

Llicència



La present obra té llicència *Creative Commons*

Teniu llibertat per:

- **compartir** — copiar, distribuir i transmetre l'obra, i
- **modificar** — adaptar l'obra.

Sota les següents condicions:

Reconeixement — Heu de reconèixer els crèdits de l'obra de la manera especificada per l'autor o titular dels drets (però no d'una manera que suggereixi que us dóna suport o rebeu suport per l'ús que en feu.)

Compartir Igual — Si transformeu o modifiqueu aquesta obra per generar-ne una obra derivada, només podreu distribuir l'obra resultant amb la mateixa llicència, una de similar o una de compatible.

Amb el benentès que:

- **Exoneració** — Qualsevol d'aquestes condicions es poden exonerar si obteniu el permís del titular dels drets d'autor.
- **Altres drets** — De cap manera la llicència afecta a cap dels següents drets:
 - els previstos com a excepcions i limitacions dels drets d'autor, com ara l'[ús legítim](#);
 - els [drets morals](#) de l'autor; i
 - drets que altres persones puguin tenir tant de la mateixa obra com de la forma que s'utilitzi, com ara drets d'imatge o de privacitat.
- **Avís** — Per a qualsevol reutilització o distribució, heu de mostrar clarament els termes de llicència d'aquesta obra. La millor forma per fer-ho és amb un enllaç a <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.ca>

Projecte HAITÍ sig: *Anàlisi bàsic de rutes òptimes a zones de catàstrofe*

Memòria final del projecte.



Vidal Merino Revilla

17 de gener de 2.011

Treball Final de Carrera – Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG)
Enginyeria Tècnica d'Informàtica de Gestió (2010/11 – 1r semestre)
Universitat Oberta de Catalunya (UOC)

Consultora: **Laura Gracia Guardiola**

*A la Conxita, la Gemma i la Mireia: les meves xiques.
Als haitians i als que, com ells, pateixen la desgràcia de viure una catàstrofe.*

1 Resum

Els sistemes d'informació geogràfica s'han convertit en quelcom molt important en els darrers temps gràcies al desenvolupament de les tecnologies sobre les que es recolzen. Aquest projecte tracta sobre ells, i ho fa des de dos vessats: el teòric i el pràctic.

En la part teòrica del projecte es farà una revisió del que són per a què serveixen els sistemes d'informació geogràfica. Per a entendre'ls amb més garanties es tracten lleugerament alguns conceptes genèrics sobre geodèsia i cartografia.

La part pràctica del projecte descriu de quina forma s'ha creat un sistema d'informació geogràfica que permet el tractament de dades d'Haití i que facilita la creació de mapes diversos. Addicionalment, per a veure una utilitat real del que es pot fer amb ells, es descriu també de quina forma s'ha dissenyat una aplicació que permet realitzar el càlcul de rutes òptimes entre dos punts, partint com a base de la xarxa de carreteres d'Haití. Per a finalitzar, es descriu de quina manera s'ha implementat un control de trams de carretera intransitables, els quals no seran considerat en el càlcul de les rutes.

2 Índex

1	Resum	2
2	Índex	3
3	Introducció	5
	3.1 Justificació del Treball Fi de Carrera.....	5
	3.2 Context en el que es desenvolupa: punt de partida i aportació del TFC.....	6
	3.3 Objectius del Treball Final de Carrera.....	7
	3.4 Enfocament i mètode seguit.....	7
	3.5 Planificació del projecte.....	9
	3.6 Productes obtinguts.....	11
	3.7 Descripció dels capítols de la memòria.....	12
4	Introducció als Sistemes d'Informació Geogràfica	14
	4.1 Definició de Sistema d'Informació Geogràfica.....	14
	4.2 Ús dels SIG.....	15
	4.3 Breu història dels SIG.....	15
	4.4 Modelització de la informació geogràfica.....	16
	4.5 Diferència entre els SIG i altres sistemes.....	18
	4.5.1 Sistemes CAD.....	18
	4.5.2 Gestors de bases de dades.....	18
5	Notes sobre geodèsia i cartografia	19
	5.1 Geodèsia.....	19
	5.1.1 Sistemes de coordenades.....	19
	5.1.2 Projeccions cartogràfiques.....	20
	5.1.3 El Datum geodèsic.....	20
6	El programari de treball en el projecte	22
	6.1 Intergraph Geomedia Professional.....	22
	6.2 Microsoft Visual Studio.....	24
	6.3 Microsoft Access.....	25
7	Descripció del cas pràctic	26
8	Construcció del SIG de treball	27
	8.1 Obtenció de les dades geogràfiques d'Haití.....	27
	8.1.1 Imatge raster d'Haití.....	27
	8.1.2 Dades vectorials.....	28
	8.1.2.1 Dades d'intercanvi d' ArcInfo (E00).....	28
	8.1.2.2 Dades geogràfiques en format Shapefile.....	29
	8.2 Creació del SIG amb les dades geogràfiques d'Haití.....	29
	8.2.1 Preparació de l'àrea de treball.....	29
	8.2.2 Connexió a les dades geogràfiques d'Haití.....	29
	8.2.3 Presentació de les dades geogràfiques al Geoworkspace.....	30
	8.2.4 Format de les entitats representades.....	31
	8.2.5 Escalat.....	31
	8.2.6 Creació del magatzem de dades.....	32
	8.2.7 Afegir imatge raster georeferenciada.....	33
	8.2.7.1 Georeferenciar imatge.....	33
	8.2.7.2 Ajustar entitats al mapa.....	34
	8.2.7.3 Retallar polígon de la República Dominicana.....	34
9	L'aplicació de càlcul de rutes	36
	9.1 El model de dades.....	36
	9.1.1 Modificacions de la taula de carreteres.....	37
	9.1.2 La taula Nodes.....	37
	9.1.3 La xarxa de carreteres representada com a graf.....	38
	9.2 Les entitats de la classe Nodes.....	38
	9.3 Les entitats de la classe Carreteres.....	39
	9.4 Carreteres per node i node destí.....	40
	9.4.1 Longitud dels trams de carretera.....	41
10	Disseny de l'aplicació	43
	10.1 Desenvolupament amb Geomedia Professional.....	43
	10.1.1 Tipus de comanda personalitzada.....	43
	10.2 Entorn de desenvolupament per a Geomedia Professional.....	44
	10.3 Creació del projecte amb Geomedia Wizard.....	44

10.4	Resultat del desenvolupament.....	45
10.5	Elements de l'aplicació Càlcul de Rutes	46
10.6	El formulari de treball.....	47
10.6.1	Càrrega del formulari.....	47
10.6.2	Normalització de les dades.....	47
10.7	Algorisme de Dijkstra.....	48
10.8	Presentació de la ruta òptima sobre el mapa	50
10.9	Càlcul de la ruta alternativa.....	51
10.10	Informació de l'aplicació	53
11	Línies de continuació i experiència personal	54
11.1	Possibles línies de continuació.....	54
11.2	Experiència personal.....	54
12	Valoració econòmica	55
13	Conclusions.....	56
14	Glossari.....	57
15	Bibliografia	58
16	Annexos.....	60
16.1	Mapa de la ruta òptima de Port-au-Paix a Mirabelais	60

3 Introducció

L'èxit d'un projecte depèn de molts factors, però sempre és més senzill assolir-lo si es construeix sobre una base sòlida. És fonamental establir quin és el camí que es vol seguir, de quina manera i amb quins mitjans es vol avançar. Convé també determinar fins a quin punt es vol arribar i el motiu de la seva realització.

Aquest capítol introductori, s'ocupa d'aquests aspectes relatius a la preparació del projecte, que fan referència a la seva justificació, definició, planificació i metodologia emprada.

En primer lloc, es presenta la justificació del projecte i es situa en el context del treball de final de carrera. Seguidament, es defineixen els seus objectius i la metodologia utilitzada durant la seva realització. A continuació, es detalla la planificació on s'indiquen les activitats, el calendari de treball i les fites establertes.

Per a finalitzar, s'expliquen els productes que s'han obtingut com a conseqüència de la seva realització i es descriuen els diferents capítols que formen aquesta memòria.

3.1 Justificació del Treball Fi de Carrera

El *Treball Fi de Carrera* (TFC) és una assignatura comuna en tots els estudis d'enginyeria, a través del qual es realitza un treball de síntesi dels coneixements adquirits en altres assignatures de la carrera i que requereix posar-los en pràctica de forma conjunta. El TFC és normalment un treball eminentment pràctic i vinculat a l'exercici professional, i que, en alguns casos, pot incloure un treball de recerca.

Per bé que als estudis d'*Enginyeria Tècnica d'Informàtica de Gestió* (ETIG) de la *Universitat Oberta de Catalunya* (UOC) està considerada una assignatura com les altres, és quelcom més. És la culminació d'uns estudis, en forma d'un treball pràctic, on s'han d'emprar els coneixements assolits i adquirir-ne de nous.

Aquest és el cas de l'àrea sobre la que versa el present projecte: els *Sistemes d'Informació Geogràfica* (SIG)¹, que no es tracta a cap assignatura al llarg de la carrera, però que gràcies al TFC existeix la possibilitat d'endinsar-s'hi a través del desenvolupament d'un cas pràctic.

Els SIG ofereixen suport al modelatge, l'obtenció, la manipulació, la gestió i l'anàlisi de **dades espacialment referenciades** per resoldre problemes lligats a la planificació i gestió del territori: des de la ubicació de recursos sobre cartografia digital a, per exemple, la simulació de l'evolució temporal de la desforestació. Es tracta d'un àrea de coneixement que ha evolucionat molt en els últims anys i que ha revolucionat moltes activitats relacionades amb dades que tenen un component geogràfic (Wharton, 2003). A més, a causa de l'expansió d'Internet i de la *Web 2.0*

¹ *Geographic Information Systems (GIS), en anglès.*

(14 Glossari, pàg. 57), els SIG viuen tota una revolució. Ja hi ha veus que parlen de la *Geoweb Revolution* (ESRI, 2009).

Així, doncs, és una gran oportunitat el poder dedicar el treball de final de carrera a un tema tan interessant, emergent i, sobretot de tanta utilitat pràctica.

En aquest projecte s'ha desenvolupat una aplicació SIG destinada al càlcul de rutes en una xarxa de carreteres. Es tracta d'un tema d'evident utilitat pràctica en molts àmbits: planificació de viatges, transport de mercaderies, etc., però que es converteix en extraordinàriament important quan s'aplica amb l'objectiu de salvar vides humanes. Aquest és el cas que ens ocupa, ja que tot ell s'enfoca en el càlcul de rutes en àrees on s'ha produït una catàstrofe, on les comunicacions són difícils i on sovint cal saber ràpidament quina és la millor ruta per a que, per exemple, els serveis d'assistència puguin arribar a la zona devastada. La construcció d'una eina SIG destinada a aquesta finalitat tan humana justifica amb escreix el repte de realitzar-la.

Finalment, encara que l'aplicació es pot adaptar a qualsevol àrea geogràfica, s'ha emmarcat precisament en **Haití**. Un país que ara fa un any va patir els efectes d'un gran terratrèmol (Vilaweb, 2010) que va devastar la zona més poblada (els voltants de *Port-au-Prince*, la seva capital) i que ha anat encadenant tot un reguitzell de desgràcies (pobresa, còlera, lluites internes, etc.) que l'han deixat en una situació desastrosa (TV3, 2011). Sembla, fins i tot lloable, dedicar el projecte a una àrea geogràfica tan malmesa i on, encara ara, hi ha molta gent que pateix els efectes de la catàstrofe.

3.2 Context en el que es desenvolupa: punt de partida i aportació del TFC

La selecció d'un projecte inclòs en l'àmbit dels Sistemes d'Informació Geogràfica cal ser considerat con un veritable repte per a l'autor.

Com s'ha indicat (3.1 *Justificació del Treball Fi de Carrera*, pàg. 5) es tracta una temàtica que no s'imparteix en cap de les assignatures que formen la *Enginyeria Tècnica d'Informàtica de Gestió* (ETIG) de la UOC. Per tant, per aquesta via no s'han obtingut coneixements previs, específics dels SIG, encara que sí d'àrees ben relacionades amb aquests, com ara el tractament de bases de dades.

No es disposaven de coneixements previs sobre els SIG, provinents d'altres vies alienes a la carrera, ni de moltes de les eines i tipus de dades que s'han utilitzat per al desenvolupament del projecte. Els coneixements sobre cartografia i geodèsia, indispensables per a crear un SIG, eren essencials. En fi, el punt de partida era difícil, però engrescador.

La realització del TFC es aquest àmbit ha donat l'oportunitat a l'autor d'endinsar-se en aquest món.

Per una altra banda, la realització del projecte ha permès practicar el desenvolupament d'un projecte complet, des del seu plantejament i planificació, fins a la seva implementació,

lliurament i presentació. En aquest punt, l'autor partia de certa experiència que, en qualsevol cas, s'ha vist reforçada.

Finalment, cal destacar el desenvolupament de qualsevol projecte, implica l'elaboració de documents i informes diversos, que en el cas del TFC culmina en aquesta memòria. És fonamental cuidar la forma de redactar i presentar la documentació i, precisament, és aquest un dels punts en els que més èmfasi es fa en l'assignatura TFC de la UOC. Aquest projecte ha permès l'autor millorar la tècnica en aquesta àrea de caire més formal.

3.3 Objectius del Treball Final de Carrera

Objectius generals

- Conèixer les característiques fonamentals del Sistemes d'Informació Geogràfica.
- Plantejar i resoldre problemes amb component geogràfica a partir de dades genèriques.
- Obtenir nocions bàsiques de cartografia i geodèsia.
- Reconèixer les diferents operacions espacials dels SIG i la seva utilitat.
- Desenvolupar una petita aplicació que permeti la resolució de problemes concrets amb entitats gràfiques.

Objectius específics

- Crear un SIG senzill i explotar les dades que aquest gestiona.
- Cercar i importar al SIG dades geogràfiques d'un determinat territori.
- Conèixer *Intergraph Geomedia Professional* i les seves utilitats.
- Aprendre a personalitzar l'entorn de treball de *Geomedia Professional*.
- Adaptar informació procedent de fonts alienes als SIG (en concret, dades d'Haití) per tal de que pugui ser tractada en aquest entorn.
- Familiaritzar-se amb l'entorn de programació *Microsoft Visual Studio* i el desenvolupament amb *Visual Basic.Net*
- Aprendre a desenvolupar comandes personalitzades per a *Geomedia Professional* amb desenvolupaments implementats en *Visual Basic.Net*.
- Dissenyar una aplicació de tractament de rutes que permeti calcular la ruta òptima entre dos punts d'una xarxa de carreteres i presentar-la gràficament sobre un mapa.
- Implementar un sistema que permeti indicar els trams de carretera que no són transitables i que no es considerin en el càlcul de rutes.

3.4 Enfocament i mètode seguit

El projecte es divideix en dues parts ben diferenciades i que són totalment complementàries.

- **Part teòrica:** estudi sobre els Sistemes d'Informació Geogràfica, cartografia i geodèsia. També inclou l'aprenentatge de les característiques de *Geomedia Professional* i de la seva ampliació i personalització mitjançant aplicacions realitzades en *Visual Basic .NET*, a través de *Microsoft Visual Studio* i del model d'objectes que *Geomedia Professional* posa a disposició del desenvolupadors.
- **Part pràctica:** creació d'un SIG basat en dades geogràfiques d'Haití i d'una aplicació que utilitzarà aquestes dades i que permet el càlcul de la ruta òptima entre dos punts.

En la planificació inicial de projecte la part teòrica es programa abans de l'inici de la part pràctica, per tal de començar-la amb una base prou ferma. Ara bé, finalment, les dues part es solapen bastant en el temps, de manera que durant el desenvolupament de l'aplicació contínuament es tornava a l'estudi dels conceptes teòrics i mentre es treballava amb la part teòrica s'aprofitava per a començar a dissenyar i preparar la part pràctica.

De fet, encara que, com és necessari, al principi del projecte es va realitzar un pla de treball que contenia una planificació detallada del que es preveia fer, al llarg de la seva evolució la planificació s'ha anat ajustant d'acord a les necessitats i circumstàncies que s'anaven produint. En cap moment, l'autor ha considerat la planificació inicial com a quelcom estàtic i inamovible, sobretot perquè es va elaborar des d'un nivells de coneixement no massa grans (*3.2 Context en el que es desenvolupa: punt de partida i aportació del TFC. Pàg.6*). Al pla de treball es van marcar un seguit de fites, que s'han complert, però sempre adaptant la ruta seguida per arribar-hi.

Quant al desenvolupament de la part pràctica, i especialment de l'aplicació de càlcul de rutes s'ha seguit la mateixa estratègia. S'ha defugit de metodologies de desenvolupament de programari que fossin massa rígides en el seu seguiment, donat que sovint es simultaniejava el desenvolupament amb l'aprenentatge de les eines o dels conceptes teòrics. Així, doncs, no s'ha seguit una metodologia "clàssica" com ara el models en cascada (*Waterfall Model*) (*Wikipedia, Desarrollo en cascada, 2011*), sinó més aviat una metodologia que s'aproxima al *Unified Process* (UP) (*Wikipedia, Unified Process, 2011*). Es tracta d'una metodologia de desenvolupament interactiva i incremental on es van recorrent totes de fases d' anàlisi, disseny, implementació i test de forma contínua fins arribar a la finalització de l'aplicació². Al final de cada iteració es fa un test de l'aplicació que es modifica en funció del seu resultat. D'aquesta manera s'ha realitzat la part pràctica de l'aplicació, on una primera versió, encara incompleta, tant del SIG com de l'aplicació de càlcul de rutes, es va testejar i modificar de manera contínua fins arribar al resultat final, i complint la planificació prevista.

² També caldria incloure en la metodologia 'Unified Process' el desplegament de l'aplicació en el cicle iteratiu, de manera que el lliurament es fes de forma progressiva i incremental i no d'un sol com a una de les darreres fases del projecte. Aquest és un dels punts fonamentals que postulen les metodologies de tipus 'Agile' (Ambler, 2010).

3.5 Planificació del projecte

Després del primer contacte amb el cas, la recollida de requeriments i d'un primer estudi sobre la forma com s'havia de plantejar el projecte que es va elaborar un pla de treball que havia de servir de guia al llarg de la seva evolució. El pla de treball és un document fonamental per a desenvolupar un projecte. En ell s'estableixen, entre altres punt, les especificacions, condicions i normes que s'hauran de complir, els objectius, recursos i sobretot, la planificació.

El projecte es va iniciar el dia 21 de setembre de 2010 i estava establert el seu final el 5 de febrer de 2011. La durada prevista era de **137 dies** naturals, que es van complir puntualment. El projecte va finalitzar el dia previst.

En el pla de treball, es va dividir el projecte en **cinc activitats**, que s'havien de realitzar al llarg del període establert. En un principi, la seva realització es va planificar de manera seqüencial³, de manera que una activitat no havia de començar fins que no finalitzava l'anterior. Aquest model quedava indirectament marcat pel model de lliurament de documents establert al TFC. Ara bé, com s'ha indicat anteriorment (3.4 Enfocament i mètode seguit. pàg. 7), encara que s'han ajustat els lliuraments d'informes intermedis als requeriments de l'assignatura, s'ha seguit una metodologia de treball de tipus iteratiu i incremental, per a alguna de les activitats.

Les activitats planificades es presenten a continuació (Taula 1) on s'indica la durada en dies prevista inicialment així com la durada real per a cada una.

Activitat	Planificat			Real
	Dies	Inici	Final	Dies
1. Elaboració del pla de treball	8	28/09/10	05/10/10	8
2. Estudi de conceptes teòrics generals	38	24/09/10	09/11/10	38
3. Disseny i implementació de l'aplicació	38	10/11/10	19/12/10	40
4. Elaboració de la memòria final i presentació	24	20/12/10	17/01/11	22
5. Debat virtual	3	02/02/11	04/02/11	3

Taula 1: Activitats en que es reparteix el projecte. En vermell es ressalten les activitat que han patit una modificació en dies respecte al que s'havia planificat.

Es van establir un seguit de fites (Taula 2) a assolir per a assegurar el compliment de la planificació. Algunes corresponen al lliurament de documentació requerida per l'assignatura⁴.

Fita	Data
1. Inici projecte HAITÍ-SIG	21/09/2010
2. Lliurament esborrany Pla de Treball (PAC1)	03/10/2010
3. Lliurament del Pla de Treball (PAC1)	05/10/2010
4. Instal·lació Visual.Net	11/10/2010
5. Instal·lació Geomedia Professional	18/10/2010
6. Fi creació plànol de treball	02/11/2010
7. Lliurament esborrany PAC2	06/11/2010
8. Fi estudi conceptes generals: SIG i cartografia	09/11/2010
9. Lliurament PAC2	09/11/2010
10. Base de dades de treball definitiva	16/11/2010
11. Fi desenvolupament càlcul de rutes	28/11/2010

³ Excepte alguns solapaments prevists des del principi, com ara l'estudi dels conceptes teòrics mentre es preparava el pla de treball.

⁴ PACs i lliurament final de la memòria i de la presentació.

Fita	Data
12. Fi desenvolupament actualització de dades	05/12/2010
13. Fi proves integrades	12/12/2010
14. Lliurament esborrany PAC3	16/12/2010
15. Lliurament PAC3	19/12/2010
16. Fi estudi eina de creació de presentacions	22/12/2010
17. Lliurament esborrany memòria final	09/01/2011
18. Lliurament esborrany de la presentació	14/01/2011
19. Lliurament de la memòria final	17/01/2011
20. Lliurament de la presentació virtual	17/01/2011
21. Fi debat virtual	04/02/2011
22. Fi projecte HAITÍ-SIG	05/02/2011

Taula 2: Fites que s'han establert al llarg del projecte.

Cada activitat es va dividir en tasques (Taula 3).

Tasques	Dies	Inici	Final
Inici del projecte HAITÍ-SIG	0	21/09/10	21/09/10
PAC 1: Pla de treball	8	28/09/10	05/10/10
Estudi pla de treball	6	28/09/10	03/10/10
Redacció del pla de treball	5	01/10/10	05/10/10
Lliurament esborrany pla de treball	0	03/10/10	03/10/10
Lliurament del pla de treball	0	05/10/10	05/10/10
PAC 2: Conceptes generals i cartografia	38	24/09/10	09/11/10
Estudi conceptes generals	37	24/09/10	09/11/10
Estudi SIG	31	24/09/10	01/11/10
Estudi Cartografia	31	02/10/10	08/11/10
Fi estudi conceptes generals	0	09/11/10	09/11/10
Estudi eines de prograi	14	11/10/10	27/10/10
Instal·lació Geomedia Professional	0	18/10/10	18/10/10
Estudi Geomedia Professional	9	18/10/10	27/10/10
Instal·lació Visual.Net	0	11/10/10	11/10/10
Estudi i posada al dia Visual.Net	3	11/10/10	13/10/10
Fi estudi eines prograi	0	27/10/10	27/10/10
Estudi zona de treball	13	18/10/10	02/11/10
Obtenció de dades geogràfiques d'Haití	12	18/10/10	31/10/10
Obtenció cartografia Haití	10	20/10/10	31/10/10
Creació plànol de treball	6	25/10/10	31/10/10
Fi Plànol de treball	0	02/11/10	02/11/10
Redacció informe PAC2	7	02/11/10	09/11/10
Redacció temes genèrics memòria	7	02/11/10	09/11/10
Redacció elaboració plànol de treball	7	02/11/10	09/11/10
Lliurament esborrany PAC 2	0	06/11/10	06/11/10
Lliurament PAC 2	0	09/11/10	09/11/10
PAC 3: Disseny i implementació de l'aplicació	38	10/11/10	19/12/10
Base de dades cartogràfica	7	10/11/10	16/11/10
Anàlisi i disseny del model de dades	7	10/11/10	16/11/10
Selecció del gestor de bases de dades	4	10/11/10	13/11/10
Creació de la base de dades	1	13/11/10	13/11/10
Importació de les dades de treball	2	14/11/10	15/11/10
Base de dades de treball definitiva	0	16/11/10	16/11/10
Aplicació .Net: càlcul de rutes	17	11/11/10	28/11/10
Anàlisi i disseny de l'aplicació	10	11/11/10	20/11/10
Desenvolupament de l'aplicació	9	18/11/10	27/11/10
Proves	1	28/11/10	28/11/10
Fi del desenvolupament càlcul rutes	0	28/11/10	28/11/10
Aplicació .Net: actualització de dades	14	22/11/10	05/12/10
Anàlisi i disseny de l'aplicació	7	22/11/10	28/11/10
Disseny del formulari	7	22/11/10	28/11/10
Desenvolupament de l'aplicació	7	29/11/10	05/12/10
Proves	2	04/12/10	05/12/10

Tasques	Dies	Inici	Final
Fi de l'aplicació actualització de dades	0	05/12/10	05/12/10
Proves integrades	7	06/12/10	12/12/10
Elaboració d'un joc de proves	2	06/12/10	07/12/10
Realització de les proves	4	09/12/10	12/12/10
Modificacions de l'aplicació	4	09/12/10	12/12/10
Fi proves integrades	0	12/12/10	12/12/10
Redacció informe PAC 3	6	13/12/10	19/12/10
Redacció descripció model de dades	6	13/12/10	19/12/10
Redacció descripció aplicació .Net	6	13/12/10	19/12/10
Lliurament esborrany PAC 3	0	16/12/10	16/12/10
Lliurament PAC 3	0	19/12/10	19/12/10
Memòria final i presentació	24	20/12/10	17/01/11
Memòria final	24	20/12/10	17/01/11
Preparació de la memòria final	22	20/12/10	14/01/11
Lliurament de l'esborrany de la memòria	0	09/01/11	09/01/11
Lliurament de la memòria final	0	17/01/11	17/01/11
Presentació	24	20/12/10	17/01/11
Selecció de l'eina de creació de la presentació	3	20/12/10	22/12/10
Estudi funcionament eina de presentació	2	21/12/10	22/12/10
Fi estudi eina de presentació	0	22/12/10	22/12/10
Redacció del guió de la presentació	9	02/01/11	11/01/11
Preparació de l'esborrany de la presentació	1	13/01/11	13/01/11
Lliurament de l'esborrany de la presentació	0	14/01/11	14/01/11
Realització de la presentació definitiva	1	15/01/11	15/01/11
Lliurament de la presentació virtual	0	17/01/11	17/01/11
Debat virtual	3	02/02/11	04/02/11
Realització del debat virtual	3	02/02/11	04/02/11
Fi del debat virtual	0	04/02/11	04/02/11
Fi del projecte HAITÍ-SIG	0	05/02/11	05/02/11
Fi del projecte	0	05/02/11	05/02/11

Taula 3: Divisió en tasques de les activitats en les que es divideix la planificació del projecte.

No s'ha seguit una comptabilitat massa estricta de les hores reals emprades per a la realització de cada tasca. Ara bé, de cara a poder realitzar la valoració econòmica del projecte (*12 Valoració econòmica. pàg. 55*), es fa una estimació de la mitjana d'hores dedicades per cada dia de feina. Es consideren un total de **2 hores / dia** i, per tant, la durada de tot el projecte ha estat de **274 hores**.

3.6 Productes obtinguts

En finalitzar el projecte, s'obtenen els següents productes:

- **Memòria final de projecte:** correspon al present informe on es presenta detalladament tots els punts que es consideren fonamentals del que s'ha realitzat al llarg del desenvolupament del projecte i, sobretot, dels resultats obtinguts.
- **Presentació virtual del projecte:** arxiu multimèdia amb vídeo i so, que explica gràficament el desenvolupament del projecte i permet mostrar el SIG d'Haití construït i l'aplicació de càlcul de rutes en funcionament.

- **Aplicació de càlcul de rutes (HAITÍsig):** es lliura l'aplicació de càlcul de rutes en forma d'un únic arxiu comprimit que conté els arxius necessaris per a la seva instal·lació.
- **Manual d'instal·lació i ús de l'aplicació de càlcul de rutes:** juntament amb l'aplicació, es lliura un manual que explica els elements de què consta l'aplicació, el mètode d'instal·lació i una guia de com funciona i quins resultats s'obtenen.

3.7 Descripció dels capítols de la memòria

Es detallen a continuació quins són i de què tracten els següents capítols de la present memòria, que es poden agrupar en tres blocs⁵.

Bloc 1: Part teòrica:

Comprèn aquells capítols dedicats a l'estudi de les matèries i eines que es consideren indispensables de conèixer per a l'elaboració d'un SIG.

Capítol 4: Introducció als Sistemes d'Informació Geogràfica

Repàs del que són els SIG, com han evolucionat i quina és la seva utilitat.

Capítol 5: Notes sobre geodèsia i cartografia

Es presenta una breu pinzellada sobre alguns conceptes importants relacionats amb la cartografia i la geodèsia.

Capítol 6: El programari de treball en el projecte

Es revisen alguns detalls de les eines de programari més importants que s'han utilitzat en el projecte, fent especial menció a Geomedia Professional.

Bloc 2 - Part pràctica:

Tracta els temes relacionats amb la creació del SIG i l'aplicació de càlcul de rutes.

Capítol 7 Descripció del cas pràctic

Revisió del que consisteix la part pràctica del projecte.

Capítol 8 Construcció del SIG de treball

Detalls de com s'ha elaborat el SIG d'Haití, de quina manera s'han obtingut les dades geogràfiques per a generar-lo i com s'ha estructurat per a que sigui una eina útil.

Capítol 9 L'aplicació de càlcul de rutes

Descripció de la forma com s'ha dissenyat l'aplicació de càlcul de rutes entre dos punts de la xarxa de carreteres d'Haití i tenint present que poden haver trams intransitables.

Capítol 10 Disseny de l'aplicació

Descripció de la forma com s'ha implementat l'aplicació.

Bloc 3: Altres

Es tracten temes complementaris del projecte.

⁵ No es consideren els capítols finals: glossari, bibliografia i annexos

Capítol 11 Línies de continuació i experiència personal

Reflexió del que ha significat per a l'autor la realització del projecte i recomanacions per a la seva continuació.

Capítol 12 Valoració econòmica

Revisió dels aspectes econòmics del projecte.

Capítol 13 Conclusions

Conclusions.

4 Introducció als Sistemes d'Informació Geogràfica

Amb aquest capítol comença el bloc dedicat als aspectes teòrics del projecte, que fan possible l'enteniment i elaboració de la segona part, pràctica.

Es definirà el concepte de SIG, es descriuran els seus components i quines aplicacions tenen. Es fa també una comparació amb altres sistemes CAD i amb bases de dades amb coordenades.

4.1 Definició de Sistema d'Informació Geogràfica

Definir un concepte no és habitualment una tasca senzilla. Cada autor ho fa segons es seu criteri i el seu llenguatge, i per tant, sovint el nombre de definicions pot resultar elevat. La definició de Sistema d'Informació Geogràfica (SIG) no és cap excepció (*D J Maguire, 2001*).

Es presenta la definició publicada per *Environmental Systems Research Institute (ESRI)* (*ESRI, ESRI, 2010*), per una empresa important en el desenvolupament dels SIG:

"A geographic information system (GIS) integrates hardware, software, and data for capturing, managing, analyzing, and displaying all forms of geographically referenced information."

Des del seu punt de vista, un SIG fa referència al material informàtic (maquinari, programari i dades) que destinat al tractament d'informació referenciada geogràficament (geo-referenciada) (*14 Glossari. pàg. 57*).

Una definició, més sintètica, que vol expressar el mateix (*Olivella, 2007*):

"Un SIG és un sistema informàtic dissenyat per a treballar amb dades geogràfiques."

Ara bé, una definició més ampla, incorpora també altres elements (*GISdevelopment.net, 2011*) addicionals. Es consideren cinc elements clau que hi intervenen:

- **Maquinari**
Es dispositius on s'executa el programari GIS així com els aparells que permeten manipular dades geogràfiques, com ara escàners, taules digitalitzadores, etc.
- **Programari**
Aplicacions que proporcionen les eines per a emmagatzemar, analitzar i presentar informació geogràfica.
- **Dades**
Les dades geogràfiques representen el més important en el SIG. És la informació que és tractada per a obtenir un resultat, normalment en forma de mapa.
- **Personal operador del SIG**
S'inclou en el concepte de SIG el usuaris que van des dels especialistes informàtica que dissenyen i mantenen el sistema, fins el que utilitzen el SIG per a realitzar les seves tasques diàries.
- **Metodologia**
S'inclou també la metodologia emprada que per a treballar amb el sistema. Es refereix a les tècniques utilitzades per a la creació de mapes i la seva utilització posterior.

4.2 Ús dels SIG

Els SIG s'utilitzen en multitud d'àmbits: investigació científica, gestió de recursos, arqueologia, avaluació de l'impacte ambiental, planificació urbana, cartografia, sociologia, logística, etc. (*Wikipedia, Sistema de Informació Geogràfica, 2010*). Un SIG, per exemple, podria facilitar a una empresa escollir la ubicació d'una nova factoria, localitzar les àrees naturals que necessiten més protecció o bé, reduir els temps de resposta dels grups d'emergència en cas d'un desastre natural. Aquest darrer exemple s'ajusta força al que es planteja en el present projecte.

Així, doncs, es pot dir que qualsevol mena d'anàlisi que s'hagi de fer sobre dades que tinguin un component geogràfic, poden ésser tractades a través d'un SIG.

4.3 Breu història dels SIG

De forma prèvia als veritables SIG computeritzats, ja existeixen certs precedents d'estudis d'anàlisi de dades geogràfiques de forma sistemàtica. Segurament el cas més conegut és el del Dr. John Snow, a l'any 1.854 (*Crosier, 2009*). Aquest metge es va dedicar a assenyalar sobre el plànol els casos de còlera que s'anaven produint a Londres durant una epidèmia i, va ser a partir de l'anàlisi de les dades cartografiades, que va localitzar els pous que eren l'origen de la malaltia.

Ara bé, els SIG computeritzats, com es coneixen avui en dia, tenen la seva aparició en els anys seixanta. L'any 1.962 va viure la primera utilització real dels SIG al món, a *Ottawa* (Canadà), per part del Departament Federal de Silvicultura i Desenvolupament Rural. El va desenvolupar *Roger Tomlinson* i va ser anomenat *CGIS (Canadian Geographic Information System)* (*Wikipedia, Sistema de Informació Geogràfica, 2010*).

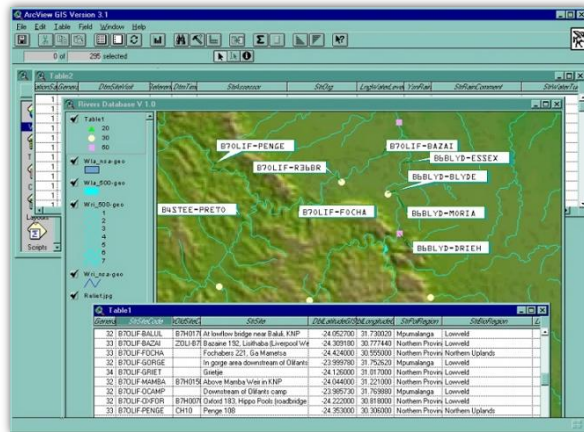
Poc després, el 1.964, *Howard T. Fisher* va crear el Laboratori de Gràfics Informatitzats i Anàlisi Espacial a la Universitat de *Harvard* (*Olivella, 2007*). En aquest centre es van desenvolupar importants conceptes teòrics en l'anàlisi de dades espacials (*Wikipedia, Sistema de Informació Geogràfica, 2010*). És d'aquest laboratori d'on sorgeixen els fundadors de l'empresa *Environmental Systems Research Institute (ESRI)* (*ESRI, ESRI, 2010*), molt important, fins i tot avui en dia, en el desenvolupament de projectes SIG (*Olivella, 2007*).

Va ser durant la dècada dels vuitanta quan es va produir el veritable desplegament dels SIG, sobretot degut a l'evolució dels ordinadors i del software especialitzat. Les empreses *M&S Computing* (després anomenada *Intergraph*) (*Intergraph, Intergraph, Web Corporativa, 2010*), *ESRI* (*ESRI, ESRI, 2010*) i *CARIS (Computer Aided Resource Information System)* (*CARIS, 2010*) emergirien com a proveïdors comercials de software SIG (*Wikipedia, Sistema de Informació Geogràfica, 2010*). El 1.981, *ESRI*, va presentar **Arc/Info**, un programari que es va convertir en un estàndard i que s'executava en equips *mainframe* (*Nathaniel, 2010*).

Als anys noranta es van multiplicar les empreses que oferien serveis SIG, gràcies a l'evolució de programari SIG per a sistemes UNIX i ordinadors personals (*Wikipedia, Sistema de Informació*

Geogràfica, 2010). El 1.992, ESRI va llençar **ArcView**, un sistema amb una interfase d'usuari gràfica que es va crear com a evolució d Arc/Info (*Nathaniel, 2010*).

Per una altra banda, en 1993 s'estableix a Europa EUROGI (*European Umbrella Organisation for Geographic Information*) (*EUROGI, 2010*), una organització no governamental que representa la comunitat d'informació geogràfica europea i que té l'objectiu principal de maximitzar la disponibilitat d'informació geogràfica a Europa (*Olivella, 2007*). Poc després, es crea l'*Open Geospatial Consortium* (OGC), una agrupació no lucrativa que agrupa multitud d'organitzacions públiques i privades i que lidera el desenvolupament d'estàndards en els serveis geoespacials i de localització (*Olivella, 2007*) (*OGC, 2010*).



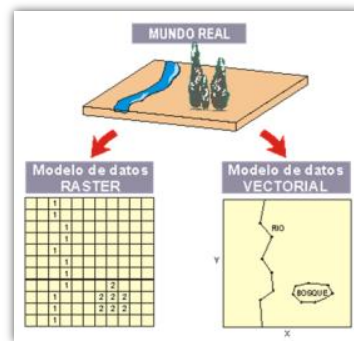
Il·lustració 1: Aspecte de l'ArcView v.3.1 (Silberbauer).

En el segle XXI s'ha consolidat el ràpid creixement i com a resultat s'ha reduït el nombre de plataformes que s'utilitzen. Ara bé, el creixement d'Internet ha comportat una major facilitat per a compartir informació geogràfica. També es tendeix a l'estandardització del format de les dades i a les normes de transferència (*Wikipedia, Sistema de Información Geográfica, 2010*). També s'ha produït una expansió en el nombre de desenvolupament de software SIG de codi lliure (*Wikipedia, Sistema de Información Geográfica, 2010*).

4.4 Modelització de la informació geogràfica

Els SIG permeten emmagatzemar i analitzar dades amb components geogràfics, que representen elements del món real (carreteres, països, muntanyes, parcel·les, etc.). Hi ha dues formes generals de guardar dades en un SIG: *raster* o *vectorial* (Il·lustració 2).

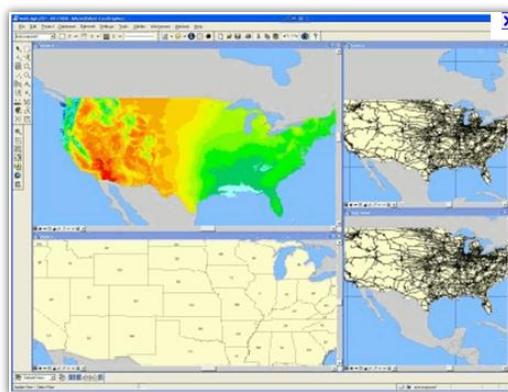
- Dades Raster:** una imatge *raster* és una imatge digital representada en malles. El model SIG *raster*, o de retícula, es centra en les propietats de l'espai, més que en la precisió en la localització. Divideix l'espai en cel·les regulars on a cada una s'assigna un valor. Són dades útils en, per exemple, l'anàlisi de les característiques de cobertura d'un àrea geogràfica: vegetació, temperatures, etc. Les imatges de la superfície terrestre obtingudes a través de satèl·lits o d'avions són sovint imatges *raster*, que poden ésser tractades i analitzades a través dels SIG (*Wikipedia, Sistema de Información Geográfica, 2010*) (Il·lustració 3)(Il·lustració 4).



Il·lustració 2: Recollida de dades del món real en format raster o vectorial (Tinoco, 2010).

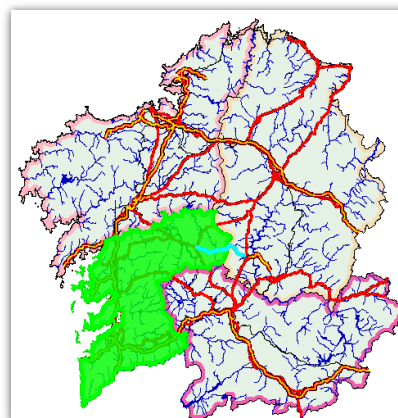


Il·lustració 3: Imatge raster de Catalunya obtinguda a través d'un satèl·lit. Google Maps (Google, 2010).



Il·lustració 4: Tractament de dades raster des d'un SIG (ArgGIS) (Lanero, 2010).

- Dades vectorials:** en els SIG les dades geogràfiques s'expressen com vectors i es mantenen les característiques de les entitats. L'interès fonamental de les dades vectorials és la precisió de la seva localització. Els elements geomètrics més utilitzats per a representar els objectes són: punts, línies i polígons (Il·lustració 5).



Il·lustració 5: Representació de Galícia en un SIG (Geomedia Professional) a partir de dades vectorials.

Normalment, la en representació de mapes a partir d'un SIG es combinen les dades *raster* i vectorials i obtenir informació conjunta (Il·lustració 6).



Il·lustració 6: Dades raster i vectorials combinades a Google Maps (Google, 2010).

El model de dades que s'escollirà depèn de les dades que s'han de representar. Les dades vectorials s'utilitzaran amb objectes geogràfics amb límits ben definits, com ara carreteres, poblacions, límits administratius. El model raster es fa servir per a elements amb límits més difusos, com ara les àrees de bosc.

4.5 Diferència entre els SIG i altres sistemes

Sovint es produeix certa confusió entre el que representa un SIG i altres sistemes similars, que també poden tractar amb dades situades en l'espai. Es compara, en aquest capítol, els SIG amb Disseny Assistit per Ordinador (CAD)⁶ i les bases de dades amb coordenades.

4.5.1 Sistemes CAD

Els sistemes CAD són paquets de dibuix a través dels quals es gestionen dades geomètriques, d'objectes. Basen el seu funcionament en la representació i tractament d'elements gràfics que normalment depenen d'un sistema de coordenades. Els objectes representats, es poden trobar a sobre de la superfície de la Terra (com ara les parcel·les d'una urbanització), de la mateixa forma que es podria fer amb un SIG.

Ara bé, els sistemes CAD no estan dissenyats per a l'anàlisi dels objectes representats segons la seva situació sobre la superfície terrestre. Aquests és la funció dels SIG que basen el nucli del seu funcionament en l'anàlisi de les dades geo-referenciades més que en la seva representació gràfica.

Encara que comparteixen elements, es pot dir que el sistemes CAD són eines preparades per a dibuixar objectes i els SIG estan dissenyats per a analitzar les relacions topològiques que existeixen entre els elements.

4.5.2 Gestors de bases de dades

Encara que els SIG es recolzin en bases de dades que contenen la informació geogràfica que tracten, cal no confondre-la amb els gestors de bases de dades genèrics, malgrat que aquests puguin contenir informació geogràfica.

El gestors de bases de dades genèrics simplement mantenen les dades. Els SIG utilitzen les dades de les bases de dades i les gestionen. Estan dissenyats per a analitzar la informació des del punt de vista geogràfic, es a dir, considerant en quin punt de la superfície terrestre es troben les dades i establint relacions entre elles.

De fet, els SIG sovint utilitzen dades que es poden gestionar tant des del propi programari SIG, com des d'un gestor de bases de dades.

⁶ En anglès, *Computer Aided Design (CAD)*

5 Notes sobre geodèsia i cartografia

En aquest apartat es tractaran alguns temes relacionats amb la geodèsia i la cartografia que es consideren necessaris per a poden emprar correctament la informació que es vol tractar amb un SIG. És un tema complex. En la aquesta memòria es comenten alguns conceptes:

- Sistemes de coordenades i sistemes de referència
- Projeccions cartogràfiques
- *Datums* geogràfics

5.1 Geodèsia

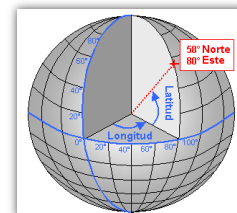
La geodèsia se n'encarrega de l'estudi i determinació de la forma i dimensions de la Terra⁷. Com els SIG treballen amb dades georeferenciades, és evident que els conceptes tractats en aquesta disciplina s'han de tenir molt en compte.

5.1.1 Sistemes de coordenades

Per a situar un punt sobre la superfície terrestre és necessari establir un **sistema de coordenades**. Els més utilitzats són:

- **Sistema de coordenades geogràfiques**

Aquest sistema utilitza una superfície esfèrica tridimensional per a definir les localitzacions sobre la superfície terrestre. S'utilitzen dos angles mesurats des del centre de la Terra: latitud i longitud (Il·lustració 7).



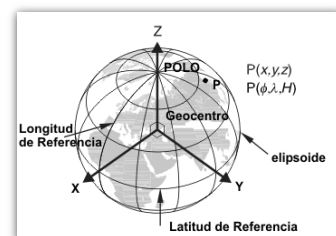
Il·lustració 7: Latitud i longitud.

Longitud: angle mesurat al llarg de l'equador des de qualsevol punt de la Terra.

Latitud: l'angle mesurat des del centre de la Terra cap al nord, entre l'equador i la posició d'un punt sobre la superfície terrestre

- **Sistema de coordenades cartesià**

En un sistema de coordenades cartesianes o geocèntriques, una posició es defineix en un espai tridimensional per les coordenades (x, y, z) (Il·lustració 8).



Il·lustració 8: Representació de les coordenades cartesianes (Colòmbia, 2011)

- **Sistema de coordenades projectades**

Es defineix sobre una superfície plana, en la qual la localització de les coordenades es realitza respecte a una malla on s'ha definit l'origen en el seu centre.

⁷ També estudia el camp gravitatori i l'evolució dels diferents elements terrestres, com ara els moviments polars, les marees, etc. (Bollas, 2007).

5.1.2 Projeccions cartogràfiques

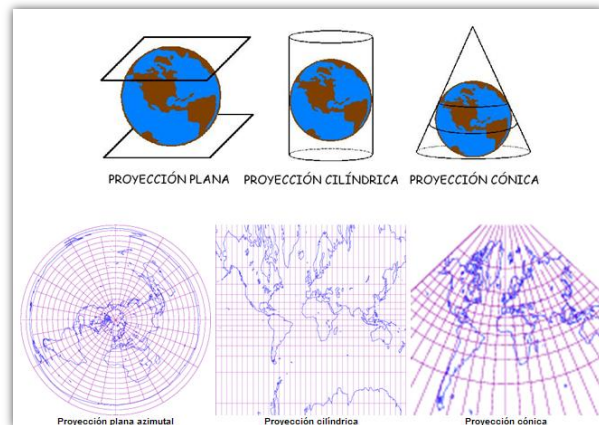
Les projeccions cartogràfiques són sistemes per a reproduir l'esfera terrestre en una superfície plana. Com un pla no pot ajustar-se perfectament a una esfera sense patir deformacions, les projeccions cartogràfiques representen una aproximació de la superfície de la Terra. Existeixen diversos tipus de projecció, depenent de com es faci la transformació.

Segons les propietats geomètriques:

- **Projeccions conformes:** es caracteritzen per mantenir la forma de la superfície que es mostra al mapa, perquè no es distorsionen les relacions angulars. La condició perquè un mapa sigui conforme és que meridians i paral·lels es tallin en angle recte tal com passa al globus terraquí.
- **Projeccions equivalents:** es caracteritzen perquè les àrees projectades mantenen les mateixes proporcions que les àrees de la Terra que representen. En aquest cas sí cal deformar els angles originals.
- **Projeccions equidistants:** conserven les distàncies entre els punts.
- **Projeccions azimuthals:** conserven les direccions.

Segons la superfície d'on deriven
(Il·lustració 9):

- **Projeccions còniques.**
- **Projeccions cilíndriques.**
- **Projeccions planes.**



Il·lustració 9: tipus de projecció segons la superfície d'on deriven (Buzo).

5.1.3 El Datum geodèsic

L'objectiu principal per a treballar amb entitats situades sobre la superfície terrestre és la seva georeferenciació. Per a fer-ho, cal superfície de referència sigui una aproximació de la forma real de la superfície terrestre. Ara bé, la forma de la Terra és irregular i molt complexa i a més, està condicionada per molts factors: la força gravitatòria, la pressió de la radiació solar, la seva composició viscosa, etc. Per tant, cal una representació simplificada de la seva forma per tal de poder treballar-hi, és a dir, un model. Els dos models més utilitzats són el geoide i l'el·lipsoide.

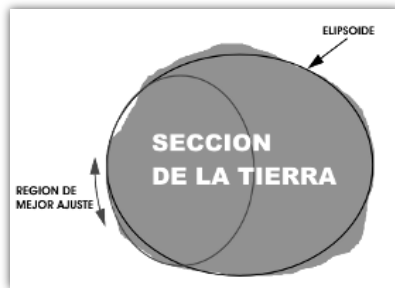
Geoide:

Es defineix geoide com la superfície on la direcció de la gravetat és perpendicular en tots els llocs i es correspon amb el valor de la gravetat que s'experimenta en el nivell mitjà del mar.

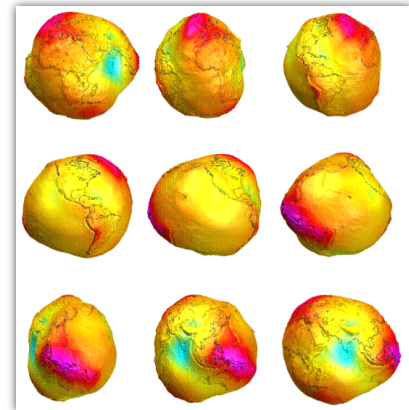
Al contrari del que es podria imaginar, aquesta superfície no és uniforme, sinó que presenta una sèrie d'irregularitats degudes a la diferent composició mineral de l'interior de la terra i les seves diferents densitats, el que implica que existeixi una distància diferent de cada punt de la superfície del geoide al centre de la terra (*Il·lustració 10*).

El·lipsoide:

L'el·lipsoide és la superfície matemàtica simple que millor s'aproxima a la forma de la Terra i, per tant, al geoide (*Il·lustració 11*).



Il·lustració 11: el·lipsoide (UNAL)



Il·lustració 10: Representació del geoide terrestre (ABAE).

Existeixen multitud d'el·lipsoides i, depenent de l'àrea geogràfica tractada s'escull un o un altre, de manera que s'ajusti el més acuradament possible la superfície real de la Terra.

Datum:

La definició dels paràmetres (dimensions, forma, posició) de l'el·lipsoide seleccionat i la determinació d'un punt de tangència comú a les superfícies del geoide i de l'el·lipsoide permetrà fixar un punt en un espai tridimensional. Això és el que es coneix com a *datum* geodèsic.

Per tant, el *datum* és un conjunt de mesures que defineixen l'orientació d'un el·lipsoide determinat en la superfície terrestre. Està format pels elements següents:

- La dimensió i forma de l'el·lipsoide, expressat com els valors dels seus semieixos i el factor d'aplanament.
- Un punt fonamental, en què el geoide és tangent a l'el·lipsoide i del que s'especifica la longitud, la latitud i l'azimut d'una direcció establerta.

6 El programari de treball en el projecte

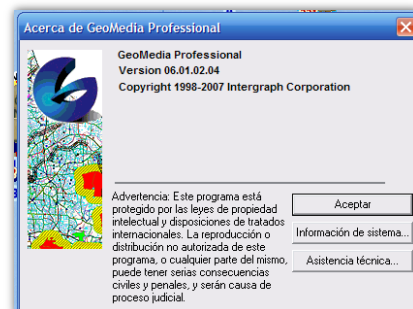
En aquest capítol es descriu el programari principal que s'ha fet servir en el desenvolupament del projecte. Destaca, per sobre de la resta, *Geomedia Professional*, l'aplicació SIG que s'ha utilitzat per a tractar les dades georeferenciades d'Haití. També es descriuen *Microsoft Visual Studio*, utilitzat com a entorn de programació, i *Microsoft Access*, com a gestor de bases de dades.

6.1 Intergraph Geomedia Professional

GeoMedia Professional forma part de la suite de components SIG de *Intergraph Corporation* (*Intergraph, InterGraph - Geomedia, 2010*). Ha estat dissenyat per a recollir dades geogràfiques en bases de dades, analitzar-les i generar mapes preparats per a la seva distribució i presentació.

En aquest projecte s'ha fet servir la versió 6.1 (*Il·lustració 12*).

Geomedia Professional permet la combinació de dades geogràfiques de diferents procedències, en formats diferents i amb diverses projeccions de mapes, així com la realització de consultes complexes. És una eina molt versàtil a l'hora de crear vistes diverses de mapes.

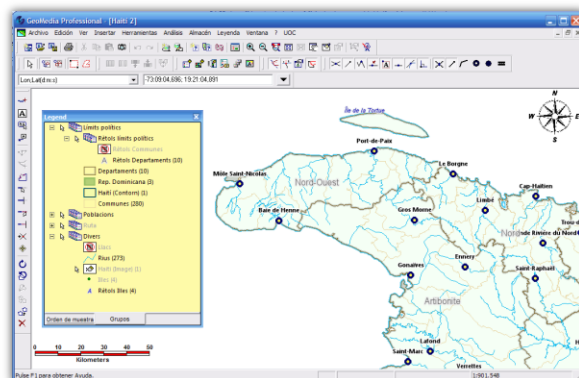


Il·lustració 12: En aquest projecte s'ha fet servir *Geomedia Professional* 6.1.

Quant a la captura i manteniment de dades, permet la recollida i edició de dades de forma senzilla i intel·ligent. És capaç de captar dades vectorials a partir d'imatges *raster* i permet la digitalització a través de dispositius externs.

Geomedia Professional permet la seva personalitzacions a través d'eines de desenvolupament. Incorpora, fins i tot, un assistent de creació d'aplicacions, que s'integra amb *Microsoft Visual Studio 2005* el qual facilita la creació d'aplicacions, codificades en *Visual Basic.Net* o *C#.Net*.

Entre els elements que incorpora l'aplicació, es destaquen alguns que es consideren claus en el treball amb *Geomedia Professional*.

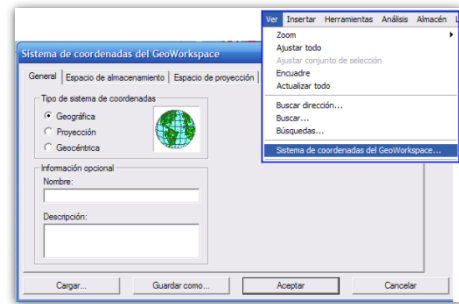


Il·lustració 13: Àrea de treball de *Geomedia Professional*.

- **GeoWorkspace:** és el component més important de l'aplicació. Sense ell, no s'hi pot treballar. Es tracta d'un únic arxiu, amb extensió *.gws*, que emmagatzema tot l'entorn de

treball: finestres de mapes de composició, connexions a magatzems de dades, llegendes, estils, etc (Il·lustració 13).

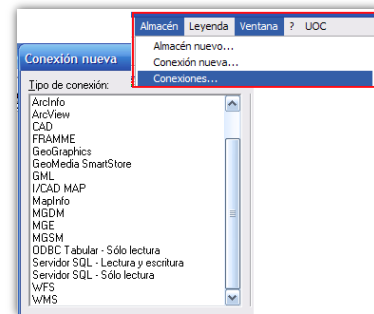
- **Sistemes de coordenades:** un dels elements que cal assignar al *Geoworkspace* és el sistema de coordenades que s'utilitzarà per a presentar les dades geogràfiques. Aquestes podran estar emmagatzemades amb sistemes de coordenades geogràfiques diverses, però al *Geoworkspace* es realitzarà automàticament la conversió al sistema comú escollit (Il·lustració 14).



Il·lustració 14: Sistema de coordenades assignat al *Geoworkspace*.

- **Connexions a magatzems de dades:** el *Geoworkspace* no emmagatzema cap tipus d'informació geogràfica. Les dades es troben en ubicacions externes, de diferents tipus, que es vinculen a l'àrea de treball a través de les connexions. És a dir, corresponen a enllaços a les diferents fonts de dades que es gestionen des del *Geoworkspace* (Il·lustració 15).

- **Magatzems:** corresponen a les fonts de dades que s'utilitzen des de *Geomedia Professional* i que s'enllacen al *Geoworkspace* a través de les connexions. El tipus de magatzem amb el que treballa *Geomedia Professional* és la base de dades *Microsoft Access* en forma d'arxius amb extensió *.mdb*. Ara bé, pot fer servir orígens de dades provinents d'altres fonts.



Il·lustració 15: llista de possibles orígens de dades.

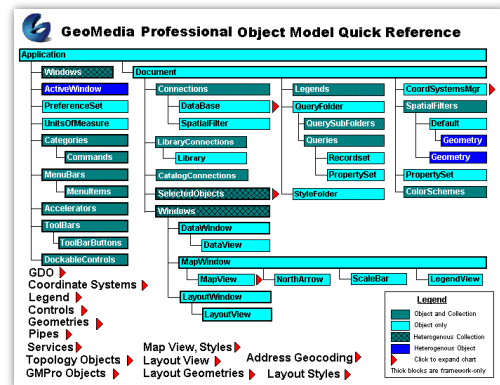
- **Consultes:** sovint no interessa representar o tractar totes les dades emmagatzemades als magatzems, sinó que només es necessita un determinat conjunt, segons els criteris escollits. En aquest cas, cal filtrar les dades a través de consultes. *Geomedia Professional* incorpora eines per a realitzar-les i, és especialment avançat en les que tenen a veure amb relacions espacials entre les entitats.
- **Llegendes:** representen l'element fonamental per a la presentació de les entitats geogràfiques a sobre d'un mapa. Les llegendes enllacen amb un determinat conjunt de dades (normalment obtingut a través d'una consulta) i les representen al mapa gràficament amb l'estil escollit.
- **Finestra de composició:** serveix per a generar mapes ja finalitzats que podran ser exportats per a la seva distribució.

En general es tracta d'una bona eina de treball per a la gestió de dades geogràfiques, per bé que des del punt de vista de l'autor, necessita una renovació de la interfase de treball per a facilitar la seva usabilitat.

6.2 Microsoft Visual Studio

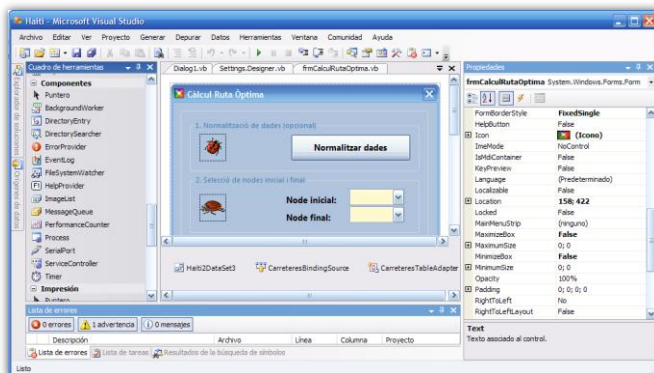
Com s'ha comentat (6.1 *Intergraph Geomedia Professional*, pàg. 22), *Geomedia Professional* pot ser ampliat a través de programes externs fets a mida. Per a aquest fi, publica i documenta un complet model d'objectes propis que poden ser instanciats des de les aplicacions. Gràcies a ells, es poden ampliar les funcionalitats que ofereix el propi entorn de treball de *Geomedia Professional* o bé, incorporar elements de l'aplicació SIG en altres aplicacions (Il·lustració 16).

Adicionalment, *Geomedia Professional* proporciona un assistent que facilita la creació d'aplicacions que utilitzen els seus objectes. Aquest assistent, almenys per a la versió 6.1 de *Geomedia Professional*, només funciona correctament amb l'eina de programació *Microsoft Visual Studio 2005*.



Il·lustració 16: Model de classes de *Geomedia Professional* segons la pròpia documentació de l'aplicació.

Per aprofitar aquest assistent, s'ha decidit realitzar la programació de les aplicacions del projecte utilitzant *Visual Studio 2005*⁸ i entre els llenguatges de programació possibles, un dels que utilitza l'assistant: *Visual Basic.NET*⁹.



Il·lustració 17: L'entorn de programació *Microsoft Visual Studio 2005* utilitzat durant el projecte.

Microsoft *Visual Studio 2005* és un entorn integrat de programació (IDE)¹⁰ que s'utilitza per al desenvolupament d'aplicacions basades en *.NET Framework* (Il·lustració 17). És una tecnologia creada per *Microsoft*, que proporciona una infraestructura per al desenvolupament d'aplicacions que funcionen sota el sistema operatiu *Windows*. La característica més significativa de les aplicacions basades en el *.NET Framework* (aplicacions *.NET*) és que poden codificar-se en diversos llenguatges de programació, però, en compilar-se, sempre es genera un codi intermedi anomenat *Common Intermediate Language* (CIL). Aquesta aplicació, en llenguatge CIL, l'executa el sistema operatiu *Windows* a través d'una eina del *.NET Framework*, anomenada compilador JIT (*Just-in-time*), que genera codi màquina executable a mida que es van invocant els mètodes que conté l'aplicació (*Wikipedia, Microsoft .NET, 2010*).

⁸ El desenvolupament es podria haver fet amb qualsevol entorn de programació i llenguatge amb els que es poguessin instanciar i utilitzar els objectes propis de *Geomedia Professional*.

⁹ L'altre llenguatge que utilitza l'assistant de *Geomedia Professional* és *C#.Net*.

¹⁰ En anglès, *Integrated Development Environment*.

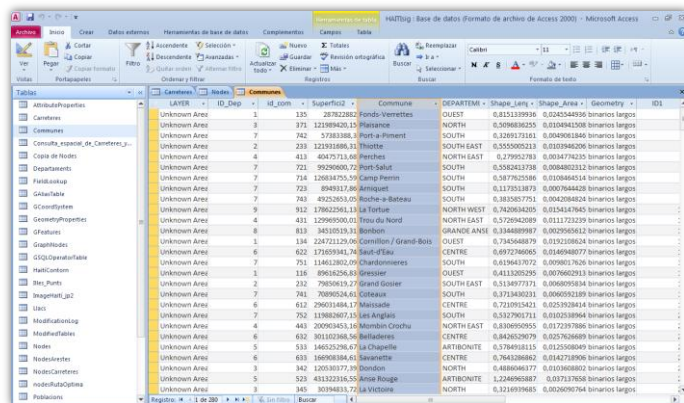
6.3 Microsoft Access

Geomedia Professional pot treballar amb dades emmagatzemades en diversos formats (6.1 Intergraph Geomedia Professional, pàg. 22)(Il·lustració 15). Ara bé, entre ells, l'origen de dades que utilitza de forma nativa són bases de dades de Microsoft Access. Des del seu entorn, només es permet la creació de nous magatzems en format Access¹¹, que, a més, han d'estar en format .mdb propi de Microsoft Access 2003 (no permet treballar directament amb arxius .accdb d'Access 2007 i 2010).

Microsoft Access és un programa, utilitzat en els sistemes operatius Microsoft Windows, per a la gestió de bases de dades. És un component de la suite Microsoft Office. Permet crear i gestionar bases de dades relacionals.

Les dades utilitzades en el projecte HAITÍ-sig es troben emmagatzemades en una única base de dades Access, que conté tot un seguit de taules. Moltes de les taules, corresponen a classes d'entitat geogràfiques importades de diverses fonts.

Algunes de les accions que es poden fer sobre les taules de les base de dades Access, s'han fet des de l'àrea de treball de Geomedia Professional. Altres s'han realitzat des l'àrea de treball de Microsoft Access 2010 (Il·lustració 18).



Il·lustració 18: Àrea de treball de Microsoft Access 2010 amb les dades d'una de les taules que representa una classe d'entitat per a Geomedia Professional (Communes).

¹¹ Per bé que pot utilitzar dades provinents d'altres tipus de magatzem.

7 Descripció del cas pràctic

Amb aquest capítol comença el tractament de la part pràctica del projecte (3.4. *Enfocament i mètode seguit. pàg. 7*) on s'aprofitaran les possibilitats que ofereixen els SIG i s'aplicaran en un cas concret. S'utilitzaran les dades geogràfiques d'un territori i, a partir d'elles es resoldrà un problema.

Els continguts generals dels que consta la part pràctica són:

1. Obtenció de les dades geogràfiques d'un territori.
2. Creació d'un SIG i incorporació de les dades al sistema.
3. Explotació del SIG i creació de mapes a partir de les dades.
4. Creació d'una aplicació que permeti resoldre un problema.

L'àrea geogràfica escollida per a crear el SIG és **Haití**, encara que per als objectius cercats en el present projecte (3.3 *Objectius del Treball Final de Carrera. pàg. 7*), realment és irrellevant el territori utilitzat.

El projecte no consisteix només en la construcció del SIG. Pretén també donar-li una utilitat pràctica real, i per això es planteja la resolució d'un problema concret. Es tracta de obtenir, a través del SIG, quina és la **ruta òptima entre dos punts de la xarxa de carreteres d'Haití**.

Aquesta dada pot resultar força útil per a diferents finalitats: viatges, comerç, etc. Per a un país com a Haití, dessolat arrel del terratrèmol que va esdevenir a principis de l'any 2010 (*Vilaweb, 2010*), pot, però, resultar realment fonamental el disposar d'una eina que permeti saber quina és la ruta més ràpida per arribar a un lloc (3.1 *Justificació del Treball Fi de Carrera. pàg. 5*). És una informació que pot ser útil, per exemple, per a que els serveis d'assistència puguin arribar el més aviat possible on hi ha una necessitat.

En una situació de desastre, com la d'Haití, és possible que certs trams de carretera quedin malmesos i, per tant, siguin intransitables. Aquests trams no s'han de tenir en compte en el traçat de la ruta òptima. L'aplicació de càlcul de rutes incorporarà un sistema que permetrà indicar quins trams de carretera són impracticables i, evidentment, no els considerarà en el càlcul de la ruta.

Serà una aplicació que estarà preparada per a que la facin servir usuaris que no tinguin experiència amb el treball amb *Geomedia Professional*. L'aplicació disposarà d'una interfície de treball clara i senzilla d'utilitzar, des de la que es podrà gestionar l'aplicació.

En els següents capítols es descriurà com s'ha dut a terme la part pràctica del projecte. Primer com s'han obtingut les dades geogràfiques d'Haití i s'ha creat el SIG, i a continuació, com s'ha dissenyat i implementat l'aplicació de càlcul de rutes.

8 Construcció del SIG de treball

El capítol descriu la forma com s'ha construït el SIG d'Haití a partir del que posteriorment crearà l'aplicació de càlcul de rutes. Es comença per l'obtenció de les dades geogràfiques d'Haití.

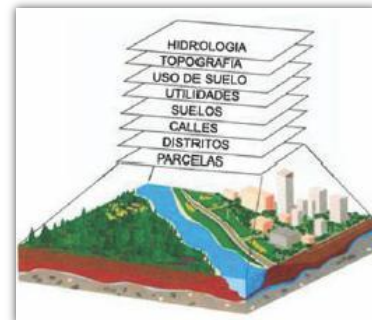
8.1 Obtenció de les dades geogràfiques d'Haití

Com a punt de partida per a preparar el SIG, cal disposar d'un conjunt de dades geogràfiques sobre Haití. Poden ser de diferents tipus, per bé que convé disposar, com a mínim, de la informació geogràfica bàsica que permet la creació de mapes. Les úniques dades realment necessàries són les que fan referència a la xarxa de carreteres, ja que són les que s'utilitzaran per a l'aplicació de càlcul de rutes, però s'incorporen d'altres que faran que els mapes siguin més complets i sobretot perquè els plànols generats siguin llegibles i intel·ligibles pel personal destacat al terreny. Poc sentit tindria incorporar al SIG únicament les dades de carreteres, sense afegir-hi també dades complementàries que facilitaran la generació de mapes.

Les dades geogràfiques s'han cercat a *Internet*, on és possible trobar-ne de tot el món, i estan disponibles, en alguns casos, de forma gratuïta. Per al present projecte, es va plantejar d'obtenir dos tipus de dades:

- Mapa en format *raster* d'Haití.
- Dades en format vectorial dels elements que es volien representar sobre el mapa.

El plantejament inicial va ser poder construir mapes basats en la imatge l'Haití de fons i sobreposar-hi en forma de capes, la representació gràfica de les dades vectorials (*Il·lustració 19*).



Il·lustració 19: Model de superposició en capes de les entitats vectorials a sobre d'una imatge raster (ORSI, 2010).

8.1.1 Imatge raster d'Haití

La imatge *raster* d'un mapa d'Haití que pogués servir com a base per a la creació de nous mapes s'ha aconseguit des d'Internet (CIA, 1999), en format JPEG2000 (*14 Glossari. pàg. 57*). Es tracta d'una fotografia digitalitzada d'un mapa en paper. La imatge no està georeferenciada (*Il·lustració 20*).



Il·lustració 20: Imatge raster d'Haití que es farà servir com a capa inferior durant la creació de mapes.

8.1.2 Dades vectorials

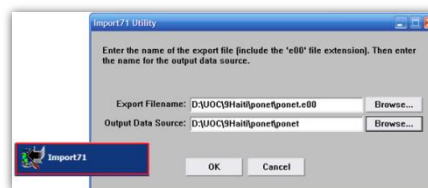
Per una altra banda, també es necessiten dades en format vectorial de diferents elements geogràfics d'Haití. S'incorporaran al SIG i es presentaran en forma de capa superposada a la imatge *raster* (8.1.1 *Imatge raster d'Haití*, pàg. 27). S'han obtingut també d'internet, de tres fonts diferents (Taula 4).

	Descripció	Font	Arxiu	Format
1.	Dades bàsiques de la Rep. Dominicana (1.992)	(GeoCommunity, 2010)	PONET.E00.gz	E00: Intercanvi ArcInfo.
2.	Dades bàsiques d'Haití (26/2/2010)	(OneResponse, 2010)	hti_minimumOperational Datasets_OCHA_v1-4_Shapefiles	ShapeFiles
3.	Carreteres i altres d'Haití (1.992).	(GeoCommunity, 2010)	RDLIN.E.gz, PPPOINT.gz ...	E00: Intercanvi ArcInfo.

Taula 4: Origen de les dades vectorials utilitzades en el SIG.

8.1.2.1 Dades d'intercanvi d' ArcInfo (E00)

Algunes de les fonts de dades es troben en format d'intercanvi de dades d'*Arc/INFO* (ESRI, 2010) (Wikipedia, 2010). Es tracta d'arxius amb extensió *.e00* que fa un temps s'empraven amb freqüència per a intercanviar dades entre aplicacions SIG (GeoCommunity, 2002).



Il·lustració 21: L'eina Import71 permet importar dades en format *.e00*.

Malauradament, aquest format no es pot utilitzar directament des de *Geomedia Professional v.6.1*. i és necessari realitzar un tractament previ.

Per a fer-ho, cal utilitzar una eina que incorpora *Arc/Info*, i que es pot fer servir de forma independent: *Import71* (GeoCommunity, 2010) (Il·lustració 21).

Les dades que s'han obtingut en aquest format (8.1.2 *Dades vectorials*, pàg. 28) provenen del producte *Digital Chart of the World (DCW)*¹², elaborat per l'*Environmental Systems Research Intitute, Inc.* (ESRI) (ESRI, 2010).

El *Datum* utilitzat en aquestes dades és el WGS84, amb una projecció de tipus geogràfic.

¹² *Digital Chart of the World (DCW)* és un producte desenvolupat per la 'US Defense Mapping Agency (DMA)'. Es va dissenyar per a cobrir les necessitats dels pilots d'avions, com a suport en operacions militars i altres objectius (GeoCommunity, 2010). Les fonts geogràfiques del DCW estan disponibles de forma lliure des de l'any 2.006. Ara bé, són dades que no s'han actualitzat des de l'any 1.992 (Wikipedia, 2009).

8.1.2.2 Dades geogràfiques en format Shapefile

El segon format d'arxiu utilitzat per a importar dades geogràfiques al SIG és el *Shapefile*. Es tracta d'un format, creat també per la companyia ESRI (*ESRI, ESRI, 2010*) per als seus productes de Software SIG (*ARC/INFO* i *ArcGIS*) però que actualment s'ha convertit en un estàndard *de facto*. Els *shapefile*, de fet, estan format per diversos arxius amb extensions diferents: *.shp* (emmagatzema les entitats geomètriques), *.shx* (índex de les entitats geomètriques), *.dbf* (base de dades que manté els atributs dels objectes), entre altres (*Wikipedia, Shapefile, 2010*).

Geomedia Professional v.6.1 és capaç d'importar aquest tipus de dades sense haver de fer cap conversió prèvia. Les dades geogràfiques d'Haití obtingudes des del portal *OneResponse* (*OneResponse, 2010*) es troben en aquest format.

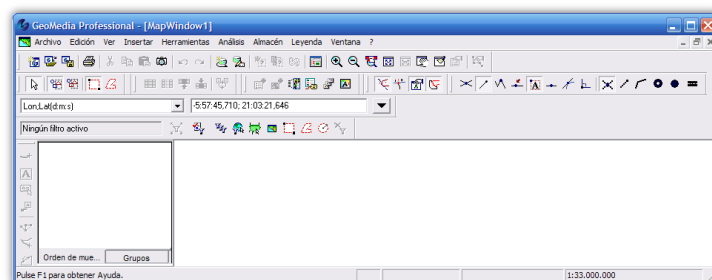
El *Datum* utilitzat en aquestes dades és el WGS84, amb una projecció de tipus geogràfic.

8.2 Creació del SIG amb les dades geogràfiques d'Haití

Un cop recollides les dades geogràfiques necessàries s'incorporaran en un nou SIG per a la seva representació en forma de mapa.

8.2.1 Preparació de l'àrea de treball

Per començar a construir el SIG amb *Geomedia Professional*, cal crear una àrea de treball o *Geoworkspace* (*Archivo > Geoworkspace Nuevo*) (*Il·lustració 22*).



Il·lustració 22: Geoworkspace nou que servirà de base per a la construcció del SIG.

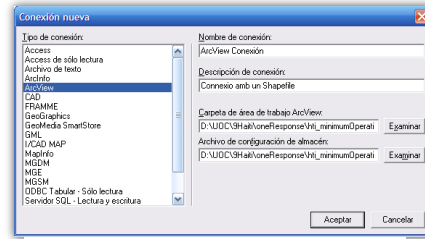
Tot seguit, abans de la incorporació de les dades, és convenient preparar-ho i arxivar-lo. El *Geoworkspace* es guarda en forma d'arxiu amb extensió *.gws*.

8.2.2 Connexió a les dades geogràfiques d'Haití

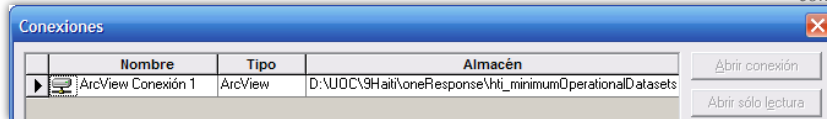
Ara es disposa d'una àrea de treball i de les dades geogràfiques d'Haití. Per a incorporar-les al *Geoworkspace* cal establir una connexió amb la font de dades (arxiu d'intercanvi). Es tria l'opció *Almacén > Conexión nueva...* A continuació s'escull el tipus de connexió, que dependrà del tipus

de font. En aquest cas que, es selecciona *ArcInfo* per als arxius *.E00* i *ArcView* per als *Shapefiles*¹³ (Il·lustració 23).

Es pot comprovar que la connexió amb el *Shapefile* està establerta des de l'opció *Almacén > Conexiones* (Il·lustració 24).



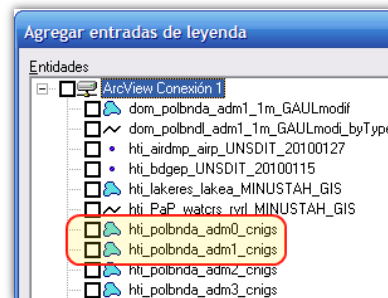
Il·lustració 23: Creació d'una nova connexió amb un Shapefile.



Il·lustració 24: Visualització de la connexió amb el Shapefile.

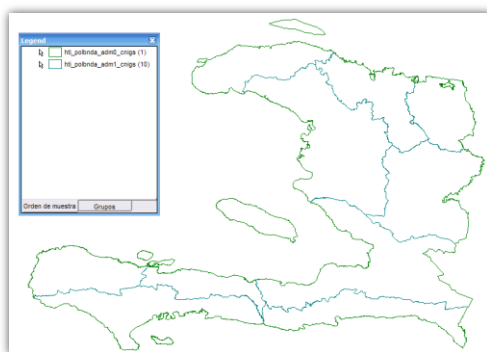
8.2.3 Presentació de les dades geogràfiques al Geoworkspace

Un cop s'ha establert la connexió amb les dades geogràfiques es poden presentar en forma de mapa. Per fer-ho cal treballar amb les **llegendes** (6.1 *Intergraph Geomedia Professional*, pàg. 22). S'ha de crear una nova entrada de llegenda, la qual permet presentar un determinat conjunt de dades: *Leyenda > Agregar entradas de leyenda*. S'obre un quadre de diàleg amb les connexions que hi ha obertes i per a cadascuna s'ofereix una llista de les dades geogràfiques que conté



Il·lustració 25: Selecció de les classes d'entitat amb els límits administratius d'Haití.

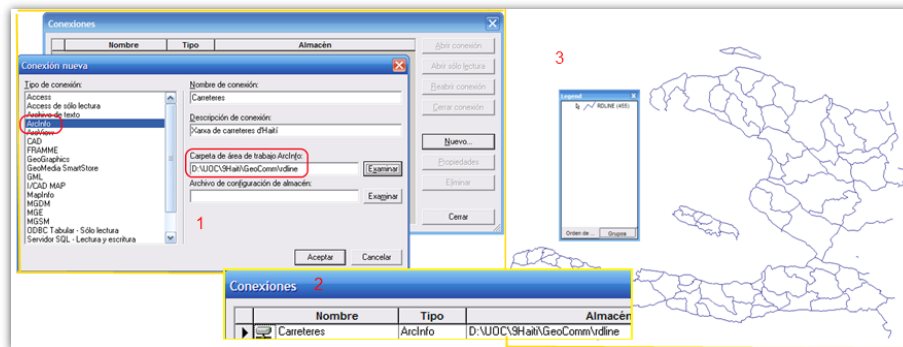
(Il·lustració 25). S'escull la classe d'entitat que es vol representar. Per exemple, si es trien els límits administratius de nivell 0 (tot el país) i nivell 1 (departaments), ambdós són de tipus polígon. El resultat es mostra a l'àrea de mapa per a les entitats seleccionades (Il·lustració 26).



Il·lustració 26: Representació dels límits administratius d'Haití.

Es poden afegir noves classes d'entitat incloses al *Shapefile* o, si es creu convenient, establir una nova connexió amb una altra font de dades geogràfiques. Aquest és el cas de la xarxa de carreteres, que s'importa des de les dades provinents d'un dels arxius E00 (Il·lustració 27).

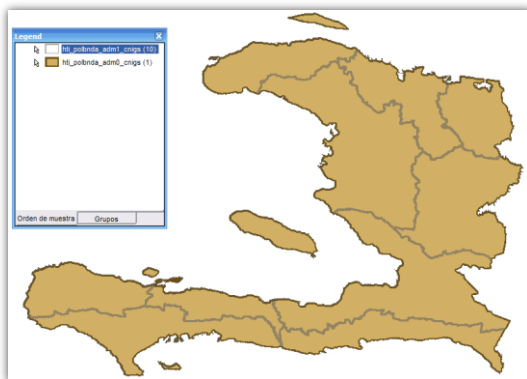
¹³ Per a importar un ShapeFile cal crear prèviament un arxivi *.ini* per a assignar a les dades un sistema de coordenades. Per fer-ho pot utilitzar-se l'opció: 'Definir archivo de configuració de almacén' de les utilitats de *Geomedia Professional*.



Il·lustració 27: Importació de les dades de carreteres a partir de l'arxiu e00 i representació sobre el mapa.

8.2.4 Format de les entitats representades

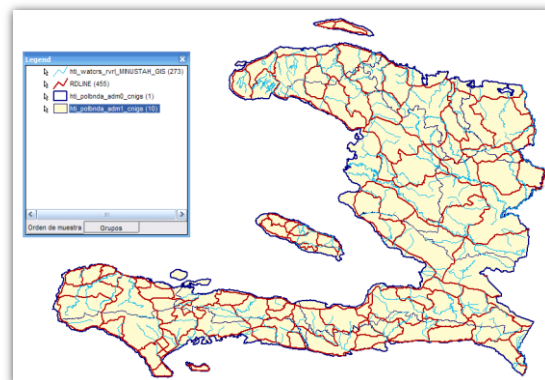
Es pot personalitzar el format com es presenten les entitats mostrades al mapa. Per fer-ho, es treballa especialment amb els elements del quadre de llegenda.



Il·lustració 28: Aplicació de formats a les entitats presentades al Geoworkspace.

D'aquesta forma, incorporant a la llegenda noves entitats, i aplicant-hi format convenientment, serà possible generar representacions cartogràfiques de treball que s'ajustin a les necessitats del projecte, com ara la xarxa de carreteres d'Haití (Il·lustració 29).

Per exemple, si es creu convenient canviar el format de les línies de contorn d'Haití i el seu farcit, cal fer *doble-clic* al quadre que precedeix les entrades de llegenda. Apareix un complet quadre de diàleg on serà possible configurar els formats¹⁴ (Il·lustració 28).



Il·lustració 29: Representació de les dades de carreteres d'Haití (en vermell) en un mapa on es representen també els cursos fluvials i els límits administratius de primer ordre.

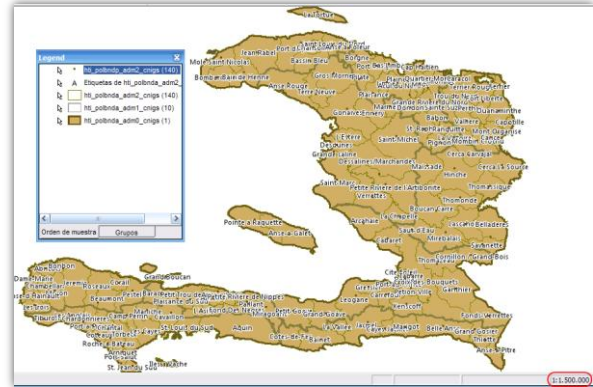
8.2.5 Escalat

Una opció molt interessant per a generar mapes eficients és la definició de *Rangs d'Escala de Definició*. Segons l'escala a la que es visualitzi el mapa generat és possible que hi hagi elements

¹⁴ És més eficient treballar amb estils de format (opció *Llegenda > Estilos...*).

que no s'hagin de visualitzar. Per exemple, si es presenten els noms de les poblacions, quan l'escala sigui molt gran, segurament es voldrà que no es visualitzin, ja que tots els rètols quedarien sobreposats (Il·lustració 30).

En aquestes circumstàncies convé utilitzar l'opció de restricció de la visualització dels elements segons l'escala: opció *Rango de Escala de Visualització* (botó dret sobre les entrades de llegenda).



Il·lustració 30: La visualització dels noms de les 'Communes' a una escala 1:1.500.000 és massa atapeïda.



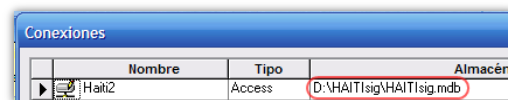
Il·lustració 31: A escala 1:1.000.000 es distingeixen millor els rètols de les 'communes'.

Es pot definir, per exemple, que els rètols de les *communes* només es vegin a escales més petites, per exemple, a partir de 1:500.000 (Il·lustració 31).

8.2.6 Creació del magatzem de dades

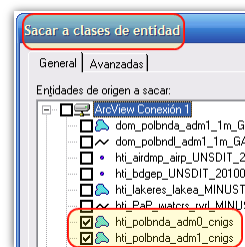
Fins ara s'han utilitzats dades que es troben en arxius externs: *Shapefiles* i *e00*. Aquestes dades són només de lectura. Si es volen modificar cal construir un magatzem propi i importar-les. Els magatzems de dades geogràfiques en *Geomedia Professional* són arxius de bases de dades de *Microsoft Access 2.003* (6.1 *Intergraph Geomedia Professional*, pàg. 22).

Per a crear-ne un de nou, s'escull l'opció *Almacén* > *Almacén nuevo...* El resultat serà un arxiu de a base de dades *Access*. Des d' *Almacén* > *Conexiones*, es pot comprovar que s'ha establert la nova connexió (Il·lustració 32).

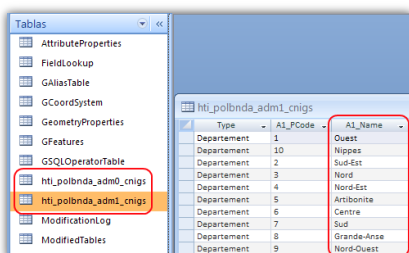


Il·lustració 32: Connexió a la base de dades Access.

Per a incorporar-hi dades des d'un arxiu d'intercanvi, cal seleccionar l'opció *Almacén* > *Sacar a Clases de entidad*. De la connexió, s'escolliran les entitats que es voldran importar (Il·lustració 33).



Il·lustració 33: Selecció de les classe d'entitat a exportar.



Il·lustració 34: Taules generades a la base de dades Access a partir de les classes d'entitat importades.

La base de dades *.mdb* es pot obrir amb *Microsoft Access*. Hi haurà les taules corresponents a les classes d'entitat importades (Il·lustració 34).

8.2.7 Afegir imatge raster georeferenciada

S'ha decidit afegir als mapes una imatge de fons que permetrà mostrar altres detalls geogràfics, com ara el relleu. No s'ha trobat cap de georeferenciada, que s'ajusti perfectament a les coordenades del *Geoworkspace*. S'ha optat per triar una fotografia d'un mapa físic d'Haití (8.1.1 *Imatge raster d'Haití*, pàg.27) i georeferenciar-la des del mateix *Geomedia Professional*.

Per a incorporar-la al SIG, s'utilitza l'opció *Insertar > Imagen Interactiva* (Il·lustració 35).



Il·lustració 35: Inserció de la imatge raster no georeferenciada amb el mapa del relleu d'Haití. El mapa no ajusta perfectament al polígon de contorn d'Haití.

8.2.7.1 Georeferenciar imatge

Un cop importada la imatge, cal referenciar-la per a que s'ajusti a les dades geogràfiques del sistema. Per fer-ho, s'escull l'opció *Herramientas > Registro de Imágenes > Nuevo > Agregar Puntos*.

A continuació, es relacionen els punts destacats del mapa amb punts coneguts i georeferenciats. Uns bons elements per a fer la relació són les poblacions. Cal marcar parelles de punts (primer de la imatge i després les de les entitats vectorials) i *Geomedia Professional* s'encarrega de georeferenciar la imatge (Il·lustració 36).



Il·lustració 36: Selecció de punts a relacionar.



Un cop s'hauran relacionat suficients parelles de punts, per tota la superfície d'Haití, es podrà comprovar com la imatge s'ajusta a les entitats representades en el sistema (Il·lustració 37).

Il·lustració 37: Imatge del relleu d'Haití ajustada a les dades geogràfiques utilitzades en el sistema.

8.2.7.2 Ajustar entitats al mapa

Un cop s'han relacionat i superposat la imatge amb la representació de les dades del sistema és possible observar punts on no hi ha coincidències, perquè les dades de les classes usades potser no són prou abundants per a representar certes entitats amb detall.

Es tracta d'un error de les dades de poblacions importades al sistema. És possible corregir-lo. Cal seleccionar el punt corresponent a la població i escollir l'opció *Edición* > *Geometría* > *Mover...* A continuació, s'arrossegarà el punt fins fer-lo coincidir amb la població del mapa (*Il·lustració 38*)(*Il·lustració 39*).



Il·lustració 38: Totes els punts de 'Poblacions' de les dades importades al sistema s'ajusten a les poblacions de la imatge, excepte, en aquest, cas el poble de 'Verrettes'.



Il·lustració 39: Polígon que representa la població de 'Verrettes' que s'ha fer coincidir amb el punt marcat en el mapa(1). A la dreta (2) una imatge de Google Maps (Google, 2010) on es pot veure la població de 'Verrettes' a la

8.2.7.3 Retallar polígon de la República Dominicana

Un cop importada la imatge del mapa físic d'Haití, es pot veure que aquesta incorpora una petita porció de la veïna República Dominicana. Es considera adient importar dades geogràfiques del contorn d'aquest país per a incorporar-lo en el sistema. Sobretot interessa construir un polígon del contorn de la República Dominicana que es pugui sobreposar a la imatge i donar-li un estil que permeti distingir-lo (*Il·lustració 40*).

Ara bé, la imatge només mostra una petita porció de la República Dominicana. Les dades geogràfiques importades mostren el contorn de tot el país (*Il·lustració 41*).



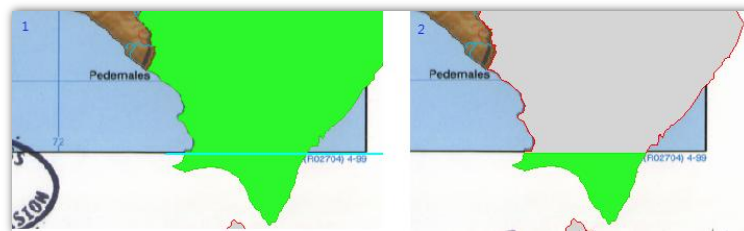
Il·lustració 40: Resultat final de sobreposar un polígon retallat sobre la porció de República Dominicana en el mapa.

Serà necessari retallar el polígon que representa el contorn de la República Dominicana. De fet, el que es farà es dividir el polígon en diverses porcions i finalment es mantindrà només la que encaixa amb el mapa (*Il·lustració 42*).



Il·lustració 41 Contorn de la República Dominicana incorporat al mapa.

Un cop s'haurà fet la divisió, es podran descartar els polígons que no es sobreposen a la imatge. Cal seleccionar-los i escollir l'opció *Edición > Entidad > Eliminar*. Posant un estil adient a l'únic polígon restant, s'obtindrà la representació adequada (Il·lustració 40).



Il·lustració 42: Divisió del polígon en dues entitats diferents.

9 L'aplicació de càlcul de rutes

Un cop descrits alguns detalls de la construcció del SIG, es presenta com s'ha dissenyat i implementat l'aplicació de càlcul de rutes. Es tracta d'una aplicació que, sobre les dades geogràfiques de carreteres d'Haití, permet calcular:

1. La ruta més ràpida entre dos punts.
2. La ruta més ràpida, alternativa, si entre els dos punts hi ha trams de carretera intransitables.

L'aplicació es construeix sobre *Geomedia Professional* i a través d'una aplicació escrita en *Microsoft Visual Basic .NET* i l'eina de programació *Microsoft Visual Studio 2005* (6.2 *Microsoft Visual Studio. pàg. 24*).

La secció esta dividida en dues parts fonamentals:

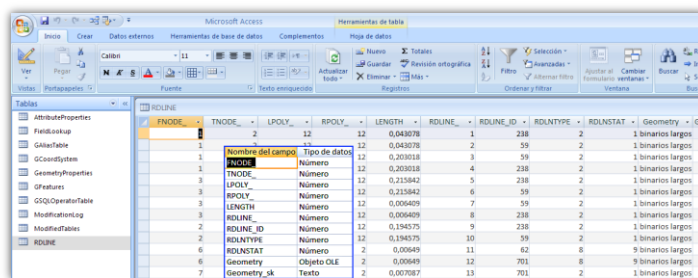
1. **Model de dades:** descripció exhaustiva de quins són els elements necessaris per a que funcioni l'aplicació de càlcul de rutes. Aquests elements, es veurà que són bàsicament dades estructurades de la forma que s'ha considerat més òptima.
2. **Aplicació de càlcul de rutes:** revisió dels detalls fonamentals de l'aplicació, que permetrà que s'entengui de quina manera s'ha realitzat i quin és el seu funcionament.

9.1 El model de dades

La base del càlcul de la ruta òptima es troba en les dades vectorials de carreteres, que com s'ha indicat, s'han obtingut d'Internet i s'han incorporat al magatzem de treball del SIG (8.2.6 *Creació del magatzem de dades. pàg. 32*).

Per a les dades importades, de carreteres es crea una taula a la bases de dades amb les dades de cada tram de carretera

(Il·lustració 43).



	FNODE_	TNODE_	LPOLY_	SPOLY_	LENGTH	RDLINE_	RDLINE_ID	RDLINTYPE	RDLNSTAT	Geometry			
	2	12	12	12	0,043078	1	238	2		1 binarios largos			
	1				0,043078	2	59	2		1 binarios largos			
	1				0,203018	3	59	2		1 binarios largos			
	1				0,203018	4	238	2		1 binarios largos			
	3				0,213842	5	238	2		1 binarios largos			
	3				0,213842	6	59	2		1 binarios largos			
	3				0,006409	7	59	2		1 binarios largos			
	3				0,006409	8	238	2		1 binarios largos			
	2				0,194575	9	238	2		1 binarios largos			
	2				0,194575	10	59	2		1 binarios largos			
	6				0,006409	11	62	8		9 binarios largos			
	6				0,006409	12	701	8		9 binarios largos			
	7				0,007087	13	701	2		1 binarios largos			

Il·lustració 43: Vista de la taula RDLINE (base de dades Microsoft Access) que conté les dades de carreteres d'Haití importades de l'arxiu Arc/Info. Al requadre sobreposat es poden veure els camps de la taula.

És interessant fixar-se en el camp anomenat *Geometry*, que conté les dades geomètriques de cada element i, en conseqüència, un cop referenciades geogràficament, també les seves dades geogràfiques.

Fins a aquests punt, hom disposa de dades en brut. Ara cal tractar-les i adaptar-les adequadament, d'acord a les necessitats de l'aplicació de càlcul de rutes.

9.1.1 Modificacions de la taula de carreteres

Es realitzen algunes modificacions sobre les dades de carreteres. A efectes de millorar la claredat, es reanomena la taula amb el nom **Carreteres**.

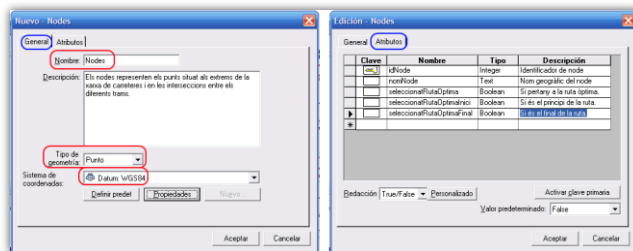
Dels importants, l'únic camp que realment necessita l'aplicació de càlcul de rutes és el que conté les dades Geomètriques: *Geometry*. La resta no són necessaris, però es mantindran. Es creen nous camps necessaris per a l'aplicació (*Taula 5*).

Camp	Tipus	Clau	Descripció
idCarretera	Long	Primary	Identificador de cada tram de carretera.
clauNodeInicial	Integer	Foreign	Identificador de un nodes situat en un extrems.
clauNodeFinal	Integer	Foreign	Identificador del node a l'altre extrem.
longitud	Double		Longitud del tram de carretera en metres.
seleccionadaRutaOptima	Boolean		Flag que indica si el tram pertany a la ruta òptima.
inTransitable	Boolean		Flag que indica si el tram està tallat.

Taula 5: Camps afegits a la taula Carreteres.

9.1.2 La taula Nodes

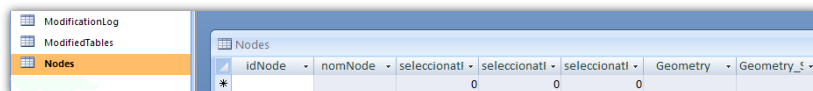
Per a implementar el càlcul de la ruta òptima, no és suficient amb la taula *Carreteres*. És necessari crear una nova taula que contingui els punts d'intersecció entre carreteres així com els extrems de la xarxa. És una taula que s'anomenarà: **Nodes**. Els nodes constitueixen una nova classe d'entitat que es genera amb l'opció de menú: *Almacén > Definición de clase de entidad... > Nuevo* (*Il·lustració 45*).



Il·lustració 45: Finestra de creació d'una nova classe d'entitat (Nodes). A la pestanya 'Atributos' s'indiquen els camps que contindrà la taula.

La nova classe d'entitat té la seva correspondència a la base de dades *Microsoft Access*

(*Il·lustració 44*) on s'ha creat el camp *Geometry*, amb les dades geomètriques de les entitats representades a la taula.



Il·lustració 44: Taula Nodes creada a la base de dades Microsoft Access.

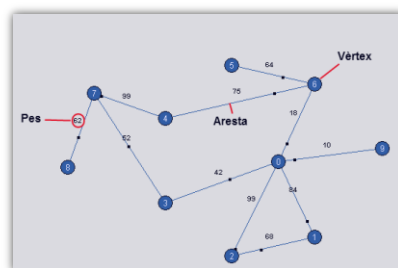
La resta de camps que es creen es troben indicats a la *Taula 6*:

Camp	Tipus	Clau	Descripció
idNode	Long	Primary	Identificador de cada node.
nomNode	String		Nom geogràfic del node, en el cas que aquest coincideixi amb una entitat amb nom: ciutat, punt d'interès, etc..
seleccionatRutaOptima	Boolean		Flag que indica si el node pertany a la ruta òptima o no.
seleccionatRutaOptimaInicial	Boolean		Flag que indica si el node és l'inici de la ruta òptima o no.
seleccionatRutaOptimaFinal	Boolean		Flag indica si el node és el final de la ruta òptima o no.

Taula 6: Camps afegits a la taula Nodes.

9.1.3 La xarxa de carreteres representada com a graf

El fet de crear la taula *Carreteres* i *Nodes* té com a objectiu fer que la xarxa de carreteres es pugui entendre com a un **graf** (Masià R., 2006). Un graf és una estructura matemàtica que permet representar la relació entre diversos objectes. Els objectes s'anomenen **vèrtexs** i les relacions, **arestes**. Les arestes poden tenir assignat un **pes** que representa una magnitud que s'assigna a la relació i que pot tenir molta importància a l'hora de realitzar càlcul de recorreguts (Il·lustració 46).



Il·lustració 46: Representació d'una estructura de tipus graf on es poden observar 9 vèrtexs units per diverses arestes, les quals tenen assignat un pes.

En aquest projecte, la representació en forma de graf de la xarxa de carreteres s'estableix de la següent forma (Taula 7):

Element del graf	Representació al Geoworkspace	Representació a la base de dades
Vèrtexs	Entitats de la classe d'entitat <i>Nodes</i>	Registres de la taula <i>Nodes</i>
Arestes	Entitats de la classe d'entitat <i>Carreteres</i>	Registres de la taula <i>Carreteres</i>
Pesos	Atribut <i>longitud</i> de la classe d'entitat <i>Carreteres</i>	Camp <i>longitud</i> de la taula <i>Carreteres</i>

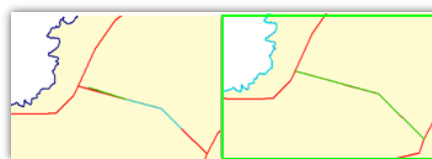
Taula 7: Correspondència entre els elements d'un graf i els elements utilitzat el projecte.

D'aquesta manera, es disposa de les dades adequades que representen un graf, i es poden fer servir amb elles els algorismes de recorregut de nodes que han estat dissenyats per a ésser utilitzats sobre estructures de tipus graf (Masià R., 2006).

9.2 Les entitats de la classe Nodes

Un cop creada la classe d'entitat *Nodes*, també cal crear les entitats **Node** que la formen. Els nodes són equivalents als vèrtexs d'una estructura de tipus graf (Taula 7).

És possible crear els nodes de forma automàtica a partir de les dades de trams de carretera de la classe d'entitat *Carreteres*. Si s'opta per aquesta possibilitat caldria fer el següent:

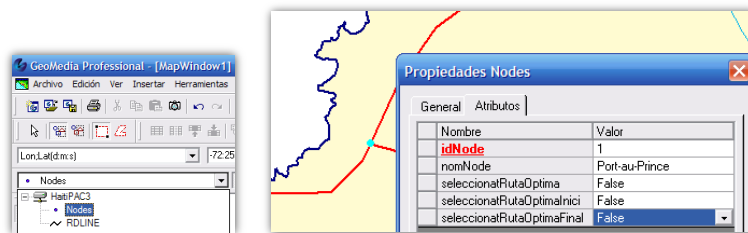


Il·lustració 47: Ajustament dels trams de carretera.

- Assegurar que la classe d'entitat *Carreteres* està ben construïda. Vol dir que els trams de carretera estan formats per una única entitat i que els diferents trams coincideixen en un mateix punt (*Il·lustració 47*).
- Dissenyar i implementar un procediment que permeti fer automàticament la revisió de les entitats carreteres i generar les corresponents entitats de tipus *Node* dels seus extrems.

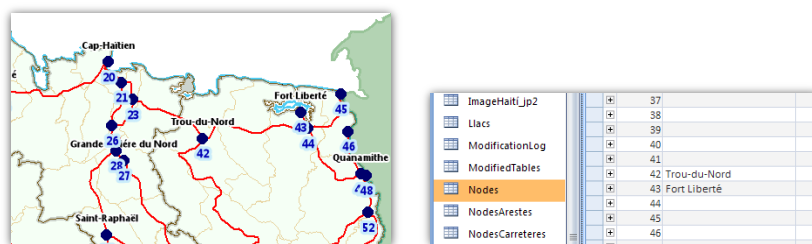
En aquest projecte, la generació dels nodes s'ha fet de forma manual. S'han assenyalat al mapa els punts que corresponen a nodes, ja que es troben en una cruïlla de carreters o bé són l'extrem d'aquestes.

S'ha realitzat amb l'opció de menú *Inserir > Entidad*. Seguidament, s'ha escollit la classe d'entitat que es vol omplir (*Nodes*) a través de la llista desplegable de la barra d'eines *Inserir Entidad* que apareix automàticament en seleccionar l'opció (*Il·lustració 48*). En assenyalar el punt on es vol situat el nou node, apareix un quadre de diàleg per a informar les dades de la nova entitat.



Il·lustració 48: A l'esquerra la selecció de la classe d'entitat on es guardaran les entitats. A la dreta el punt seleccionat per a crear el nou Node.

D'aquesta forma, s'han definit els nodes que s'utilitzaran com a base del càlcul de rutes. Alguns tindran un nom geogràfic i altres no (*Il·lustració 49*).



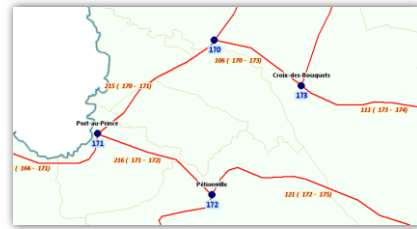
Il·lustració 49: A l'esquerra mostra dels Nodes creats amb el seu id representat al mapa com a etiqueta. A la dreta, mostra de la taula Nodes que recull aquestes dades.

9.3 Les entitats de la classe Carreteres

Les entitats de la classe *Carreteres* no cal crear-les, ja que com s'ha indicat (*8.1 Obtenció de les dades geogràfiques d'un territori. pàg. 27*) s'han importat d'una font externa (*Geocomm, 2010*).

Encara que aquestes dades són suficients per a una representació sobre el mapa, no ho són per a l'aplicació de càlcul de rutes.

Com s'ha indicat (*Il·lustració 47*), podria passar que els trams de carretera estiguin formats per diverses entitats. Fins i tot es poden torbar casos on el final d'un tram de carretera no coincideixi amb la cruïlla.



Il·lustració 50: Entitats Carreteres modificades per a assegurar que els trams estan formats per entitats Carreteres úniques i que aquestes uneixen dos nodes.

Aquests defectes de la classe d'entitat carreteres s'han de solucionar. Com en el cas dels nodes, les carreteres s'han revisat manualment. S'han comprovat tots els trams de carretera i s'ha verificat que realment estan formats per una sola entitat on els seus extrems coincideixen amb dos nodes (*Il·lustració 50*).

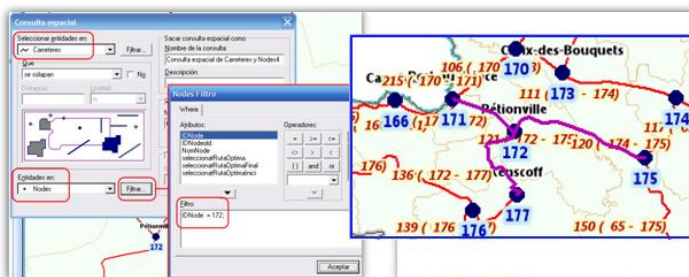
9.4 Carreteres per node i node destí

Fins ara s'han descrit els dos elements fonamentals per al càlcul de rutes: *nodes* i *carreteres*. Ara bé, l'aplicació de càlcul de rutes necessita alguna cosa més. Es descriu, a continuació, un tercer element: la consulta **CarreteresPerNode**, que deriva dels anteriors, però que és el pal de paller de tot el disseny de l'aplicació.

Es necessita disposar de la següent informació:

- Els trams de carretera que tenen el seu inici un determinat node.
- Per a cadascun d'aquests trams, quin és el node destí.

Això es pot fer fàcilment, a través de les **consultes espacials** pròpies de *Geomedia Professional*. Per exemple, es poden seleccionar les carreteres que parteixen d'un determinat node (*Il·lustració 51*).



Il·lustració 51: Consulta espacial que permet seleccionar les entitats Carretera que parteixen d'un determinat Node, en aquest cas, l'identificat amb el número 172, que correspon a 'Pétionville'.

Ara bé, el que necessita l'aplicació de càlcul de rutes és disposar d'aquesta informació per a tots i cadascun dels nodes i, a més, cal conèixer quin és el node situat a l'altre extrem dels trams de carretera.

Des de l'àrea de treball de *Geomedia Professional*, això no es pot fer, i per tant, cal utilitzar fonts externes. En aquest cas s'ha treballat directament sobre la base de dades amb *Microsoft Access* (6.3 *Microsoft Access*. pàg. 25).

S'ha dissenyat la consulta *CarreteresPerNode*, que treballa amb les dades de les taules *Nodes* i *Carreteres* (Il·lustració 52). Només es tracten les carreteres transitables on *Carreteres.inTransitable=False*.

```

CarreteresPerNode
SELECT Nodes.IDNode, Carreteres.IdCarretera, Carreteres.longitud, Carreteres.clauNodeFinal)As NodeDesti
FROM Nodes
INNER JOIN Carreteres ON Nodes.IDNode = Carreteres.clauNodeInicial)
WHERE (((Carreteres.inTransitable)=False));

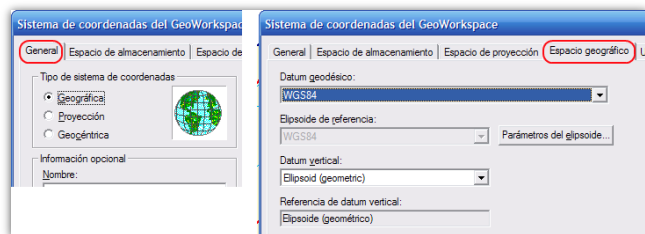
UNION
SELECT Nodes.IDNode, Carreteres.IdCarretera, Carreteres.longitud, Carreteres.clauNodeInicial)As NodeDesti
FROM Nodes
INNER JOIN Carreteres ON Nodes.IDNode = Carreteres.clauNodeFinal)
WHERE (((Carreteres.inTransitable)=False));
    
```

Il·lustració 52: Sentència SQL que permet obtenir una llista de carreteres que parteixen d'un node i l'identificador del node de destí.

9.4.1 Longitud dels trams de carretera

A cada entitat *Carreteres* es guarda un atribut anomenat *longitud* que representa la longitud, en metres, dels trams de carretera.

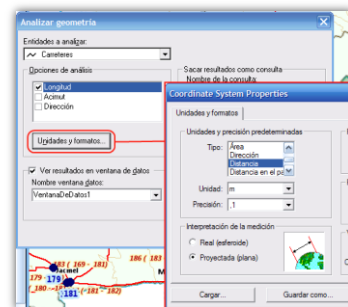
La longitud d'una entitat geomètrica, com és el cas de l'entitat *Carreteres*¹⁵, es pot deduir a partir de les dades geomètriques que *Geomedia Professional* manté a través del camp *Geometry* de la taula associada a l'entitat.



Il·lustració 53: Sistema de coordenades del Geoworkspace.

Evidentment, les dades han d'estar correctament georeferenciades. Per a definir la georeferenciació de les entitats representades al mapa, es pot accedir a l'opció *Ver > Sistema de coordenadas del Geoworkspace...*

En aquest projecte s'està utilitzant un sistema de **projecció geogràfica** i el *datum* geodèsic de referència és el **WGS84** (Il·lustració 53).



Amb aquestes dades, *Geomedia Professional* pot calcular certes dades geogràfiques a partir de les geomètriques, com ara la *Il·lustració 54: Finestra 'Analizar geometria'.*

¹⁵ En aquest cas es tracta d'una entitat de tipus lineal.

longitud d'una entitat lineal, i presentar el resultat del càlcul en unes determinades unitats, per exemple, metres.

Per a que es realitzi el càlcul, s'ha escollit l'opció de menú *Anàlisis > Analitzar geometria* (Il·lustració 54).

Aquesta consulta permet d'obtenir les dades de longitud calculades per *Geomedia Professional* (Il·lustració 55).

Aquestes dades es poden calcular mentre s'executa l'aplicació de càlcul de la ruta òptima. Ara bé, de cara a facilitar la presentació, s'ha decidit incorporar les dades en un camp a la taula *Carreteres*. Es poden copiar a partir de les que calcula *Geomedia Professional* (Il·lustració 55). En qualsevol cas, el contingut del camp es calcularà automàticament abans de l'execució del càlcul de rutes¹⁶ (10.6.2 Normalització de les dades. Pàg. 47).

idCarretera	clauNodeInicial	uNodeFir	longitud	la	OD	LD	VG	LIN	ti	NS	Longitud1		
0	8	9	4790,10452313078	F	18	184	1	1	0,0	1	T	1	4.790,1
1	8	9	22574,6350110713	F	18	184	1	1	0,2	3	T	1	22.574,6
2	4	11	24292,6861713932	F	13	67	2	2	0,2	17	T	1	24.292,7
3	4	7	13876,1947299056	F	68	67	2	2	0,2	24	T	1	13.876,2
4	10	18	6809,47172788106	F	73	74	2	2	0,0	26	T	1	6.809,5
5	0	5	25890,4683025534	F	22	75	2	2	0,2	28	T	1	25.890,5

Il·lustració 55: Dades de longitud de carreteres obtinguda a partir de les dades geomètriques de les entitats *Carreteres*.

La dada de longitud dels trams de carretera, és essencial en el càlcul de la ruta òptima. En el model d'estructura de grafs, representa els pesos de cadascuna de les arestes que uneixen un parell de vèrtexs.

¹⁶ De moment es realitza d'aquesta manera. És molt possible que abans de finalitzar el projecte aquesta dada es calculi durant el mateix procés de càlcul de la ruta òptima. No és correcte que a la taula hi hagi dades que es poden calcular a partir d'altres, encara que les actualitzem de forma automàtica a través d'un procediment.

10 Disseny de l'aplicació

Es descriuran en aquest apartat els detalls del disseny i implementació de l'aplicació de càlcul de rutes que s'ha realitzat.

10.1 Desenvolupament amb *Geomedia Professional*

Geomedia Professional ofereix la possibilitat de realitzar aplicacions amb els objectes amb els que treballa. Això permet ampliar les característiques de l'aplicació a través de comandes dissenyades a mida o bé, aprofitar els objectes de *Geomedia Professional* per a ampliar les funcionalitats d'aplicacions externes. La programació sobre *Geomedia Professional* es pot tractar des de tres vessants:

1. Aplicacions externes:
 - a. **Aplicacions independents** que utilitzen els objectes de *Geomedia Professional* per a realitzar determinades funcions.
 - b. **Aplicacions servidores** de *Geomedia Professional*, que són capaces d'obrir una instància de l'aplicació i controlar el seu funcionament.
2. **Comandes personalitzades** integrades en *Geomedia Professional*. Aquestes comandes, un cop registrades, estan disponibles en l'entorn de treball del SIG, com a una comanda més, afegida a les que són natives, però que realitzen accions dissenyades a mida.

Donades les característiques de l'aplicació de càlcul de rutes, el mètode de desenvolupament escollit en aquest projecte és el de creació d'una **comanda personalitzada**. Es fa d'aquesta manera perquè:

- És el model de desenvolupament més ràpid.
- Està guiat per *Geomedia Professional* a través d'un assistent.
- Permet executar el procés en el mateix *GeoWorkspace* de treball.

10.1.1 Tipus de comanda personalitzada

Geomedia Professional ofereix la possibilitat de construir dos models de comandes personalitzades:

- **Modals:** comandes que en el moment de la seva execució bloquegen la interfície del *Geoworkspace* fins que aquella no finalitza.
- **No modals:** són aplicacions que un cop activades es mantenen en execució i escoltant els esdeveniments que es produeixen sobre els diferents elements del *Geoworkspace*.

Així, quan es produeix un determinat esdeveniment, i aquest és escoltat i considerat per l'aplicació, s'executa una determinada acció.

Per al càlcul de rutes, en aquest projecte, s'ha decidit realitzar una **comanda modal**. Aquestes són més senzilles d'implementar i cobreixen perfectament les necessitats que es cerquen en aquesta aplicació.

10.2 Entorn de desenvolupament per a *Geomedia Professional*

Per a desenvolupar una aplicació externa a *Geomedia Professional*, es pot fer servir qualsevol llenguatge i entorn de programació que sigui capaç d'instanciar i utilitzar els objectes que aquella registra. El model de classes de *Geomedia Professional* és molt complet (*Il·lustració 16*). El càlcul de rutes d'aquest projecte es farà a través d'una comanda personalitzada, que s'integrarà en el *Geoworkspace* (*10.1.1 Tipus de comanda personalitzada, pàg. 43*).

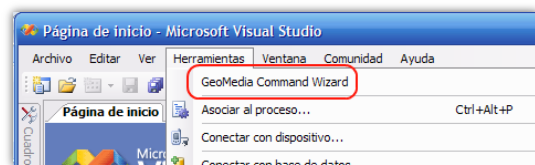
Es poden crear a través d'un **assistent** que facilita la feina del desenvolupador. Està preparat per a funcionar amb *Microsoft Visual Studio 2005* i, per tant, l'aplicació de càlcul de rutes es realitza amb *Microsoft Visual Studio 2005* (*6.2 Microsoft Visual Studio. pàg. 24*).

Per una altra banda, l'assistent de comandes permet la creació de codi en dos llenguatges de programació: Visual Basic.NET i C#.NET¹⁷ (*6.2 Microsoft Visual Studio. pàg. 24*). S'ha decidit realitzar el desenvolupament en **VB.NET**.

10.3 Creació del projecte amb *Geomedia Wizard*

Per a crear un projecte de tipus comanda personalitzada, *Geomedia Professional* proporciona un assistent que facilita la seva construcció. L'assistent s'integra com una opció addicional a l'entorn de treball de *Microsoft Visual Studio 2005*. Això és cert sempre i quan s'instal·li *Geomedia Professional* en un equip que ja disposa de *Visual Studio*. Si no és així, és necessari activar l'opció manualment, a través de l'eina **regGM.exe** que *Geomedia Professional* incorpora en la seva carpeta de treball.

El resultat final és que al menú *Herramientas* de *Visual Studio*, apareix una nova opció que permet l'accés a l'assistent de comandes (*Il·lustració 56*).

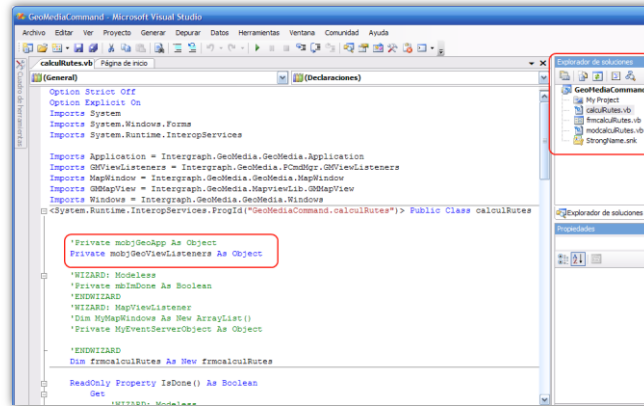


Il·lustració 56: Opció de Visual Studio 2005 que permet l'accés a l'assistent de comandes de Geomedia Professional.

En executar l'assistent, un seguit de pantalles guien el desenvolupador en la creació del projecte, que implementa la nova comanda personalitzada. El resultat de l'assistent és un nou

¹⁷ Es possible desenvolupar comandes de *Geomedia Professional* amb altres llenguatges de programació. Ara bé, l'assistent *Geomedia Command Wizard* només està preparat per a VB.NET i C#.NET.

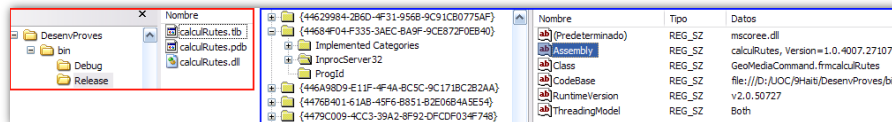
projecte de *Visual Studio* amb els elements indispensables ja creats i, fins i tot, part del codi escrit (Il·lustració 57).



Il·lustració 57: Resultat de l'execució de l'assistent de comandes. Es pot comprovar com ha generat els elements bàsics (segons les opcions escollides a la comanda) i el codi a partir de que es podrà començar a desenvolupar l'aplicació¹⁸.

10.4 Resultat del desenvolupament

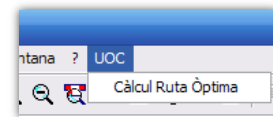
El resultat del desenvolupament de la comanda és una **llibreria .dll** (*Biblioteca d'enllaç dinàmic*) (Il·lustració 58) que es pot referenciar i utilitzar des de l'àrea de treball de *Geomedia Professional*.



Il·lustració 58: A l'esquerra es pot veure la dll generada a partir del projecte i que constitueix la nova comanda generada. A la dreta vista del Registre de Windows on apareix referenciada la dll.

Un cop s'ha generat el projecte amb l'assistent, la *dll* ja està registrada i *Geomedia Professional* és capaç d'emprar-la. Cal, però, crear un punt d'execució al *Geoworkspace*.

La comanda es pot associar a diferent elements de l'entorn de treball: opció de menú, botó d'una barra d'eines o combinació de tecles. En aquest projecte s'associa a una nova opció de menú (Il·lustració 59). Per a crear-la, cal executar l'opció de menú *Herramientas > Personalizar*.



Il·lustració 59: Opció de menú.

¹⁸ Les línies de codi que serveixen per a implementar una aplicació de tipus no modal (*Modeless*) apareixen comentades. És degut a que el present projecte s'ha dissenyat com a aplicació modal.

10.5 Elements de l'aplicació Càlcul de Rutes

L'aplicació de càlcul de rutes està formada per cinc components (Taula 8).

Component	Descripció
calculRutaOptima.vb	Mòdul on es desenvolupen les accions dels diferents estats de l'aplicació durant la seva execució. Conté la definició de la classe principal de la comanda: <code>public Class CalculRutaOptima</code>
frmCalculRutaOptima.vb	Formulari de treball i on s'ha desenvolupat la lògica del càlcul de rutes.
modCalculRutaOptima.vb	Mòdul de suport generat per l'assistent on es declaren constants, variables globals i APIs de Windows necessàries per la comanda.
Dialog1.vb	Pantalla de gestió dels trams tallats.
dlgHelp.vb	Pantalla d'informació.

Taula 8: Elements del projecte

El punt d'entrada a l'aplicació es produeix quan es desplega la opció de menú des d'on es crida. En aquest moment, s'executa el mètode `Initialize` de la classe `CalculRutaOptima`, que inicialitza els objectes de referència.

```
Sub Initialize(ByVal objApplication As Object, ByVal objViewListeners As Object)
    'The Initialize method is called once per command server creation.
    '[Vi] S'executa una única vegada, just després de la creació de l'objecte de comanda.
    'S'inicialitzen les variables que fan referència a l'aplicació i fa la connexió amb la Base de Dades.

    '(1.) Save the pointer to the Application object and the View Listeners object.
    'The application object is the top of application's automation model.
    gobjGeoApp = objApplication
    mobjGeoViewListeners = objViewListeners
End Sub
```

Il·lustració 60: Mètode `Initialize` d'entrada a l'aplicació.

A continuació, entra en joc el mètode `Activate` que s'executa cada cop que s'accedeix a la comanda. Se n'encarrega d'obrir el formulari de treball (`frmCalculRutaOptima`) sempre i quan es compleixin les condicions d'execució (`CanEnable()`).

```
Sub Activate()
    'S'executa cada vegada que l'usuari prem la comanda.
    'Comprova que es compleixen les condicions de permís d'execució i, en cas afirmatiu,
    'activa la barra de progrés i executa el procés principal. En cas negatiu dona un avis i no fa res.

    If (CanEnable()) Then
        'WIZARD: CenterOnScreen
        frmCalculRutaOptima.StartPosition = FormStartPosition.CenterScreen
        'ENDWIZARD

        frmCalculRutaOptima.ShowDialog() 'Presenta el Formulari de control.
        'ENDWIZARD
    Else
        MsgBox("Aquesta acció només està disponible per al GeoWorkspace " & Chr(13) & Chr(10) & "'Haiti2.qws' amb un usuari amb permís d'execució.", vbInformation)
    End If
End Sub
```

Il·lustració 61: Mètode `Activate` que s'executa cada cop que l'usuari executa la comanda.

Les condicions d'execució es defineixen a través de la funció `CanEnable` (Il·lustració 62). L'única condició per a que es pugui executar la comanda és que el nom de la connexió al magatzem de dades és **Haiti2**.

En finalitzar l'execució de la comanda s'executa el mètode `Terminate` que desassigna els objectes globals utilitzats.

A través del mètode `Activate` s'obre el formulari de treball de l'aplicació: `frmCalculRutaOptima` (Il·lustració 63).

```
Function CanEnable() As Boolean
    'WIZARD: CustomEnablingRequirements
    'Since you specified that this command has custom enabling requirements
    'you must insert the code here that determines whether or not you are
    'ready to run now.
    'ENDWIZARD

    If (gobjGeoApp.Document Is Nothing) Then
        CanEnable = False
    Else
        'Si hi ha una connexió anomenada Haiti2 (apuntí o apuntí) acceptem la comanda
        If (gobjGeoApp.Document.Connections.Count > 0 And _
            gobjGeoApp.Document.Connections(1).Name = "Haiti2") Then
            arxiuAccessMdb = gobjGeoApp.Document.Connections(1).Location
            arxiuGws = gobjGeoApp.Document.FullName
            CanEnable = True
        Else
            CanEnable = False
        End If
    End If
End Function
```

Il·lustració 62: La funció `CanEnable` defineix si es pot presentar el formulari de treball o no, segons certes condicions.

10.6 El formulari de treball

El formulari de treball frmCalculRutaOptima (Il·lustració 63) és l'àrea de treball on es seleccionen i configuren les accions de l'aplicació de càlcul de rutes i, a més, incorpora tota la lògica del seu càlcul.

Es detalla a continuació els diferents apartats del formulari frmCalculRutaOptima.

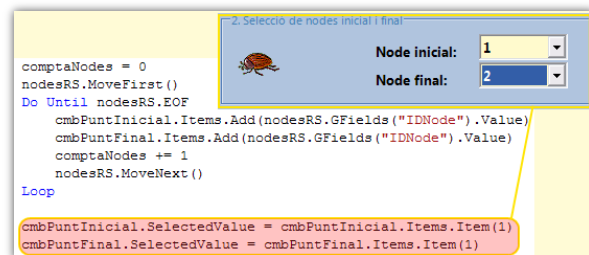
10.6.1 Càrrega del formulari

En el moment de carregar-se el formulari, s'executa el mètode frmCalculRutaOptima_Load. En aquest mètode es realitza el següent:

1. S'estableix la connexió a la base de dades que emmagatzema les taules de treball.
2. Es crea un recordSet de *Nodes*: es llegeix la taula *Nodes* i el resultat de la consulta es guarda en l'objecte *nodesRS*.

S'aprofita per a fer una lectura de tots els registres i informar les llistes desplegable del formulari que s'utilitzen per a escollir el punt inicial i final de la ruta (Il·lustració 64).

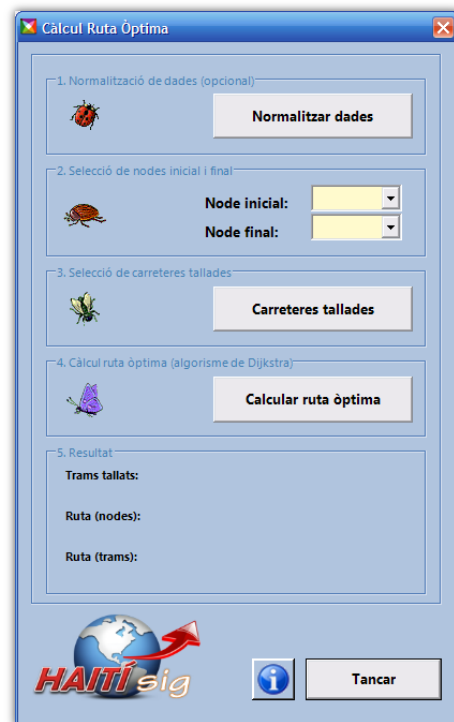
Il·lustració 64: Càrrega d'ítems al les llistes desplegables del formulari de treball.



3. Creació del recordSet de *Carreteres*: es llegeix la taula *Carreteres* i el resultat de la consulta es guarda en un recordset..

10.6.2 Normalització de les dades

En el formulari s'ha creat un botó **Normalitzar Dades** (Il·lustració 65). Serveix per a preparar les dades de treball pel càlcul de rutes.

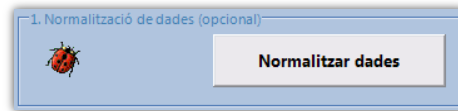


Il·lustració 63: Formulari de treball de l'aplicació Ruta Òptima.

Se n'encarrega de:

1. Recórrer les carreteres de la taula *Carreteres* (*recordset* *carretereRS*) i omplir els valors de longitud (Il·lustració 66) de cada tram a partir de les dades geomètriques del camp *Geometry* (9.4.1 Longitud dels trams de carretera. Pàg. 41).
2. Per a cada carretera, es construeix un nou *RecordSet* amb una única carretera i es fa una consulta espacial amb la taula de *Nodes* per a trobar els nodes que toquen la carretera (Il·lustració 66).
3. Finalment, a partir dels nodes dels extrems, s'informen els camps de la taula *carreteres*: *idCarretera*, *clauNodeInicial*, *clauNodeFinal* i *longitud*.

Així, doncs, a través d'aquesta opció, s'assegura que les dades de treball per a calcular la ruta òptima seran les correctes.



Il·lustració 65: Botó Normalitzar dades.

```

'Geometria
Dim objGSS As FClient.GeometryStorageService
Dim objGeom As Object
Dim objMeas As New FClient.MeasurementService
'Objecte geometria (provés d'un camp)
'Measurement
...
'(2.) Recorrem el recordset de Carreteres
comptadorCarreteres = 0
carreteresRS.MoveFirst()
Do Until carreteresRS.EOF

'a. Calculem la longitud en el sistema de coordenades de la vista (MapView)
objGSS.GetGeometry(carreteresRS.GFields("Geometry"), objGeom)

With objMeas
.CoordSystem = GMapView.CoordSystemsMgr.CoordSystem
.ReferenceSpace = .CoordSystem.RefSpaceMgr.UnitFormatSpec.MeasurementReferenceSpace
.Geometry = objGeom
End With

carreteresRS.GFields("longitud").Value = objMeas.Length

```

Il·lustració 66: Càlcul i emmagatzematge del valor de longitud dels trams de carretera a partir de les dades geomètriques.

```

'b. Construïm un Recordset amb una única carretera: per a fer una consulta espacial
strId = "RDLINE_" + Str(carreteresRS.GFields("RDLINE_").Value)
objConn.CreateOriginatingPipe(OrigPipe)
With OrigPipe
.GeometryFieldName = "Geometry"
.Table = "Carreteres"
.Filter = strId
End With
carreteresNodeRSFiltre = OrigPipe.OutputRecordset

'c. Fem la consulta espacial (nodes que toquen la carretera)
objQry = New SpatialSubsetPipe
objQry.FilterGeometryFieldName = OrigPipe.GeometryFieldName

With objQry
.FilterRecordset = carreteresNodeRSFiltre
.InputRecordset = nodesRS
.InputGeometryFieldName = OrigPipe.GeometryFieldName
.SpatialOperator = SQConstants.gmqgMeet
.NotOperator = False
.OutputStatusFieldName = "Status"
End With

OutRSNodeExtremCarretera = objQry.OutputRecordset 'Nodes que toquen la carretera (extrems)

```

Il·lustració 67: Es construeix un recordset pes a cada tram de carretera i es fa una consulta espacial per a trobar els nodes que toquen aquest tram de carretera. Els nodes trobats seran els nodes extrems de cada tram.

10.7 Algorisme de Dijkstra

El càlcul de la ruta òptima s'ha implementat utilitzant l'**algorisme de Dijkstra** (Wikipedia, *Algoritmo de Dijkstra*, 2010). Es tracta d'un algorisme dissenyat per a calcular el camí més curt entre dos vèrtexs d'una estructura de tipus graf, tenint en compte els pesos de les diferents arestes (9.1.3 La xarxa de carreteres representada com a graf. Pàg. 38).

La implementació no s'ha realitzat des de zero. S'ha reaprofitat codi publicat a Internet (GisWiki, 2010) i s'ha adaptat a les necessitats del present projecte.

La implementació en VB.NET es basa en el següent:

1. Definició d'una estructura que emmagatzema els vèrtexs (*Vertex*) i una altra que emmagatzema els vèrtexs amb els que connecta (*DijkEdge*) (Il·lustració 68).

```

Structure DijkEdge
  Public weight As Integer           'distance from vertices that it is connected to
  Public destination As Integer      'name of vertice that it is connected to
  Public road As Integer             'Nom del tram de carretera amb el que està connectat
End Structure

Structure Vertex
  Public connections() As DijkEdge   'hold information above for each connection
  Public numConnect As Integer       'number of connections - 1
  Public distance As Integer         'distance from all other vertices
  Public isDead As Boolean           'distance calculated
  Public name As Integer             'name of vertice
  Public ruta As String              'Millor ruta d'aquest punt a la resta
  Public rutaCarreteres As String    'Millor ruta d'aquest punt a la resta (trams de carretera)
End Structure

```

Il·lustració 68: Estructures utilitzades en la implementació de l'algorisme de Dijkstra.

2. Càrrega de les dades en un Array d'estructures de tipus Vertex.

Es realitza a través del procediment `populateGraph`, que construeix un Array d'elements `Vertex` amb la informació de cada node i els trams de carretera que parteixen d'ells i els nodes destí i la longitud del tram. A la base de dades es disposa d'una consulta (9.4 Carreteres per node i node destí. Pàg. 40) preparada amb les dades que permetran la càrrega del Array a través d'aquest procediment.

Al procediment `PopulateGraph`, per a cada node es fa una consulta a la consulta `CarreteresPerNode` per a informar l'Array de `Vertex`s (Il·lustració 69).

```

comptaNodes = 0
nodesRS.MoveFirst()
Do Until nodesRS.EOF

  carreteresNodesRSfiltrat = objDB.OpenRecordset("SELECT * FROM CarreteresPerNode WHERE IDNode=" + CStr(nodesRS.GFields("IDNode").Value))
  carreteresNodesRSfiltrat.MoveLast()

```

Il·lustració 69: Al procediment `PopulateGraph`, per a cada node de la taula `Nodes` es fa una consulta a la consulta `CarreteresPerNode` per a trobar la informació necessària per a l'Array de `Vertex`s.

3. Revisió del contingut de l'Array d'estructures `Vertex` i càlcul de la ruta òptima.

Es realitza a través del procediment `dijkstra_shortest_Path` que analitza el contingut del Array d'estructures `Vertex`, és la ruta òptima calculada entre els nodes inicial i final¹⁹. Es presenta, en forma de:

- La seqüència de nodes que es recorren.
- La seqüència de trams de carretera que es recorren.

```

-5. Resultat
Trams tallats: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 38,
Ruta (nodes): >1>12>16>25>24>19>30>29>15>13
Ruta (trams): >>11>253>235>29>21>36>35>31>16

```

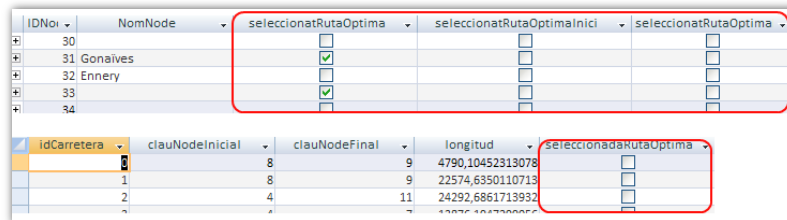
Il·lustració 70: Presentació al formulari de treball de les seqüències de nodes i carreteres de la ruta òptima calculada.

Aquestes seqüències es presenten al formulari de treball (Il·lustració 70).

¹⁹ Els nodes inicials i final s'escullen a les llistes desplegable del formulari de treball.

En el càlcul, no s'han tingut en compte els trams de carretera marcats com a intransitables.

Les seqüències obtingudes serveixen per a informar els camps de les taules *Nodes* i *Carreteres* que s'han preparat per a indicar quins nodes o carreteres pertanyen als seleccionats per a la ruta òptima (*Il·lustració 71*).



IDNo	NomNode	seleccionatRutaOptima	seleccionatRutaOptimaInici	seleccionatRutaOptimaFinal
30		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31	Gonaives	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32	Ennery	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

idCarretera	clauNodeInicial	clauNodeFinal	longitud	seleccionadaRutaOptima
8	8	9	4790,10452313078	<input type="checkbox"/>
1	8	9	22574,6350110713	<input type="checkbox"/>
2	4	11	24292,6861713932	<input type="checkbox"/>

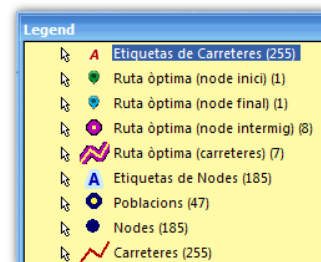
Il·lustració 71: Camps que permeten seleccionar si un node (a dalt) o una carretera (avall) pertanyen o no a la ruta òptima calculada.

A partir de les dades dels camps *seleccionatRutaOptima* (de les taules *Nodes* i *Carreteres*) i dels camps *seleccionatRutaOptimaInici* i *seleccionatRutaOptimaFinal* de la taula de *Nodes*, es presenta sobre el mapa d'Haití el recorregut complet.

10.8 Presentació de la ruta òptima sobre el mapa

Un cop realitzat el càlcul de la ruta òptima i marcats a les taules *Nodes* i *Carreteres*, les entitats que hi intervenen, cal presentar-la sobre el mapa d'Haití. Per a fer-ho, s'han preparat diverses entrades de llegenda situades a la part superior de manera que es sobreposin a la resta d'informació presentada al mapa (*Il·lustració 72*).

Aquestes entrades de llegenda (cadascuna amb un estil determinat) mostren les dades de la taula *Nodes* o *Carreteres* que pertanyen a les escollides per a la ruta òptima. Es a dir, presenten les entitats que tenen el camp *seleccionatRutaOptima* informat a *True*.



Il·lustració 72 Entrades de llegenda preparades per a presentar les entitats seleccionades després del càlcul de la ruta òptima.

Així, gràcies a les entrades de llegenda, es destaca sobre el mapa d'Haití la ruta òptima calculada des dels punts d'inici i final escollits al formulari de treball (*Il·lustració 73*).



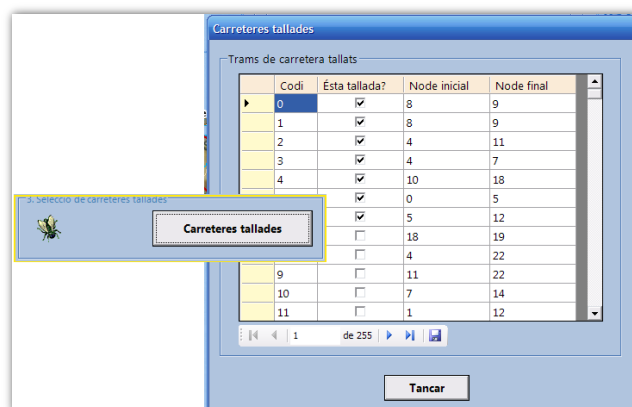
Il·lustració 73: Representació sobre el mapa de la ruta òptima entre els punts 11 i 36.

10.9 Càlcul de la ruta alternativa

El segon objectiu de l'aplicació és el càlcul de la ruta òptima quan no tots els trams de carretera són accessibles. És possible que en un determinat moment, a causa del terratrèmol o qualsevol altra circumstància, determinats trams de carretera es vegin inutilitzats i no es pugui circular per ells. En aquest cas el càlcul de ruta òptima ho ha de tenir en compte i no utilitzar els trams tallats.

Per a implementar aquesta funcionalitat s'ha realitzat el següent:

1. Cal crear un camp (*inTransitable*), a la taula *Carreteres*, que indiqui per a cada tram si és transitable o no.
2. Al formulari de treball, crear un botó que obri un formulari des d'on es poden seleccionar les carreteres tallades (Il·lustració 74).



Il·lustració 74: Selecció dels trams de carretera tallats.

3. Fer que la consulta **CarreteresPerNode** no seleccioni els trams de carretera que estan marcats com a intransitables a la base de dades *Carreteres* (*Il·lustració 75*).

```
SELECT Nodes.IDNode, Carreteres.IdCarretera, Carreteres.Longitud, Carreteres.clauNodeFinal As NodeDesti
FROM Nodes
INNER JOIN Carreteres ON Nodes.IDNode = Carreteres.clauNodeInicial
WHERE (((Carreteres.inTransitable)=False));

UNION

SELECT Nodes.IDNode, Carreteres.IdCarretera, Carreteres.Longitud, Carreteres.clauNodeInicial As NodeDesti
FROM Nodes
INNER JOIN Carreteres ON Nodes.IDNode = Carreteres.clauNodeFinal
WHERE (((Carreteres.inTransitable)=False));
```

Il·lustració 75: Sentència SQL de la consulta CarreteresPerNode amb la modificació que permet tenir en compte les carreteres intransitables.

4. Els procediments de càlcul de ruta no es modifiquen, ja que la consulta no té en compte els trams marcats com a intransitables.
5. Crear una nova entrada de llegenda basada en una consulta de *Geomedia* i que ressalti els trams de carretera que estan interromputs (*Il·lustració 76*).



Il·lustració 76: Presentació dels trams no transitaables.

Si s'executa l'aplicació de càlcul de rutes, no es consideren els trams no transitaables (*Il·lustració 77*).



Il·lustració 77: Ruta òptima que evita els trams no transitables.

10.10 Informació de l'aplicació

Al formulari de treball, s'ha incorporat un botó que permet veure informació sobre l'aplicació de càlcul de rutes.



Il·lustració 78: Finestra informació de l'aplicació de càlcul de rutes.

11 Línies de continuació i experiència personal

11.1 Possibles línies de continuació

Un cop finalitzat el projecte s'ha pogut constatar que aquest es podria ampliar en el futur per aconseguir un producte encara més complet. S'assenyala, a continuació, alguns punts que es podrien desenvolupar.

- Convertir l'aplicació de càlcul de rutes en una aplicació **més interactiva**, de manera que en comptes de ser modal, passés escoltar i actuar sobre els esdeveniments que es poden produir a sobre dels mapes. Per exemple, en comptes d'escollir els trams de carretera tallats a través d'una taula, es podrien escollir fent un clic a sobre del tram representat en el mapa i que un menú d'opcions permetés marcar el seu estat.
- Adaptar l'aplicació per a que la generació de l'estructura de **graf** a partir dels nodes i les carreteres es fes **automàticament**. En aquesta projecte la preparació de les capes de nodes i carreteres s'ha efectuat de manera manual. Seria recomanable dissenyar un procés que revisés automàticament la xarxa de carreteres i generés la capa de nodes de forma automàtica.
- Adaptar l'aplicació per a que sigui fàcilment transportable a **altres dades geogràfiques**, per exemple d'altres regions. El procediment seguit per a calcular la ruta òptima és vàlid per a qualsevol conjunt de dades. Ara bé, per a que s'adapti a altres dades, ara mateix cal fer certes adaptacions, per assegurar que la xarxa de carreteres i els nodes són els adequats. Aquestes adaptacions es podrien fer automàticament de forma bastant senzilla, de manera que es convertiria en una aplicació vàlida per a qualsevol xarxa de carreteres.

11.2 Experiència personal

La realització del projecte ha significat un gran repte per a l'autor, sobretot degut a que, sabent inicialment que era així, es partia d'uns coneixements molt minsos del que era un SIG. S'ha hagut de fer un esforç important en aprendre tot un seguit de conceptes nous, interessants això sí, i a més de forma autònoma, és a dir, sense la guia d'un curs acadèmic normal.

En qualsevol cas, el repte s'ha superat i al final ha valgut la pena. El món dels Sistemes d'Informació Geogràfica ha resultat ser apassionant i engrescador. S'han après conceptes i tècniques molt interessants i de gran aplicació pràctica. El patiment ha tingut la seva recompensa.

12 Valoració econòmica

En el càlcul de la valoració econòmica del projecte, s'han comptabilitzat exclusivament les hores efectives invertides en la seva realització.

No s'ha considerat cap altra despesa, com ara el cost d'adquisició de les llicències de *Software*. En el cas que el projecte es vengués a un client, seria necessari indicar en el contracte que ell s'encarrega d'adquirir aquestes llicències, si no ho ha fet ja, per exemple les de *Geomedia Professional*.

De la mateixa manera, tampoc es comptabilitza el cost del maquinari, que també es suposa que ha de cobrir el client.

En quant a les despeses referents a hores efectives de treball, realitzades per a desenvolupar el projecte cal indicar que:

- S'ha fet una estimació del temps real invertit en el projecte. Normalment, les hores de feina facturades al client es pacten abans del seu inici, però no al final.
- S'estableix un preu/hora orientatiu de 30 € /h.

La valoració econòmica del projecte es el següent:

Dies de feina:	137 dies
Hores diàries:	2 hores
Hores totals:	274 hores
<i>Preu hora:</i>	<i>30 € / hora</i>
<hr/>	
Total (abans d'impostos):	8.220,00 €
IVA (18 %):	1.479 €
Total final:	9.699,60 €

Per tant, el cost del projecte s'estima en **9.699,60 €** que caldria repercutir en el client.

En el cost, s'ha de considerar que l'autor té una experiència molt important en el desenvolupament de projectes. L'assegura la seva qualitat i sobretot el seu lliurament en els terminis establerts. Aquestes condicions és poc probable que siguin assolides si el projecte el realitza personal amb menys experiència, encara que el cost econòmic pogués ser menor.

13 Conclusions

Com a resultat de la realització del projecte, s'ha pogut apreciar alguns punts:

- El àrea dels Sistemes d'Informació Geogràfica és realment de molta utilitat pràctica avui en dia. S'està utilitzant per a multitud de tasques, sense que, en general, hi hagi una consciència de que existeixi. Empreses d'enginyeria, ajuntament, serveis socials, investigadors, etc., tenen el els SIG una eina que si no és ara mateix indispensable per a treballa, ho serà en molt poc temps.
- Els SIG han evolucionat enormement els darrers temps, sobretot arrel de l'expansió d'Internet. Cada cop són més freqüents els sistemes que al darrere incorporen un SIG.
- En aquest projecte, s'ha utilitzat *Geomedia Professional* com a eina de desenvolupament del SIG. Des del punt de vista de l'autor, es tracta d'una aplicació que compleix perfectament amb la gestió de les dades geogràfiques i és per això que segurament s'ha convertit en una de les aplicacions fonamentals en aquest camp. Ara bé, es tracta d'una aplicació (almenys la versió 6.1) que necessita una renovació. És evident que s'ha quedat desfasada, no en quant a capacitat de gestió de dades geogràfiques, però sí en quant a la seva usabilitat. És una aplicació difícil de comprendre, poc intuïtiva i a la que li manquen capacitats de disseny que sí tenen les aplicacions més modernes. Per exemple, la realització de mapes a través de la finestra de composició, que sembla una de les funcions que hauria de més fortes a l'aplicació, és molt poc moderna: deixa poca llibertat a l'autor dels mapes per a compondre-los segons el seu criteri.
- Quant al desenvolupament d'aplicacions per a *Geomedia Professional* ha observat que les possibilitats són immenses, sobretot perquè es posa a disposició del programador un complet model d'objectes que permeten realitzar les funcions més diverses. Ara bé, s'ha trobat a faltar una documentació més completa i senzilla d'entendre. A Internet gairebé no hi ha documentació i la que es proporciona amb l'aplicació caldria una revisió, per a fer-la més fàcil d'usar.
- L'obtenció de dades geogràfiques de fonts d'Internet ha resultat sorprenentment senzill. L'autor desconeixia, abans de començar el projecte, que existissin tantes persones i agrupacions que oferissin dades geogràfiques, de gairebé qualsevol part del món i, molts cops de forma gratuïta.
- A nivell personal, l'autor del projecte considera que l'elecció del tema del Sistemes d'Informació Geogràfica per a realitzar el treball de final de carrera ha esta molt encertada. L'ha permès descobrir un món nou, molt interessant i que ofereix moltes possibilitats de futur. Sense cap dubte, anima a tothom a endinsar-s'hi en ell.

14 Glossari

Arc/Info: sistema d'informació geogràfica produït per ESRI en 1.982.

Arxiu DLL (Biblioteca d'enllaç dinàmic). Una **biblioteca d'enllaç dinàmic** o més comunament **DLL** (sigla en anglès de *dynamic-link library*) és el terme amb el que es refereix als arxius amb codi executable que es carreguen sota demanda d'un programa per part del sistema operatiu. Aquesta denominació és exclusiva dels sistemes operatius Windows, i és ".dll" l'extensió amb la que s'identifiquen aquesta fitxers, per bé el concepte existeix en pràcticament tots els sistemes operatius moderns (*Wikipedia, Biblioteca de enlace dinámico, 2010*).

E00: format d'arxiu d'intercanvi utilitzat en ARC/INFO.

Georeferenciades: es refereix a la informació per a les que s'estableix la seva localització en termes de projeccions geogràfiques o sistemes de coordenades. El terme s'utilitza quan s'estableix la relació d'imatges raster o vectorials amb unes certes coordenades i també per a determinar la localització espacial d'elements geogràfics (*Wikipedia, Georeference, 2011*).

Geoworkspace: àrea de treball de *Geomedia Professional*. Equival a un projecte on s'integren tots els recursos que es necessiten en una solució SIG.

Format JPEG2000: JPEG 2000 es un estàndard de compressió i codificació digital d'imatges. Va ser creat pel *Joint Photographic Experts Group* (Grup Conjunt d'Experts en Fotografia o JPEG), a l'any 2000, amb la intenció de substituir el format original creat en 1992. L'extensió dels arxius en format JPEG 2000 es *.jp2* (*Wikipedia, JPEG 2000, 2010*).

Recordset: és una estructura de dades utilitzada en programació la utilitat de la qual és la de emmagatzemar informació des d'una taula d'una base de dades. Es fa servir amb freqüència per a obtenir connexions amb bases de dades i desfer el resultat de les possibles QUERYS que se realitzen. Se utilitza en múltiples llenguatges de programació com Visual Basic ó C++ (*Wikipedia, Recordset, 2010*).

Web 2.0: el terme *Web 2.0* (emprat des del 2006 fins a l'actualitat) s'associa habitualment amb les aplicacions web que faciliten la compartició interactiva d'informació, el disseny centrat en l'usuari i la col·laboració dins el *World Wide Web*. Alguns exemples del *Web 2.0* serien les comunitats basades en web, les xarxes socials, els llocs de compartició de vídeos, els *wikis* i els blocs. Un lloc *Web 2.0* permet als seus usuaris interactuar amb altres usuaris o canviar el contingut del lloc; en front dels llocs web no interactius on els usuaris es limiten a mirar passivament la informació que se'ls proporciona (*Viquipèdia, 2010*).

15 Bibliografia

- [1] ABAE. (sense data). *ABAE*. Consultat el 15 / 01 / 2011, a http://www.abae.gob.ve/paginas/propiedades_fisicas_t.html
- [2] Ambler, S. W. (2010). *Agile Modeling*. Consultat el 12 / 01 / 2011, a <http://www.agilemodeling.com/>
- [3] Bollas, A. M. (2007). *Geodèsia i cartografia*. Barcelona: UOC.
- [4] Buzo, I. (sense data). *LOS MAPAS / THE MAPS*. Consultat el 15 / 01 / 2011, a <http://personales.ya.com/isaacbuzo/primeroeso/tema1/mapas.html>
- [5] CARIS. (2010). *CARIS Portal corporatiu*. Consultat el 2010, a <http://www.caris.com/>
- [6] CIA. (1999). *Enlarge - American Memory from the Library of Congress - Home Page*. Consultat el 23 / 10 / 2010, a [http://memory.loc.gov/cgi-bin/query/r?ammem/gmd:@field\(NUMBER+@band\(g4940+ct000956\)\)](http://memory.loc.gov/cgi-bin/query/r?ammem/gmd:@field(NUMBER+@band(g4940+ct000956)))
- [7] Colombia, U. N. (2011). *Geoide*. Consultat el 14 / 01 / 2011, a <http://www.unal.edu.co/siamac/sig/geoide.html>
- [8] Crosier, S. (2009). *John Snow: The London Cholera Epidemic of 1854*. Consultat el 09 / 11 / 2010, a Center for Spatially Integrated Social Science: <http://www.csiss.org/classics/content/8>
- [9] D J Maguire, M. F. (2001). An overview and definition of GIS. A P. A. Longley, & e. al., *Geographic information systems and science*. (p. 11). Chichester. Wiley. .
- [10] ESRI. (2009). *GIS Professionals Lead the GeoWeb Revolution*. Consultat el 12 / 01 / 2011, a <http://www.esri.com/news/arcnews/fall09articles/gis-professionals.html>
- [11] ESRI. (2010). *ArcInfo. The Complete Desktop*. Consultat el 07 / 11 / 2010, a <http://www.esri.com/software/arcgis/arcinfo/index.html>
- [12] ESRI. (2010). *ESRI*. Consultat el 07 / 11 / 2010, a <http://www.esri.com/>
- [13] EUROGI. (2010). *EUROGI*. Consultat el 9 / 11 / 2010, a <http://www.eurogi.org/>
- [14] Geocomm. (2010). *Geocommunity*. Consultat el 07 / 11 / 2010, a <http://www.geocomm.com/>
- [15] Geocommunity. (2010). *Admin/Political Boundaries - 1M - E00 Format*. Consultat el 15 / 01 / 2011, a <http://data.geocomm.com/catalog/DR/group109.html>
- [16] Geocommunity. (2010). *Digital Chart of the World (DCW) data description*. Consultat el 21 / 12 / 2010, a <http://data.geocomm.com/readme/dcw/dcw.html>
- [17] GeoCommunity. (2010). *GeoCommunity - Software*. Consultat el 20 / 10 / 2010, a <http://software.geocomm.com/translators/arcview/>
- [18] GeoCommunity. (2010). *Haiti - Nationwide Data*. Consultat el 15 / 01 / 2011, a <http://data.geocomm.com/catalog/HA/datalist.html>
- [19] GeoCommunity, S. (01 / 09 / 2002). *Working with .E00 data*. Consultat el 20 / 10 / 2010, a <http://spatialnews.geocomm.com/education/tutorials/e00data/>
- [20] GISdevelopment.net. (2011). *Overview of GIS*. Consultat el 13 / 01 / 2011, a <http://www.gisdevelopment.net/tutorials/tuman006pf.htm>
- [21] GisWiki. (2010). *Dijkstra's algorithm*. Consultat el 21 / 12 / 2010, a http://en.giswiki.net/wiki/Dijkstra's_algorithm
- [22] Google. (2010). *Google Maps*. Consultat el 8 / 11 / 2010, a <http://maps.google.es/>
- [23] Intergraph. (2010). *InterGraph - Geomedia*. Consultat el 4 / 10 / 2010, a <http://www.intergraph.com/sji/products/productFamily.aspx?family=10&country=>
- [24] Intergraph. (2010). *Intergraph, Web Corporativa*. Consultat el 8 / 11 / 2010, a <http://www.intergraph.com/>
- [25] Intute. (2010). *World Guide - Haiti*. Consultat el 15 / 01 / 2011, a http://www.intute.ac.uk/worldguide/html/905_map.html
- [26] Lanero, A. (2010). *Topografia, Cartografia i ciències afines*. Consultat el 9 / 11 / 2010, a http://www.lanero.net/?in_id=geo
- [27] Masià R., P. J. (2006). *Fonaments de grafs*. UOC.

- [28] Nathaniel, J. (2010). *History of GIS*. Consultat el 9 / 11 / 2010, a Using GIS and the Internet to Produce a Cultural Resource Inventory for South Kingstown, RI: <http://envstudies.brown.edu/oldsite/Thesis/2001/james/gishistory.html>
- [29] OGC. (2010). *OGC. Open Geospatial Consortium*. Consultat el 9 / 11 / 2010, a <http://www.opengeospatial.org/>
- [30] Olivella, J. R. (2007). *Introducció als Sistemes d'Informació Geogràfica*. UOC: P07/19036/02930.
- [31] OneResponse. (2010). *Haití GIS Documents*. Consultat el 15 / 01 / 2011, a <http://onerresponse.info/Disasters/Haiti/MapCenter/Pages/GIS.aspx>
- [32] OneResponse. (2010). *OneResponse*. Consultat el 07 / 11 / 2010, a <http://onerresponse.info/Pages/default.aspx>
- [33] ORSI. (2010). *Sistemas de Información Geográfica (SIG)*. Consultat el 15 / 01 / 2011, a <http://www.orsi.jcyl.es/web/jcyl/ORSI/es/Plantilla100DetalleFeed/1262860952313/Publicacion/1226327632589/Redaccion>
- [34] Silberbauer, M. (sense data). *Biomonitoring Course: Data Presentation from Databases*. Consultat el 14 / 01 / 2011, a <http://www.dwaf.gov.za/iwqs/biomon/course/html2000/datapres.htm>
- [35] Tinoco, R. (2010). *Definición y Algunas Aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica*. Consultat el 2010, a <http://www.monografias.com/trabajos14/informageogra/informageogra.shtml>
- [36] TV3. (05 / 01 / 2011). *Haití, un país exhaust*. Recollit de <http://www.tv3.cat/3alacarta/#/videos/3304090>
- [37] UNAL. (sense data). *Univerisdad Nacional de Colombia*. Consultat el 15 / 1 / 2011, a <http://www.unal.edu.co/siamac/sig/elipsoide.html>
- [38] USGS. (22 / 02 / 2007). *Geographic Information Systems*. Consultat el 13 / 01 / 2011, a http://egsc.usgs.gov/isb/pubs/gis_poster/
- [39] Vilaweb. (2010). *Haití encara una catàstrofe humanitària per causa del terratrèmol*. Consultat el 05 / 10 / 2010, a <http://www.vilaweb.cat/noticia/3676845/terratremol-73-graus-devasta-capital-dhaiti.html>
- [40] Viquipèdia. (2010). *Web 2.0*. Consultat el 12 / 01 / 2011, a http://ca.wikipedia.org/wiki/Web_2.0
- [41] Wharton, U. K. (2003 / 01 / 2003). *Los Sistemas de Información Geográfica (GIS) quieren revolucionar la información*. Consultat el 12 / 01 / 2011, a <http://www.wharton.universia.net/index.cfm?fa=viewArticle&ID=452>
- [42] Wikipedia. (2010). *Algoritmo de Dijkstra*. Consultat el 21 / 12 / 2010, a http://es.wikipedia.org/wiki/Algoritmo_de_Dijkstra
- [43] Wikipedia. (2010). *ArcInfo*. Consultat el 07 / 11 / 2010, a <http://en.wikipedia.org/wiki/ArcInfo>
- [44] Wikipedia. (2010). *Biblioteca de enlace dinámico*. Consultat el 2010, a http://es.wikipedia.org/wiki/Biblioteca_de_enlace_din%C3%A1mico
- [45] Wikipedia. (2010). *JPEG 2000*. Consultat el 15 / 01 / 2011, a http://es.wikipedia.org/wiki/JPEG_2000
- [46] Wikipedia. (2010). *Microsoft .NET*. Consultat el 15 / 01 / 2011, a http://es.wikipedia.org/wiki/Microsoft_.NET
- [47] Wikipedia. (2010). *Recordset*. Consultat el 22 / 12 / 2010, a <http://es.wikipedia.org/wiki/Recordset>
- [48] Wikipedia. (2010). *Shapefile*. Consultat el 07 / 11 / 2010, a <http://es.wikipedia.org/wiki/Shapefile>
- [49] Wikipedia. (2010). *Sistema de Información Geográfica*. Consultat el 8 / 11 / 2010, a http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Informaci%C3%B3n_Geogr%C3%A1fica
- [50] Wikipedia. (2011). *Desarrollo en cascada*. Consultat el 12 / 01 / 2011, a http://es.wikipedia.org/wiki/Desarrollo_en_cascada
- [51] Wikipedia. (2011). *Georeference*. Consultat el 12 / 01 / 2011, a <http://en.wikipedia.org/wiki/Georeference>
- [52] Wikipedia. (2011). *Unified Process*. Consultat el 12 / 01 / 2011, a http://en.wikipedia.org/wiki/Unified_Process
- [53] Wikipedia, L. (21 / 09 / 2009). *Digital Chart of the World*. Consultat el 21 / 12 / 2010, a http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Chart_of_the_World

16 Annexos

16.1 Mapa de la ruta òptima de Port-au-Paix a Mirabelais

Es presenta una imatge del mapa d'Haití generat des del SIG (finestra de composició) i on es mostra la ruta òptima calculada entre dos punts del país: *Port-au-Paix* i *Mirabelais*. La ruta té en compte els trams de carretera que no són transitables.

