

Tesina  
Oriol Botey  
Màster en S.I.G. – F.P.C.

## **Elaboració i aplicació del SIG en el mapa d'edificabilitat d'Andorra segons la problemàtica geològica-geotècnica**

### **Resum:**

#### **1. Resum de la situació actual**

##### *Introducció. Estat actual i context de referència*

Els riscos naturals en el territori andorrà són un factor molt important ja que es tracta d'un país de muntanya i aquests influeixen molt, tant sobre les persones com sobre les infraestructures creades. En els últims 40 anys aquests riscos s'han incrementat molt degut bàsicament al increment de la població i de la ocupació del sòl a tot el territori.

Els fenòmens que tenen un major impacte sobre la població i les infraestructures són:

les allaus de neu

els esllavissaments de terres

les inundacions

els incendis forestals

Les inestabilitats de vessant són un fet comú a Andorra. El fort relleu de les valls pirinenques amb desnivells que superen els 1000 metres i la climatologia afavoreixen aquest tipus de fenòmens

##### *Antecedents. Anteriors estudis geomorfològics d'Andorra.*

En el passat ja s'havia realitzat un estudi de risc geològic al principat d'Andorra. Era la primera zonificació del territori andorrà que es feia des del punt de vista de la problemàtica geològica-geotècnica i va tenir un ampli ressò i utilització a nivell administratiu i popular.

durant un cert període es va utilitzar com a document de referència en la adjudicació de permisos volent-ne treure un rendiment a nivell de parcel·la edificable pel qual no estava preparat

##### *Àmbit geogràfic de l'estudi*

La zona estudiada no cobreix la totalitat del Principat d'Andorra, el territori estudiat es localitza en les zones on la densitat de població és més elevada i en les vies de comunicació més significatives. La majoria d'aquestes zones es concentren geogràficament al fons de les valls i en bona part dels vessants que les limiten.

En principi, la zona estudiada cobreix la major part dels terrenys que poden ser objecte d'urbanització a curt termini. Pel que fa a les vies de comunicació es considera coberta la totalitat de la xarxa principal i secundària per bé que algun accés aïllat a gran alçada hagi quedat fora de la zona estudiada.

#### **2.Objectius del estudi**

##### *Zonificació segons la problemàtica geologica – geotècnica.Proposta de Normativa*

L'objectiu principal consisteix en avaluar, planificar i adoptar mesures generals per tal de predir i minimitzar fins on sigui possible la problemàtica geològica i geotècnica del territori andorrà.

Per la complexitat dels elements a estudiar i la superposició de gran quantitat d'informació damunt el territori es va creure oportú realitzar l'estudi amb l'ajut de la tecnologia S.I.G. i així optimitzar els processos tan de tractament com d'anàlisi de la informació.

Una condició fonamental de l'estudi és facilitar la consulta de la informació relativa a la problemàtica que pot afectar a una determinada zona per poder aplicar la normativa d'actuació corresponent. Aquest objectiu s'ha aconseguit amb la confecció d'un plànol, anomenat **mapa d'edificabilitat** consultable només en format digital i creat amb un sistema d'informació geogràfica (S.I.G.)

Un altre objectiu de l'estudi consisteix en establir un pla d'actuació a seguir per les administracions basat en dues línies principals. Un primera línia es concreta en la realització de nous estudis en zones de desenvolupament urbà a una escala més detallada 1:1000. La segona en l'estudi d'àmplies zones afectades per fenòmens geològics naturals on el nivell d'informació actual no permet una més acurada definició. L'estudi i seguiment d'aquestes zones pot servir per rebaixar el grau de perillositat i per tant adoptar mesures de protecció més lleugeres.

#### *Realització de la Proposta de procediment normatiu*

El **mapa d'edificabilitat** subministra com informació bàsica la perillositat natural, les característiques geotècniques orientatives i la documentació que cal sol·licitar per la concessió de permisos. La documentació a sol·licitar està bàsicament enfocada cap a les diferents catalogacions de perillositat natural i en menor nivell a la catalogació de la problemàtica geotècnica. A partir d'aquestes catalogacions caldrà demanar diferents documentacions:

#### Catalogació segons la perillositat natural

En el present estudi, i en base a l'avaluació en quatre nivells de la perillositat dels fenòmens naturals considerats (alt, mitjà, baix i molt baix), a escala 1:5.000, i dels elements vulnerables exposats, el territori andorrà ha estat catalogat en quatre grans zones tipus:

##### **a) Edificable sense restriccions**

Zones on sota les condicions actuals no s'ha observat cap fenomen o be la magnitud i freqüència dels possibles fenòmens són baixes. El nivell de **perillositat** per aquests tipus de terrenys és **molt baix sense fenòmens observats, i molt baix**, respectivament.

##### **b) Edificable amb restriccions menors**

És el terreny que pot veure's afectat per fenòmens d'instabilitat dels vessants de mitjana magnitud i freqüència baixa (períodes de retorn superiors als 500 anys), i per fenòmens de magnitud baixa amb freqüència mitja - alta (períodes de retorn inferiors als 500 anys). El nivell de **perillositat** per aquest terreny és **baix**.

##### **c) Edificable amb grans restriccions**

Aquest terreny pot veure's afectat per fenòmens d'inestabilitat de vessants que només poden ser controlats o mitigats amb mitjans molt costosos i solucions especials. També inclou les grans esllavissades que tenen una probabilitat de reactivació molt petita. Fenòmens amb una magnitud mitjana i amb freqüències mitjana-alta (períodes de retorn inferiors als 500 anys), o fenòmens de magnitud alta amb una freqüència baixa (períodes de retorn superiors als 500 anys). El nivell de **perillositat** natural per aquests tipus de terreny és **mitja**.

#### **d) No edificable**

Als terrenys no edificables (en principi el risc generat es considera difícilment corregible) no serà permesa la construcció d'habitatges ni instal·lacions/equipaments sensibles (escoles, hospitals, casernes de bombers etc.). Es podrà autoritzar la construcció amb grans restriccions d'infraestructures que no comportin un risc a les persones com ara canalitzacions, línies de telecomunicacions etc., llevat de les perilloses com canalitzacions de gas, o les que poden causar un gran dany ambiental com els oleoductes. També es podrà autoritzar l'edificació amb grans restriccions de magatzems on no hi hagi activitat laboral i bordes no destinades a l'ús de vivenda. En casos molt especials i a manca d'alternatives, es podrà autoritzar la construcció de vies de comunicació. El nivell de **perillositat** natural per aquests tipus de terreny és **alt**.

#### Catalogació segons la problemàtica geotècnica

En base a les diferents litologies observades a la zona sotmesa a estudi i als seus paràmetres geotècnics s'ha fet una catalogació segons tres nivells de problemàtica geotècnica: alta, mitja i baixa. Aquesta problemàtica geotècnica, en principi, no impedeix l'edificabilitat o construcció d'infraestructures de cap àrea de la zona sotmesa a estudi.

#### *Realització dels Mapes base*

La identificació de la problemàtica geològica-geotècnica de la zona sotmesa a estudi ha tingut com a pas previ la realització d'una sèrie de mapes, anomenats mapes base (mapes litològics i de fenòmens naturals) a escala 1:5.000

La cartografia del terreny s'ha fet des dels punts de vista següents:

1.- **Diferenciació dels fenòmens geomorfològics**, associats a la dinàmica de vessants. Despreniments i Esllavissades (Grans moviments, esllavissaments superficials i corrents d'arrossegalls).

2.- **Diferenciació litològica del substrat rocós** en 5 tipus diferents de roques **a)** granitoids, **b)** fil·lites, esquists i calcoesquists, **c)** corneanes; **d)** marbres, quarsites i calcàries, fil·lites de gran duresa, gresos, conglomerats i calcofil·lites i **e)** pissarres carbonoses amb sulfurs.

3.- **Diferenciació litològica dels sòls quaternaris** en diversos tipus diferents **a)** sediments de vessant on s'hi engloben les tarteres (2 tipus) i els col·luvions amb matriu (2 tipus), **b)** sediments d'origen glacial (till) (4 tipus), **c)** sediments d'origen fluvial (al·luvions) (2 tipus); **d)** sediments deltaics, lacustres i d'aiguamolls (3 tipus), **e)** cons de dejecció (2 tipus) i **f)** dipòsits d'origen antròpic (2 tipus).

#### *Realització mapes Geotècnics*

Aquest mapa a de donar una informació que permeti una primera aproximació de les característiques geotècniques de qualsevol punt situat dins l'àmbit del territori andorrà

estudiat, dades especialment útils per a qualsevol activitat que modifiqui l'estat actual del terreny.

Dins del mapa geotècnic també es disposa de la informació hidrogeològica que consisteix en la classificació dels diferents terrenys cartografiats segons la seva permeabilitat i amb un inventari dels pous, fonts, patamolls i surgències observades.

#### *Mapa de Perillositat natural:*

La perillositat d'un lloc es defineix com la probabilitat que ocorri un fenomen catastròfic d'una determinada magnitud. Per confeccionar un mapa de perillositat es té en compte la **susceptibilitat** que mostra el terreny, en aquest cas, a experimentar trencades del vessant, l'àrea afectada, les **dimensions** de la trencada i la **probabilitat** o **freqüència** amb que pot tenir lloc

Els principals objectius del mapa de perillositat natural són els següents:

- LOCALITZACIÓ I DELIMITACIÓ: de les zones susceptibles a produir trencades mitjançant una anàlisi geomorfològica (indicadors antecedents) i per l'altre costat, a partir de l'anàlisi dels factors que afavoreixen l'aparició de trencades en un vessant (indicadors potencials). La delimitació s'ha fet tenint en compte l'abast potencial dels moviments.
- IDENTIFICACIÓ DE LA TIPOLOGIA DEL FENOMEN: Els tipus de fenòmens observats en aquest estudi són els següents: **corrents d'arrossegalls, caigudes de blocs rocosos, grans moviments i esllavissaments superficials**. Cal tenir en compte que poden existir simultàniament en una mateixa zona més d'un fenomen.
- CATALOGACIÓ DEL NIVELL DE PERILLOSITAT: que s'ha efectuat en base a tres paràmetres: **Susceptibilitat, magnitud o intensitat i freqüència o activitat**. Els quatre nivells de perillositat que s'han obtingut a partir del tractament dels paràmetres, de menys a més incidència són:

Molt baixa: Zones sense fenòmens observables, perillositat no detectada o molt baixa, zones on no s'ha detectat una exposició a fenòmens actius o sense perillositat definida.

Baixa: Zones exposades a fenòmens freqüents de baixa magnitud o exposades a fenòmens de freqüència baixa i magnitud mitjana.

Mitjana: Zones exposades a fenòmens freqüents de magnitud mitjana o exposades a fenòmens de freqüència baixa i magnitud alta.

Alta: Zones exposades a fenòmens freqüents de gran magnitud.

#### *Aplicació dels sistemes d'informació en l'elaboració dels diferents mapes*

Aquest estudi comporta la manipulació i representació d'una enorme quantitat de dades. Cal elaborar una sèrie de mapes geològics (Mapes base) on els múltiples elements representats ens han de servir per analitzar la estructura geològica del territori. Aquestes mapes contenen informació que es representa en els tres tipus geomètrics: **puntual** (surgències d'aigua, cabussament de les capes, sondeigs, angles de desmunt, etc.), **lineal**, com poden ser els escarpaments o les falles geològiques i **poligonals**, com per exemple la representació dels diferents materials o zones d'aflorament de nivell freàtic.

També ha sigut necessària la utilització del S.I.G. per poder analitzar en profunditat alguns paràmetres del propi territori que manualment són molt complexes d'avaluar. Alguns d'aquests aspectes són inherents a la pròpia topografia (pendents i elevacions) i altres a la natura geològica i geotècnica del propi territori. A més en molts casos ha sigut convenient creuar la informació esmentada entre ella per obtenir altres paràmetres. Amb totes aquestes premisses és fàcil deduir que hagués esdevingut impossible avaluar tot això sense la utilització del S.I.G.

Per elaborar el mapa de perillositat global d'un punt del territori necessitem analitzar quatre tipus de perillositat diferents: *la caiguda de blocs, els corrents d'arrossegalls, els grans moviments i els esllavissaments superficials* d'una forma integrada amg el S.I.G.

*Aplicatiu per a la consulta de la informació:*

A part de la utilització del Sistema d'Informació per a la realització del estudi, també és necessari utilitzar-lo per consultar la informació obtinguda, (Mapa d'edificabilitat) ja que d'altra manera hauríem de fer-ho a partir de la consulta dels 4 mapes de perillositat anomenats anteriorment més el geotècnic, el mapa base i el mapa hidrogeològic (ja que en tot moment cal saber d'on ve la perillositat que modifica les condicions d'edificabilitat de la zona que estem consultant i a més les característiques intrínseques del propi terreny).

A més es vol evitar en tot moment la consulta visual i obligar a l'usuari a tenir tots els arguments que fan que la edificabilitat en aquell terreny sigui la que és. S'ha dissenyat una aplicació a mida a partir de la personalització del ArcView amb una fitxa de consulta que mostra la informació necessària.

A més s'ha proposat una normativa a aplicar per als estudis geotècnics en funció de les característiques geotècniques detectades amb l'estudi. Amb aquesta aplicació personalitzada l'usuari final (la persona que dona els permisos d'edificabilitat) pot consultar la informació de qualsevol zona i obtenir automàticament uns informés sobre els requeriments que cal demanar per poder edificar en aquella parcel·la. A un altre nivell i per us intern o de experts en la problemàtica tractada es pot fer la consulta del mapa de colors.

### 3. Metodologia aplicada

En primer lloc, s'ha realitzat la identificació de la problemàtica geològica – geotècnica amb un exhaustiu treball de camp que ha estat reflectit en el mapa, anomenat **mapa base**. Aquest plànol, a escala 1:5.000, és considera fonamental ja que reflecteix tota la informació referent a la litologia (formacions superficials i substrat rocós), fenòmens perillosos naturals, geomorfologia i estructura geològica (especialment, les discontinuïtats del massís rocós).

Una vegada identificada la diferent problemàtica geològica – geotècnica es segueixen dos camins, un per arribar a la zonificació de la perillositat natural (**Mapa de perillositat natural**) i l'altre que condueix a la zonificació de la problemàtica geotècnica (**Mapa geotècnic**).

Per últim, el dos camins seguits es troben al final per obtenir un plànol de síntesi, anomenat **Mapa d'edificabilitat**, que permet la consulta interactiva de qualsevol punt del territori andorrà objecte d'estudi.

*Zonificació de la perillositat natural*

Per aconseguir el mapa de perillositat, on es reflecteixen els diferents nivells de perillositat existents al territori com a resultat de la zonificació, es distingeixen tres fases de treball:

### 1.- Fase de delimitació geogràfica del fenomen perillós estudiat.

Amb el model digital del terreny obtingut a partir de la topografia a escala 1:5.000, subministrada pel Ministeri d'Ordenament Territorial del Govern d'Andorra i per mitjà de l'aplicació d'un sistema d'informació geogràfica (S.I.G.) s'ha creat un plànol de pendents del terreny amb uns intervals que han estat definits prèviament. Aquest intervals de pendents s'han establert en funció de les inclinacions que poden causar inestabilitats del terreny.

Amb l'encreuament de la informació litològica, continguda al **mapa base**, i el **mapa de pendents** es determinen les àrees de terreny que poden ser susceptibles a produir inestabilitats. Aquesta informació contrastada sobre el terreny, amb criteris de camp, permet establir les zones susceptibles on hi ha possibilitats reals de que es desencadeni un dels fenòmens considerats. Paral·lelament es determina, bàsicament amb criteris de camp, la zona que pot resultar afectada en cas de que es produeixi el fenomen detectat.

El conjunt de les zones susceptibles i d'abast màxim del fenomen ens dóna la delimitació geogràfica que resultarà afectada, en diferent nivell, per la perillositat natural.

### 2.- Fase de determinació de la magnitud i freqüència del fenomen

Una vegada identificats i localitzats els fenòmens estudiats s'estableix la magnitud i freqüència dels mateixos en base als criteris que s'exposen detalladament al volum nº III del present estudi. La magnitud dels fenòmens estudiats ve donada pel volum de material que es pot inestabilitzar, aquest volum es tradueix amb determinades energies d'impacte. La freqüència està lligada a diferents criteris com són els períodes de retorn de les pluges, les mostres d'activitat recent, les pendents... , la freqüència per cada fenomen es tradueix amb períodes de retorn (anys).

### 3.- Fase de la determinació de la perillositat del fenomen

Conegudes les diferents magnituds i freqüències, per a cada fenomen estudiat, s'aplica una matriu de perillositat, que permet atribuir els nivells de perillositat considerats per cada fenomen situat en indrets geogràfics diferents.

### *Zonificació de la problemàtica geotècnica*

Per la realització del mapa geotècnic s'estableixen diferents classes geotècniques en funció dels paràmetres geotècnics dels terrenys cartografiats. Les principals fonts d'informació per l'elaboració d'aquest mapa provenen de observacions de camp referents a tipus de terrenys, dades hidrogeològiques, campanyes de reconeixements i dades d'arxiu que l'empresa Euroconsult ha anat adquirint al llarg de la seva trajectòria professional. El contingut detallat de les dades i l'elaboració de l'estudi referent a la problemàtica geotècnica es troba al volum nºII del present estudi.

*Resultat final: Mapa d'edificabilitat*

L'encreuament dels dos plànols, el de perillositat i el geotècnic permet confeccionar el plànol d'edificabilitat. L'aplicació d'un S.I.G. en tot el procés metodològic d'aquest estudi permet la consulta interactiva d'aquest plànol de manera que per a qualsevol punt es pot conèixer els diferents nivells de la problemàtica geològica i geotècnica determinada a l'escala de treball utilitzada (1:5.000).

### 3.3. METODOLOGIA PEL PROCESAMENT DE LA INFORMACIÓ AMB UN SISTEMA D'INFORMACIÓ GEOGRÀFICA (S.I.G.)

**Dades cartogràfiques:** Les dades cartogràfiques han sigut extretes dels arxius digitals facilitats pel Govern d'Andorra a escala 1:5000

**Estructuració dels directoris:** La estructuració dels directoris es important perquè els projectes d'*ArcView* agafen informació de varis arxius i necessitem mantenir les "adreces" cap aquests arxius per que el programa els pugui trobar sense haver-los de relocalitzar. La organització de carpetes s'ha fet penjar directament del C perquè així instal·lant el directori *and\_riscos* a qualsevol C els projectes d'*ArcView* seran capaços de trobar els arxius que necessiten sense haver de redefinir el seu directori de situació.

**Digitalització:** de tots els punts d'informació, les línies i límits de materials, sense repetir línies ni tancar els polígons que no es digitalitzin sencers en una sola línia.

**Poligonació:** creem una còpia del primer arxiu i generarem una sèrie de polígons que el S.I.G. entén com a tals. Els diferents polígons s'han de situar en els nivells establerts per reconèixer-los automàticament. No hi poden haver elements complexes ni com a punts ni com a trames de línies ni de polígons, ja que l'*ArcView* ho agafa tot com a entitats. Els polígons que tenen forats no poden construir-se com a polígons *vinculats* (*Complex shape, group hole*) ja que aleshores no apareixen en la capa en la que han sigut dibuixats i *Arcview* no els entén com a *Doughnut polygon*.

**Mapes base:** Amb tot el procés anterior hem creat una sèrie de documents cartogràfics amb la finalitat de que el programa de S.I.G. pugui llegir-los. Tot i així haurem de modificar alguns elements per que tinguin l'estructura correcte dins el S.I.G. (polígons amb espais buits, zones de superposició, etc.). Cal donar a cada element la simbologia adequada i completar la taula associada amb la informació addicional que tenim i que no veiem representada gràficament.

Els temes d'*ArcView* han de complir les següents condicions: Tots els elements d'un mateix tema seran punts, línies o polígons. Cada tema agrupa elements d'un mateix tipus (p.e. dipòsits sedimentaris). Les diferències entre els elements estan descrites en els diferents camps de les taules associades amb els temes

**Generació del Model digital d'elevacions (MDE) mapa de pendents (MP):** La generació del Model Digital d'Elevacions es realitzarà amb el mòdul *Spatial Analyst* d'*ArcView* a partir dels topogràfics 3D que tenim en arxius *Microstation*. Per cada full topogràfic necessitem agafar part de la topografia dels mapes que l'envolten ja que així no tindrem problemes d'interpolació amb els límits de l'àrea a generar. Creem uns llistats de punts en format de text (Extensió .txt) que han de ser introduïts en el SIG. Abans però cal aplicar un programa realitzat en *qbasic* que ens netegi aquests arxius del excés d'informació.

Al obtenir el núvol de punts a partir de les corbes de nivell fa que la distribució d'aquests sigui irregular, tendint a alinear-se al llarg de les línies de les quals han sigut extrets. Per altra banda a les zones planes o urbanitzades, on podem trobar porcions del mapa sense corbes i talussos de varis metres quasi verticals on les corbes de nivell pràcticament es superposen, aquests punts tenen una distribució massa espaiada o massa apretada, segons el cas. Per solucionar la lineació preferent de punts s'ha optat per filtrar-los i eliminar-ne la majoria, conservant-ne un de cada cinc,

deu o quinze, segons la morfologia dominant del full topogràfic processat. Hem d'aconseguir que al mirar el núvol de punts a una escala raonable desapareixin les lineacions dels punts. El segon problema és complicat de resoldre automàticament i s'ha optat per afegir punts manualment amb un valor z entre el màxim i el mínim dels valors limitants de la zona plana per evitar errors d'interpolació.

Ara podem crear el mapa de pendents a partir de la derivació de la superfície M.D.E. anterior. Aquest mapa de pendents requerirà processos posteriors de reclassificació, poligonació i neteja per crear els intervals de pendents desitjats i per esborrar els píxels aïllats i els grups de píxels que representin porcions de terreny massa petites per ser avaluades en la escala que treballem. D'entrada descartarem superfícies inferiors a 500 m<sup>2</sup> ( 3 mm<sup>2</sup> en el mapa 1:5000) ja que això dificultaria molt l'anàlisi.

**Mapa de Susceptibilitat :** Generem el mapa de susceptibilitat a partir del creuament del mapa de pendents amb el mapa base A partir d'aquests mapes de polígons de pendents podem fer l'anàlisi de les àrees susceptibles mitjançant la selecció de polígons que compleixin unes determinades propietats i dona'ls-hi un valor determinat en un nou camp de susceptibilitat. Això ho realitzem mitjançant una sèrie de seleccions per *Querys* i mitjançant el creuament amb els diferents indicis de moviment (Temes de vegetació, incisió d'un riu o torrent, esquerdes i soscavació).

**Mapa de Perillositat:** Generació del mapa de perillositat a partir de la susceptibilitat. A qualsevol formació superficial susceptible se li dona perillositat groga (baixa)

Les zones susceptibles s'han cartografiat a partir del creuament dels mapes de pendents amb la cartografia base i després s'han completat manualment tenint en compte l'àrea susceptible de ser afectada en cas de mobilització.

**Mapa d'edificabilitat:** El creuament del mapa de perillositat amb el mapa de característiques geotècniques ens ha de permetre generar el mapa d'edificabilitat. Aquest mapa es realitzarà amb el programa S.I.G. i a partir de l' *overlay* de capes de polígons i l'atribució de propietats als mateixos.

**Resultats:** Al final obtindrem un mapa de polígons o zones els quals contindran un a sèrie d'informació, començant pel tipus de materials del terreny, la pendent en la que estan ubicats, la afecció d'aquests per fenòmens geomorfològics que puguin constituir un perill i les característiques geotècniques i hidrogeològiques dels mateixos. A partir d'aquests generarem un mapa d'edificabilitat del sòl en el qual per cada polígon disposarem de la informació anterior a part de la pròpia d'edificabilitat.

**Desenvolupament del aplicatiu SIG:** consultar la informació d'una forma clara i pràctica sense donar lloc a ambigüitats interpretatives. L'aplicatiu s'ha realitzat mitjançant la programació i personalització del software ArcView GIS v3.2. Aquest aplicatiu s'entrega al client en un cd-rom que conté una carpeta o directori únic. L'únic que cal fer per instal·lar l'aplicació és copiar la carpeta al disc dur de l'ordinador i buscar el projecte (Extensió .apr) que conte totes les personalitzacions del ArcView.

#### 4. Limitacions de l'estudi:

Degudes bàsicament a l'escala de treball utilitzada 1:5.000. Aquesta escala, permet una bona caracterització global del territori, però no pot donar resposta precisa a les consultes puntuals. Al marge de la dificultat de determinar la situació i abast de les esllavissades, pot ser freqüent trobar errors de localització i representació de 2 mm en el mapa, és a dir, 10 m sobre el terreny. Per aquest motiu, els límits entre les diferents situacions geològico-geotècniques i de perillositat, caldrà que siguin verificats amb el corresponent estudi de detall.



Les dades referents a paràmetres geotècnics que es subministren són tan sols una extrapolació, amb un marge d'error elevat, dels comportaments observats i dels assaigs realitzats amb materials de les mateixes característiques litològiques.

Un altra limitació del present estudi és que no s'ha considerat la perillositat associada a inundacions i a allaus de neu.

## 5. Tecnologia

L'estudi s'ha realitzat bàsicament amb dos tipus de software. En primer lloc s'ha utilitzat el *Microstation SE* de la casa *Bentley* com a software CAD (Computer Aided Design) per atot els treballs de digitalització i introducció de la informació gràfica a l'ordinador. Posteriorment i pel processat i tractament de la major part de la informació del projecte s'ha utilitzat el Sistema d'Informació Geogràfica *ArcView GIS* en la seva versió 3.2. i el mòdul *Spatial Analyst* en versió 2.0 de la casa *ESRI*.

## 6. Conclusions

Les aportacions del us del **SIG** en un projecte d'aquestes característiques són diverses i essencials per al desenvolupament del mateix.

En primer lloc la introducció dels Mapes base al **SIG** permet associar als diferents elements cartografiats tota la informació que tenen. Cal recordar que els mapes geològics, per la seva natura porten associada molta informació que es difícil de representar gràficament i interpretar d'un sol cop d'ull. Una de les facilitats que ens dona el **SIG** és poder representar de forma instantània la mateixa informació segons diferents llegendes.

La segona aportació bàsica que permet la tecnologia **SIG** és la generació de forma molt ràpida dels models digitals d'elevacions a partir d'un núvol de punts. Aquesta funció implica el càlcul de gran quantitat de funcions matemàtiques d'interpolació en mol poc temps el qual fa possible la utilització d'aquesta informació d'una forma sistemàtica. Al mateix temps, la derivació de la superfície teòrica que implica el model digital d'elevacions permet extrapolar el mapa de pendents que representa el pendent mig de la superfície topogràfica ne cada punt. Un cop obtingut el model d'elevacions, la interpolació del mapa de pendents és realment molt ràpida amb el **SIG**.

Tan per la escala com per la magnitud de les dades amb les que treballem, el fet de poder obtenir tota aquesta informació d'una manera tan ràpida permet també obtenir el mapa de susceptibilitat de forma quasi instantània ja que l'únic pas que manca per realitzar és el creuament de capes de polígons. Podríem obtenir un mapa de susceptibilitat sense l'ajuda del **SIG** però tant la durada com els costos d'obtenir una informació equivalent a partir d'altres tècniques ho farien pràcticament inabordable per aquest projecte

Podem dir doncs, que amb uns costos força baixos podem treballar amb informació de gran qualitat que augmenta molt la fiabilitat dels resultats representats en el nostre mapa d'edificabilitat

Així mateix, no es gens desestimable l'aportació del **SIG** en la consulta de la informació obtinguda i representada en el Mapa d'Edificabilitat. Ja hem explicat que una de les ventatges del **SIG** és la possibilitat de representar la mateixa informació des de diferents punts de vista simplement canviant de forma molt eficient la llegenda del mapa. Això també té ventatges quan el que volem és que l'usuari arribi fins al fons en la interpretació de la cartografia que consulta. El fet de representar gràficament el

mínim d'informació indispensable perquè l'usuari pugui orientar-se en el mapa i veure únicament els diferents límits on varien les propietats del terreny sense que pugui interpretar visualment el que passa dins cada un d'aquests límits o polígons, l'obliga a consultar mitjançant quadres de diàleg les propietats d'aquests polígons. Aquests diàlegs mostren la informació d'una forma estructurada i complerta que fa que la interpretació del mapa sigui molt més eficient.

Al mateix temps la utilització del **SIG** ens permet integrar la informació cartogràfica amb altra informació de caràcter gràfic o alfanumèric sense la necessitat d'haver de buscar-la físicament en diferents documents. Aquest és el cas de la generació automàtica de fitxes en format de documents de text on es descriu la informació que l'usuari ha consultat. Aquestes fitxes estan pensades també com a documents que obliguin al demandant de la informació a realitzar els estudis pertinents segons la natura de la problemàtica de la parcel·la consultada.