 and n2.cota is not null ;

Codi del tram                Codi de la malla                desnivell
-----
T6.....                      M1.....                          ,99
T7.....                      M1.....                          ,97
T8.....                      M1.....                          1,56
T16.....                      .....                          ,65
T21.....                      M3.....                          ,77
T24.....                      .....                          ,33
T28.....                      M4.....                          ,36
T29.....                      .....                          ,17
T33.....                      M5.....                          ,01
T34.....                      M5.....                          ,42

10 filas seleccionadas.

SQL>

```

Annex D : Plànol de la xarxa de distribució d'aigua a la zona d'estudi

