Aquest treball està subjecte - excepte que s'indiqui el contrari- en una llicència de Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada 2.5 Espanya de Creative Commons. Podeu copiar-lo, distribuir-los i transmetre'ls públicament sempre que citeu l'autor i l'obra, no es faci un ús comercial i no es faci còpia derivada. La llicència completa es pot consultar en http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/es/deed.es

Implementació en Geomedia PRO d'un exportador a KML per visualitzar dades 4D en Google Earth

Alumne: Francesc Xavier Sàbat Badell
Dirigit per Anna Muñoz Bollas
Projecte fi de carrera
Enginyeria d'informàtica
Curs 2008-09, 2on semestre

Resum

Aquest projecte consisteix en implementar la funcionalitat d'un exportador a format KML de mapes temàtics pel producte Geomedia PRO 6.1. D'aquesta forma serà possible visualitzar dinàmicament sobre un globus virtual com és Google Earth la variable del temps.

S'estudiaran les dades climatològiques d'un any relatives a la intensitat i direcció del vent, recollides per les estacions de la xarxa d'estacions meteorològiques automàtiques (XEMEC) gestionades pel Servei Meteorològic de Catalunya. Aquesta informació serà mostrada en qualsevol globus virtual que segueixi l'estàndard de dades KML.

També s'estudiaran els recursos que estalviïn temps de desenvolupament com l'anàlisi de les eines existents per generar arxius KML. També caldrà donar importància al disseny de la interfície d'usuari que haurà de ser intuïtiva i amigable.

Índex

1. Introducció.....7
1.1. L'energia eòlica.....8
1.2. Aerogeneradors: generació d'electricitat.....11
1.2.1. Avantatges i inconvenients mediambientals.....12
1.2.2. Avantatges i inconvenients socioeconòmics.....14
2. Pla de treball.....16
2.1. Fites.....16
2.2. Diagrama de Gantt 17
3. Conceptes Sistema d'Informació Geogràfica (SIG).....18
3.1. Que és un SIG.....18
Finalitat.....19
Funcionalitat.....19
Components.....21
3.2. Com funciona.....23
3.2.1. Topologia.....24
Regles Topològiques.....26
3.2.2. Sistema de coordenades.....30
Coordenades geogràfiques.....30
Les Coordenades UTM.....32
3.2.3. Dades ràster i dades vectorials 36
Un format d'informació geogràfic: el Shapefile 40
3.3. Mapes temàtics.....40
3.4. Model Digital del Terreny.....42
3.5. Serveis OGC.....45
3.5.1. Servei web de mapes.....45
Classes.....46
Operacions.....46
Avantatges.....48
Inconvenients.....48
3.5.2. Servei web de fenòmens.....49
Geography Markup Language.....49
Feature.....50
Classes.....50
Operacions.....50
Avantatges.....51
Inconvenients.....52
3.5.3. Serveis web de covertures.....52
Operacions.....54
3.5.4. Servei web de Processament.....55
Operacions.....55
4.Interpolació de superfícies.....56
4.1. Mètodes d'interpolació.....56
4.2. IDW.....57

4.3. Ordinary Kriging 57
4.4. Spline.....58
4.5. Dades del vent.....58
5.Keyhole Markup Language KML.....61
5.1. GML vs KML.....62
5.2. Documents KML Bàsics.....63
5.2.1. Placemarks.....63
5.2.2. Ground Overlays.....65
5.2.3. Paths.....65
5.2.4. Polygons.....65
5.3. Documents KML Avançats.....65
5.3.1. TimeStamp i TimeStan.....65
6. Recerca de dades.....68
6.1. Base municipal 1:50.000.....68
6.2. Base topogràfica de Catalunya 1:50.000.....69
6.3. Estudi vent i xarxa Xemec.....70
6.4. Parcs eòlics de Catalunya.....71
6.5. Zones d'especial protecció per les aus (ZEPA).....72
6.6. Parcs Naturals.....72
6.7. Model digital de Terreny.....73
7. L'exportació a KML 74
7.1. Integració amb Geomedia 6.1.....74
7.2. Implementació.....78
8.Conclusions.....80
8.1. Dificultats.....80
8.2. Línies futures.....81
8.3. Valoració final.....81
9. Referències i bibliografia.....82

Índex d'il·lustracions

Il·lustració 1: Càlcul de massa del aire.....10
Il·lustració 2: Equació de l'energia cinètica.....10
Il·lustració 3: Incorporació equacions anteriors.....10
Il·lustració 4: Equació de la potència afegint l'energia cinètica.....11
Il·lustració 5: Aerogenerador d'eix horitzontal.....12
Il·lustració 6: Aerogenerador d'eix vertical.....12
Il·lustració 7: Parcs eòlics de Catalunya.....15
Il·lustració 8: Diagrama de Gantt.....17
Il·lustració 9: Visualització de capes.....23
Il·lustració 10: Estructura del model topològic.....26
Il·lustració 11: Esquema Longitud.....31
Il·lustració 12: Esquema Latitud.....32
Il·lustració 13: Fusos i zones UTM.....33
Il·lustració 14: Model vectorial vs model raster.....37
Il·lustració 15: Exemple de mapa temàtic.....42
Il·lustració 16: Vesuvi, vista 3D construïda amb model digital del terreny i ortofoto.....44
Il·lustració 17: Capes d'informació en el WMS Global Mosaic.....45
Il·lustració 18: WFS retorna fenòmens geoespacials discrets. 53
Il·lustració 19: WCS retorna una representació de fenòmens de distribució continua. 53
Il·lustració 20: Exemple algorisme Ordinary Kriging.....57
Il·lustració 21: Exemple algorisme spline.....58
Il·lustració 22: GeoWorkspace Geomedia.....60
Il·lustració 23: Exemple de codi d’un arxiu KML.....62
Il·lustració 24: Exemple de codi d’un arxiu GML.....63
Il·lustració 25: Exemple de l'etiqueta “Placemark”.....64
Il·lustració 26: Exemple de l'etiqueta “TimeSpan”.....66
Il·lustració 27: Exemple de l'etiqueta “TimeStamp”.....66
Il·lustració 28: Exemple de part del fitxer kml general per la dll.....67
Il·lustració 29: Control de temps a Google Earth.....67
Il·lustració 30: Base municipal 1:50.000.....68
Il·lustració 31: Base topogràfica 1:50.000.....69
Il·lustració 32: Xarxa d'estacions Xemec estudiades.....70
Il·lustració 33: Parcs eòlics de Catalunya.....71
Il·lustració 34: Ortofoto 1:5.000 parc eòlic Trucafort.....71
Il·lustració 35: Zones d'especial protecció per les aus.....72
Il·lustració 36: Parcs Naturals.....72
Il·lustració 37: Model digital de Terreny.....73
Il·lustració 38: Assistent de comandes personalitzades Geomedia 6.1.....74
Il·lustració 39: Finestra d'execució i pas de paràmetres del exportador.....75
Il·lustració 40: Exemple de vinyeta.....76
Il·lustració 41: Codificació, espai de noms i vigència del document kml.....76
Il·lustració 42: Definició de les vinyetes.....77
Il·lustració 43: marca de posició, temps i geometria.....77

1. Introducció

Les energies renovables són l'aposta estratègica de futur i representen la solució a llarg termini al problema energètic actual ja que són alternatives netes, i inesgotables. Dins aquesta estratègia de futur cal considerar per una banda la necessitat d'extreure el màxim partit a les fonts energètiques renovables però, per una altra banda, és necessari també reduir el consum energètic de la nostra societat fins a arribar a un equilibri sostenible.

Tot i que les fonts energètiques renovables són el recurs energètic autòcton més important de Catalunya, la seva contribució sobre l'energia primària catalana és molt petita i l'any 2003 va representar només el 3,6%. La principal font d'energia renovable és la hidroelèctrica que representa un 58,1%, altres fonts renovables com la biomassa, el biogàs i els biocombustibles suposen totes elles el 39,4%, i l'energia eòlica representa tan sols un 1,9%.

La Unió Europea va marcar al 1997 en el Llibre blanc de les energies renovables, l'objectiu de doblar la participació d'aquestes per l'any 2010 respecte el consum d'energia primària. Els objectius però marcats pel Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015 són més ambiciosos ja que, entre altres finalitats, es planteja potenciar el consum d'energies renovables fins el punt de triplicar el valor de participació d'aquestes fonts per l'any 2015 fins a un 11%.

Així doncs, per l'any 2015 les fonts renovables de biogàs, biomassa i biocombustibles passaran a contribuir totes elles un 44% del total de les fonts energètiques renovables, l'energia eòlica augmentarà fins un 26%, la hidràulica disminuirà fins un 18%, i finalment la solar arribarà fins un 4,4%. El 7,6% restant correspondrà als residus renovables que actualment tenen una contribució del 19,9%.

Tal i com es pot observar en aquests percentatges, les possibilitats de creixement de l'energia hidràulica són molt limitades i la seva participació disminueix en augmentar les altres alternatives com la eòlica i la solar que tindran augments molt més ambiciosos i notables. En el cas concret de l'energia solar, el pla contempla la construcció de la primera planta solar termoelèctrica de Catalunya.

1.1. L'energia eòlica

La energia eòlica és l'energia produïda pel vent i consisteix en aprofitar la seva energia cinètica per convertir-la en energia mecànica i elèctrica. És una font d'energia renovable i en podem disposar d'ella sense risc de que s'esgoti, és una font d'energia tradicional ja que antigament ja es feia servir en navegació i molins, i és una energia neta perquè no desprèn residus contaminants a l'hora de generar electricitat.

Es pot considerar que l'energia eòlica prové en darrer terme del sol que irradia la Terra proveint-la de $1{,}74 \times 10^{17}$ Watts de potència cada hora. Entre un 1 i un dos per cent del total d'aquesta energia solar es converteix en vent i poder aprofitar aquesta energia suposaria entre 50 i 100 vegades superior a l'obtinguda per la biomassa de totes les plantes de la terra.

Les diferències de temperatura en les diferents zones atmosfèriques són les que indueixen a la circulació de l'aire. La regions més calentes de la Terra són les situades a l'Equador, 0º de latitud, i és en aquestes zones on l'aire s'escalfa i puja a les capes superiors de l'atmosfera per on s'estén posterior cap al nord i cap al sud.

Si la Terra no rotés, l'aire simplement arribaria al Pol nord i al Pol sud, per posteriorment descendiria i tornaria a l'Equador. La rotació però provoca una desviació cap a a dreta en l'hemisferi nord i una altra desviació cap a l'esquerra en l'hemisferi sud. Aquestes forces de curvatura són conegudes

com coliolis i eviten que l'aire calent no s'estengui més enllà de 30º de latitud en els dos hemisferis, latitud on l'aire comença a baixar de nou.

A l'Equador, àrea on l'aire s'escalfa i puja, apareixen zones de baixa pressió atmosfèrica a nivells propers del sòl i aquest efecte provoca vents del nord i del sud. Aquest vents resultants de les diferències de pressió o de temperatura es coneixen com a vents geostròfics i tenen lloc a una alçada aproximada de 1000 metres pel que no tenen gaire efecte sobre la superfície de la Terra. Els vents que apareixen sobre la superfície de la Terra són els resultants de la seva rugositat que obstaculitza la circulació de l'aire i són aquests tipus de vent els que interessa analitzar per a l'energia eòlica. La direcció del vent proper a la superfície terrestre és lleugerament diferent a la dels vent geostròfics[1].

L'energia del vent: densitat de l'aire, àrea d'escombrat del rotor i potència.

Un aerogenerador és un aparell emprat per a transformar l'energia cinètica del vent en energia elèctrica. El vent gira les pales del rotor de tal manera que el moviment del vent es transforma en un moviment de rotació, darrere de les pales hi ha un multiplicador que encarregat d'augmentar la velocitat de rotació i finalment hi ha un generador que realitza la conversió d'energia cinètica en elèctrica.

L'energia cinètica d'un cos en moviment depèn de la seva velocitat i de la seva massa, tot i que en termes de vent es fa referència a massa per unitat de volum, és a dir la densitat de l'aire. Per a una velocitat de vent determinada v, es pot calcular la quantitat d'aire (la massa d'aire) que travessa la superfície d'un aerogenerador en un cert període de temps t amb la següent expressió:

1 Vent geostròfic: El moviment horitzontal de l'aire més senzill és el que es produeix quan la força del gradient de pressió queda equilibrada completament per la força del Coriolis, la qual actua en la mateixa direcció i en sentit oposat. Aquesta situació es dóna quan la força del fregament és negligible, com ara en l'anomenada atmosfera lliure, per sobre de la capa de fricció amb la terra (entre 500 i 1000m d'alçada). En aquest cas, el vent pren una direcció aproximadament perpendicular al gradient de pressió i, seguint el moviment de l'aire, els nuclis d'altes pressions queden a la dreta i els de baixes pressions a l'esquerra, a l'hemisferi nord. El vent horitzontal que compleix les condicions abans esmentades rep el nom vent geostròfic.

$$M = \rho \cdot S \cdot v \cdot t$$

Il·lustració 1: Càlcul de massa del aire

On M és la massa d'aire que travessa la superfície del rotor, ρ és la densitat de l'aire que depèn de la temperatura i de l'altura, S és la superfície del rotor, v és velocitat de l'aire, i t és el temps.

En condicions normals, una pressió atmosfèrica normal i una temperatura de 15ºC, l'aire pesa aproximadament uns 1,225 kg per metre cúbic però aquest valor pot variar en funció de la humitat i la temperatura. A grans altituds, la pressió de l'aire és més baixa pel que la seva densitat és menor, i a menor densitat, menor massa d'aire i menor energia cinètica del vent hi ha.
L'energia cinètica de l'aire, ja que disposa d'una velocitat, és:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot M \cdot v^2$$

Il·lustració 2: Equació de l'energia cinètica

Si en aquesta expressió substituïm el valor d'M per la igualtat anterior tenim que l'energia cinètica és:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^3 \cdot t$$

Il·lustració 3: Incorporació equacions anteriors

Un aerogenerador transforma l'energia cinètica de l'aire en energia elèctrica de tal manera que un aerogenerador ideal seria aquell que transforma tota l'energia cinètica del vent en energia elèctrica.

A més, la potència és la quantitat d'energia per unitat de temps. Així doncs, la potència del vent travessant el rotor d'un aerogenerador amb una superfície S, a una velocitat v, serà:

$$P = \frac{E}{t} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^3 \cdot t$$

Il·lustració 4: Equació de la potència afegint l'energia cinètica

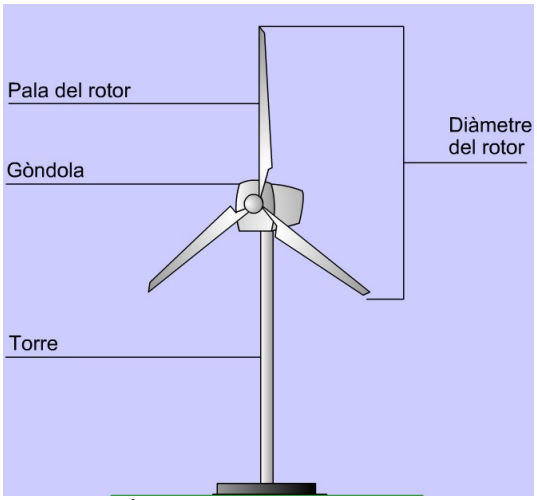
On P correspon a la potència en Watts i és proporcional al cub de la velocitat del vent.

Segons el teorema de Betz, només és possible recuperar el 59,25 % de l'energia cinètica del vent incident. Això és degut a que si el molí fos capaç de captar tota l'energia del vent, l'aire quedaria aturat darrere d'ell, bloquejant el seu propi corrent. A la pràctica, els molins millor dissenyats arriben a aprofitar un 40 % de la potència subministrada pel vent.

1.2. Aerogeneradors: generació d'electricitat.

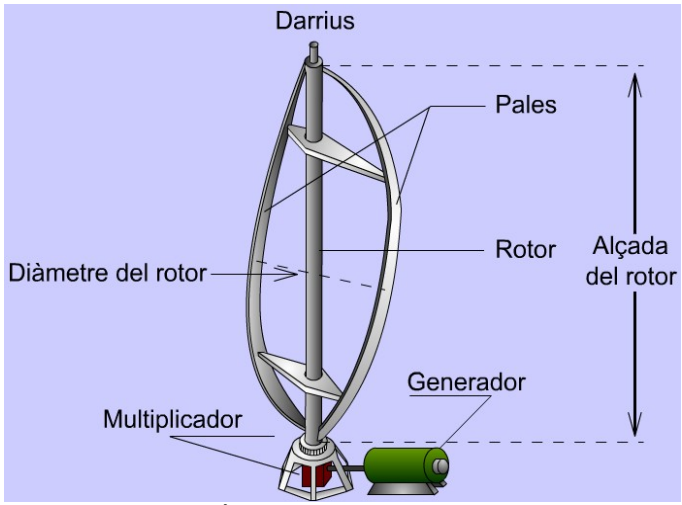
Es pot considerar que els aerogeneradors són una evolució natural dels molins de vent tradicionals. De fet, avui en dia són productes d'alta tecnologia amb turbines que generen electricitat per velocitats de vent entre 3 i 15 metres per segon i que disposen de mecanismes de seguretat que els desconnecten en situacions de tempestes i vents forts de velocitats mitjanes superiors a 25 metres per segon de duració superior a deu minuts.

Els aerogeneradors que millor rendiment donen són els de tres pales però es poden trobar altres dissenys com els d'eix vertical o els d'eix horitzontal multipala, entre 12 i 24 pales. L'àrea de rotor determina la quantitat d'energia que rep la turbina de tal manera que, per un àrea de 2300 m^2, és a dir un diàmetre de 54 metres, s'obté una potència de 1000 kW.



Il·lustració 5: Aerogenerador d'eix horitzontal

font:http://dgener.caib.es



Il·lustració 6: Aerogenerador d'eix vertical

font:http://dgener.caib.es

La generació d'electricitat a partir de l'energia cinètica del vent és intermitent degut a que no hi ha vent de forma continuada. Un únic aerogenerador pot generar electricitat durant el 70 - 85 % del temps però la potència elèctrica generada, tal i com s'ha vist anteriorment, varia en funció de la velocitat del vent en cada moment.

El sistema elèctric està dissenyat per garantir un subministrament continuat d'electricitat per que s'estableixen reserves elèctriques per poder aconseguir un equilibri entre generació d'energia i la demanda. Per a determinar aquestes reserves es consideren dades estadístiques de les variacions previstes durant el temps, que inclouen a més la variabilitat de la generació d'energia eòlica deguda principalment a la inconstància del vent.

1.2.1. Avantatges i inconvenients mediambientals

Els avantatges mediambientals de l'energia eòlica són nombroses. És una energia inesgotable ja que procedeix del sol que escalfa l'aire i ocasiona el vent, és neta ja que no contamina, és segura i existeix a totes les parts del món.

Per cada megawatt (MW) de potència eòlica a Catalunya s'evita l'emissió anual a l'atmosfera de 2900 tones de diòxid de carboni, 75 tones de diòxid de sobre, i de 1,5 tones de diòxid de nitrogen, entre d'altres gasos contaminants.

La instal·lació de parcs eòlics és compatible amb diferents tipus de sòl però les alteracions del medi físic degudes a l'ocupació del territori i l'erosió del terreny poden arribar a ser importants. Altres inconvenients relacionats són la modificació del paisatge i l'alteració visual de l'entorn tot i que aquests dos punts són difícils d'avaluar per ser subjectius i depenen de la situació i del temps. En aquest punt, és important remarcar el fet que les zones són ràpidament recuperables ja que els parcs eòlics són fàcils de desmantellar i que són compatibles amb altres activitats com la ramaderia, l'agricultura, el turisme rural, i altres activitats d'oci.

Els parcs eòlics també poden donar lloc a alteracions sobre la flora i la fauna com, per exemple, la tala de molts arbres per a emplaçar un parc eòlic. Pel que fa a la fauna, el moviment del aerogeneradors pot desviar la trajectòria de les aus migratòries i poden provocar la mort d'aus per col·lisió. Sobre aquest últim punt cal considerar que aquestes dades d'aus mortes per col·lisió són molt inferiors a les causades per xocs amb edificis alts de vidre o per altres activitats humanes.

Finalment, cal comentar el fet que els parcs on es produeix l'energia estan molt allunyats del grans centres de consum de manera que es necessiten grans quantitats de línies d'alta tensió. Tot i això, en la majoria dels casos, aquests i altres problemes potencials poden minimitzar-se amb un anàlisi acurat, amb una recerca de planificació conscient i amb consultes prèvies i freqüents a les comunitats afectades.

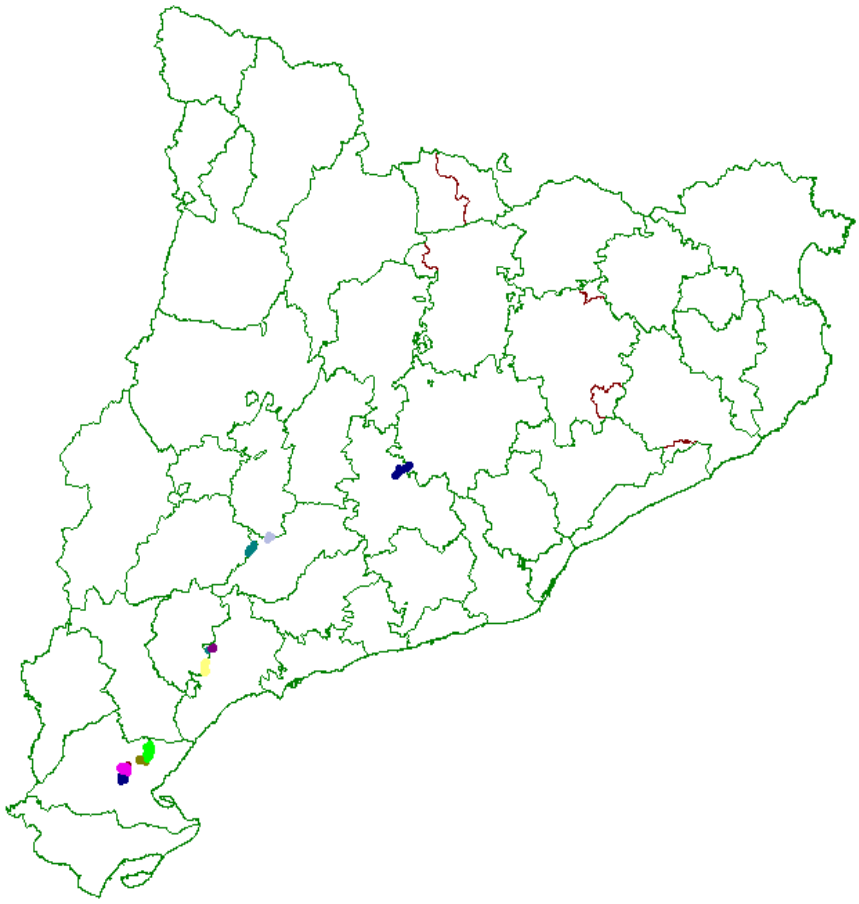
1.2.2. Avantatges i inconvenients socioeconòmics

Els avantatges socioeconòmiques de l'energia eòlica són nombroses però en destaca particularment la generació de riquesa degut a l'alta rendibilitat que aporta. Així doncs, s'ha determinat el guany de 16 milions d'euros l'any per una inversió de 3.700 milions d'euros a tot el territori de Catalunya.

A més, els parcs eòlics generen gran quantitat de llocs de treballs, entre dos i cinc cops superior als aportats per altres fonts energètiques més usuals. Els parcs eòlics es construeixen i es mantenen en funcionament per un mínim de 25 anys, és per aquest motiu que la ocupació creada no només és imprescindible sinó que és també de llarga durada. Des del punt de vista d'ocupació, les futures perspectives de l'energia eòlica a Catalunya proporcionaran uns 3000 llocs de treball per a la construcció dels parcs previstos dels que 350 romandran fixos per a realitzar tasques de manteniment.

La societat actual té unes despeses energètiques molt elevades pel que resulta necessari reconduir aquesta situació cap un sistema d'estalvi i eficiència que suposa una reducció del 50 % en energia elèctrica consumida. Aquest canvi suposa l'actuació sobre dos components importants, per una banda l'educació social cap un consum responsable i, per una altra banda, cap a la disminució de la dependència energètica de combustibles fòssils d'altres països.

És per això que cal potenciar al màxim les fonts energètiques alternatives i, en el cas concret de l'energia eòlica, un miler de MW de potència eòlica permeten estalviar aproximadament mig milió de tones de petroli l'any.



Il·lustració 7: Parcs eòlics de Catalunya

Dades obtingudes del Institut Cartogràfic de Catalunya (Base Municipal 1:50.000) i capa de punts amb la disposició dels aerogeneradors construïda des de les ortofotos 1:5000. Elaboració pròpia

2. Pla de treball

Aquest projecte és portarà a terme durant el període febrer-juliol de 2009 amb una dedicació aproximada de vint-i-cinc hores setmanals. En els següents apartats es detallen una llista de dates clau així com una representació gràfica mitjançant un diagrama de Gantt amb la previsió de temps a dedicar per a cadascuna de les diferents tasques així com les seves relacions.

2.1. Fites

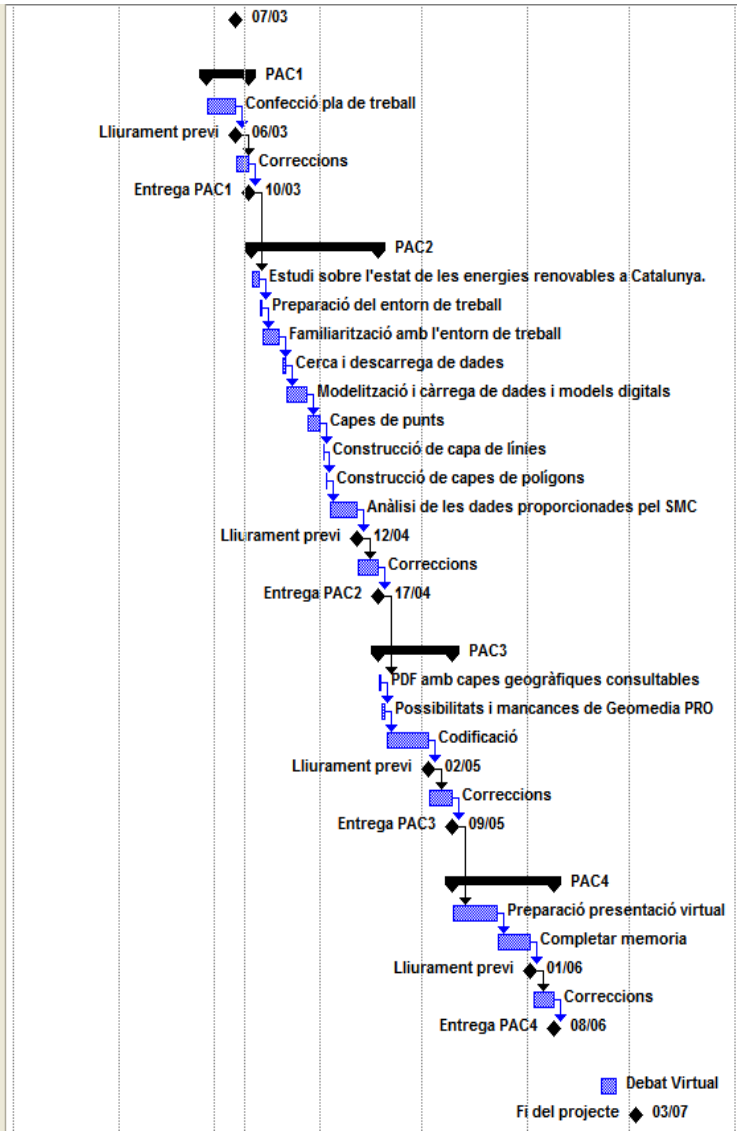
En el següent quadre es mostren les fites que es consideren clau dins de la planificació del projecte.

Data	Fita
06/03/09	Lliurament esborrany PAC1 – Pla de treball
07/03/09	Trobada presencial
10/03/09	Lliurament del PAC1 - Pla de treball
12/04/09	Lliurament esborrany PAC2
17/04/09	Lliurament del PAC2
02/05/09	Lliurament esborrany PAC3
09/05/09	Lliurament del PAC3
01/06/09	Lliurament esborrany PAC4
08/06/09	Lliurament PAC4 - Memòria PFC + Presentació
22/06/09	Debat Virtual
03/07/09	Fi projecte

A la pàgina següent podem veure el diagrama de Gantt complert de tot el projecte.

2.2. Diagrama de Gantt

Fita externa: Trobada presencial	0 horas	sáb 07/03/09	sáb 07/03/09	
PAC1	**54 horas**	**jue 26/02/09**	**mar 10/03/09**	
Confecció pla de treball	35 horas	jue 26/02/09	vie 06/03/09	
Lliurament previ	0 horas	vie 06/03/09	vie 06/03/09	4
Correccions	19 horas	sáb 07/03/09	mar 10/03/09	5
Entrega PAC1	0 horas	mar 10/03/09	mar 10/03/09	6
PAC2	**154 horas**	**mié 11/03/09**	**vie 17/04/09**	
Estudi sobre l'estat de les energies renovables a	9 horas	mié 11/03/09	vie 13/03/09	7
Preparació del entorn de treball	7 horas	sáb 14/03/09	sáb 14/03/09	10
Familiarització amb l'entorn de treball	19 horas	dom 15/03/09	jue 19/03/09	11
Cerca i descarrega de dades	10 horas	vie 20/03/09	sáb 21/03/09	12
Modelització i càrrega de dades i models digitals	22 horas	dom 22/03/09	vie 27/03/09	13
Capes de punts	20 horas	sáb 28/03/09	mar 31/03/09	14
Construcció de capa de línies	3 horas	mié 01/04/09	mié 01/04/09	15
Construcció de capes de polígons	3 horas	jue 02/04/09	jue 02/04/09	16
Anàlisi de les dades proporcionades pel SMC	39 horas	vie 03/04/09	sáb 11/04/09	17
Lliurament previ	0 horas	dom 12/04/09	dom 12/04/09	18
Correccions	22 horas	dom 12/04/09	vie 17/04/09	19
Entrega PAC2	0 horas	vie 17/04/09	vie 17/04/09	20
PAC3	**94 horas**	**sáb 18/04/09**	**sáb 09/05/09**	
PDF amb capes geogràfiques consultables	7 horas	sáb 18/04/09	sáb 18/04/09	21
Possibilitats i mancances de Geomedia PRO	7 horas	dom 19/04/09	dom 19/04/09	24
Codificació	51 horas	lun 20/04/09	sáb 02/05/09	25
Lliurament previ	0 horas	sáb 02/05/09	sáb 02/05/09	26
Correccions	29 horas	dom 03/05/09	sáb 09/05/09	27
Entrega PAC3	0 horas	sáb 09/05/09	sáb 09/05/09	28
PAC4	**126 horas**	**dom 10/05/09**	**lun 08/06/09**	
Preparació presentació virtual	51 horas	dom 10/05/09	vie 22/05/09	29
Completar memoria	46 horas	sáb 23/05/09	lun 01/06/09	32
Lliurament previ	0 horas	lun 01/06/09	lun 01/06/09	33
Correccions	29 horas	mar 02/06/09	lun 08/06/09	34
Entrega PAC4	0 horas	lun 08/06/09	lun 08/06/09	35
Debat Virtual	14 horas?	lun 22/06/09	vie 26/06/09	
Fi del projecte	0 horas	vie 03/07/09	vie 03/07/09	



Il·lustració 8: Diagrama de Gantt

3. Conceptes Sistema d'Informació Geogràfica (SIG)

3.1. Que és un SIG

En funció de la seva funcionalitat i capacitat es poden trobar diferents definicions de SIG.

"Un sistema de maquinari, programari i procediments dissenyats per realitzar la captura, enregistrament, manipulació, anàlisi, modelització i presentació de dades referenciades espacialment per la resolució de problemes complexes de planificació i gestió". (National Center for Geographic Information and Analysis).

"Tipus especialitzar de base de dades que es caracteritza per la seva capacitat de manegar dades geogràfiques, és a dir, espacialment referenciades, les quals poden ser representades gràficament com imatges". (Brecken i Webster, 1990).

"Sistema d'ajuda a la decisió que integra dades referenciades espacialment en un context de resolució de problemes". (Cowen).
Un Sistema d'Informació Geogràfic (SIG) és un sistema de computació dissenyat per captar, enregistrar, manipular i analitzar informació geogràficament referenciada, amb la finalitat de resoldre problemes complexos de planificació i gestió.

Gràcies en aquest tipus de sistemes és possible manipular qualsevol informació que tingui una component geogràfica, per poder trobar patrons, relacions i tendències que no poden observar en un format de taula o llista alfanumèrica. Dóna una perspectiva completament nova i dinàmica de la informació que permet ser més eficient en la pressa de decisions.

Finalitat

Les principals qüestions que ha de respondre un SIG són les següents:

- Localització (que hi ha a...?)
  - Permet saber que es troba en una localització determinada.
- Condició (on es troba...?)
  - Permet trobar quin lloc reuneix certes característiques determinades.
- Tendència (que ha canviat des de...?)
  - Permet comparar situacions temporals diferents.
- Rutes (qui és el camí més òptim...?)
  - Permet calcular quin és el millor camí en funció del temps, el cost, la distància, etc.
- Pautes (quins patrons de distribució existeixen...?)
  - Permet analitzar les regularitats espacials que es produeixen.
- Models (que succeiria si...?)
  - Permet generar models per simular l'efecte que produiria cert fenomen.

Funcionalitat

Les tasques o processos principals d'un SIG d'aplicació general són les següents:

Ingrés: Abans que les dades geogràfiques puguin usar-se en un SIG, han de ser convertides a un format digital apropiat. El procés de convertir dades de mapes analògics en paper a fitxer de computació s'anomena digitalització. En l'actualitat, molts tipus de dades geogràfiques existeixen en formats compatibles amb SIG. Aquestes dades poden obtenir-se de proveïdors i ser carregats en un SIG.

Manipulació: És possible que els tipus de dades requerits per un projecte particular de SIG necessitin ser transformats o manipulats d'alguna manera per fer-los compatibles amb el sistema. Per exemple, la informació geogràfica està disponible a diferents escales (fitxers d'eixos dels carrers poden estar disponibles a una escala 1:100.000, codis postals a 1:10.000 i els límits

d'àrees censals a 1:50.000). Previ a que es puguin sobreposar i integrar, cal una transformació a la mateixa escala.

Administració: Quan el volum de dades és important o el nombre d'usuaris és elevat el millor sistema de gestió de les dades és mitjançant un sistema gestor de base de dades (SGBD) que permetrà l'enregistrament, organització i administració de les dades. De tots els tipus d'SGBD el que s'adapta millor és el relacional. En el model relacional, les dades s'enregistren conceptualment com un conjunt de taules amb camps comuns usats per connectar-les.

Consulta: Un cop es té el SIG en funcionament, contenint la informació geogràfica, es pot començar a formular preguntes com:

•Quines zones són especialment protegides per aus?

•Quines són les millors zones per instal·lar un parc eòlic?

•On es troben les línies d'alta tensió?

Anàlisi: Un SIG funciona realment en el seu terreny quan s'utilitzen per analitzar dades geogràfiques. El procés d'anàlisi geogràfic (freqüentment anomenat anàlisi espacial o geoprocesament) usa propietats geogràfiques característiques per cercar patrons i tendències, i per elaborar escenaris potencials. Els SIG moderns tenen moltes eines analítiques potents, però hi ha dues que sobresurten de la resta:

•Anàlisi de proximitat: La proximitat és una mesura de la distància entre trets i a aquest tipus d'anàlisi de proximitat és anomenat BUFFER ZONE (àrea d'una amplada o extensió especificada dibuixada al voltant d'un o més elements del mapa).

•Anàlisi de superposició: La integració de diferents nivells de dades implica un procés de superposició. Això podria ser una operació visual, però les operacions analítiques requereixen un o més nivells de dades per ser units físicament.

Visualització: Per molts tipus d'operacions geogràfiques, el resultat final es visualitza millor en un mapa o gràfic. Els mapes són molt eficients per enregistrar i comunicar informació geogràfica. Mentre que els cartògraf han creat mapes per mil·lennis, els SIG proveeixen eines noves per estendre l'art i la ciència de la cartografia.

Components

Maquinari: Un SIG s'executa en un ampli rang de tipus de maquinari, des de servidors centralitzats fins a ordinadors de sobretaula utilitzats en configuracions individuals o de xarxa i fins i tot en dispositius mòbils. Altres components d'entrada de maquinari que són d'ús força habitual són scaners, càmeres de vídeo, taules digitalitzadores i interfícies de dades provinents de teledetecció, fotogrametria, GPS... I de sortida impressores, traçador, gravadora de cel·luloide i arxius fotogràfics.

Programari: El programari de SIG proveeix les funcions i eines necessàries per enregistrar, analitzar i mostrar informació geogràfica. Les components claus són:

•Un sistema d'administració de la base de dades.

•Eines per l'entrada i manipulació de la informació geogràfica.

•Eines de suport per consultes, anàlisi i visualització geogràfica.

•Una interfície gràfica d'usuari de fàcil accés a les diferents eines.

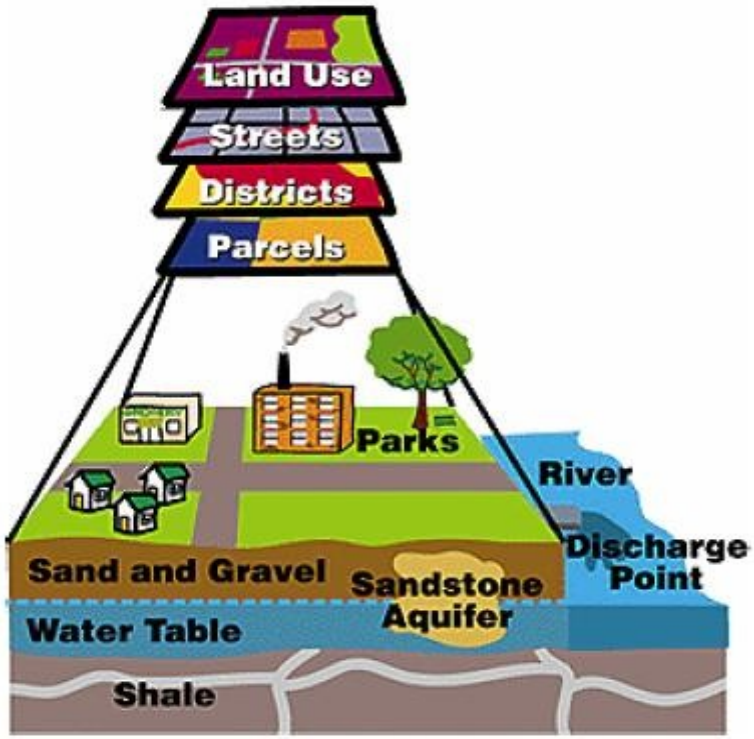
Dades: La informació és el pilar sobre el qual es sustenta qualsevol SIG. Les dades constitueixen una representació simplificada del món real amb la què els experts han de treballar. La captura de la informació, ja sigui de cartografia o de base de dades pot representar més del 70% del esforç final de muntar un SIG i esdevé l'únic element que li dóna sentit ja que sense informació alfanumèrica s'estaria parlant de cartografia digital i, només informació alfanumèrica, podria fer referència a d'altres sistemes d'informació sense potencialitat de georeferenciar.

Personal: La tecnologia de SIG és de valor limitat sense la gent que usa el sistema i desenvolupa plans per aplicar-ho. Freqüentment subestimat, sense el personal, les dades no s'actualitzen i s'usen malament. El maquinari no utilitza tot el seu potencial i el programari no s'actualitza. Els usuari de SIG tenen diferents perfils, especialistes tècnics, que dissenyen i mantenen el sistema fins que els que utilitzen per realitzar les seves tasques diàries.

Mètodes: Un SIG amb èxits opera d'acord a un pla ben dissenyat i regles de l'activitat, que són els models i pràctiques operatives úniques a cada organització. Els SIG és relacionen de forma propera a diversos altres tipus de sistemes d'informació, però és la habilitat de manipular i analitzar dades geogràfiques que separa la tecnologia SIG de la resta.

3.2. Com funciona

Un SIG enregistra informació sobre el món com una col·lecció de nivells temàtics que poden relacionar-se per geogràfica. Aquest concepte simple però extremadament potent i versàtil ha provat ser inavaluable per resoldre molts problemes, des de rastrejar vehicles d'entregues fins registrar detalls d'aplicacions de planificació o fins modelar la circulació atmosfèrica global.



Il·lustració 9: Visualització de capes

Font: Goodhue County GIS

La informació geogràfica conté ja sigui una referència geogràfica explícita com la latitud i longitud o una coordenada d'un sistema nacional, o una referència implícita com domicili, codi postal, nom del àrea censal, identificador del terra d'un bosc, o nom d'un carrer. Les referències implícites poden ser derivades de referències explícites usant un procés automàtic anomenat "geocodificació". Aquestes referències geogràfiques permet localitzar característiques per exemple les terres del bosc i esdeveniments com un terratrèmol en la superfície de la terra per l'anàlisi.

3.2.1. Topologia

La topologia és possiblement la més jove de les branques clàssiques de les matemàtiques, apareixen en el segle XVII amb el nom "*analysis situs*" anàlisi de la posició.

La Topologia s'ocupa de les propietats de les figures que romanen invariants, quan aquestes figures són plegades, dilatades, contretes o deformades, de manera que no apareguin nou punts, o s'hagin de coincidir punts diferents. La transformació permesa pressuposa, que existeix una correspondència biunívoca entre els punt de la figura original i els de la transformada i que la deformació fa correspondre punts pròxims a punts pròxims. Aquesta darrera propietat s'anomena continuïtat, i el que es requerix és que la transformació i la seva inversa siguin ambdues continues: així es treballa amb homomorfismes.

La topologia aplicada als SIG fa referència a les propietats no mètriques que romanen invariables entre canvis morfològics. Aquestes propietats són {adjacència, inclusió, connetivitat i l'ordre}.

Un SIG topològic és un conjunt de regles i comportament com punts, línies i polígons que comparteixen geometria. Com per exemple característiques adjacents com dos països, que comparteixen un límit.

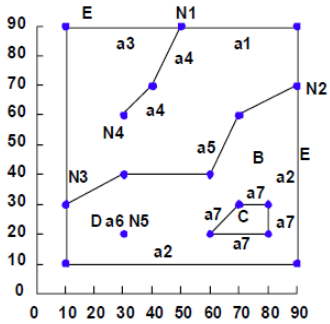
En altres relacions geomètriques es poden definir, per exemple, els límits del comptat que han de cobrir completament els estats i compartir les vores al llarg de les fronteres estatals. Aquest exemple de regles i comportaments topològics són usats comunament en base de dades SIG.

La Topologia ha estat durant molt de temps una exigència clau per la gestió de dades i integritat dels SIG. En general, un model de dades topològic representa objectes espacials (punts, línies i àrees) usant un gràfic de les primitives topològiques. Aquestes primitives, juntament amb les seves

relacions entre si amb els elements a els límits que representes, són definides per representar característiques geomètriques en un pla gràfics dels elements topogràfics. Aquest conjunt de dades es diu que són topològicament integrades.

La topologia és usada per:

- Gestionar la geometria compartida (restringint les característiques geomètriques comuns). Per exemple, polígons adjacents, com parcel·les, compartició de límits; línies centrals dels carrers...
- Defineix i força la integritat de les dades (no poden existir diferències entre les característiques de les parcel·les, entre les parcel·les no pot existir superposició, les línies centrals de les carreteres han de connectar amb els punts finals.
- Ha de permetre la consulta i la navegació de les relacions topològiques, per exemple tenir la possibilitat d'identificar característiques adjacents i connectades.
- Suportar eines sofisticades d'edició que facin complir les restriccions del model de dades, per exemple ser capaç de modificar el límit compartit i actualitzar totes les característiques comunes que comparteixen amb l'inici.
- Construir característiques des de geometria no estructurada, disposar de la capacitat de construir polígons des de línies sovint anomenades "espagueti".



Node Topology	
Node	Arcs
N1	a1, a3, a4
N2	a1, a2, a5
N3	a2, a3, a5
N4	a4
N5	a6
N6	a7

Arc Topology				
Arc	Start Node	End Node	Left Polyg.	Right Polyg.
a1	N1	N2	E	A
a2	N2	N3	E	B
a3	N3	N1	E	A
a4	N4	N1	A	A
a5	N3	N2	A	B
a6	N5	N5	B	B
a7	N6	N6	B	C

Arc Coordinate Data			
Arc	Start X Y	Intermediate X Y	End X Y
a1	50, 90	90,90	90, 70
a2	90, 70	90, 10; 10, 10	10, 30
a3	10,30	10, 90	50, 90
a4	30,60	40, 70	50, 90
a5	10,30	30, 40; 60, 40; 70, 60	90, 70
a6	30, 20		30, 20
a7	60,20	70, 30; 80, 30; 80, 20	60, 20

Polygon Topology	
Polygon	Arcs
A	a1, a5, a3
B	a2, a5, a6, a7
C	a7
D	a6
E	area outside map coverage
0	

Il·lustració 10: Estructura del model topològic

Font: International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation

Regles Topològiques

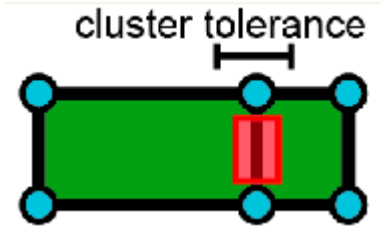
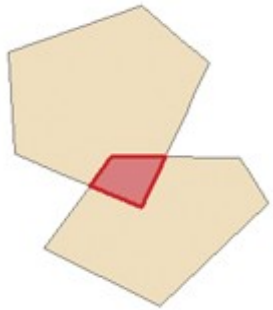
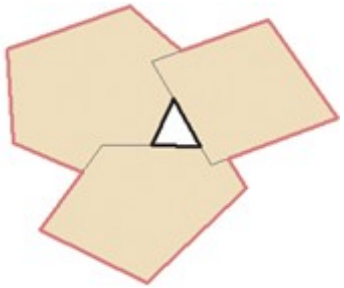
El component bàsic d'una topologia, són les regles topològiques establertes per controlar les relacions espacials permeses entre elements d'una mateixa capa, entre diferents capes, o inclús entre subtipus d'elements. Serà necessari ubicar totes les capes presents en la topologia dins d'un mateix dataset.

El procés de validació inicial de la topologia, comprovarà que cadascuna de les regles que han estat establertes, es compleixen cadascun dels elements que participen en la topologia.

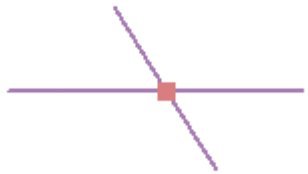
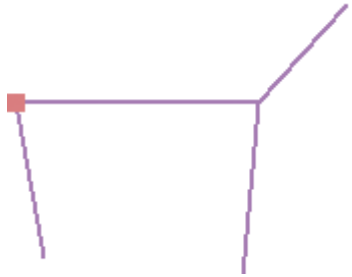
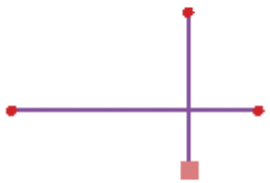
Es possible elegir entre un gran nombre de regles topològiques en funció de les relacions espacials que es vulguin implementar per satisfer les necessitats del model dissenyar per l'usuari.

Per aquest motiu l'elecció d'aquestes regles ha de ser plantejada rigorosament durant el disseny del Geodatabase. El procés de validació és l'operació de la topologia que comprova que tots els elements del mapa (punt, línies i polígons) compleixen amb les regles definides i crearà un registre amb les errades detectades.

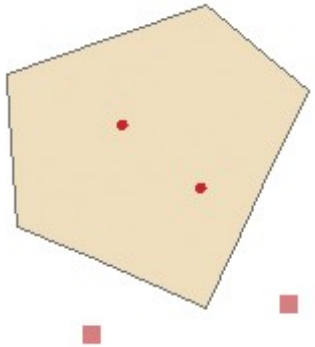
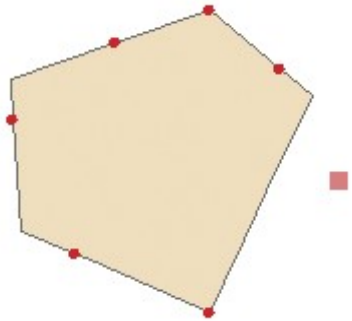
Regles de polígons

Regla topològica	Descripció	Exemple
Ha de ser major a la tolerància del grup	Requereix que una figura no es col·lapsi durant en procés de validació. Aquesta regla és obligatòria per una topologia i aplicable a totes les tipus de característiques de línies i polígons.	
Sense superposició	L'interior de les figures de classe polígon no poden superposar-se. El polígon no pot compartir vèrtex ni arestes. Aquesta regla és usada quan una àrea no pot pertànyer a dos o més polígons per exemple municipis d'una comarca ja que no hi ha territori que pertanyi a diferents municipis.	
Sense forats	No poden existir buits en un únic polígon o entre polígons adjacents. Tots els polígons han de formar una superfície contínua. Un error sempre existirà sobre la superfície del perímetre, que es podrà considerar com una excepció. Per exemple polígons de sòl no poden contenir forats, han de cobrir tota la superfície.	

Regles de línies

Regla topològica	Descripció	Exemple
No han de intersectar-se	Obliga a que les figures línies d'un mateix tipus de figura no creuïn o superposin. Aquesta regla és usada perquè les línies no es creuïn mai entre si o en els casos en que les intersecció de les línies només s'ha de produir en punt final com segments del carrers i els encreuaments.	
No ha d'haver Pseudonode	Exigeix que una línia connecti almenys amb altres dues línies en els extrems. Les línies que connecten amb altres línies o elles mateixes s'anomenen pseudonodes. Usada per formar circuits tancats, com quan es defineixen els límits de la línia dels polígons.	
Els extrems han d'estar cobert per	Obliga als extrems de les línies ser coberts per la figura punt dins d'una altre classe de figura. Útil per modelar els casos en què una instal·lació ha de connectar dues canonades, o el encreuaments de carrers.	

Regles de punts

Regla topològica	Descripció	Exemple
Han de ser coberts per la línia	Requereix que els punts d'un tipus de figura estiguin coberts per les línies d'una altre tipus de figura. Aquesta regla és útil per als punts que es troben al llarg d'un conjunt de línies, com els senyals que es troben al llarg d'una carretera.	
Haurà d'estar degudament dins dels Polígons	Els punts han de caure dins de l'àrea. És útil quan els punts estan relacionats amb els polígons, com per exemple plataformes o direcció de punts i parcel·les. En el exemple, les cantonades són errònies on hi han punt que no són dins del polígon.	
Ha de cobrir els límits de	Obliga que els punt estiguin dins dels límits de l'àrea. Això és útil quan el punt ajuda als límits del sistema com fites que han de trobar els vèrtex de certes àrees.	

3.2.2. Sistema de coordenades

Sistema d'identificació d'elements en un conjunt de punt marcats amb números. Aquests números es denominen coordenades i es poden considerar que donen la posició d'un punt dins el conjunt. El sistema de latitud i longitud és un exemple de sistema de coordenades que utilitza aquestes per especificar la posició d'un punt en la superfície de la terra.

Coordenades geogràfiques

Les coordenades geogràfiques o geodèsiques utilitzen una superfície esfèrica en tres dimensions per a definir les localitzacions sobre la superfície terrestre, del estil: **3º 14' 26'' W**

42º 52'21'' N

Aquesta designació suposa la creació d'un sistema de referència de tres dimensions:

1. Es defineix l'eix de la terra com una recta ideal de gir del globus de la terra en el seu gir de moviment de rotació. És la recta que uneix els dos pols geogràfics. Pol Nord i Pol Sud.
2. El sistema pren com origen per designar la situació d'una posició geogràfica un determinat meridià denominat meridià 0º, que pren el nom de la ciutat anglesa per on passa Greenwich. L'existència d'aquest meridià divideix el globus terraqüi en dues zones, les situades al Oest (W) del meridià 0º, fins l'antimeridià i les situades a l'est (E) del meridià 0º fins l'abansmeridià.
3. Es defineix sobre el globus terraqüi els paral·lels, creant-se el paral·lel principal aquell que es troba a la màxima distancia amb el centre de la terra. Aquest paral·lel de major radi s'anomena Equador, i divideix el globus en dos casquets o hemisferis, l'hemisferi nord i l'hemisferi sud. Paral·lels geomètricament a ell, es tracen el reste dels paral·lels, de menor radi, tant en direcció al pol Nord com al pol Sud. Aquest paral·lel principal, es pren com origen en el sistema de referència creat, de manera que determina la situació d'un punt fent referència a la seva situació respecte d'aquest dos cascs.

4. Un cop tenim definida una xarxa de meridians i paral·lels, la situació geogràfica d'un punt ve donada per la seva longitud i latitud, amb referència a la xarxa creada.

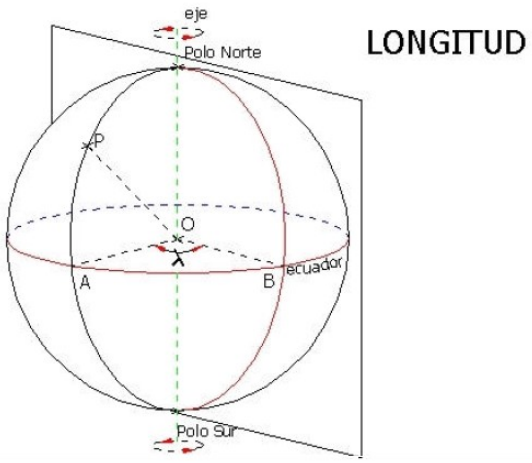
Longitud

Es defineix la Longitud (λ) d'un punt P com el valor del diedra format per el pla meridià que passa per P i el meridià origen, (0º Meridià de Greenwich). Gràficament la longitud és l'angle format per OAB:

λ = OAB

La designació de la longitud porta implícit la designació de la posició espacial del punt amb respecte al meridià origen o meridià de Greenwich, així es designa posició Oest (W) quan està a l'esquerra del meridià origen i Est (E) quan està situat a la dreta.

La longitud presenta un mínim possible de 0º fins un màxim de 180º, 0º-180E, 0º-180W.



Il·lustració 11: Esquema Longitud

Font: Universidad de Valladolid

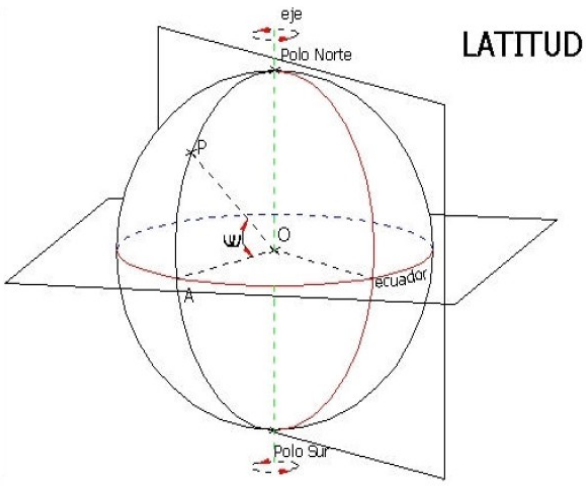
Latitud

S'anomena Latitud geogràfica (ω) d'un punt P al angle format per la vertical a la terra que passa per dit punt amb el pla equador. La vertical es considerada com la unió del punt amb el origen o el centre de la terra, obtenint la latitud mesurant l'angle (omega) sobre el meridià que passa pel punt P.

ω=OAP

La latitud màxima i mínima va des dels 0º fins els 90º, 0º-90ºN, 0º-90ºS.

Amb el sistema de mesura angular sexagesimal, els 90º d'altitud coincideixen amb els pols, pol Nord i pol Sud.



Il·lustració 12: Esquema Latitud

Font: Universidad de Valladolid

Les Coordenades UTM

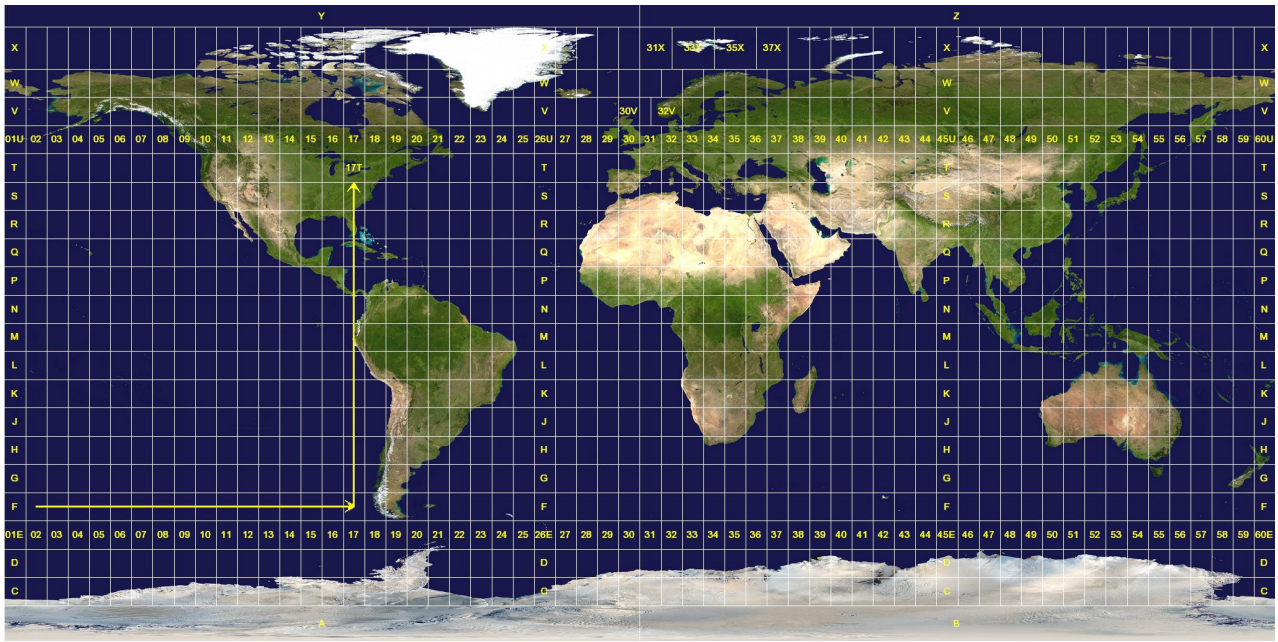
És un sistema de posicionament sobre la superfície terrestre basades en els meridians i paral·lels definits en el sistema de coordenades geogràfiques. És un sistema més intuïtiu, al menys mentre el moviment es doni dins de la mateixa zona UTM. Consisteixen un sistema més estandarditzat ja que tenen una base decimal (i no sexagesimal), mètrica (i no angular) i amb coordenades rectangulars.

Les coordenades UTM divideixen la terra en zones UTM i cada zona UTM queda delimitada per dos meridians i dos paral·lels:

Els fusos: es comença pel meridià 180º (proper o coincident a la línia internacional de canvi de data), girant cap a l'est i fent separacions cada 6º de longitud, dividim verticalment la Terra en 60 fusos (360/6) als que ens referim per un número, des de l'u fins al 60. Catalunya està enterament situada al fus 31 (0º-6ºE).

Les bandes: Tenen una altura de 8º començant pel paral·lel 80ºS i s'anomenen amb una lletra començant per la C. És interessant de recordar que a la primera banda de l'hemisferi nord (0º-8ºN) li correspon la lletra N. Catalunya està tota situada dins la banda T (40ºN-48ºN).

Les zones : La intersecció d'un fus amb una banda origina una zona, a la que ens referim amb el número de fus seguit de la lletra de la banda. Catalunya està enterament situada dins la zona 31T. A les Illes Hawaii els hi correspon la zona 4Q i a la Patagònia la F18.



Il·lustració 13: Fusos i zones UTM

font: http://www.urbipedia.org

Les coordenades UTM no només són úniques referides a una determinada zona. També ho són en referència a la part del fus corresponent a l'hemisferi nord o sud. És per aquest motiu que els termes fus i zona poden usar-se indistintament.

Excepcions: La graella és regular excepte en dues zones, ambdues situades a l'hemisferi nord, la primer és la zona 32V, que conté el sud-oest de Noruega. Aquesta zona va ser estesa perquè també abastés la costa occidental d'aquest país, situada a la zona 31V. La segona excepció es troba més al nord, en la zona de arxipèlag Svalbard.

Coordenada x: easthern (distància a l'est)

Equivalent a la longitud geogràfica i per tant referida a un meridià. Expressa la distància a un meridià, concretament al meridià central del fus. En el cas de Catalunya (zona 31T), la zona va des del meridià 0º fins al meridià 6ºE. El meridià central és el meridià 3ºE. A aquest meridià se li adjudica el valor 500.000 metres (500 Km). Les posicions a l'oest del meridià central tenen valors que no arriben a 500.000, mentre que les posicions a l'est tenen valors superiors a 500.000. Els valors mai no arriben a ser inferiors a 100.000 ni superiors a 1.000.000 (ja que 3º de longitud són com a màxim 336 Km a l'Equador) i, per tant, un easthern donat en metres és sempre un número amb sis xifres significatives.

Coordenada y: northern (distància al nord)

Equivalent a la latitud geogràfica i referida per tant a un paral·lel. A l'hemisferi nord el northern expressa la distància en metres a l'Equador i, tal com mostra la il·lustració, exceptuant les zones més properes a l'Equador, és un nombre amb set xifres significatives.

Les coordenades UTM estan formades per tres parts zona-easthern-northern, la interpretació de les coordenades seria la següent:

31T	**345678**	**3456789**
Zona: El 31 indica el fus entre el meridià 0º i el meridià 6ºE. La lletra T indica que la posició es troba entre el 40º N i 48º N.	Easthern: El valor inferior a 500.000 indica que la posició està a l'oest del meridià central del fus 31 (3ºE). Concretament a (500.000-345.678)m	Northern: Indica que la posició es troba a 3,456,789 metres de l'equador. Si la localització és més cap el nord aquest valor augmenta i disminueix si és cap el sud.

Precisió i significat de les coordenades

L'easthern i el northern es refereixen a dues línies corresponents a unes coordenades rectangulars que es creuen en un punt. Aquest punt és el límit inferior esquerre d'un quadre. La superfície d'aquest quadre ve determinada pel nombre de xifres en que s'expressen les coordenades:

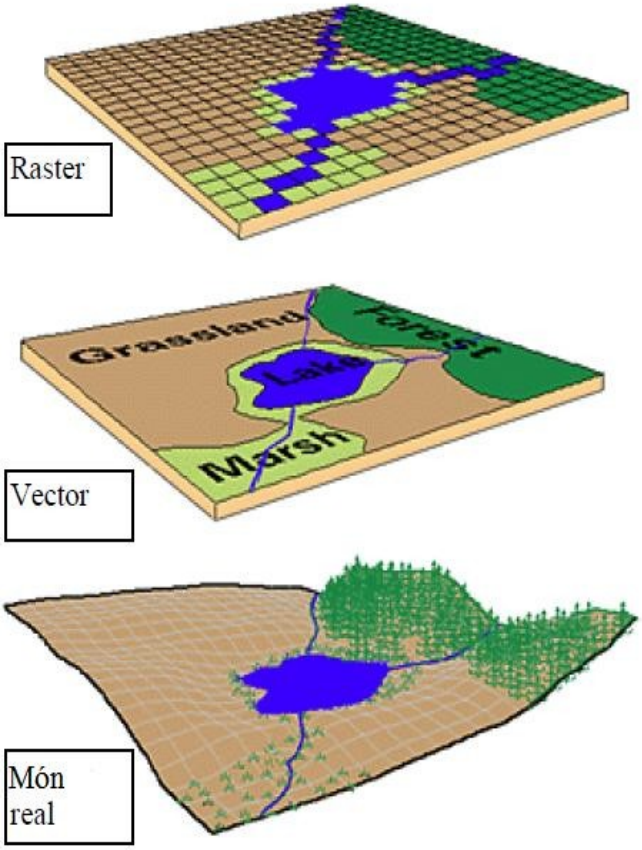
(6+7) xifres vol dir que les coordenades s'expressen en metres; (5+6) xifres, en decàmetres; (4+5), en hectòmetres; (3+4), en km... En l'anterior exemple (6+7 xifres) cal interpretar-lo en metres i, les coordenades especifiquen el metre quadrat de la superfície terrestre que té per vèrtex inferior esquerre el punt on es creuen els valors de les coordenades.

3.2.3. Dades ràster i dades vectorials

Un SIG funciona amb dos models d'informació geogràfica: el model ràster i el model vectorial[5].

En el model vectorial, la informació sobre les diferents entitats geomètriques es codifica i enregistra com una col·lecció de coordenades x,y. Per exemple, la ubicació d'un negoci pot estar descrita mitjançant un únic punt x,y mentre que la localització d'un riu o una línia de costa poden ser descrites mitjançant una línia (conjunt de punt x,y). Per casos més complexes com parcs, municipis, etc s'usen geometries més complexes, normalment formant un circuit tancat. Avui en dia s'usa la estructura Arc-node, en la qual el sistema pot identificar relacions com la inclusió, adjacència... mitjançant un conjunt de taules topològiques, una per els polígons, una per arcs i finalment una per nodes.

El model ràster es basa en imatges referenciades mitjançant una col·lecció de cel·les trobades mitjançant un procés de mostreig. En un model ràster, l'origen per la numeració de les cel·les és la cantonada superior esquerra de la imatge. Amb el procés de rasterització s'assignen codis a les cel·les segons tres tipus de mostreig: Modal (el més representatiu), Punt mig (el que representi el punt central de la cel·la) i Lògic (si una entitat en qüestió apareix o no).



Il·lustració 14: Model vectorial vs model raster

Font: Goodhue County GIS

Tots dos models tenen avantatges i inconvenients, per el que els SIG modern poden treballa amb tots dos tipus.

	Avantatges	Inconvenients
Vector	Les dades poden ser representades amb la resolució original i formes sense generalitzar.	La localització de cada vèrtex ha de ser explícitament enregistrada.
	El gràfic representar sol ser més estètic (representació cartogràfica tradicional).	Els algorismes de manipulació i les funcions d'anàlisi són complexes i poden requerir un processament intensiu. Sovint, això limita la funcionalitat en grans conjunt de dades com per exemple quan hi ha

	Avantatges	Inconvenients
		un conjunt gran de característiques.
	Donat que la majoria de dades, per exemple mapes, és en format vectorial no requereix cap transformació de les dades	Per l'anàlisi eficaç, la informació vectorial ha de transformar-se en una estructura topològica. Aquesta transformació és sovint intensa i extensa i normalment requereix la depuració de les dades. A més, la topologia és estàtica, i qualsevol actualització o correcció de les dades vectorial requereix la reconstrucció de la topologia.
	Es manté la precisió de la ubicació geogràfica.	Les dades continues, com l'elevació, no és molt efectiu representades de forma vector. Sovint és necessari una generalització o interpolació substancial de les dades per aquestes capes de dades
	Permet la codificació eficient de la topologia, resultant les operacions que requereixen d'informació topològica més eficient.	L'anàlisi espacial i filtratge dins de polígons és impossible

	Avantatges	Inconvenients
Ràster	La ubicació geogràfica de cada cel·la està implícit en la posició de la cel·la dins de la matriu. Altre informació com el punt d'origen, per exemple escaire inferior esquerra, no són enregistrades les	Alt nivell d'error en estimacions d'àrea, perímetre i longitud

	Avantatges	Inconvenients
	coordenades geogràfiques.	
	Generalment la programació és fàcils i ràpida de fer gràcies a la tècnica d'enregistrament de les dades d'anàlisi.	El tamany de la cel·la determina la resolució que la informació és presentada.
	La naturalesa inherent de la mapes raster, per exemple, un atribut en els mapes, és ideal per la modelització matemàtica i l'anàlisi quantitatiu.	És especialment difícil per representar adequadament en funció de la resolució de la cel·la figures lineals. La conseqüència és que la xarxa de vincles és difícil d'establir.
	Dades discretes, per exemple cultiu de boscos, són allotjat igual de bé com dades continues, per exemple la informació de l'altitud i facilita la integració d'aquests dos tipus de dades.	El tractament de la informació associada a atributs pot ser extenuant si existeix un gran volum d'informació. Els mapes raster reflexen només un atribut o característica per una zona.
	El sistema basat en malla de cel·les és molt compatible amb dispositius de sortida com traçadors electrostàtics i terminals gràfics	Ja que la majoria de dades d'entrada es troben en format vectorial, les dades requereixen una transformació a raster. A més d'un processament extra, pot introduir preocupacions per l'integritat de les dades degudes a la generalització i a la no correcta selecció del tamany de la cel·la.
	Útil per l'anàlisi de grans extensions amb baixa precisió de propietats espacials.	La majoria de sistemes de producció de mapes de sistemes de graella de cel·les no permet la alta qualitat que les cartografies necessiten.

Un format d'informació geogràfic: el Shapefile

Un dels principals formats estàndards d'enregistrament digital utilitzats en els sistemes d'informació geogràfics és el ESRI Shapefile (SHP) [9]. Es tracta d'un format vectorial propietari però obert, desenvolupat per la companyia ESRI, que tradicionalment s'ha dedicat a desenvolupar i comercialitzar productes com ArcInfo o ArcGIS que són una referència en el sector. Així, un Shapefile enregistra la localització dels elements geogràfics i els atributs associats a ells. Es composa de diferents fitxers, tres d'ells són imprescindibles:

.shp	Enregistra les entitats geomètriques dels objectes.
.shx	Conté els índex de les entitats geomètriques.
.dbf	També conegut com a dBase, enregistra la informació dels atributs dels objectes, és la base de dades.

Opcionalment es poden usar altres fitxers per diferents propòsits, per exemple millorar el funcionament de les operacions de consulta a la base de dades, afegir informació sobre la projecció cartogràfica, o complimentar la informació geogràfica amb metadades.

3.3. Mapes temàtics

Un mapa temàtic és un mapa que reflexa un tema en concret sobre una àrea geogràfica. Els mapes temàtics poden mostrar aspectes físics, socials, polítics, culturals, econòmics, sociològics, agrícoles o qualsevol d'altres aspectes d'una ciutat, estat, regió, nació o continent[15].

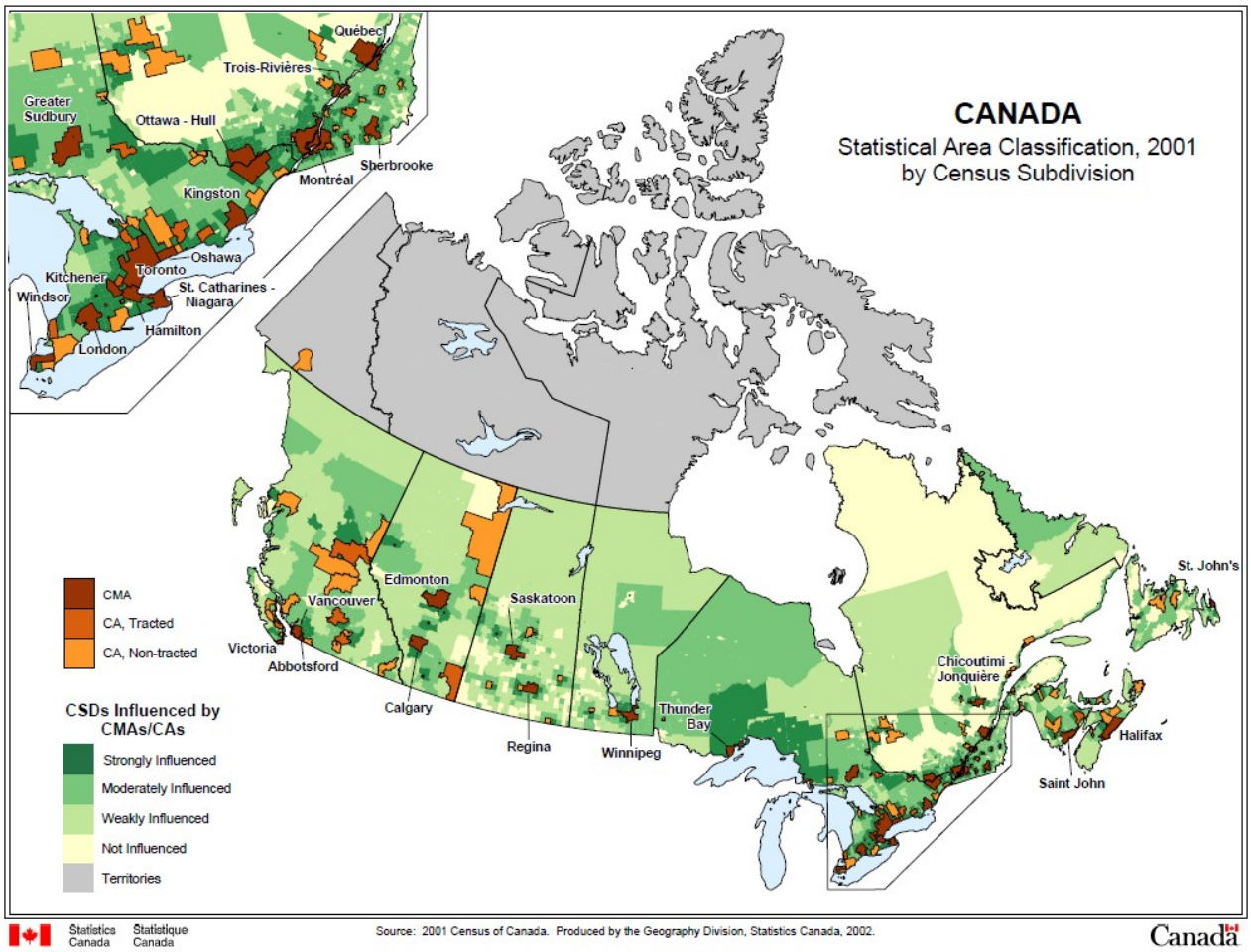
La finalitat d'un mapa temàtic és registrar, tractar i comunicar una informació determinada. Com tot mapa, un mapa temàtic implica un procés de generalització que es realitza sobre criteris quantitatius o qualitatius, suposa també simplificar traçades o engrandir la dimensió de determinats signes.

Aquest tipus de mapes poden ser difícils d'interpretar ja que necessiten d'una tercera dimensió que habitualment no s'usa. Al representar el clima, la vegetació, les densitats de població es treballa amb aquest tipus de mapes.
Un mapa temàtic és aquell que sobre una base topogràfica elemental de referència destaca, mitjançant l'ús de diversos recursos de les tècniques cartogràfiques, correlacions, valoracions o estructures de distribució algun tema concret i especific.

El missatge codificat en els mapes temàtics es construeixen sobre un llenguatge propi de la cartografia. Les variables visuals (forma, dimensió, valor, orientació i color) són la base d'aquest llenguatge. El seu correcte ús ha de conduir a la confecció d'un mapa clar i llegible, contrastat, esquemàtic o rigorós.

Els mapes temàtics són difícils de catalogar. Es pot distingir entre els que representen aspectes relatius al medi natural i els que ho fan sobre els recursos i activitats humanes. Un mapa d'isohietes, per exemple té una determinada accepció física, mentre que un de densitat de població seria classificat dintre del segon grup.

També es poden classificar de mapes quantitatius i qualitatius. Els primers parteixen de bancs de dades numèriques, per exemple d'un mapa de població activa, en canvi els segons mostren una condició del medi, per exemple un mapa geològic. Una tercera possibilitat és diferenciar els mapes que representen processos dinàmics, com l'augment-disminució de població, dels quals mostren situacions temporalment puntuals, com la distribució de l'estat d'un aqüífer en un moment determinat.



Il·lustració 15: Exemple de mapa temàtic

font: Geography Division, Statistics Canada 2002

3.4. Model Digital del Terreny

El terme *digital terrain model* té el seu origen en el laboratori de Fotogrametria del Institut de Tecnologia de Massachussets a la dècada dels anys 50. En el treball pioner de Miller i Laflamme (1958) s'estableix ja els primers principis de l'ús dels models digitals pel tractament de problemes tecnològics, científics i militars. La definició del MDT que es menciona en els seus treballs és una representació estadística de la superfície continua del terreny, mitjançant un nombre elevat de punts selectes amb coordenades x,y,z conegudes, en un sistema de coordenades arbitrari.

Determinació de la superfície d'un territori mitjançant un conjunt dens de punts topogràfics, les coordenades dels quals són enregistrades digitalment per a poder-les processar per obtenir corbes de nivell, perfils topogràfics, blocs diagrames, etc. [16].

Els models digitals de terreny s'han definit (Doyle, 1978:1481) com un conjunt de dades numèriques que descriuen la distribució espacial d'una característica del territori.

El concepte model, originat en àmbits geogràfics, es defineix com una representació simplificada de la realitat en la que apareixen algunes de les seves propietats (Joly, 1988:111). La construcció dels models és realitzada definint relacions de correspondència amb la realitat. Hi ha tres tipus de models iònics (relació de correspondència morfològica), anàlegs (disposen d'alguna característica similar al objecte representat sense ser una còpia morfològica) i simbòlics (l'objecte real resta representat mitjançant una simbolització matemàtica {geomètrica, estadística,...}).

Els models digitals del terreny s'inclouen en aquesta darrera categoria i les relacions de correspondència que s'estableixen amb l'objecte tenen la forma d'algorismes o formalistes matemàtics. Els MDT presenten algunes avantatges respecte la resta de models, donat per la seva naturalesa numèrica: no ambigüitat, possibilitat de modelització de processos amb una deducció estricta, verificabilitat i repetibilitat dels resultats.

La diferència bàsica entre els models digitals i els models analògics és que els primers estan codificats en xifres, el que permet el tractament informàtic. Per arribar a l'elaboració dels models digitals és necessari efectuar un procés de codificació de la informació que permet una representació virtual en forma de xifres. Les relacions espacials o les característiques que es desitgen representar es tradueixen a diferents tipus d'estructures numèriques (vectors,

matrius, conjunts...) o expressions matemàtiques que expressen relacions topològiques i funcionals.

Il·lustració 16: Vesuvi, vista 3D construïda amb model digital del terreny i ortofoto

font: Compagnia Generale Ripreseaeree

3.5. Serveis OGC

3.5.1. Servei web de mapes

El servei Web Map Service (WMS) definit pel OGC (Open Geospatial Consortium) produeix mapes de dades espacials referits de forma dinàmica a partir d'informació geogràfica. Aquest estàndard internacional defineix un "plànol" com una representació de la informació geogràfica en forma d'un arxiu d'imatge digital convenient per a l'exhibició en una pantalla d'ordinador. Un plànol no consisteix en les pròpies dades. Els mapes produïts per WMS es generen normalment en un format d'imatge com PNG (*Portable Network Graphics*), GIF (*Graphics Interchange Format*) o JPEG (*Joint Photographic Experts Group*), i ocasionalment com gràfics vectorials en format SVG (*Scalable Vector Graphics*) o WebCGM (*Web Computer Graphics Metafile*).
Intergraph Geomedia 6.1 implementa les versions WMS 1.0, WMS 1.1.1, WMS 1.3.0 de l'especificació OGC.

Il·lustració 17: Capes d'informació en el WMS Global Mosaic

font:Elaboració pròpia

Classes

Hi ha definides dues classes d'operar: wms bàsic i una altre wms de consulta. Cadascuna d'aquestes classes té dues subclasses, una per clients i una altre per servidors.

WMS bàsic ha de suportar els elements bàsics de servei (versió, regles generals de peticions i respostes http, valors numèrics i booleans, format de sortida, sistemes de coordenades, regles de paràmetres per les peticions i excepcions) i les operacions *GetCapabilities* i *GetMap.*
El WMS de consulta ha de complir tots els requeriments de la classe WMS bàsic i també ha de suportat l'operació *GetFeatureInfo.*

Operacions

GetCapabilities (Obligatori)
La finalitat d'aquesta operació és obtenir el servei metadata, comprensible tant per les màquines com pels humans, amb la descripció del contingut de la informació dels servidors i els valors dels paràmetres acceptats e les seves peticions.

Paràmetre	Descripció
VERSION=version	Versió de l'especificació OGC, paràmetre opcional.
SERVICE=WMS	Indica quin tipus dels serveis disponibles està sent invocant. Quan s'usa aquesta operació sobre un WMS que implementi l'estàndard internacions el valors que ha de ser usat és WMS.
REQUEST=GetCapabilities	Nom de l'operació.
FORMAT=MIME_type	FORMAT indica quin és el format desitjat del servei metadata. Cada servidor ha de proporcionar per defecte el format text/xml i opcionalment altres formats.
UPDATESEQUENCE=string	Paràmetre que serà usat per mantenir la consistència cache. El valor serà incrementat quan hi han canvis sobre el “Capabilities”.

En negreta els camp obligatoris

GetMap (Obligatori)

L'operació GetMap retorna un mapa, el rebre una petició l'operació GetMap retornarà un mapa o bé una excepció.

Paràmetre	Descripció
VERSION=version	Versió de l'especificació OGC.
REQUEST=GetMap	Nom de la petició.
LAYERS=layer_list	Llistat separat per comes d'una o més capes de mapes.
STYLES=style_list	Llistat separat per comes del estil per capa peticionada.
CRS=namespace:identifier	Sistema de Coordenades de Referència.
BBOX=minx,miny,maxx,maxy	Cantonades de l'àmbit (inferior esq. Superior dta.) en unitats CRS
WIDTH=output_width	Amplada de la imatge del mapa.
HEIGHT=output_height	Alçada de la imatge del mapa.
FORMAT=output_format	Format de sortida del mapa.
TRANSPARENT=TRUE|FALSE	Indica si el fons del mapa és transparent.
BGCOLOR=color_value	Valor hexadecimal RGB (red/green/blue) per el color del fons.
EXCEPTIONS=exception_format	Format que són informades les excepcions, la manera més és en XML.
TIME=time	Valor de Temps en les capes desitjades.
ELEVATION=elevation	Elevació de las capes desitjades.
Other sample dimension(s)	Valor d'altres dimensions adequades.

En negreta els camp obligatoris

GetFeatureInfo (Opcional)

Només és suportat per algunes capes que l'atribut queryable ha estat definit o heretat.

Aquesta operació ha estat dissenyada per dotar als clients WMS amb més informació sobre les característiques en les imatges de mapa que van ser retornades en anteriors peticions de mapa.

Paràmetre	Descripció
VERSION=version	Versió de l'especificació OGC
REQUEST=GetFeatureInfo	Nom de la Petició
map request part	Còpia parcial d'una petició de mapa que genera el mapa del que es vol obtenir informació.
QUERY_LAYERS=layer_list	Llista d'una o més capes que han estat consultades.
INFO_FORMAT=output_format	Retorna el format de la informació del objecte.
FEATURE_COUNT=number	Nombre d'objectes que es retorna informació.
I=pixel_column	Coordenada i de l'objecte en el Map CS.
J=pixel_row	Coordenada j de l'objecte en el Map CS.
EXCEPTIONS=exception_format	Format que el WMS informa de les excepcions.

En negreta els camp obligatoris

Avantatges

La major de les avantatges és que es tracta d'un estàndard àmpliament emprat. La senzillesa és també un punt a favor. En una implementació bàsica, només amb construir una URL amb una consulta que contingui els paràmetres requerits: Àrea a mostrar, sistema de coordenades, capes, grandària de la imatge, format...

Inconvenients

L'operació GetFeatureInfo no és obligatòria i en el cas d'existir es deixa a criteri de la implementació del servei el que retorna cada petició d'informació d'un mapa. No sembla que sigui la millor manera per obtenir informació sobre elements del mapa.

3.5.2. Servei web de fenòmens

El servei web de fenòmens permet recuperar i modificar dades espacials en format vectorial codificades en GML (*Geography Markup Language*). L'accés i la manipulació d'aquest fenòmens geogràfics és per mitjà d'unes interfícies que operen mitjançant l'ús d'HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) com a plataforma de comput distribuït. Per ús d'aquestes interfícies un usuari pot per exemple combinar, utilitzar i gestionar informació sobre els fenòmens que constitueixen els mapes.

Els requisits per un servei web de fenòmens són:

•La interfície ha d'estar definida en XML (Extended Markup Language).

•Ha d'usar-se GML per expressar les característiques del la interfície.

•Com a mínim el servei de fenòmens ha de presentar els fenòmens usant GML.

•El llenguatge de filtre serà definit en XML i són derivades a CQL tal i com es defineix en el catàleg de l'especificació de la interfície d'implementació d'OpenGIS.

•El magatzem geogràfic de fenòmens i de dades ha de ser una caixa negra per les aplicacions client que només podran accedir a les dades a traves de la interfície WFS.

•Ús d'un subconjunt de d'expressions Xpath per adreçar-se a les propietats.

Geography Markup Language

GML és una gramàtica XML pel modelat, intercanvi i enregistrament de la informació geogràfica afegint les propietats espacials i no espacials dels elements geogràfica (Features). GML pot ser renderitzat per la seva visualització per això és necessària la definició d'estils. Per cadascun dels estils s'especifica de quina manera es visualitzarà cada "Feature" en la imatge.

Feature

Es pot definir com l'element bàsic de informació geogràfica que descriu una entitat geogràfica real o abstracta. Cada element està composat d'una sèrie d'atributs que el descriuen quantitativa i qualitativament. A la vegada pot contenir recursivament altres elements "Feature". Exemples de "Features" són:

•Una imatge de satèl·lit georeferenciada.

•Un segment d'una carretera entre dos punts.

•Una autopista composada de diversos segments de carretera.

•Un conjunt d'isòbares d'un mapa de pressió.

Classes

Es poden definir tres classes de serveis WFS, l'anomenat bàsic que es tracta d'un servei de lectura que implementa les operacions *GetCapabilities, DescribeFeatureType i GetFeature*. WFS Xlink que a més de totes les operació de la classe bàsica afegeix l'operació *GetGmlObject* per Xlinks locals i/o remots. Finalment el WFS Transaccional, suporta totes les operacions bàsiques i implemente les operacions de transacció. La implementació de les operacions *GetGmlObject* i/o *LockFeature*.

Operacions

GetCapabilities (Obligatori)

Proporciona informació sobre les característiques del servei, el tipus de fenòmens que pot oferir i quines operacions suporta cadascun d'ells.

DescribeFeatureType (obligatòria)

Permet obtenir l'estructura de camp i atributs de qualsevol tipus de fenòmens que el servei proporcionar, utilitzant la descripció amb esquemes XML.

GetFeature (obligatòria)

Un servei de fenòmens web ha de ser possible fer una petició de servei per recuperar instàncies de fenòmens. També cal que el client tingui la possibilitat de sol·licitar les propietats del fenomen que i ha de poder realitzar, tanmateix, consultes espacials com no espacials.

GetGmlObject (opcional)

També permet obtenir instàncies de fenòmens expressats en XML. La diferència amb GetFeature és que aquest només s'obté instàncies que tenen el tipus de fenomen sol·licitat, en canvi GetGmlObject només s'obtenen les instàncies de fenòmens sol·licitades mitjançant el seu identificador. Per aquest motiu cada element que sigui operable ha d'estar identificat unívocament mitjançant Id's XML.

LockFeature (opcional)

El servei WFS ha de permetre la petició de bloqueig d'una o més instàncies d'un tipus de fenomen durant el temps que triga una transacció. Aquest procés permetrà garantir transaccions d'una forma continuada.

Transacció (opcional)

WFS ha de ser capaç de servir peticions transaccionals. Una transacció es compon de les operacions que modifiquen (crear, actualitzar i/o eliminar) instàncies de fenòmens geogràfic accessibles via web, quan la transacció ha finalitzat es genera un document de resposta XML indicant el procés que s'ha portar a terme. La modificació sobre el fenomen la pot fer directament el servei WFS sobre el magatzem de dades, o bé, traduir la modificació al llenguatge del magatzem de dades que serà l'encarregat de portar a terme l'operació.

Avantatges

Major flexibilitat de consulta davant del WMS que només permet especificar àrees i unes capes per el mapa. WFS permet elaborar consultes molt més elaborades com per exemple trobar topònims, noms de carrers, etc..

La definició d'estils per la rendertització permet que sigui possible canviar la manera de presentar un mateix mapa per diferents clients. Propietat molt interessant per adaptar la visualització al gran nombre de dispositius mòbils.

Inconvenients

El major inconvenient és la complexitat, el fet que la consulta sigui més rica complica bastant la implementació del client. La definició d'estils per cada servei també contribueix a que no sigui possible accedir al servei directament en temps d'execució i obtenir les imatges presentables. Requereix confeccionar el disseny d'una configuració específica per a cada servei.

3.5.3. Serveis web de covertures

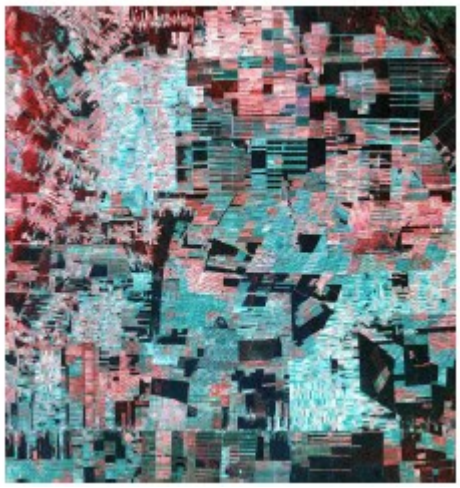
El servei web de cobertures (WCS) permet obtenir de dades geoespacioals en forma de "cobertures", permeten la representació d'informació geoespacial de fenòmens de variació espacial, com per exemple una matriu d'elevació digital, una imatge satèl·lit o una imatge raster.

Un WCS possibilita l'accés a conjunt d'informació geoespacial potencialment detallada i rica, en formes que són útils al costat del client que ho presenta, cobertures de diversos valors, i d'entrada en models científics...
La diferència principal amb el WMS és que el servei WCS proporciona les dades amb la semàntica original, la qual cosa fa que puguin ser interpretats, extrapolats, etc., i no només representats de forma estàtica.

La diferència principal amb el WFS és que el WFS genera fenòmens geoespacials discrets, mentre que el WCS proporciona cobertures que reprodueixen fenòmens de variació espacial i que relacionen el domini espai-temps amb un rang de propietats (probablement multidimensional).

Il·lustració 18: WFS retorna fenòmens geoespacials discrets.

Imatge obtinguda de la documentació del curs: "Puesta en marcha y explotación de geoservicios del OpenGeospatial Consortium: Curso teórico-práctico con tecnologías Open Source." Universitat Politècnica de Madrid.



Il·lustració 19: WCS retorna una representació de fenòmens de distribució continua.

Imatge obtinguda de la documentació del curs: "Puesta en marcha y explotación de geoservicios del OpenGeospatial Consortium: Curso teórico-práctico con tecnologías Open Source." Universitat Politècnica de Madrid.

Per el moment es limita a peticions i descripcions de cobertures de malles regulars (grid coverage), encara que la interfície s'ha dissenyat per suportar altres tipus de cobertures, com apunta l'especificació de la OGC "les cobertures poden ser dissenyades per representar un fenomen simple, o un conjunt de fenòmens. Per exemple, triangulant irregulars xarxes, cobertura de punts o polígons. Les cobertures són les estructures de dades en una sèrie d'àrees d'aplicació, com la teleobservació, la meteorologia, altitud, sòl i vegetació...

Les cobertures de malles regulars tenen un domini formar per localitzacions regularment espaiades al llarg de 0, 1, 2 o 3 eixos d'un sistema de coordinades espacial. El domini pot tenir dimensió temporal, sent regular o irregular. Una cobertura descriu per cadascuna de les localitzacions del domini un conjunt de camp que poden ser valors escalars o vectorials, aquest camps i els seus valors són coneguts com a rang de la cobertura.

Operacions

GetCapabilities (obligatori)

Aquesta operació permet als clients WCS recuperar el servei metadata del servidor WCS, on es descriu les característiques del servei i habitualment s'afegeix una descripció de les cobertures que s'ofereixen.

DescribeCoverage (obligatori)

Per mitjà d'un document XML s'obté una descripció detallada d'una o varies cobertures que subministra el servei. El document retornat haurà de contenir una sèrie d'informació bàsica com l'identificador de la cobertura, la definició del domini espacial i/o temporal per a les localitzacions de les cobertures, definició del rang de valors i el tipus de propietats assignades a cadascuna de les localitzacions en el domini, relació de baseCRS definits per a cada GridCRD, utilitzats per a l'operació GetCoverage per a expressar les cobertures de que disposa i el format en que es presentarà la cobertura.

GetCoverage (obligatori)

L'operació *GetCoverage* dóna la possibilitat de recuperar un subconjunt de cobertures. Per això cal indicar parcial o totalment les característiques bàsiques que defineixen el subconjunt de dades (domini, rang de valors, tipus de mostra, format de les dades i mode de visualització). El servidor WCS processa la petició de l'operació G*etCoverage* i retorna una resposta al client que conté referències a la petició de cobertura.

L'esquema de funcionament d'una petició de l'operació *GetCoverage* seria la següent:

1. Transformar les coordenades en el CRS que s'ha triat.
2. Generació del subconjunt de dades espacial, temporal, propietats (range).
3. Transformar les dades en el format triat.
4. Sortida de resultats d'una mostra de la cobertura.

3.5.4. Servei web de Processament

Aquest servei web proveeix accés als client de càlculs i/o model computacionals programats prèviament que operen sobre dades espacialment referenciades. La informació requerida per aquest servei pot ser proporcionada per una xarxa, o disponible en el servidor. La informació pot ser usar format de data d'imatge o dades estàndards d'intercanvi com GML (*Geography Markup Language*) o GDAS (*Geolinked Data Access Service*). El càlcul pot ser tant senzill com una resta d'un conjunt de nombres espacials referenciats o tant complexe com el model de canvi climàtic global.

Operacions

GetCapabilities (obligatòria)

Aquesta operació permet al client ha peticionar i rebre el servei metadata, document on es descriuen les possibilitats de l'aplicació especifica del servidor. També dóna suport a la negociació de la versió usada entre client i servidor.

DescribeProcess (obligatòria)

Permet al client sol·licitar i rebre informació detallada sobre un o més processos que poden ser executats mitjançant l'operació *Execute*, afegint els paràmetres d'entrada i els formats de sortida.

Execute (obligatòria)

La operació Execute permetrà la execució d'un procés específic per el WPS, utilitzant els valors dels paràmetres d'entrada i retornant les sortida produïda.

4.Interpolació de superfícies

4.1. Mètodes d'interpolació

La interpolació és un procediment usat per predir els valors de les cel·les en localitzacions on no hi han punts de mostra. Està basat en el principi de la autocorrelació espacials o la dependència espacials, que mesura el grau de relació/dependència entre objectes propers i distants.

La correlació espacial determina si els valors estan relacionats entre ells. Si els valors estan relacionats, ho determina l'existència d'un patró espacial. Aquesta correlació és usada per mesurar:

- Objectes similars en una àrea.
- El grau en el que un fenomen espacial és correlatiu en si mateix en una espai.
- El nivell de independència entre les variables.
- Fortalesa de la interrelació

Els diferents mètodes d'interpolació produeixen sovint resultats diferents.

La determinística i la geoestadística són les dues categories de tècniques d'interpolació. Les tècniques d'interpolació determinística crea superfícies basades en mesura de punts o fórmules matemàtiques. Mètodes com a funció inversa ponderada (IDW) són basada en la similitud de les cel·les d'una extensió. Les tècniques d'interpolació geoestadística com Kriging són basades en estadística i són usades per modelar prediccions de superfície més avançada, fins i tots inclou mesura certesa o aproximacions.

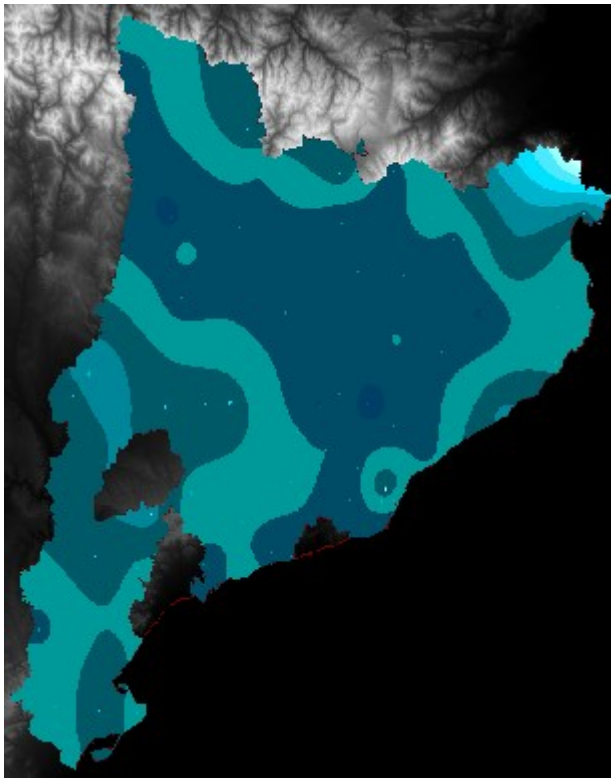
GeoMedia Grid disposa de quatre algorismes de interpolació *Inverse Distance Weighting (IDW), Ordinary Kriging, Ordinary Kriging Suite* i *Spline*.

4.2. IDW

La funció inversa ponderada (IDW) ha de ser usada quan la densitat de punts és suficientment alta ja que per l'anàlisi necessita abastar variacions de superfícies extenses. IDW determina valors de cel·les ponderacions lineals de conjunt de punts. El pes assignat és una funció de distància d'un punt de dins de la cel·la cap a l'exterior. A major distància, menys influència provoca a la cel·la analitzada.

4.3. Ordinary Kriging

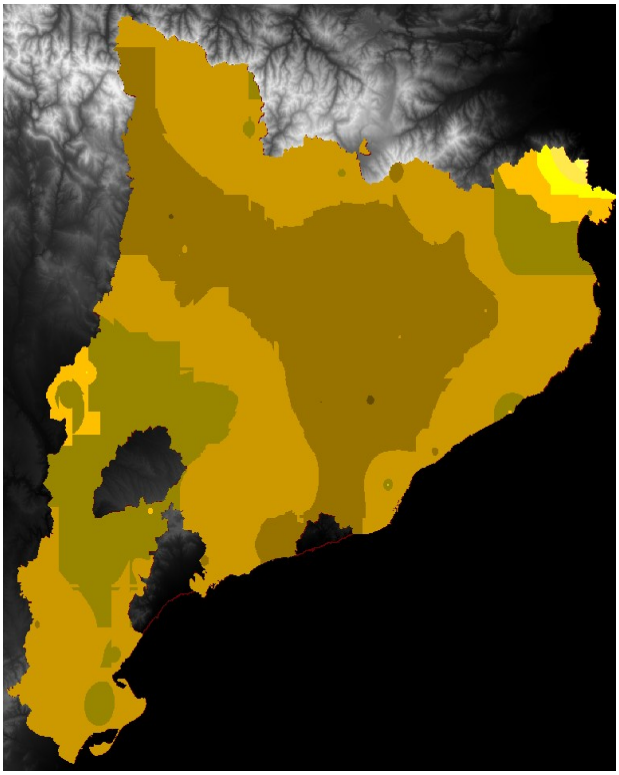
Mètode d'interpolació estadístic molt potent i usat en diverses aplicacions com ciències de la salut, geoquímic, models de contaminació... Kriging assumeix que la distància o direcció entre dos punts reflecteix una correlació espacial que pot ser usada per explicar variacions de superfície. Ajusta la funció a un nombre específic de punts o bé tots els punts dins d'un radi per determinar el resultat de cada localització. Kriging és més apropiat quan es coneix l'afectació de la correlació espacial de distància o direcció i sovint s'usa en aplicacions de geologia i ciències de la terra.



Il·lustració 20: Exemple algorisme Ordinary Kriging

4.4. Spline

Spline aproxima valors usant funcions matemàtiques que minimitzen cobertures de superfície. Això dóna com a resultat superfícies llises que passen exactament a través dels punts. Conceptualment, és com doblegar un paper de tal manera que passen a través dels punts mentre minimitza tota la curvatura de la superfície. Pot predir cim i valls en les dades i és el millor mètode per representar les lleugeres variacions de la superfície com per exemple la temperatura.



Il·lustració 21: Exemple algorisme spline

Hi ha dues variacions de spline, la regular i la tensió. La regular incorpora en els seus càlculs de mínims la primera derivada (pendent), segona derivada (rati del canvi de la pendent) i la tercera derivada (rati de canvi de la segona derivada). La tensió usa només la primera i segona derivada però inclou més punts en els seus càlculs, donant lloc a superfícies menys detallades però augmenta el temps de computació.

4.5. Dades del vent

S'ha estudiat diferents tècniques que ofereix l'eina Geomedia per la interpolació, predicció del valor de les cel·les.

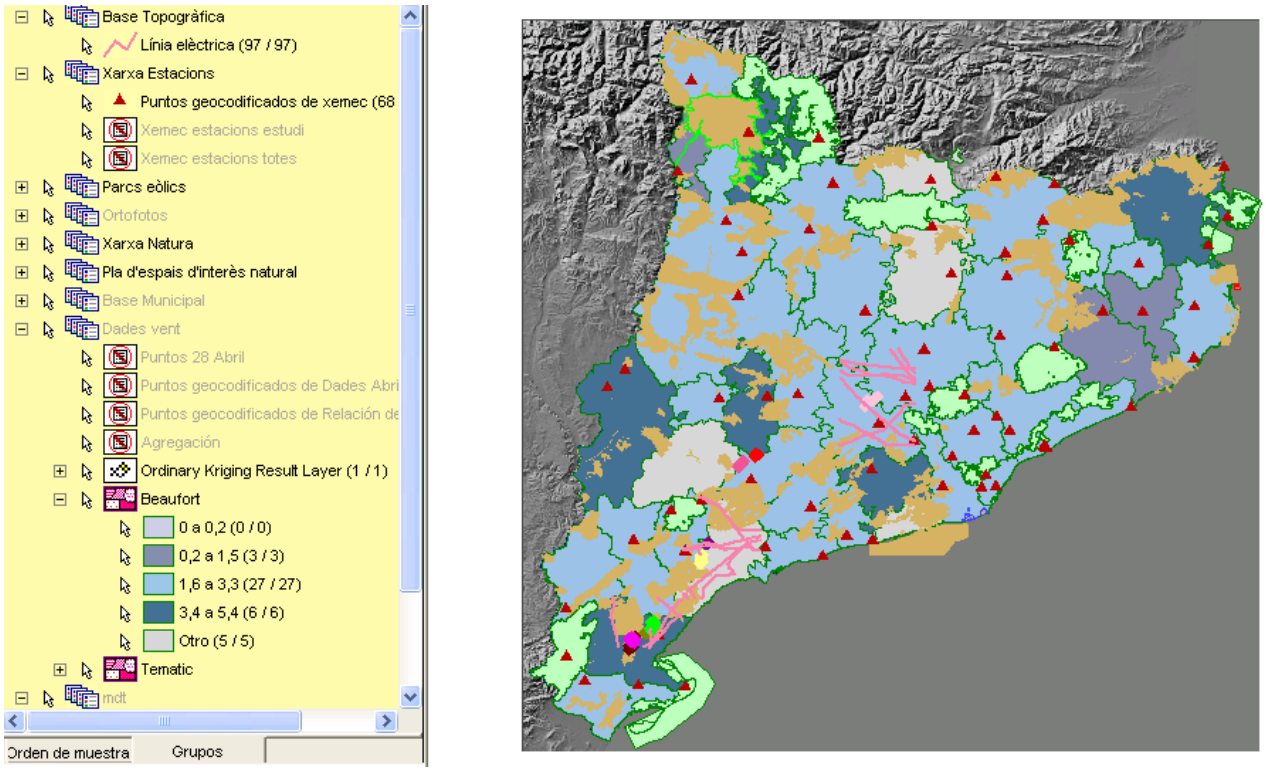
Per la confecció de la llegenda s'ha utilitzat valors establerts en l'escala de Beaufort de força de vents que es tracta d'una mesura empírica per la intensitat del vent, basada principalment en l'estat de la mar i les seves onades.

Aquesta escala va ser creada pel comandant naval irlandès, Sir Francis Beaufort, pels vols de l'any 1805. L'escala inicial no disposava de les velocitats dels vents, sinó que detallava con un conjunt de condicions qualitatives des de 0 a 12 d'acord a com una embarcació actuava sota cada una d'elles. Des de '*en prou feines suficient per maniobrar*' fins '*insostenible per les veles'.* L'escala va ser transformada en una part estàndard de les bitàcoles per embarcacions de la marina Reial a finals de 1830.

Grau	m./seg	Nusos	Km/h	Denominació	Efecte
0	0 a 0,2	<1	0,2	Calma	El mar està com un mirall
1	0,3 a 1,5	1 a 3	2 a 6	Ventolina	El mar comença a arrissar-se
2	1,6 a 3,3	4 a 6	7 a 11	Vent fluixet	Onades petites que no arriben a trencar
3	3,4 a 5,4	7 a 10	12 a 19	Vent fluix	Crestes de les onades comanen a trencar-se
4	5,5 a 7,9	11 a 16	20 a 29	Vent moderat	Onades una mica llargues
5	8 a 10,7	17 a 21	30 a 39	Vent moderat	Onades moderades i allargades
6	10,8 a 13,8	22 a 27	40 a 50	Vent fresquet	Comença la formació d'onades fortes. La navegació és perillosa per embarcacions petites.
7	13,9 a 17,1	28 a 33	51 a 61	Vent fresc	L'escuma és arrossegada en direcció del vent.
8	17,2 a 20,7	34 a 40	62 a 74	Vent fort	Onades altes amb trencants. L'escuma és arrossegada en núvols blanques.
9	20,8 a 24,4	41 a 47	75 a 87	Temporal	Onades molt gruixudes. L'escuma és arrossegada en capes espeses. La mar comença a rugir.
10	24,5 a 28,4	48 a 55	88 a 101	Temporal molt fort	Onades molt gruixudes amb crestes emplomallades.

Grau	m./seg	Nusos	Km/h	Denominació	Efecte
11	28,5 a 32,6	56 a 63	102 a 117	Temporal violent	Onades excepcionalment grans les embarcacions de mig tonatge deixen de veure. Mar completament blanca. Visibilitat molt reduïda. La navegació es fa impossible.
12	> 32,7	> 64	> 118	huracà	L'aire està ple d'escuma i de ruixada. La visibilitat és completament nul·la. És impossible qualsevol navegació

En la següent il·lustració és pot observar l'aplicació de l'escala Beaufort a la mitjana de vent que va tenir Catalunya l'abril de 2008.



Il·lustració 22: GeoWorkspace Geomedia

5.Keyhole Markup Language KML

KML (Keyhole Markup Language) és un dels estàndards de llenguatge de caire geogràfic, aprovat l'abril de 2008 com a tal per l'*Open Geospatial Consortium* (OGC). Va ser creat per l'empresa KeyHole LT, que després va adquirir Google, i és utilitzat per a visualitzar dades geogràfiques en les plataformes Google Earth i Google Maps principalment, encara que altres plataformes accepten dades d'aquest format.

KML (Keyhole Markup Language) és un format de fitxer utilitzat per visualitzar informació geogràfica en un visualitzador terraqüi com pot ser per exemple Google Earth. Està basat en l'estàndard xml, usa estructures basades en etiquetes incrustades en elements i atributs. Les etiquetes diferencien entre majúscules i minúscules i han d'aparèixer exactament amb un ordre preestablert.

Els arxius KML ens proporcionen la capacitat de dibuixar o afegir dades geogràfiques dins del relleu de la Terra, els exemples més clars són polígons en 3D , rutes en 2D i 3D, sobre-posicionament d'imatges i sobretot marques de posició.

Aquest document no només són visualitzables des de Google Earth, altres aplicacions també visualitzen aquest fitxers, per exemple NASA WorldWind, ESRI ArcGIS Explorer, Adobe PhotoShop, AutoCAD, and Yahoo! Pipes.

KML usa coordenades geogràfiques 3d: longitud, latitud i latitud, en aquest ordre. Les components longitud i latitud són definides per el sistema de coordenades mundial 1984 WGS84 (World Geodetic System) que és la base per sistemes de posicionament global com per exemple el GPS. La component vertical (altitud) és mesurada des del WSG84 EDM96 (Earth Gravitational Model 1996) geiode de datum vertical.

Un exemple molt senzill d'arxiu KML que representa una marca de posició en el mapa. Aquest arxiu dibuixa una marca de posició amb una icona per defecte en les coordenades indicades.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<kml xmlns="http://earth.google.com/kml/2.2">
  <Document>
    <name> Marca de posició </name>
    <Placemark>
      <coordinates>1.865510906879291,41.44204220030725,0</coordinates>
    </Placemark>
  </Document>
</kml>
```

Il·lustració 23: Exemple de codi d'un arxiu KML

5.1. GML vs KML

GML és centrat en descriure continguts geogràfics. Utilitza altres tecnologies i estàndards per especificat estil de visualització (SVR, VRML, HTML...) del contingut de GML. KML utilitza els "placemarks" que apareixen en l'aplicació de Google Earth. En certa manera KML hauria de ser comparat amb SVG i no amb GML.

KML està basat en GML. Fent una comparació dels models de geometria, KML és sintàcticament idèntic a un determinat subgrup del model de geometria GML.

GML descriu entitats geogràfiques que poden tenir associada característiques geomètriques (expressades com a punt, línies i polígons) a més de moltes altres característiques. GML té el propòsit de permetre als usuaris crear vocabularis d'objectes geogràfics que poden ser usats per serveis web geoespacials i expressar peticions a servidors geoespacials i transaccions.

GML no està pensat per ser usat en una aplicació de visualització específica, però les dades GML poden ser transformades amb fulls d'estil per la visualització en Google Earth.

```
<Feature fid="142" featureType="school"  Description="A middle school">
        <Polygon name="extent" srsName="epsg:27354">
            <LineString name="extent" srsName="epsg:27354">
                <CData>
                  491888.999999459,5458045.99963358 491904.999999458,5458044.99963358
                  491908.999999462,5458064.99963358 491924.999999461,5458064.99963358
                  491925.999999462,5458079.99963359 491977.999999466,5458120.9996336
                  491953.999999466,5458017.99963357 </CData>
            </LineString>
        </Polygon>
</Feature>
```

Il·lustració 24: Exemple de codi d'un arxiu GML

5.2. Documents KML Bàsics

Els documents kml bàsics són aquells que per la seva senzillesa poden ser generats directament des de Google Earth, sense la necessitat d'usar un editor de text. Marques de posició (Placemarks), capes de terreny (ground overlays), camins (paths) i polígons (polygons) poden ser tots inclosos directament des del client Google Earth.

5.2.1. Placemarks

Una de les característiques més comunament utilitzades és la marca de posició o Placemark. Assenyala una posició sobre la superfície de la terra. Els Placements poden indicar simplement un punt que especifica la localització del Placemark. Es poden especificar noms, icones personalitzades per Placemarks, i es poden afegir altres elements a la mateixa geometria.

```
<Placemark>
<TimeStamp><when>2008-01</when></TimeStamp>
<name>Alt Camp   </name>
<Snippet>1,44516134262085 </Snippet>
<styleUrl>#sharedStyle</styleUrl>
<Style>
<PolyStyle>
<color>50B4AA14</color>
</PolyStyle>
</Style>
<MultiGeometry>
<Polygon>
<outerBoundaryIs>
<LinearRing>
<coordinates>
 .767923211780042, 42.6097441596624,0
 .765972632646451, 42.6104265331705,0
 .764235237354305, 42.6109419382393,0
 .762547834672685, 42.6114222730903,0
 .760373736186109, 42.6118750550785,0
 .758320232246919, 42.6120239823709,0
 .75770019623648, 42.611975822622,0
 .757090405897374, 42.6119818908964,0
 .756402024745406, 42.6121395031536,0
 .755276994620742, 42.6122345220851,0
 .752592547996279, 42.6122989358974,0
 .751778883986796, 42.6122109233489,0
 .751374905612724, 42.6122570220841,0
 .750685536507915, 42.612441595809,0
 .749884896454964, 42.6126690045698,0
 .748912716132988, 42.6129200510377,0
```

Il·lustració 25: Exemple de l'etiqueta "Placemark"

El fitxer segueix la següent estructura:

- Encapçalament XML
- Declaració d'espai de noms KML
- Descripció de la marca
- Nom de la marca
- Visió de càmera de la marca
- Visibilitat per defecte de la marca (en el cas ha de ser activada per l'usuari).
- Mode d'altitud que ha d'usar la marca
- Posició de la marca sobre la superfície de la Terra.

5.2.2. Ground Overlays

Les superposicions de sòl permeten la caiguda d'una imatge en un terreny de la terra. L'element <icon> conte l'enllaç a l'arxiu jpg amb la imatge superposada.

Mitjançant la etiqueta <latlonbox> es controla el posicionament del sòl. Els límits vénen donats per les latituds nord- sud i les longituds est- oest.

5.2.3. Paths

En kml un camí és creat per un element <LineString>, aquesta etiqueta defineix un conjunt connectat de segments de línia.

5.2.4. Polygons

Es poden usar polígons per crear construccions i altres formes. Un polígon és definit mitjançant un límit i 0 o més límits interns. Els límits, a la vegada, es defineixen mitjançant segments lineals (LinearRings).

5.3. Documents KML Avançats

Anomenats els elements KML que s'ha de crear mitjançant un editor o programari, no directament amb Google Earth, són per exemple els estils compartits en les figures geomètriques, les icones ressaltades per les marques de posició i les superposicions de pantalla.

No obstant es comentaran els aspectes particulars necessaris pel projecte com és la projecció del temps i la qualificació temàtica.

5.3.1. TimeStamp i TimeStan

Les dades mostrades en un document KML poden disposar d'una restricció de visualització temporal per un determinat punt o període de temps. Aquesta associació temporal pot trobar-se en qualsevol funció. Per portar això a terme KML disposa de dos elements derivats de l'element original del temps TimePrimitive.

TimeSpan: Per un conjunt de dades que abasta un interval entre dos temps, s'usa l'etiqueta KML <TimeSpan>. Per exemple, per un període que cobreix del 1 d'agost de 2007 i 1 de setembre de 2008, associat a la vegada a l'etiqueta <document> seria així:

```
<Document>
  <TimeSpan>
    <begin>2007-08-01</begin>
    <end>2008-09-01></end>
  </TimeSpan>
...
```

Il·lustració 26: Exemple de l'etiqueta "TimeSpan"

TimeStamp: Per un conjunt de dades associades a un moment determina s'utilitza l'etiqueta KML <TimeStamp>. Si les dades de la carpeta KML tenen una validesa de 6 de junt de 1944 a les 6 AM:

```
<Folder>
  <TimeStamp>
    <when>1944-06-06T06:00:00></when>
  </TimeStamp>
...
```

Il·lustració 27: Exemple de l'etiqueta "TimeStamp"

Aquestes dues etiquetes seran utilitzades per mostrar la transició de temps en el document kml generat des de Geomedia. És calcularà la velocitat mitjana del vent per cada mes de l'any 2008 aquesta dada serà mostrada dins del seu interval de temps per exemple si a la comarca de l'Alt Camp li correspon una velocitat mitjana de vent de 1,76 pel mes de gener serà escrita la següent informació en el fitxer kml resultat:

```
<?xml version="1" encoding="UTF-8"?>
<kml xmlns="http://www.opengis.net/kml/2.2">
<Document>
  <name>Exemple exportar</name>
  <open>2008</open>
  <TimeSpan>
    <begin>2008-01</begin>
    <end>2008-12</end>
  </TimeSpan>
...
<Placemark>
  <TimeStamp>
        <when>2008-01</when>
  </TimeStamp>
  <name>Alt Camp </name>
  <Snippet>1,76 </Snippet>
...
```

Il·lustració 28: Exemple de part del fitxer kml general per la dll

S'està especificant en primer lloc la validesa del document 2008 i per cada marca de posició, en aquest cas comarca, el període on la mitjana de vent és vàlida.

En obrir un conjunt de dades que conté les etiquetes TimeStamp o TimeSpan, automàticament Google Earth detecta les etiquetes i afegeix un control extra per manipular la visualització.

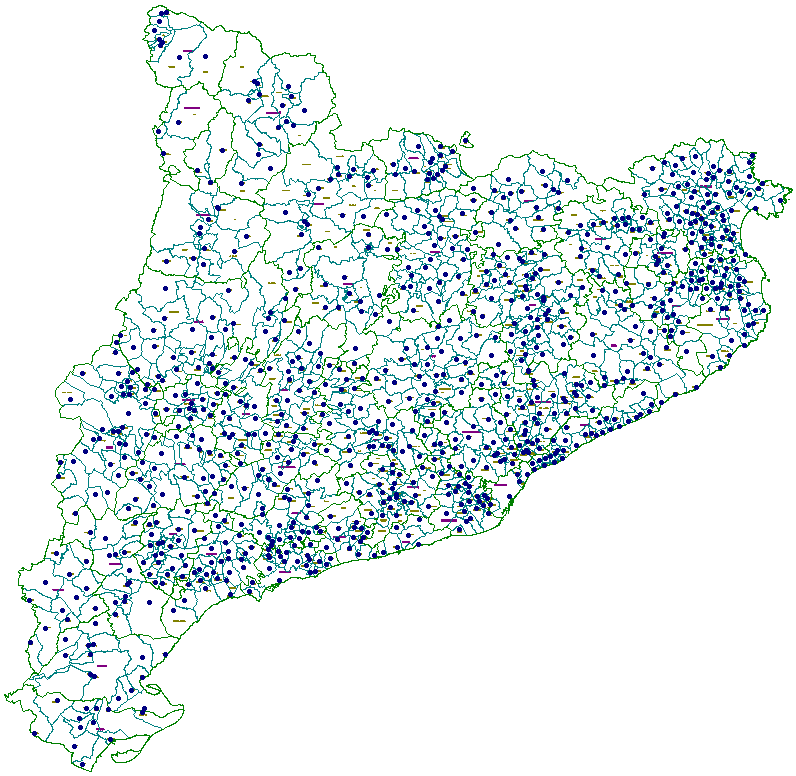
Il·lustració 29: Control de temps a Google Earth

6. Recerca de dades

En els propers apartats es documenta l'origen de dades que s'ha usat per l'estudi.

6.1. Base municipal 1:50.000

L'estructura de la base s'hi descriuen municipis, comarques, províncies i comunitat autònoma, s'han obtingut de l'Institut Cartogràfic de Catalunya.



Il·lustració 30: Base municipal 1:50.000
font Institut Català de Catalunya

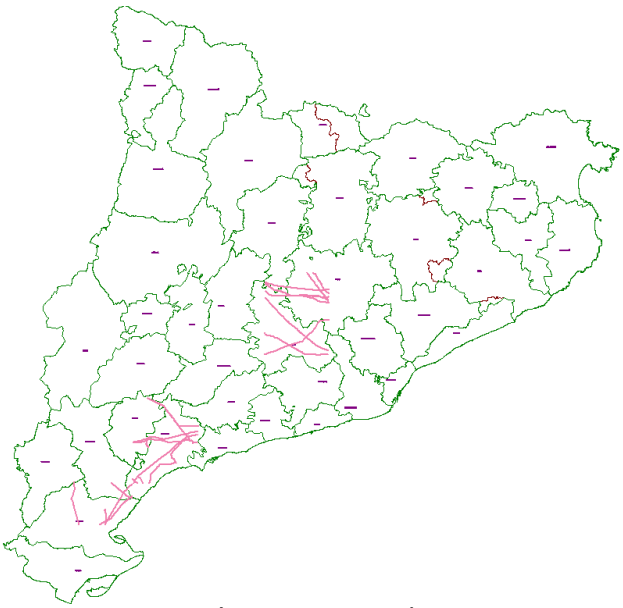
El sistema cartogràfic de representació fa servir la projecció Universal Transversa de Mercator (UTM), amb coordenades referides al fus 31. El sistema de referència geodèsic és el sistema oficial anomenat ED50 (European Datum 1950), establert com a reglamentari pel Decret 2303/1970 i constituït per:

- El·lipsoide Internacional (Hayford, 1924)
- Dàtum Potsdam (Torre de Helmert)

La representació en l'espai de treball geogràfic (geoworkspace) s'ha efectuat usant una connexió Arcview relacionada a un sistema de coordenades definit com es detalla en el document metadata associat a la distribució.

6.2. Base topogràfica de Catalunya 1:50.000

Aquesta base proporciona informació molt variada, com per exemple vies de comunicació, altimetria, elements de relleu... No obstant a l'estudi es demanava que es mostrés les línies elèctriques d'alta tensió que apareixen en la zona on es troben ubicats els parcs eòlics. Per aquest motiu alhora s'ha seleccionat l'entitat ELE, Línia elèctrica que és la mostrada en el geoworkspace.

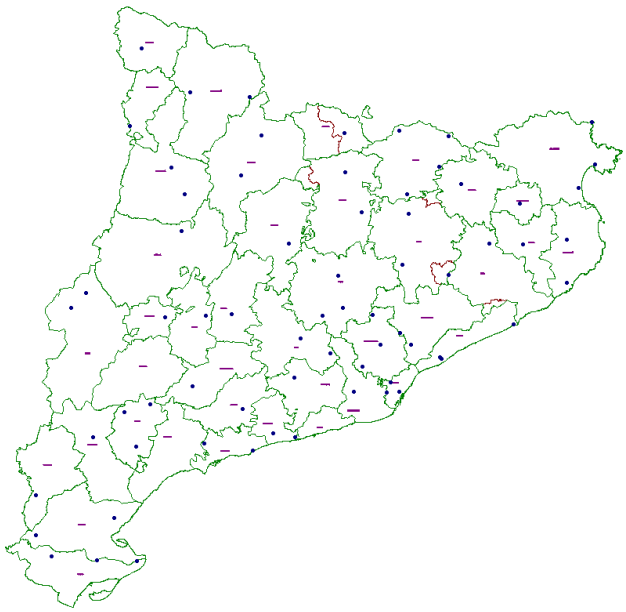


Il·lustració 31: Base topogràfica 1:50.000
font Institut Català de Catalunya

Els fitxers també han estat obtinguts del servei de descàrregues de l'Institut Català de Catalunya

6.3. Estudi vent i xarxa Xemec

Aquests fitxers proporcionats per el Servei Meteorològic de Catalunya a la UOC informen en primer lloc de la ubicació de les seixanta-set estacions meteorològiques que han estat triades per efectuar l'estudi, i un altre fitxer on s'enregistra les dades relatives a la intensitat i direcció del vent per l'any 2008.

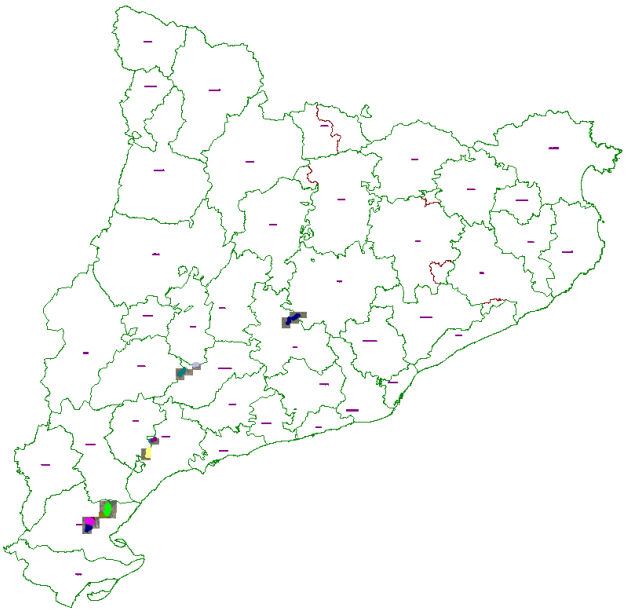


Il·lustració 32: Xarxa d'estacions Xemec estudiades font Servei Meteorològic de Catalunya

Els fitxers en format Microsoft Excel han estat incorporats en el geoworkspace definint dues noves classes d'entitat vent i estació. Seguidament s'ha geocodificant els punts on es troben les estacions meteorològiques utilitzant les components X i Y que incorpora el fitxer. Finalment s'ha associat amb les dades del vent creant una consulta que relacioni les dades del vent amb la ubicació de l'estació.

6.4. Parcs eòlics de Catalunya

La digitalització de la capa de punts on s'assenyala les posicions dels aerogeneradors per cadascun dels parc eòlics de Catalunya ha estat força elaborada. Mitjançant les darreres ortofotos 1:5.000 de l'Institut Cartogràfic de Catalunya s'han ubicat els aerogeneradors dels parcs (serra de Rubió, Collet dels Feixos, Mas de la Potra, Trucafort, Baix Ebre, Ecovent, Les Calobres, Les Colladetes, Tortosa, Serra del Tallat i Serra de Vilobí).



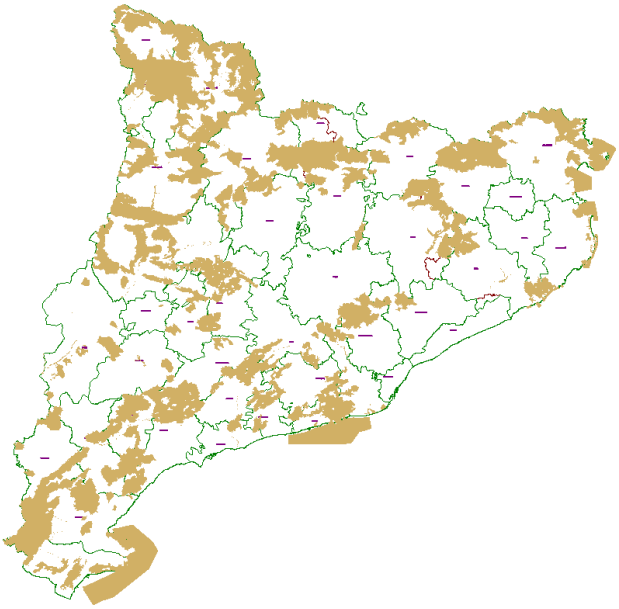
Il·lustració 33: Parcs eòlics de Catalunya
Elaboració pròpia

Il·lustració 34: Ortofoto 1:5.000 parc eòlic Trucafort
font: Institut Cartogràfic de Catalunya

Carregades les imatges s'ha definit una nova classe d'entitat de tipus punt per especificar la ubicació exacte de cada un dels aerogeneradors. Després s'ha personalitzat el tipus de punt i per diferenciar els diferents aerogeneradors de cada parc eòlic s'ha donat una aparença distinta.

6.5. Zones d'especial protecció per les aus (ZEPA)

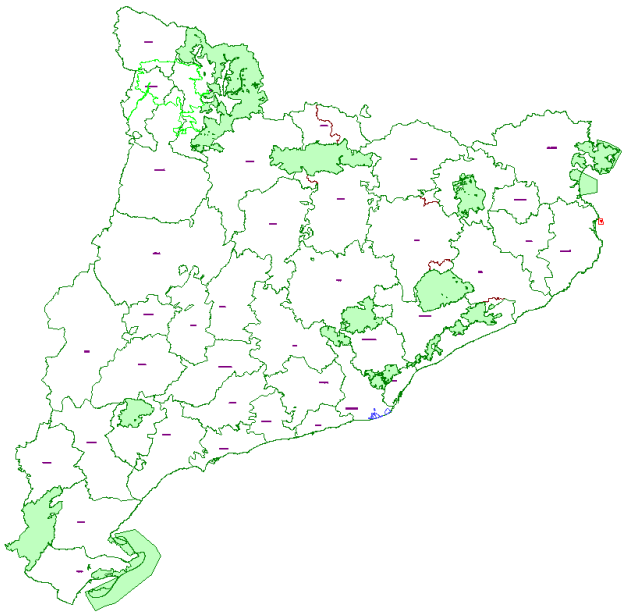
El contingut de la base són els límits dels espais natural de Catalunya que formen la Xarxa Natura 2000. Aquesta xarxa conté les zones d'Especial Protecció per a les Aus (ZEPA) i els Llocs d'importància Comunitària (LIC). Mitjançant l'ús un atribut que informa si es tracta d'una zona ZEPA o LIC s'ha generat una consulta amb només les zones ZEPA que és la que es mostra en la captura, encara que s'ha deixat disponible en el geoworkspace la resta de la Xarxa 2000.



Il·lustració 35: Zones d'especial protecció per les aus
Elaboració pròpia

6.6. Parcs Naturals

El contingut de la base són els límits dels espais inclosos al Pla d'espais d'interès natural. La declaració d'espais de protecció especials fan referència a parcs nacionals, paratges naturals d'interès nacional, reserves o parcs naturals.

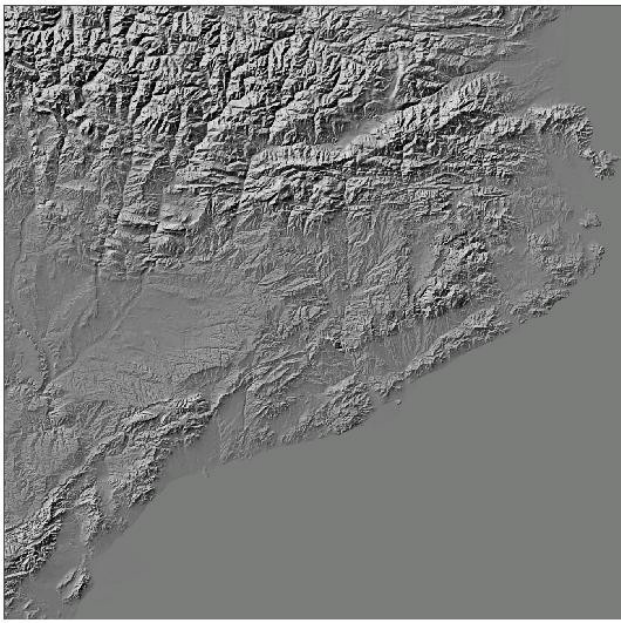


Il·lustració 36: Parcs Naturals
Elaboració pròpia

6.7. Model digital de Terreny

El model digital de terreny ha estat obtingut del departament de geodèsia de l'Institut Cartogràfic de Catalunya.

La càrrega dins de geomedia s'ha realitzat mitjançant la importació d'un fitxer de text amb format ASCII d'Arc/Info. Aquest fitxer disposa d'una capçalera estàndard amb el nombre de columnes, files, coordenades del centre del píxel sud-oest, pas de malla i símbol de cota inexistent.



Il·lustració 37: Model digital de Terreny
Elaboració pròpia

ncols xxx
nrows xxx
xllcenter xxx
yllcenter xxx
cellsize xxx
nodata_value xxx

I seguidament venen les cotes per files de nord a sud i cada fila d'oest a est.

Encara que es tracta d'un format de fitxer estàndard va ser requerida la manipulació manual del fitxer ja que geomedia no interpretava correctament els camps que s'indicaven en el fitxer ASCII Arc/Info.

Aquesta manipulació va consistir en el canvi dels camps de la capçalera:

XLLCENTER xxx per XLLCORNER xxx
YLLCENTER xxx per YLLCORNER xxx

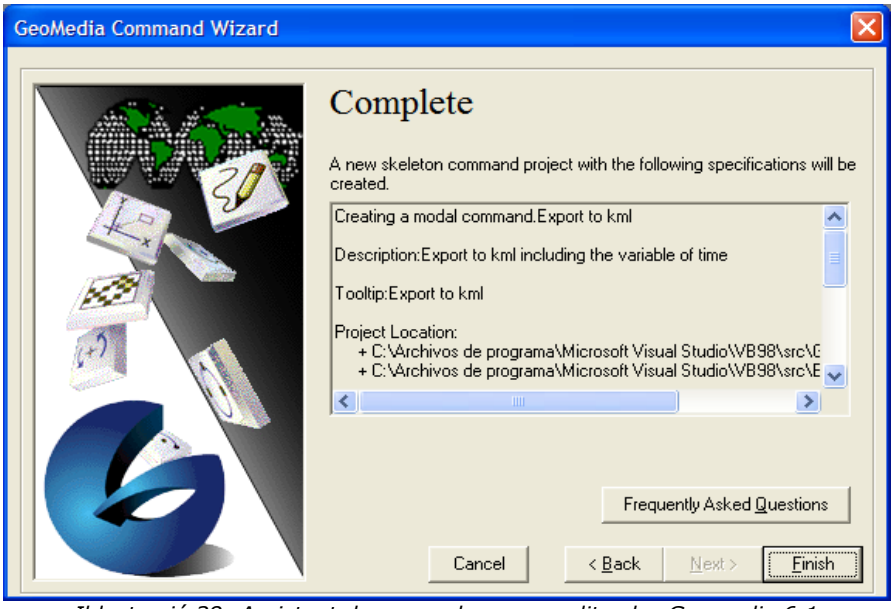
7. L'exportació a KML

L'exportació a KML consisteix en extreure la informació enregistrada amb l'estructura de Geomedia cap a un fitxer xml pla que segueixi les especificacions KML anteriorment comentades. En concret s'exportarà la geometria, el temps i els valors que conformen el mapa temàtic.

Pel desenvolupament s'ha triat la versió 6.0 de Microsoft Visual Basic que encara que es tracta d'una versió força antiga la integració amb Geomèdia és més fàcil i ràpida.

7.1. Integració amb Geomedia 6.1

La integració de l'exportador com un complement de Geomedia Pro 6.1 s'ha utilitzat (Geomedia Command Wizard) per crear l'estructura de l'aplicació. S'ha anomenat al projecte ExportKML4DUOC, s'ha definit el funcionament com modal, habilitant l'opció que requereix d'un formulari d'interacció amb l'usuari i s'han activat les restriccions *GeoWorkspace is open* i *Map view is active.*

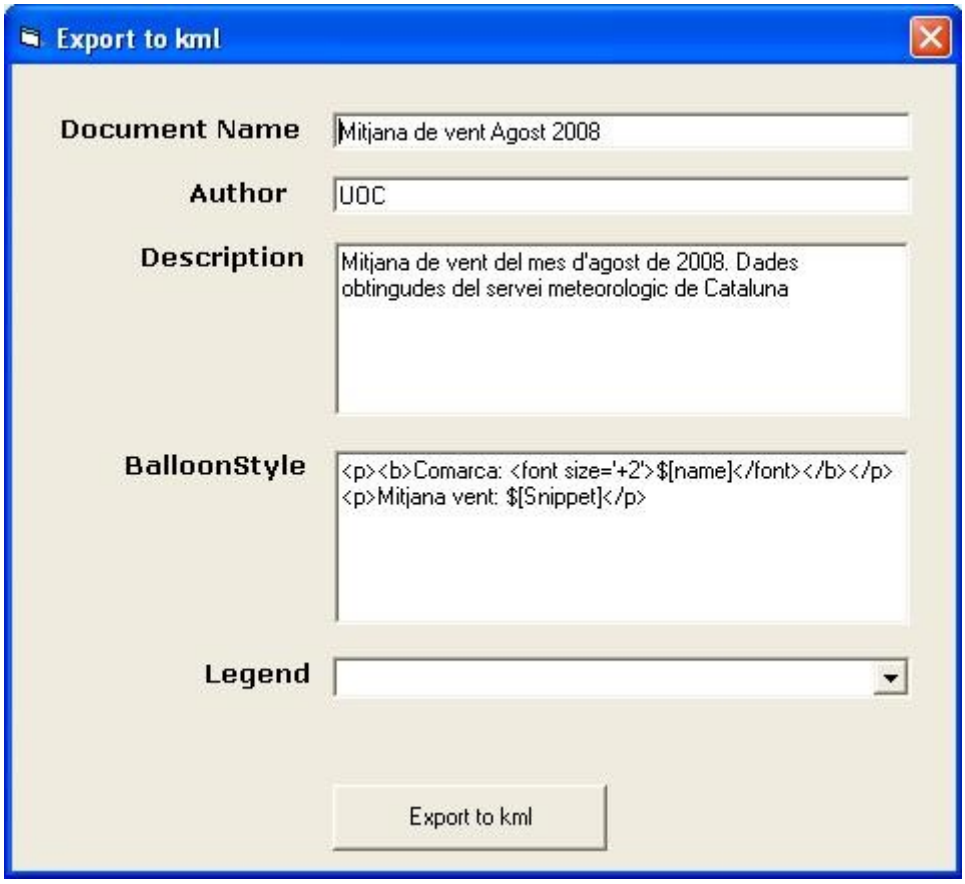


Il·lustració 38: Assistent de comandes personalitzades Geomedia 6.1

Un cop implementada la funcionalitat es registra la dll (dynamic link library) amb la següent comanda:

InstallUsrCmd.exe" /prod "GeoMedia" ExportKML4D.dll ExportKML4D.ini

Des d'aquest moment la nova funcionalitat ja està disponible per ser usada des de Geomedia 6.1 però cal primer ubicar la seva crida des d'un dels menús de l'aplicació. Aquesta operació es pot realitzar des de l'opció de personalització de Geomedia. Un cop finalitzat aquest procés d'instal·lació ja és possible executar l'exportador, on es mostrarà una finestra com la següent:



Il·lustració 39: Finestra d'execució i pas de paràmetres del exportador.

El camp BalloonStyle permet definir un estil (Style) una vegada i assignar-li un ID. Després de definir l'estil d'aquesta forma, es pot fer referència a l'estil tantes vegades com es vulgui mitjançant l'element de URL d'estil <styleUrl>. L'element de text <text> d'un estil de vinyeta <BallonmStyle> permet la substitució d'entitats. Els valors individuals es poden canviar segons la instància de l'entitat. Les entitats que s'han considerat que poden ser substituïdes en l'exemple són:

Il·lustració 40: Exemple de vinyeta

- $[name] Es canvia pel nom de la marca de posició <PlaceMark>.
- $[Snippet] Es substitueix pel fragment de la marca de posició <PlaceMark>.

El resultat de l'execució és la generació d'un fitxer de text en format xml que segueix les indicacions de l'estàndard kml, amb les següent parts destacades:

```
<?xml version="1" encoding="UTF-8"?>
<kml xmlns="http://www.opengis.net/kml/2.2">
<Document>
<TimeStan><begin>2008-01</begin><end>2008-12</end></TimeStan>
```

Il·lustració 41: Codificació, espai de noms i vigència del document kml

Es defineix el tipus de codificació del document xml, l'espai de noms utilitzat i l'interval de validesa del document, en l'exemple les dades representades van de gener al desembre de l'any 2008.

```
<Style id="balloonStyle">
<BalloonStyle>
<text>
<![CDATA[<b><font size='+1'>Mitjana de vent del mes d'agost de 2008. Dades obtingudes
del servei meteorologic de Cataluna</font></b><p>UOC</p>]]>
</text>
</BalloonStyle>
</Style>
<Style id="sharedStyle">
<BalloonStyle>
<text><![CDATA[<p><b>Comarca: <font size='+2'>$[name]</font></b></p><p>Mitjana vent: $[Snippet]</p>]]></text>
</BalloonStyle>
<LineStyle>
<color>cc000000</color>
</LineStyle>
</Style>
```

Il·lustració 42: Definició de les vinyetes

És possible personalitzar el contingut de les vinyetes per via de l'etiqueta BallonStyle i el camp amb el mateix nom del formulari. Com es pot observar el contingut es troba dins d'un camp CDATA per tant el contingut html (Hyper Text Markup Language) que es troba dins d'aquest camp serà interpretat com ho faria un navegador web. En l'exemple s'augmenta en un punt el tamany de la font i l'estil canvia a negreta.

```
<Folder>
<name>2008</name>
<Placemark>
<TimeStamp><when>2008-01</when></TimeStamp>
<name>Alt Camp </name>
<Snippet>1,72</Snippet>
<styleUrl>#sharedStyle</styleUrl>
<Style>
<PolyStyle>
<color>50143CFF</color>
</PolyStyle>
</Style>
<MultiGeometry>
<Polygon>
<outerBoundaryIs>
<LinearRing>
<coordinates>
 .767923211780042, 42.6097441596624,0
 .765972632646451, 42.6104265331705,0
 .764235237354305, 42.6109419382393,0
 .762547834672685, 42.6114222730903,0
```

Il·lustració 43: marca de posició, temps i geometria

Aquest darrer retall del document kml mostra el detall d'una marca de posició, identificada pel seu nom <name>, el valor de la mitjana del vent <snippet> el període <timestamp> i finalment les coordenades que formen la forma geomètrica.

7.2. Implementació

El primer obstacle alhora d'implementar l'exportador ha estat en el sistema de coordenades utilitzat ja que ha calgut transformar les coordenades del geoworkspace de Geomedia, coordenades UTM datum European 1950, a les coordenades utilitzades per KML, coordenades geogràfiques datum WSG84. Per aquest motiu s'han incorporat en el projecte les classes:

Classe	Finalitat
CoorUTM	Permet instanciar una variable de la classe UTM on es definirà els atributs easting, northing, hemisferi i zona.
CoordenadaGeodesica	Permet instanciar una variable de la classe Geodesica on es definirà els atributs longitud i latitud.
CoordenadaGeocentrica	Permet instanciar una variable de la classe Geocentrica on es definirà els atributs X, Y i Z.
Elipsoide	Inicialitza els valors del datum origen i destí per exemple ED50 – WSG84
CanviDatum	Conté les operacions de pas de coordenada utm a geocèntrica i a geodèsiques amb el canvi de datum.

Aquest procés de transformació segueix les següents passes:

- Inicialitzar el datum origen (ed50) i destí (wsg84).

  cd.iniDatum "ED50", "WGS84"
- Obtenir les coordenades utm.
- Transformar les coordenades utm indicades amb el datum origen al datum destí.

- Transformar les coordenades utm a coordenades geogràfiques i datum destí (wsg84).

```
For j = 1 To mygeometry.Points.Count
   Set POINT = mygeometry.Points(j)
   ucOriginal.setValues POINT.Y, POINT.X, "N", 31
   Set ucTranform = cd.canviDeDatum(ucOriginal)
   Set b = cd.longlat(ucTranform)
   Print #3, Str(b.longitud) & "," & Str(b.latitud) & ",0"
Next j
```

Tots aquest passos s'efectuen per cada component continguda en la geometria del objecte i que delimitara la marca de posició “placemark” en el fitxer kml.

8.Conclusions

En el present capítol es documenten les dificultats experimentades, les possibles línies futures i una valoracions final del treball.

8.1. Dificultats

Al llarg de l'execució d'aquest projecte han estat moltes les dificultats trobades, ja siguin de caràcter de la pròpia eina d'escriptori GIS Geomedia 6.1 o d'altres més acadèmiques.

El primer entrebanc trobat va ser la funcionalitat no implementada de Geomedia 6.1 en mostrar mapes de serveis web que utilitzessin determinar format d'imatge png. Pensant que el problema podia venir del proveïdor de mapes vaig provar-ho en altres clients d'escriptori GIS gvSig o altres thin-clients a través del navegador web tot rutllava com era d'esperar. Finalment Intergraph va publicar un Hotfix per solucionar aquest problema, no obstant, era massa tard per poder incorporar aquesta funcionalitat al geoworkspace que ja estava elaborant.

L'aplicació ha anat donant moltes sorpreses inesperades en un producte comercial d'alt cost en les seves llicencies. Cal anar molt en compte en el cas de disposar de més d'una adreça mac, en realitzar l'enregistrament de la llicència vaig haver de donar la primera mac i tot va anar correcte. No obstant, a un mes vista de l'entrega del projecte, el producte va quedar sense llicència ja que deia que no coincidia la mac amb el que contenien els fitxers de llicències. Mentre no vaig poder solucionar el problema vaig necessitar crear una màquina virtual i instal·lar de forma d'avaluació Geomedia per poder seguir. Finalment va ser possible solucionar el problema modificant la mac de la tarja de xarxa.

Altres problemes detectats en l'aplicació han estat la seva volatilitat, en funció de l'ordre dels documents oberts genera un error imprevist en el programa que fa que es tanqui. Altres errors, menús que no despleguen les opcions del menú, altres menús que no es visualitzen o les opcions de menú no executen l'operació que s'ha sol·licitat.

Tot i aquest problemes vull agrair a Lacey Sharpe i Sean Davies de l'empresa Intergraph Corporation la seva col·laboració amb els problemes que m'he trobat de l'eina.

A nivell funcional m'ha sorprès que Geomedia no fos capaç de detectar el format ASCII d'Arc/Info del model digital de terreny proporcionat pel Institut Cartogràfic de Catalunya i que necessités d'una manipulació manual del fitxer.

Finalment el procés d'enregistrament i desenregistrament de la dll a Geomedia és una completa loteria. Durant el desenvolupament i completament arbitrari l'execució pas a pas pel debugger deixava d'efectuar-se amb les dificultats que això implica en el desenvolupament d'una funcionalitat d'un tercer. Per sort, en un exercici I+D vaig trobar la solució eliminar les branques HKEY_CURRENT_USER\Software\Intergraph\GeoMedia\06.01\UserCommands\ del registre del sistema operatiu Microsoft Windows.

8.2. Línies futures

Aquest projecte només té en consideració el sistema de referència geodèsica d'origen ED50 i destí WSG84 així con les seves el·lipsoides. Pot ser interessant fer una ampliació sobretot del conjunt de sistema de referència.

8.3. Valoració final

La meva valoració final és molt satisfactòria. L'elaboració d'aquest treball m'ha ofert la possibilitat de conèixer tota una branca desconeguda per mi de la informàtica i en concret dels sistemes d'informació geogràfics.

9. Referències i bibliografia

[1] IDDE, Infraestrutura de datos espaciales de España. [en línia]. http://www.idee.es/show.do?to=pideep_desarrollador.CA [data de consulta: 25/03/09]

[2] Map Collection & Cartographic Information Services Unit. University Library, University of Washington. http://www.lib.washington.edu/maps/MapResources/thematic2.html

[3] SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: Modelos vector raster. [en línia] http://www.udistrital.edu.co/comunidad/profesores/rfranco/vector_raster.htm [data consulta 27/03/09]

[4] Implementing Products, Open Geospatial Consortium, Inc. [en línia] http://www.opengeospatial.org/resource/products/implementing/#Intergraph [data de consulta 03/04/09].

[5] MSN Encarta, Microsoft Coorporation [en línia]. http://es.encarta.msn.com/encyclopedia_761579532/sistema_de_coordenadas.html [data de consulta 26/03/09].

[6] Avui.cat, Corporació Catalana de Comunicació S.L. *Diccionaris de sinònims* [en linia]. http://www.avui.cat/serveis/diccionaris/default.php [data de consulta: 01/04/09]

[7] ESRI-España Geosistemas, S.A. *Topología en la Geodatabase*. [en línia]. http://demo.ti-projects.com/esri/img/Topologia.pdf [data de consulta: 02/04/09]

[8] Angel M. Felicísimo (1994) "Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales".

[9] Jeff de la Beaujardiere (2004) "OGC Web Map Service Interface", Open Geospatial Consortium, Inc.

[10] Arliss Whiteside, John D. Evans (2008) "Web Coverage Service (WCS) Implementation Standard", Open Geospatial Consortium, Inc.

[11] Panagiotis A. Vretanos (2005) " Web Feature Service Implementation Specification ", Open Geospatial Consortium, Inc.

[12] Josep Cuenca, Ma.; Jesús Marco, Ma. i Nicolau, F. (2006) "Competència comunicativa per a professionals de la informàtica", Universitat Oberta de Catalunya.

[13] Marta Alarcón Jordán; M. Carmen Casas Castillo, (1998) "Metereologia i clima", Edicions UPC.

[14] ArcGIS Destop Help 9.1, Topology rules. [en línia] http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=Topology_rules [data de consulta: 18/04/2009]

[15] University Library, University of Washington. "Map Collection & Cartographic Information Services Unit." [en línia] http://www.lib.washington.edu/maps/MapResources/thematic2.html [Data de consulta: 01/04/2009]

[16] TERMCAT, Centre de Terminologia. *Servei de consultes terminològiques.* [en línia]. http://www.termcat.cat [data de consulta: 20/03/09]

[17] David J. Buckey. "VECTOR AND RASTER - ADVANTAGES AND DISADVANTAGES" [en línia] http://bgis.sanbi.org/gis-primer/page_19.htm [Data de consulta 19/04/2009]

[18] Colin Childs, (2004) "Interpolating Surfaces in ArcGis Spatial Analyst", ESRI Education Services.

[19] Customer-Based Tutorial () "GeoMedia Grid:Contamination Analysis", Intergraph Corporation.