

Expedient ref. **GTLBIOMARNAU0410**



***ESTUDI GEOTÈCNIC  
EDIFICI DE RECERCA EN BIOMEDICINA  
UNIVERSITAT DE LLEIDA - UDL  
Av. Pinyana – Hospital Arnau de Vilanova – LLEIDA (El Segrià)***

**GEOTEST**  
Geòlegs Consultors, SL  
Lleida, 21 de maig de 2010

Expedient :

GTLBIOMARNAU0410

# **ESTUDI GEOTÈCNIC**

**EDIFICI DE RECERCA EN BIOMEDICINA**

**UNIVERSITAT DE LLEIDA – UDL**

**Av. de Pinyana / Hospital Arnau de Vilanova - LLEIDA**

---

*Lleida, 21 de maig de 2010*

# ÍNDEX

## **MEMÒRIA**

1. INTRODUCCIÓ
  - 1.1. Objecte
  - 1.2. Zona reconeguda
  - 1.3. Justificació de la campanya geotècnica – D.B. SE-C
  - 1.4. Treballs realitzats
2. DESCRIPCIÓ GEOLÒGICA
  - 2.1. Marc geològic
  - 2.2. Descripció litològica
  - 2.3. Estructura geològica i deformació
  - 2.4. Geomorfologia
3. RESULTATS DE LA PROSPECCIÓ GEOTÈCNICA
  - 3.1. Sondeigs rotacionals – S-1 i S-2
  - 3.2. Assaigs de penetració
    - 3.2.1. Descripció del mètode
    - 3.2.2. Resultats dels assaigs de penetració
  - 3.3. Resistència del terreny
  - 3.4. Nivell freàtic
4. ESTRUCTURA GEOTÈCNICA
5. PARÀMETRES GEOTÈCNICS
6. PROPOSTA DE FONAMENTACIÓ
7. ACCIÓ SÍSMICA
8. EXCAVABILITAT
9. ESTABILITAT
10. AGRESSIVITAT QUÍMICA – EHE-08
11. PLASTICITAT I EXPANSIVITAT DELS TERRENYS

## **ANNEX A | FIGURES**

- Fig. A : Plànol de situació proves realitzades  
Fig. B : Estructura geotècnica (tall / secció I-I')  
Fig. C : Estructura geotècnica (tall / secció II-II')  
Fig. S1 : Perfil geotècnic sondeig rotacional S1  
Fig. S2 : Perfil geotècnic sondeig rotacional S2  
Figs. P1-P3: Perfils geotècnics dels sondeigs DPSH

## **ANNEX B | RESULTATS**

- \* Acta de l'assaig de plasticitat del terreny (mostra M)
- \* Actes dels assaigs d'agressivitat química – EHE-08 (M i A)
- \* Penetrogrames de resistència dinàmica/fondària
- \* Taules de resultats dels sondeigs DPSH
- \* Resultats dels assaigs de penetració estàndard SPT

## **ANNEX C | REPORT FOTOGRÀFIC**

# **1. INTRODUCCIÓ**

## **1.1. OBJECTE**

Per encàrrec de la UNIVERSITAT DE LLEIDA (UDL) s'ha realitzat un estudi geotècnic en una finca urbana situada entre l'Av. de Pinyana i les instal·lacions de l'Hospital Arnau de Vilanova de la ciutat de Lleida, per al *Projecte bàsic i d'execució de construcció de l'edifici de recerca en biomedicina (PS+PB+4P; 653 m<sup>2</sup>)*.

Les finalitats primeres d'aquest estudi geotècnic són el reconeixement de l'estructura geotècnica del terreny, el registre del nivell freàtic i la determinació de les tensions admissibles dels terrenys per a la solució i dimensionat dels fonaments de l'estructura. A més, l'estudi proposa una solució de fonamentació i descriu l'acció sísmica zonal, l'excavabilitat i l'estabilitat del subsòl i determina l'agressivitat química i valora l'expansivitat del terreny previst/proposat de recolzament de l'estructura.

Bàsicament s'han reconegut i determinat els aspectes i paràmetres geotècnics següents :

- *Identificació del marc geològic i litològic zonal.*
- *Registre de la resistència dinàmica a la penetració.*
- *Registre del nivell freàtic o trams amb elevat grau d'humitat.*
- *Determinació del grau de consistència dels terrenys.*
- *Descripció de l'estructura geotècnica.*
- *Càlcul de la capacitat de càrrega del terreny.*
- *Proposta de fonamentació i estimació d'assentaments.*
- *Descripció de l'acció sísmica de la zona.*
- *Descripció de l'excavabilitat i de l'estabilitat del subsòl.*
- *Determinació de l'agressivitat química segons EHE-08.*
- *Valoració de l'expansivitat del terreny de recolzament.*
- *Valoració d'altres paràmetres geotècnics.*

## **1.2. ZONA RECONEGUDA**

Aquest reconeixement abasta el sector informat de construcció de l'edifici de recerca en biomedicina, d'aquí en endavant zona reconeguda. Aquest té un perímetre trapezoidal amb unes dimensions de 34,5 m de façana vial Hospital Arnau (façana Sud), 35,2 m façana Av. de Pinyana (façana Nord) x 15,15 m de mur Oest i 22,71 m mur Est, amb una superfície en planta d'uns 653 m<sup>2</sup>.

A l'hora d'executar-hi les tasques de reconeixement, la zona se situa en un sector recentment urbanitzat situat entre l'Av. de Pinyana i un vial/carrer de les instal·lacions de l'Arnau de Vilanova. Atès el desnivell entre ambdós carrers (d'uns 2,5 m), la zona té una morfologia atalussada amb un pendent en què baixa de cota devers el Sud. Aquí val a dir que, a fi de referir els resultats de la prospecció, s'ha pres com a cota de referència 0,00 a la rasant del vial Sud / vial de l'Hospital Arnau de Vilanova, i aquesta estan referits els resultats que s'exposen en aquest informe.

- veure el plànol de situació, Figura A, a l'Annex Figures i el reportatge fotogràfic a l'Annex C -

### **1.3. JUSTIFICACIÓ DE LA CAMPANYA GEOTÈCNICA – D.B. SE-C**

Segons el *Document Bàsic SE-C, Seguretat Estructural Fonaments* (del Codi Tècnic de l'Edificació - CTE), el tipus de construcció es tracta d'un C-2 (de 4 a 10 plantes) i el tipus de terreny és un T-1 (aquells amb poca variabilitat, i on la pràctica habitual és la de fonamentació directa mitjançant elements aïllats). Amb aquestes premisses, i considerant-hi la superfície de la zona reconeguda, segons el D.B. SE-C, hi correspon una campanya de més de tres punts de reconeixement, de què 2 hauran d'ésser sondeigs rotacionals (S1 i S2), i la resta, fins un 70 %, sondeigs de penetració dinàmica superpesada (DPSH). Per tant, s'hi han efectuat 2 sondeigs rotacionals amb testimoni continu i 3 sondeigs de penetració dinàmica superpesada (DPSH) complementats amb assaigs de penetració estàndard amb presa de mostres (SPT). Els sondeigs rotacionals s'han executat mitjançant una màquina de perforació TECOINSA TP-30 i els assaigs de penetració amb un penetròmetre dinàmic superpesat ROLATEC ML-60A.

A més, cal destacar que l'equip realitzador d'aquest estudi pensa que els resultats i determinacions que hi figuren són plenament fiables atès el bon coneixement geològic / geotècnic que tenim de la zona, sobretot d'altres estudis geotècnics que hem realitzat pròximament.

### **1.4. TREBALLS REALITZATS**

Els treballs efectuats per al reconeixement geotècnic in situ s'han realitzat a finals del mes d'abril / mes de maig de 2010.

La campanya geotècnica in situ ha consistit en la execució de 2 sondeigs rotacionals amb testimoni continu de 8 m de fondària, de 3 sondeigs de penetració dinàmica superpesada fins el rebuig i de 2 assaigs de penetració estàndard (SPT). Els resultats de la prospecció in situ es mostren en els perfils geotècnics annexats, els quals mostren per a cada nivell geotècnic una descripció del terreny i del seu grau de compacitat i de consistència, del número de cops de l'assaig de penetració estàndard (N), de la capacitat de càrrega (Qa) i també la situació del nivell freàtic o bé de trams amb una elevada humitat natural.

- veure la situació, figura A, els perfils geotècnics i els resultats dels sondeigs i assaigs als annexos -

A més, en una mostra representativa del terreny proposat de recolzament de l'estructura (mostra M), s'hi ha determinat l'agressivitat química envers el formigó i llurs components, segons allò que estableix la Instrucció de Formigó Estructural, EHE-08, i s'hi han determinat els Límits d'Atterberg a fi de determinar-hi la plasticitat i, d'aquesta, valorar-hi llur potencial expansiu.

- veure les actes dels diferents assaigs de laboratori a l'Annex B, Resultats -

A partir de la prospecció de camp i de laboratori, com a tasques de gabinet, l'estudi proposa una solució de fonamentació i descriu l'acció sísmica, l'excavabilitat i l'estabilitat del subsòl, determina l'agressivitat química del terreny (s/n EHE-08) i valora l'expansivitat del terreny previst / proposat de recolzament de l'estructura.

- veure la situació, Fig. A, i els perfils geotècnics dels sondeigs i els resultats dels assaigs als annexos -

## **2. DESCRIPCIÓ GEOLÒGICA**

### **2.1. MARC GEOLÒGIC**

La zona d'estudi es localitza dins la unitat anomenada Conca o Depressió de l'Ebre, en el seu sector oriental (Depressió Central Catalana). Geològicament es tracta d'una depressió tardana d'avantpaís, relacionada amb l'evolució de l'orogen pirinenc (Puigdefàbregas et al., 1986), actuant el marge septentrional com a marge de conca tectònicament actiu. La geometria, estructura i rebliment sedimentari de la conca estan clarament condicionats per l'evolució de la deformació de les serralades que l'envolten. La conca es reblí durant el Terciari amb formacions marines i evaporítiques i posteriorment amb dipòsits sedimentaris continentals provinents de l'erosió de les serralades. En la zona de prospecció, el rebliment terciari correspon a unitats detrítiques de l'Oligocè superior (Terciari), tractant-se de fàcies distals de sistemes de ventalls al·luvials que s'iniciaven en els marges de les serralades i es desenvolupaven devers el centre de conca (sistemes progradients; Crusafont et al., 1966). L'enterrament i consolidació d'aquests dipòsits al·luvials conformen el que hom coneix com *substrat litològic Terciari*, entès aquí el substrat com el basament litològic consolidat dels dipòsits granulars superficials recents (Quaternari).

### **2.2. DESCRIPCIÓ LITOLÒGICA**

El terreny prospectat presenta en superfície un tram granular superficial (nivell A) que cobreix amb un gruix d'1,2 a 4,0 m les litologies consolidades terciàries; així tenim la distribució de terrenys següent, de dalt a baix :

#### **A TRAM GRANULAR SUPERFICIAL**

La zona reconeguda presenta en superfície un dipòsit granular marronós tractant-se d'una barreja de granulometries fines, argiles i llims amb sorres i graves disperses de tons marrons. L'origen d'aquest dipòsit és quelcom complex, en gran part superficial es tracta d'un terraplè, en part inferior o bé allí on no hi hagi terraplè a un nivell edàfic / sòl i el nivell més basal pugui tractar-se de litologies lutítiques (argiles) força alterades del sostre de la sèrie terciària. Aquest dipòsit superficial es caracteritza per la naturalesa granular, per un baix grau de compactat i de consistència i per una escassa / nul·la cohesió. Aquest tram superficial manifesta un cert grau d'humitat, cosa que li suposa una pèrdua del grau de consistència, fins el punt de tenir localment una consistència fangosa. En la zona, té un gruix que varia d'1,0 (façana Sud) a 4,0 m (sector terraplè).

#### **B SUBSTRAT LITOLÒGIC TERCIARI**

El substrat litològic Terciari de la zona correspon a fàcies terrígenes de caràcter al·luvial (dipòsits detrítics de l'Oligocè sup., Terciari). Aquesta unitat està formada per argiles amb intercalacions de bancs lenticulars i tabulars de gresos. Les argiles i limolites (luti-tes) són de tonalitats ocres, marrons i vermelles, localment inclouen venes de guixos secundaris, bioturbacions i nòduls de paleosòls. Els gresos són de tonalitats grises i ocres, en general de gra fi a mig; es presenten com litosomes lenticulars de poc gruix (màxim 3 metres) i una extensió lateral decamètrica; amb tendència granocreixent; presenten superfícies de reactivació i superfícies d'acreció lateral. Es tracta doncs de materials detrítics de diferents granulometries que no arriben mai a la fracció grava. Les granulometries més grans es troben en els cossos corresponents a antics canals al·luvials reblerts de sorres (paleocanals), mentre que les fines (lutites / argiles) corresponen als llits d'inundació d'aquells corrents al·luvials. D'acord amb les seves característiques sedimentològiques, les litologies del substrat Terciari poden interpretar-se com dipòsits d'àrees distals de ventalls al·luvials. Cal considerar el gruix del substrat com de gran ordre, hom pot considerar major de 10 m.

- veure els perfils geotècnics dels sondeigs i l'estructura geotècnica de la zona, figs. B i C, a l'Annex Figures -

## **2.3. ESTRUCTURA GEOLÒGICA I DEFORMACIÓ**

Des d'un punt de vista estructural les litologies terciàries es troben en disposició horitzontal segons estrats tabulars sense presentar cap estructura o deformació tectònica remarcable. La fracturació es extremadament feble i es circumscriu únicament als paquets més competents (bancs de gresos). En la zona considerada no s'ha identificat cap mena de falla, plec o estructura de deformació remarcable.

La sèrie terciària, és a dir, els estrats de lutites i nivells de gresos, es troba pràcticament horitzontal; així, els cabussaments mesurats són inferiors a 3°. Per tant, podem considerar que formen una sèrie tabular (amb un cabussament pràcticament horitzontal). Tot i que la zona es disposa dins una conca sedimentària relativament recent i per tant poc afectada pels darrers moviments orogènics, sí que s'hi han observat en alguns afloraments la presència de sistemes de diàclasis (esquerdes / fissures en què no hi ha desplaçament relatiu de blocs) afectant bancs de gresos terciaris. Aquestes fractures són producte de reajustaments geodinàmics d'abast regional. Aquí cal dir que les discontinuïtats es presenten poc intenses i distants entre si, i destacar que els bancs de gresos es mostren generalment molt poc fracturats / fissurats.

## **2.4. GEOMORFOLOGIA**

La zona es disposa en el sector oriental de la unitat fisiogràfica de la Depressió de l'Ebre, en el sector conegut com a Depressió Central Catalana. El riu Segre travessa la depressió de NNE a SSO i conforma l'accident fisiogràfic principal de la zona. A l'Est i Oest del Segre s'estenen grans planes, plans d'Urgell i del Segrià, solament la presència aïllada d'alguns tossals i llomes producte de l'erosió diferencial superficial trenca les planes. La xarxa hidrogràfica de la zona presenta un seguit de fons de vall poc encaixats amb un règim molt torrencial que drenen la zona i desguassen en el marge dret del riu Segre (p.e. la riera de Noguera); durant el període de reg, aquestes rieres serveixen de recollida dels excedents de reg.

La zona considerada ha estat exposada a l'erosió i ara mostra els trets d'un relleu format per tossals i llomes corresponents a plataformes residuals tabulars on afloren nivells estructurals competents terciaris (bancs de gresos) amb vessants de poca alçada i pendent coberts per dipòsits granulars de poca gruix de regularització de relleus (glacis recent) i les fondalades reblertes per dipòsits graverosos de fons al·luvial. Els voltants de la zona d'estudi presenta un relleu força pla, tot i que amb un feble pendent, en estar bàsicament condicionat per la sèrie quasi tabular terciària, el rebliment dels antics fons per dipòsits granulars de regularització de relleus (glacis baix del marge dret del Segre - dipòsits al·luvial-col·luvial) i molt per la mà de l'home (explanacions per a l'urbanització, per al conreu,..etc.).

### 3. RESULTATS DE LA PROSPECCIÓ GEOTÈCNICA

#### 3.1. SONDEIGS ROTACIONALS – S1 i S2

En la zona reconeguda, s'hi han executat 2 sondeigs rotacionals (S1 i S2) de 8 m de fondària cadascun per al testimoni litològic del terreny, la presa de mostres i l'enregistrament del nivell freàtic. Els sondeigs rotacionals (S1 i S2) s'han dut a terme mitjançant perforació de testimoni continu amb bateries simples (tipus B) i dobles (tipus T) amb corones de wídia de 101, 86 i 76 mm de diàmetre i amb la col·locació de 2 m de canonada de protecció. A continuació es descriuen les columnes litològiques travessades en els sondeigs rotacionals.

SONDEIG-S1		SECTOR SUD-OEST FAÇANA ARNAU	Fondària : 8,0 metres Cota ref. superfície : 0,00	Nivell freàtic : ---- Fondària NF : ----
NIVELL	SITUACIÓ	GRUIX [m]	DESCRIPCIÓ LITOLÒGICA / USCS	
A	de 0,00 a -1,50	1,5	<u>TRAM GRANULAR SUPERFICIAL</u> * Sòl argilo-llimós marron / CL-ML	
B	de -1,50 a -1,70 de -1,70 a -1,80 de -1,80 a -2,20 de -2,20 a -4,30 de -4,30 a -6,90 de -6,90 a -7,20 de -7,20 a -7,70 de -7,70 a -8,00	(6,5) 0,2 0,1 0,4 2,1 2,6 0,3 0,5 0,3	<u>SUBSTRAT TERCIARI CONSISTENT</u> * Nivell de lutites ocre-vermelles / (CL) * Nivell de gresos clars de gra fi / --- * Nivell de lutites vermelles / (CL) * Banc de gresos gris-vermelles de gra fi-mig / - * Tram de lutites ocre-vermelles / (CL) * Nivell de gresos gris-ocres de gra mig / --- * Nivell de lutites vermelles gresoses / (CL) * Nivell de gresos gris-ocres de gra mig / ---	

SONDEIG-S2		SECTOR SUD-EST FAÇANA ARNAU	Fondària : 8,0 metres Cota ref. superfície : 0,00	Nivell freàtic : ---- Fondària NF : ----
NIVELL	SITUACIÓ	GRUIX [m]	DESCRIPCIÓ LITOLÒGICA / USCS	
A	de 0,00 a -1,20	1,2	<u>TRAM GRANULAR SUPERFICIAL</u> * Sòl argilo-llimós marron / CL-ML	
B	de -1,20 a -2,30 de -2,30 a -4,50 de -4,50 a -6,30 de -6,30 a -7,10 de -7,10 a -8,00	(6,8) 1,1 2,2 1,8 0,8 0,9	<u>SUBSTRAT TERCIARI CONSISTENT</u> * Tram de lutites ocre / (CL) * Banc de gresos gris-vermelles de gra fi-mig / - * Tram de lutites ocre-vermelles / (CL) * Nivell de gresos gris-ocres de gra fi-mig / --- * Nivell de lutites ocre-vermelles / (CL)	

#### OBSERVACIONS I COMENTARIS

- [1] Recordem que, a fi de referir les columnes litològiques dels sondeigs rotacionals, s'ha pres com a cota de referència 0,00 a la rasant del vial Sud / vial de l'Hospital Arnau de Vilanova.
- [2] Els sondeigs rotacionals travessen, de dalt a baix, un tram superficial (nivell A) de 1,2-1,5 m de gruix que correspon a un sòl argilo-llimós marron que recobreix al substrat litològic Terciari consistent zonal (nivell B) que es tracta d'una successió de lutites / argilites ocre i vermelles i ocre que intercalen bancs i nivells de gresos gris-ocres de mida de gra fi-mig.
- [3] El Sistema Unificat de Classificació de Sòls (USCS) estableix : CL-ML, argiles i llims; CL, argiles inorgàniques de baixa plasticitat (només per a les lutites; els gresos no es classifiquen per no correspondre a un sòl, es tracta d'una litologia rocosa).



[4] El nivell freàtic no s'ha enregistrat en cap dels sondeigs executats (registre : 28.04.10).

[5] En el sondeigs rotacionals s'han recollit mostres inalterades dels diferents terrenys per efectuar-hi diversos assaigs de laboratori de mecànica de sòls (mostres M ).

- veure la situació, fig. A, el perfils geotècnics, figures S1 i S2, i el report fotogràfic del sondeig S als annexos -

## **3.2. ASSAIGS DE PENETRACIÓ DINÀMICA**

### **3.2.1. DESCRIPCIÓ DEL MÈTODE (Resistència dinàmica a la penetració)**

El paràmetre característic de l'estat de condensació d'un terreny incoherent i de la consistència d'un terreny cohesiu és la denominada Rd (resistència de ruptura dinàmica). Aquest paràmetre es determina a partir de l'expressió per a assaigs de penetració dinàmica anomenada d'Els holandesos següent :

$$Rd \text{ (kp/cm}^2\text{)} = \frac{M^2 \cdot h}{a \cdot e \cdot (M + (n \cdot p))} \cdot \text{chi}$$

Els assaigs de penetració dinàmica (DPSH i SPT) s'han realitzat amb un penetròmetre ROLATEC ML-60A. Amb aquest, els factors tenen els valors següents :

M : 63,5 kp, pes de la massa	h : 75 cm, alçada de caiguda constant de M
a : 20 cm <sup>2</sup> , secció de la punta cònica	N : número de cops/20cm de penetració.
e : 20/N	p : 8 kp/u, pes del barnillatge
n : número de barnilles encastades	chi: coeficient de fondària.

La determinació de la càrrega admissible (Qa), a diferents fondàries, es realitza aplicant un coeficient de seguretat 3, a partir de la relació,  $Qa = Rd / (30 \div 40)$ . El denominador varia en funció de la tipologia de terreny travessat. Les proves dinàmiques de penetració permeten una estimació valorada de l'angle de fregament intern i densitat relativa en terrenys incoherents i de l'índex de consistència i cohesió en terrenys cohesius.

L'assaig SPT consisteix en l'encastament d'una cullera estandaritzada mitjançant el copeig d'una massa de 63,5 Kp que cau des d'una alçada de 76,2 cm. Els resultats de l'assaig SPT s'obté de contar el nombre de cops (N) per la penetració de 30 cm del dispositiu després d'haver penetrat els primers 15 cm que no es conten per considerar-se l'alteració que provoca la perforació del sondeig. A partir del valor de N, en terrenys granulars poden valorar-se la densitat relativa (Terzaghi i Peck, 1948) i l'angle de fregament intern (Meyerhof, 1965) i, en terrenys argilosos, la consistència, la resistència a la compressió simple i cohesió (Terzaghi i Peck, 1948). També, altres autors (Bowles, 1982), a partir de N han determinat les càrregues admissibles de càlcul segons diferents expressions empíriques.

El assaigs de penetració finalitzen quan es produeix l'efecte rebuig, és a dir, la fondària on no és factible continuar amb la penetració per copejament. A la pràctica quan per una penetració de 20 cm DPSH o bé 15 cm SPT es precisen més de 60 cops, indicant-ne el rebuig de l'assaig. Aquesta fondària de rebuig es caracteritza per ésser constituïda per materials d'elevada resistència a la penetració i, per tant, molt consistents.

Finalment, val a dir que els assaigs de penetració dinàmica s'han realitzat segons allò que estableixen les normes UNE 103-801-94 i UNE 103-800-92.

### 3.2.2. RESULTATS DELS ASSAIGS DE PENETRACIÓ

La prospecció geotècnica ha consistit en l'execució "in situ" de 3 sondeigs de penetració dinàmica superpesada (DPSH) i de 2 assaigs de penetració estàndard (SPT), per a la determinació de la resistència dinàmica del terreny i, a partir d'aquesta, la determinació de la capacitat portant, i per al reconeixement de l'estructura geotècnica del subsòl i el registre del nivell freàtic.

Els materials travessats amb indicació de la classificació de sòls, segons el Sistema Unificat de Classificació de Sòls (USCS), i la resistència dinàmica registrada als sondeigs DPSH i el número de cops obtingut als assaigs SPT han estat els següents :

ASSAIG <b>SPT-1</b> (SONDEIG S1 SECTOR SUD-EST	COTA INICI ASSAIG: -3,00 COTA FINAL ASSAIG: -3,30 MOSTRA : GRESOS (SUBSTRAT LITOLÒGIC TERCIARI)	NÚMERO COPS SPT <sub>N30</sub> : 40+R <b>N &gt; 100</b> - REBUIG -
--	---	---

SONDEIG <b>DPSH-1</b>		SECTOR NORD-OEST / FAÇANA ARNAU COTA INICI : +2,50 - COTA REBUIG : -1,70	NIVELL FREÀTIC : --- FONDÀRIA NF : ---	
<b>SITUACIÓ</b>	<b>GRUIX [m]</b>	<b>MATERIALS</b>	<b>USCS</b>	<b>RESISTÈNCIA Rd [kp/cm<sup>2</sup>]</b>
de +2,50 a -1,50	4,0	<b>A - TRAM GRANULAR SUPERFICIAL</b> - Llims amb sorres i graves (terraplè)	ML-GM	20 - 90
per sota de -1,50	> 10	<b>B - SUBSTRAT TERCIARI CONSISTENT</b> - Successió de lutites (argilites) i bancs de gresos	(CL)	> 250

SONDEIG <b>DPSH-2</b>		SECTOR CENTRAL COTA INICI : +2,30 - COTA REBUIG : -1,50	NIVELL FREÀTIC : --- FONDÀRIA NF : ---	
<b>SITUACIÓ</b>	<b>GRUIX [m]</b>	<b>MATERIALS</b>	<b>USCS</b>	<b>RESISTÈNCIA Rd [kp/cm<sup>2</sup>]</b>
de +2,30 a -1,30	3,6	<b>A - TRAM GRANULAR SUPERFICIAL</b> - Llims amb sorres i graves (terraplè)	ML-GM	20 - 40
per sota de -1,30	> 10	<b>B - SUBSTRAT TERCIARI CONSISTENT</b> - Successió de lutites (argilites) i bancs de gresos	(CL)	> 250

SONDEIG <b>DPSH-3</b>		SECTOR NORD-EST / FAÇANA PINYANA COTA INICI : +2,30 - COTA REBUIG : -1,10	NIVELL FREÀTIC : --- FONDÀRIA NF : ---	
<b>SITUACIÓ</b>	<b>GRUIX [m]</b>	<b>MATERIALS</b>	<b>USCS</b>	<b>RESISTÈNCIA Rd [kp/cm<sup>2</sup>]</b>
de +2,30 a -0,90	3,2	<b>A - TRAM GRANULAR SUPERFICIAL</b> - Llims amb sorres i graves (terraplè)	ML-GM	20 - 80
per sota de -0,90	> 10	<b>B - SUBSTRAT TERCIARI CONSISTENT</b> - Successió de lutites (argilites) i bancs de gresos	(CL)	> 250

ASSAIG <b>SPT-2</b> (SONDEIG DPSH-3) SECTOR NORD-EST	COTA INICI ASSAIG: -0,90 COTA FINAL ASSAIG: -1,20 MOSTRA : LUTITES (SUBSTRAT LITOLÒGIC TERCIARI)	NÚMERO COPS SPT <sub>N30</sub> : 44+R <b>N &gt; 100</b> - REBUIG -
--	--	---

### OBSERVACIONS

- [1] Recordem que, a fi de referir els resultats obtinguts en els diferents assaigs, s'ha pres com a cota de referència 0,00 a la rasant del vial Sud / vial de l'Hospital Arnau de Vilanova.
- [2] En funció de la resistència dinàmica a la penetració, hom pot diferenciar un *tram granular superficial* (nivell A) de 3 a 4 m de gruix de baixa resistència del *substrat litològic Terciari consistent* (nivell B) d'elevada resistència. La gran resistència del *substrat consistent* (nivell B) provoca el rebuig en tots els assaigs de penetració dinàmica executats (DPSH i SPT).
- [3] El Sistema Unificat de Classificació de Sòls (USCS) estableix : ML-GM, llims amb sorres i graves; CL, argiles inorgàniques de baixa plasticitat (només per a les lutites).
- [4] El nivell freàtic no s'ha enregistrat en cap dels sondeigs DPSH realitzats (data registre : 28.04.10).
- [5] Els assaigs de penetració estàndard SPT-1 i SPT-2 s'han realitzat respectivament en el sondeig rotacional S1 a 3-3,3 m de fondària i en el nivell de rebuig del sondeig DPSH-3, obtenint-ne un número de cops de  $N > 100$ ; les mostres recollides es tracten de fragments de gresos i lutites / argilites del *substrat litològic Terciari consistent* (nivell B) amb una elevada resistència.
- [6] Veure la situació dels sondeigs, fig. A, els perfils geotècnics, els resultats dels sondeigs DPSH i dels assaigs SPT i el reportatge fotogràfic als annexos.

### 3.3. RESISTÈNCIA DEL TERRENY

A partir dels valors de resistència dinàmica a la penetració en punta, a més de la correlació amb el número de cops de l'assaig SPT,  $N$ , s'han calculat, amb un factor de seguretat  $F=3$ , la capacitat de càrrega del terreny. A continuació s'exposen el gruix, la resistència dinàmica, el número de cops de l'assaig SPT ( $N$ ) i les càrregues admissibles ( $Q_a$ ) dels dos nivells geotècnics amb què s'ha estructurat el terreny reconegut.

NIVELLS GEOTÈCNICS	GRUIX [m]	Rd [Kp/cm <sup>2</sup> ]	$N_{SPT30}$	$Q_a$ [Kp/cm <sup>2</sup> ]
A - TRAM SUPERFICIAL	1,0 - 4,0	20 - 80	5 - 20	0,5
B - SUBSTRAT CONSISTENT	> 10,0	> 250	> 100	<b>4,46</b>

### CONSIDERACIONS

- [1] El número de cops de l'assaig SPT,  $N_{SPT30}$ , indicats correspon a l'interval de  $N_{SPT30}$  per a cadascun dels nivells geotècnics en què s'ha estructurat el terreny reconegut valorat a partir dels assaigs SPT realitzats i també per correlació amb els valors de resistència dinàmica enregistrada en els assaigs / sondeigs DPSH.
- [2] La càrrega ( $Q_a$ ) indicada per al *tram superficial* (nivell A) ha estat valorada amb un coeficient de seguretat  $F=3$  a partir de l'interval de càrregues valorades a partir de l'expressió d'Els Holandesos (veure punts 3.2.1.).
- [3] La càrrega indicada per al *substrat Terciari consistent* (nivell B) s'ha valorat a partir de l'expressió de la capacitat portant de Terzaghi i considerant-hi, com a supòsit més desfavorable, un terreny / sòl de caire cohesiu (lutites / argilites terciàries), i han estat calculades amb un coeficient de seguretat  $F=3$ ; a més, s'han ponderat/comparat amb les càrregues obtingudes de l'expressió d'Els Holandesos (veure punts 3.2.1. i 6).

- veure els perfils geotècnics dels sondeigs a l'Annex A, Figures -

### **3.4. NIVELL FREÀTIC**

El nivell freàtic no s'ha enregistrat en cap dels punts de prospecció. La disposició a escassa fondària de litologies terciàries de caire molt poc permeable i la situació enlairada de la zona en referència a la xarxa hidrogràfica zonal limiten molt l'existència d'aigües subterrànies poc pregones en el subsòl reconegut, de forma que el nivell freàtic no afectarà cap solució de fonamentació de l'estructura.

Atenent la situació hidrogeològica, la zona reconeguda es caracteritza per l'aflorament de litologies poc permeables terciàries, amb una remarcable absència de dipòsits granulars superficials, i per disposar-se en una zona amb una baixa precipitació i enlairada respecte la xarxa hidrogràfica zonal. Aquesta situació limita la descripció del funcionament hidrogeològic únicament al substrat litològic Terciari. L'escassa porositat i la composició litològica d'aquest, successió de gresos amb capes de naturalesa argilosa (lutites) de caire impermeable, comporta que de forma genèrica, el substrat litològic Terciari zonal es comporti com un aqüífug (medi que no permet ni el flux ni l'emmagatzematge d'aigües).

- veure els perfils geotècnics dels sondeigs i l'estructura geotècnica de terreny , figures B i C, a l'Annex A, Figures -

## **4. ESTRUCTURA GEOTÈCNICA**

Primerament cal destacar la poca fondària en què se situen les litologies sobreconsolidades del substrat Terciari consistent (nivell B); entès aquí el substrat com el basament litològic consolidat dels dipòsits granulars superficials recents (Quaternari). Tanmateix, cal indicar l'existència d'un considerable terraplè en la major part de la zona reconeguda, de forma que el sostre del *substrat Terciari consistent* (nivell B) pot situar-se fins a més de 4 m de fondària. Per tant, l'existència o no del rebliment de terres / terraplè i el seu gruix principalment condicionen l'estructura geotècnica de la zona reconeguda. Així en la major part de la zona reconeguda, allí on hi ha el terraplè (sector façana Nord / Pinyana), el sostre del *substrat Terciari consistent* (B) se situa entre 3 i 4 m de fondària; mentre que allí on no hi ha terraplè (sector façana Sud / vial Arnau), el sostre del *substrat Terciari consistent* (B) se situa només a 1,0-1,5 m de fondària.

L'estructura geotècnica de la zona està definida per un tram granular superficial (nivell A) de baixa consistència i cohesió que amb un gruix que varia lateralment d'1,2 a 4,0 m recobreix les litologies consolidades del substrat Terciari consistent (nivell B). La gran resistència a la penetració dinàmica que té el *substrat Terciari consistent* (nivell B) comporta el rebuig en tots els assaigs de penetració realitzats (DPSH i SPT).

Hom pot considerar el *tram granular superficial* (nivell A), en major part com un terraplè / rebliment de terres superficial i, allí on no n'hi hagi, com a un nivell edàfic / sòl i, en part basal, com un nivell d'alteració del sostre del substrat litològic Terciari.

Sobre l'estructura, cal dir que la situació/fondària del sostre del *substrat Terciari consistent* (nivell B) varia lateralment, en enfonsar-se feble i gradualment devers l'Oest. L'estructura geotècnica del terreny es mostra a les figures B i C; aquestes representen uns talls / seccions del subsòl a partir de la correlació dels diferents sondeigs executats, talls I-I' i II-II'.

- veure els perfils geotècnics dels sondeigs i l'estructura geotècnica de terreny , figures B i C, a l'Annex Figures -

## 5. PARÀMETRES GEOTÈCNICS

A continuació es fa una descripció geotècnica dels dos nivells amb què s'ha estructurat el terreny reconegut.

### A - TRAM GRANULAR SUPERFICIAL

Majorment correspon a un terraplè sent format per una barreja d'argiles i llims amb sorres, graves i blocs dispersos. Aquest nivell es troba afectat per processos edàfics i altres d'alteració superficial i es caracteritza per un baix grau de consistència i una baixa cohesió. Cal considerar que en part basal pugui tractar-se de litologies alterades del sostre del substrat litològic Terciari zonal.

Gruix : varia lateralment d'1,0 (façana Arnau / sector Sud) a 3,0-4,0 m (sector amb terraplens-rebliment / sectors Nord i central; major part de la zona).

Granulometria : Argiles i llims amb sorres

Classificació de sòls (USCS) : ML-GM, argiles i llims amb sorres, graves i blocs

Número de cops assaig SPT (N) : 5 - 20

Grau de consistència : SUAU

Mòdul de deformació ( $E_0$ ) : 40 - 100 Kp/cm<sup>2</sup>

Capacitat portant (F=3) : 0,5 Kp/cm<sup>2</sup>

Densitat aparent seca ( $\varphi_d$ ) : 1,4 - 1,7 g/cm<sup>3</sup> (T/m<sup>3</sup>)

Paràmetres de resistència al tall:

Cohesió : < 0,1 Kp/cm<sup>2</sup> (nivell d'escassa cohesió)

Angle de fregament intern ( $\vartheta$ ) : 20° - 25°

### B - SUBSTRAT TERCIARI CONSISTENT

Correspon a una successió estratificada i tabular de capes de lutites ocres i vermelles (argilites consolidades) i de nivells i/o bancs de gresos ocres i grisos de mida de gra de fi a mig. Aquestes litologies es troben sobreconsolidades; és a dir, tenen una elevadíssima consistència i es troben forçament cohesionades. La gran consolidació de les litologies del *substrat Terciari consistent* comporta el rebuig en els assaigs de penetració dinàmica executats (sondeigs DPSH i SPT).

Gruix : > 10 m

Plasticitat : LL, 33,2; LP, 19,0; IP, 14,2 – MOLT BAIXA

Classificació de sòls (USCS) : CL (només pels trams de lutites/argilites)

Número de cops assaig SPT (N) : > 100 (rebuig)

Consistència : MOLT DURA / DURÍSSIMA, litologies competents

Mòdul de deformació ( $E_0$ ) : > 300 Kp/cm<sup>2</sup>

Capacitat portant (F=3) : 4,46 Kp/cm<sup>2</sup>

Densitat aparent ( $\varphi_d$ ) : 2,0 - 2,5 g/cm<sup>3</sup> (T/m<sup>3</sup>)

Resistència a la compressió simple : > 5 Kp/cm<sup>2</sup>

Cohesió : > 2,5 Kp/cm<sup>2</sup>

Contingut en sulfats : 211 mg/Kg de mostra seca (no agressiva segons EHE-08)

[\*] Els diferents paràmetres s'han ponderat, en part, a partir de la correlació dels resultats dels diferents assaigs realitzats amb valors establerts (publicats).

## 6. PROPOSTA DE FONAMENTACIÓ

Atesa l'estructura geotècnica i donat que està en projecte buidar la zona per a la construcció d'una planta subterrània, i a fi de recolzar tots els fonaments sobre un mateix nivell geotècnic, com a millor solució de fonamentació es proposa projectar de caire superficial, a base de sabates aïllades i/o contínues que es recolzin sobre el *substrat Terciari consistent* (nivell B); és a dir, el nivell de recolzament se situarà per sota de la cota referida de -3,00 en funció sempre de la situació en fondària del sostre del *substrat litològic Terciari consistent* (nivell B).

[veure CTE - D.B. SE-C – Seguretat Estructural – Fonaments, punt 4 Fonaments directes, març 2006].

[veure NTE – Fonaments superficials: Contínues-CSC, 1984 i Sabates-CSZ, 1986].

### CÀRREGUES ADMISSIBLES DE CÀLCUL ( $Q_a$ )

Podem també calcular la càrrega admissible màxima ( $Q_a$ ) a partir de l'expressió de la capacitat portant de Terzaghi :

$$Q = cN_c + q_0N_q + 0,5B\gamma_c N_\gamma$$

$N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  : Factors de capacitat de càrrega. Són funció del angle de fregament intern del terreny.

$c$  : Cohesió del terreny.

$q_0$  : Sobrecarga de terres a nivell de fonamentació.

$B$  : Amplada del fonament.

$\gamma_c$  : Pes específic del terreny sota la fonamentació.

si considerem, com a supòsit més desfavorable, que el terreny de recolzament es tracten d'argiles consolidades (argilites / lutites), equiparable a un sòl purament cohesiu, amb un angle de fregament intern nul, els factors de càrrega adopten els valors:  $N_c = 5,14$ ,  $N_q = 1$  i  $N_\gamma = 0$ ; amb què l'expressió de la capacitat portant de Terzaghi resta com :

$$Q = 5,14c + q_0 = 5,14c + \gamma_o Z$$

$q_0$  : Sobrecarga de terres a nivell de fonamentació (300cm x 0,0018 Kp/cm<sup>3</sup> = 0,54 Kp/cm<sup>2</sup>).

$Z$  : Fondària o desmunt fins la base del fonament (hem considerat una  $Z$  mín. = 300 cm).

$\gamma_o$  : Pes específic del sòl sobre la fonamentació ( $g_o = 0,0054$  Kp/cm<sup>3</sup>).

per a terrenys cohesius, la resistència a la compressió simple ( $R_u$ ) és el doble del valor de cohesió ( $c$ ). La resistència a la compressió simple ( $R_u$ ) pot valorar-se a partir del número de cops de l'assaig SPT per a sòls cohesius de diferent plasticitat (NAVFAC, 1971); en el cas que ens ocupa lutites sobreconsolidades i un número de cops de l'assaig  $N > 100$  (rebuig), hom pot adoptar de forma molt prudent una  $R_u = 5$  Kp/cm<sup>2</sup>.

$$Q = 5,14 \frac{R_u}{2} + \gamma_o Z = 5,14 \times \frac{5kp/cm^2}{2} + 0,54kp/cm^2 = 13,4Kp/cm^2$$

que aplicant-hi un factor de seguretat  $F=3$ , dóna una càrrega admissible de càlcul de  **$Q_a = 4,46$  Kp/cm<sup>2</sup>** (0,437 N/mm<sup>2</sup>).

## ESTIMACIÓ D'ASSENTAMENTS

En aquesta solució, atès que el terreny de recolzament es troba sobreconsolidat, amb una escassa / pràcticament nul·la porositat, i que en part es tracta de litologies rocoses (gresos), els assentaments que pot induir la càrrega admissible calculada ( $Q_a = 4,46 \text{ Kp/cm}^2$ ) seran molt baixos i admissibles per una estructura que es recolza amb pous / sabates aïllades.

- veure els perfils geotècnics dels sondeigs a l'Annex A, Figures -

## 7. ACCIÓ SÍSMICA

Segons allò que disposen la Norma Bàsica de l'Edificació-Accions en l'Edificació (NBE-AE-88) i la Norma de Construcció Sismo-resistent (NCSE-02), la ciutat de Lleida se situa en una zona amb una acceleració sísmica bàsica ( $a_B$ ) inferior de 0,04 g. Per tant, l'obra prevista, de normal importància, no li és d'aplicació allò que estableix l'esmentada norma sismo-resistent NCSE-02.

## 8. EXCAVABILITAT

El *tram granular superficial* (nivell A) és de fàcil excavabilitat amb maquinària convencional (retromàquina excavadora,..etc.). No així les litologies terciàries (sobretot dels bancs / nivells de gresos), que són molt poc ripables, la qual cosa pot fer necessari per a la seva extracció emprar eines esmicoladores (martells pneumàtics,..etc.). Tanmateix, la disposició com una successió estratificada trams de lutites / argiles que intercalen capes rocoses pot facilitar quelcom l'extracció / buidat.

Segons l'article 320.2 del "Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes" (PG3, 2002), hom pot classificar-se el *tram granular superficial* (nivell A) com excavació en terres, i el *substrat Terciari consistent* (nivell B) com excavació en terrenys de trànsit, ja aquest correspon a una terreny molt compacte que pot fer necessari per a la seva extracció la utilització d'escarificador.

[veure NTE - condicionament del terreny-AD, Desmunts : buidats-ADV, 1976; rases i pous-ADZ, 1976].

## 9. ESTABILITAT

Sobre l'estabilitat dels terrenys zonals, primerament cal destacar l'escassa consistència i nul·la cohesió del terraplè superficial d'uns 3 m de gruix que es disposa en la major part de la zona reconeguda i que l'execució de l'obra comportarà la seva extracció. Els baixos paràmetres de resistència al tall d'aquest rebliment suposa que la fondària crítica de trencament d'una trinxera vertical sigui molt escassa i conseqüentment caldrà prendre totes les precaucions prèvies necessàries per tal d'evitar desprendiments i/o descompressions laterals de terres que puguin afectar a la seguretat de l'obra.

De forma aproximada hem valorat l'estabilitat del talús en aquest terraplè superficial / rebliment de terres, si es considera un desnivell del talús de 3 m (gruix de rebliment) i una cohesió de  $0,5 \text{ T/m}^2$ , un angle de fregament intern de  $20^\circ$  i un pes específic d' $1,5 \text{ T/m}^3$  i que correspon a un terreny de granulometria dominant fina, amb què com més probable es produirà un trencament del talús de tipus circular, a partir de Hoek i Bray (1977) es valoren, per a diferents pendents del talús, els factors de seguretat (FS) següents :

- per un angle de talús,  $\alpha = 20^\circ \Rightarrow FS = 2,14$
- per un angle de talús,  $\alpha = 30^\circ \Rightarrow \mathbf{FS = 1,65}$
- per un angle de talús,  $\alpha = 40^\circ \Rightarrow FS = 1,40$
- per un angle de talús,  $\alpha = 50^\circ \Rightarrow FS = 1,17$
- per un angle de talús,  $\alpha = 60^\circ \Rightarrow FS = 0,95$

Un cop extret el terraplè / rebliment superficial per a l'explanació de la zona, la disposició molt superficial del substrat litològic Terciari consistent (nivell B) permet suposar una elevada estabilitat de les trinxeres i talussos generats pel buidat del terreny, almenys a curt termini, de forma que s'aconsella buidar el terreny per trams ("bataches"), deixant-hi sempre un massís de terreny de protecció, i la construcció simultània dels murs de contenció, que podran ésser de formigó armat, encofrat i formigonat in situ. Tot i així, a l'hora de dur a terme l'excavació / buidat del terreny, caldrà prendre totes les precaucions prèvies necessàries a fi d'evitar desprendiments i/o descompressions laterals de terres que puguin afectar a la seguretat de l'obra o als edificis pròxims; sobretot en els sectors on hi romanguin rebliments de terres.

A fi de poder calcular les empentes laterals del terreny sobre els murs de contenció i valorar l'estabilitat dels talussos i trinxeres generades per l'excavació de la zona poden emprar-se, com a primera aproximació, els paràmetres de resistència al tall exposats al punt 5, Paràmetres Geotècnics. A continuació s'exposen els paràmetres de resistència al tall dels terrenys :

#### A - TRAM GRANULAR SUPERFICIAL (1 - 4 m de gruix)

- angle de fregament intern :  $20^\circ$
- cohesió :  $0,5 \text{ T/m}^2$  (nivell d'escassa cohesió)
- densitat aparent seca :  $1,5 \text{ T/m}^3$

#### B - SUBSTRAT TERCIARI CONSISTENT (> 10 m de gruix)

- angle de fregament intern : ---
- cohesió :  $25 \text{ T/m}^2$
- densitat aparent seca :  $2,2 \text{ T/m}^3$

[veure CTE – D.B. SE-C - Seguretat Estructural - Fonaments, punt 6 Elements de contenció, març 2006].

[veure NTE – Fonaments - CC Contencions : murs - CCM, 1979].

## **10. AGRESSIVITAT QUÍMICA – EHE-08**

Primerament val a dir que no s'ha realitzat la determinació de l'agressivitat química per al formigó armat segons norma EHE-08 del *tram granular superficial* (nivell A), donat que en estar previst buidar la zona per a la construcció d'una planta subterrània de forma que aquest nivell serà extret.

Per tant, la determinació de l'agressivitat química s'ha limitat a una mostra del *substrat Terciari consistent* - nivell B (mostra M; presa en el sondeig S1 entre 4,5 i 4,7 m de fondària), en què s'ha determinat l'agressivitat química envers el formigó i els seus components segons allò que estableix la Instrucció del Formigó Estructural - EHE-08. Seguidament s'exposa la concentració en sulfats solubles i l'acidesa de M i, en base aquests, es valora llur agressivitat segons la norma EHE-08.



PARÀMETRES	RESULTATS - M
ACIDES BAUMANN-GULLY [ml/Kg]	< 1 ml/Kg de mostra seca
SULFATS [SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/Kg]	211 mg/Kg de mostra seca
GRAU D'AGRESSIVITAT	<b>NUL (*)</b>

(\*) Segons la instrucció EHE-08, la determinació dels paràmetres indiquen que el terreny reconegut no és agressiu vers el formigó i llurs constituents / components.

- veure l'acta de l'assaig d'agressivitat química a l'Annex B, Resultats -

## **11. PLASTICITAT I EXPANSIVITAT DELS TERRENYS**

La determinació de l'expansivitat també s'ha limitat a una mostra del *substrat Terciari consistent* - nivell B (mostra M, lutites terciàries), atès que és el terreny previst/proposat de recolzament de l'estructura, en què s'hi han determinat els Límits d'Atterberg (segons normes UNE 103-103:94 i UNE 103-104:93), a fi de determinar-hi la plasticitat i, d'aquest paràmetre, valorar-hi llur potencial expansiu.

PARÀMETRES	RESULTATS – M
LÍMIT LÍQUID	33,2
LÍMIT PLÀSTIC	19,0
ÍNDEX DE PLASTICITAT	14,2
<b>PLASTICITAT</b>	<b>MOLT BAIXA (*)</b>
<b>POTENCIAL EXPANSIU</b>	<b>NUL (**)</b>

(\*) La determinació dels Límits d'Atterberg (s/n UNE 103103:94 i 103104:93) d'una mostra representativa del terreny previst de recolzament de l'estructura (M, lutites terciàries; presa en el sondeig S1 entre 4,5-4,7 m de fondària) dona un terreny de baixa plasticitat, podent-se classificar segons el Sistema Unificat de Classificació de Sòls (USCS) com CL, argiles i llims inorgànics de baixa plasticitat.

(\*\*) Segons el manual d'enginyeria geològica de González de Vallejo, per a un límit líquid inferior de 35 o bé un índex de plasticitat inferior de 15, com és el cas de la mostra assajada (mostra M), hom pot considerar-la-hi un nul potencial expansiu.

*Amb els resultats obtinguts de la prospecció, s'ha redactat aquest informe. Restem a disposició del promotor i de la direcció tècnica de l'obra per a qualsevol aclariment que tingueu referent a les dades exposades.*

*Carles Roca i Marsà*  
geòleg  
col·legiat de l'ICOG núm. 1.973

*Jordi Pifarré i Yebra*  
geòleg  
col·legiat de l'ICOG núm. 1.458

Lleida, 21 de maig de 2010



# ANNEX

## A

## FIGURES

A : PLÀNOL DE SITUACIÓ

B : ESTRUCTURA GEOTÈCNICA - SECCIÓ I/I'

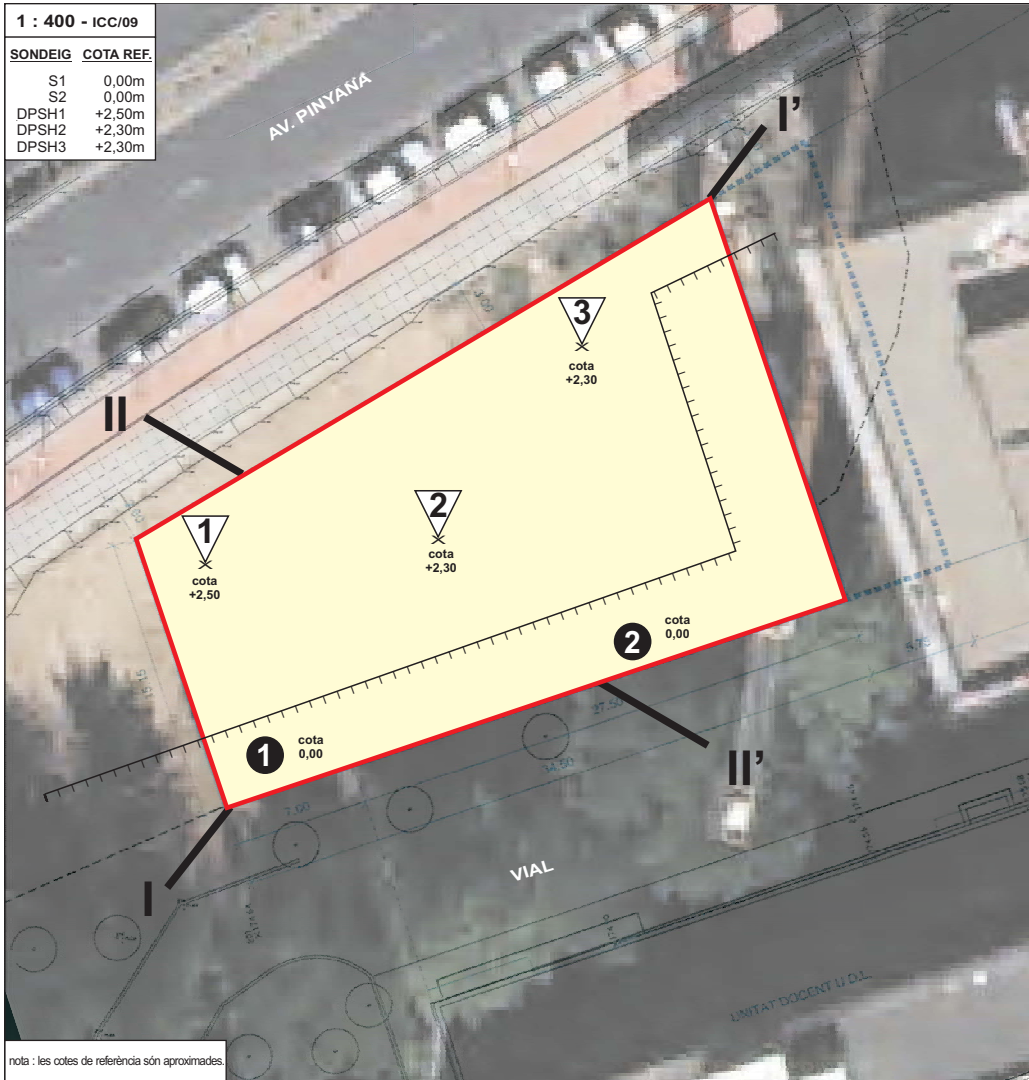
C : ESTRUCTURA GEOTÈCNICA - SECCIÓ II/II'

S1-S2 : SONDEIGS ROTACIONALS

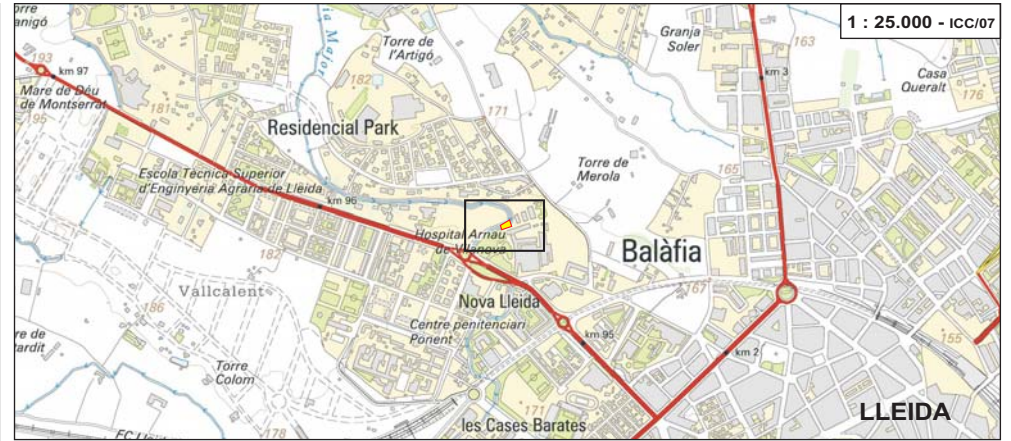
1-2-3 : PERFILS GEOTÈCNICS DPSH

1 : 400 - ICC/09

SONDEIG	COTA REF.
S1	0,00m
S2	0,00m
DPSH1	+2,50m
DPSH2	+2,30m
DPSH3	+2,30m



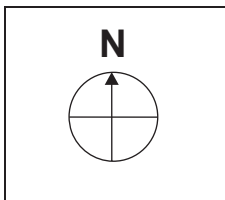
nota : les cotes de referència són aproximades.



1 : 25.000 - ICC/07



1 : 2.000 - ICC/09

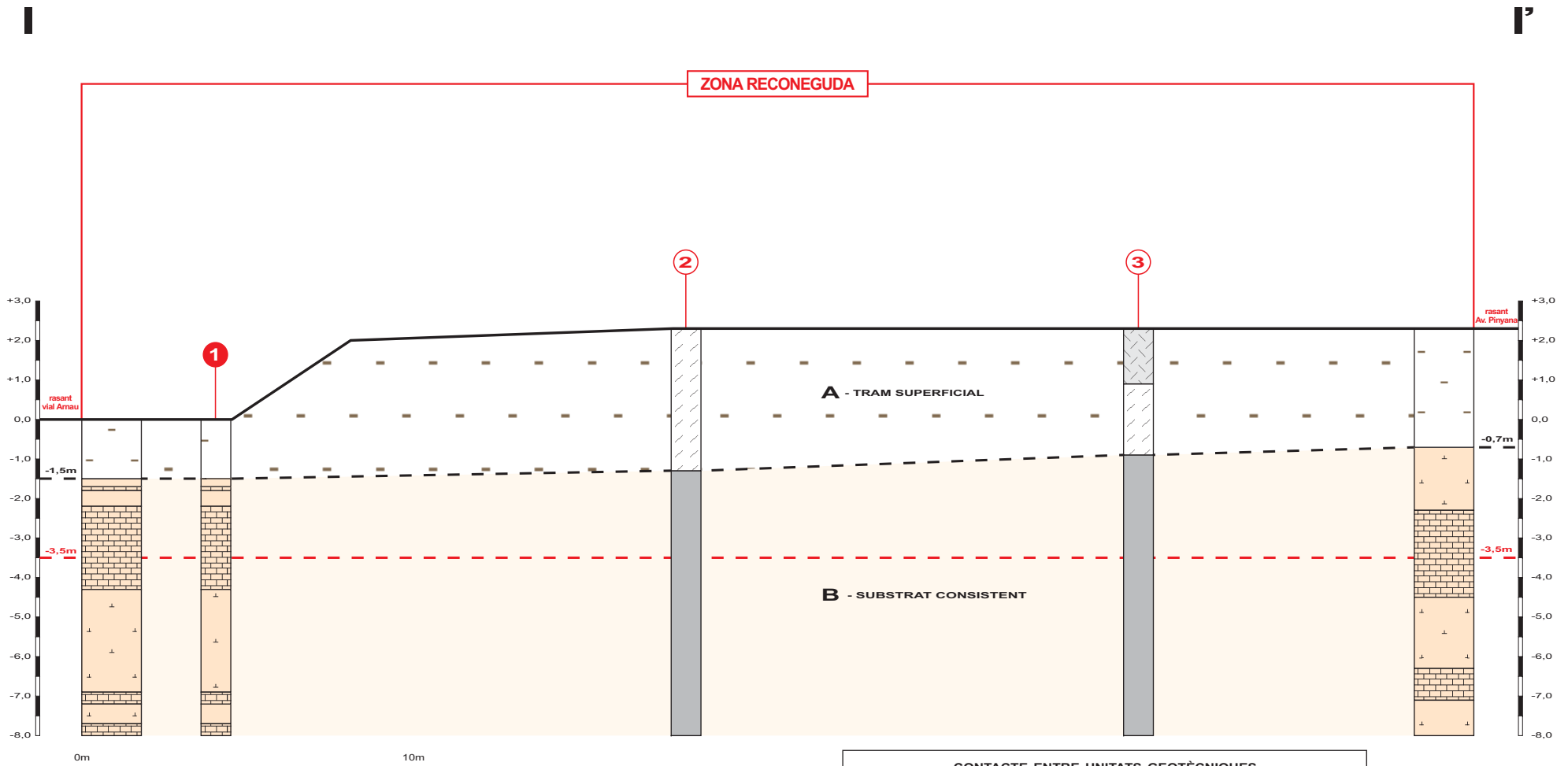


- ZONA RECONEGUDA
- SONDEIG ROTACIONAL - S
- SONDEIG DE PENETRACIÓ - DPSH
- PERFILS DE CORRELACIÓ I/I' - II/II'

# PLÀNOL DE SITUACIÓ

ESTUDI GEOTÈCNIC - PROJECTE : EDIFICI DE RECERCA EN BIOMEDICINA - HOSPITAL ARNAU DE VILANOVA - AV. PINYANA - LLEIDA [EL SEGRIÀ]

# A



- - - - CONTACTE ENTRE UNITATS GEOTÈCNiques  
 - - - - COTA DE FONAMENTACIÓ PREVISTA - PLANTA SOTERRANI

LITOLOGIA	
	<b>A) TRAM GRANULAR SUPERFICIAL</b> - Llims i soppres amb graves (terraplè) / ML-GM
	<b>B) SUBSTRAT TERCIARI CONSISTENT</b> - Successió de lutites (argil·lites / CL) i bancs de gresos
	<b>SONDEIG - S</b>
	<b>SONDEIG - DPSH</b>

CONSISTENCIA	
S. INCOHERENTS	S. COHESIUS
MOLT SOLTA	MOLT SUAU
SOLTA	SUAU
MITJA	MITJA
DENSA	DURA
MOLT DENSA	MOLT DURA

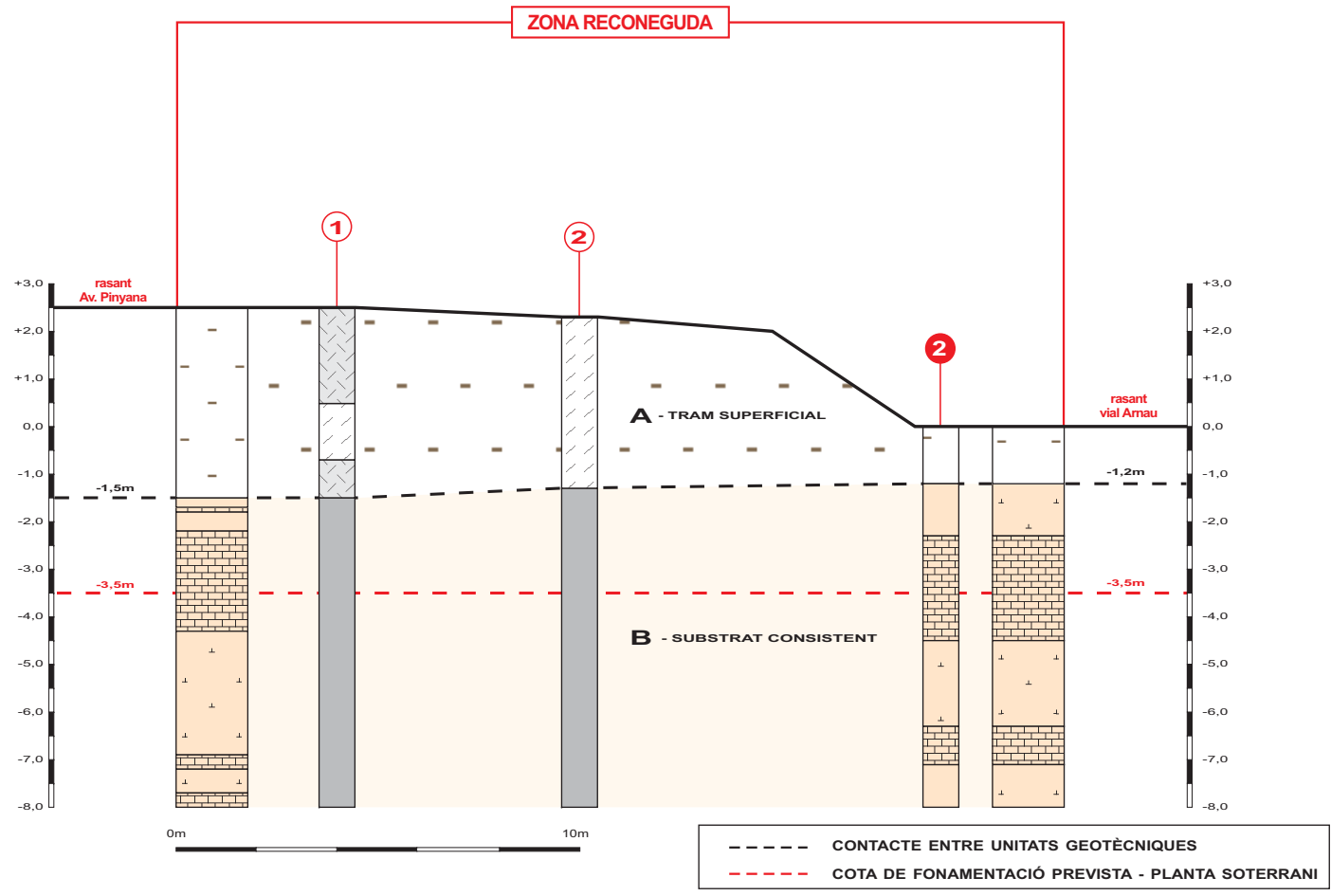
## ESTRUCTURA GEOTÈCNICA - SECCIÓ II'

ESTUDI GEOTÈCNIC - PROJECTE : EDIFICI DE RECERCA EN BIOMEDICINA - UDL - HOSPITAL ARNAU DE VILANOVA - AV. PINYANA - LLEIDA [EL SEGRÍÀ]

B

II

II'



LITOLOGIA	
	<b>A) TRAM GRANULAR SUPERFICIAL</b> - Líms i sorpres amb graves (terraplè) / ML-GM
	<b>B) SUBSTRAT TERCIARI CONSISTENT</b> - Successió de lutites (argilites / CL) i bancs de gresos
	<b>SONDEIG - S</b>
	<b>SONDEIG - DPSH</b>

CONSISTENCIA	
S. INCOHERENTS	S. COHESIUS
MOLT SOLTA	MOLT SUAU
SOLTA	SUAU
MITJA	MITJA
DENSA	DURA
MOLT DENSA	MOLT DURA

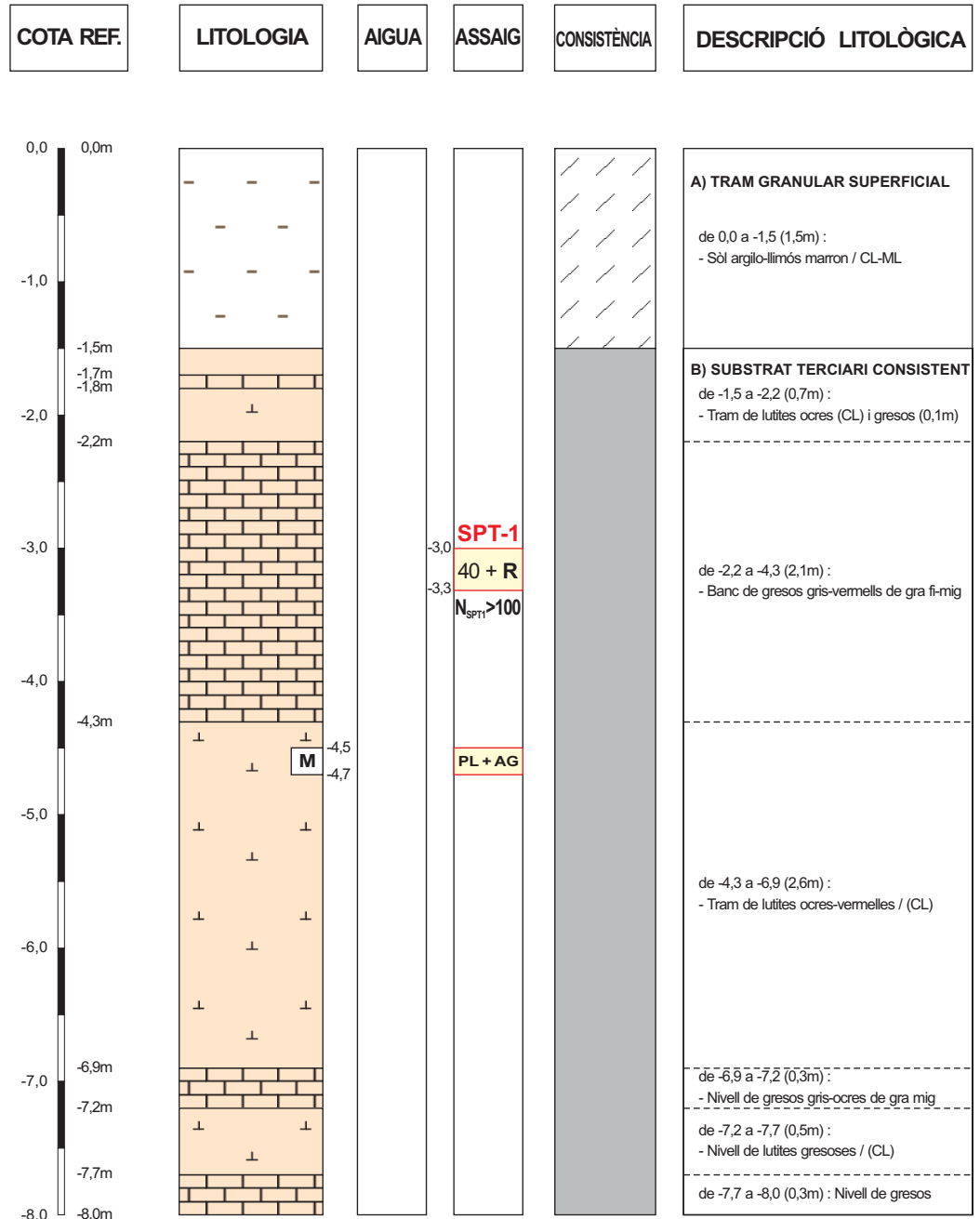
# ESTRUCTURA GEOTÈCNICA - SECCIÓ IIII'



















ESTUDI GEOTÈCNIC - PROJECTE : EDIFICI DE RECERCA EN BIOMEDICINA - UDL - HOSPITAL ARNAU DE VILANOVA - AV. PINYANA - LLEIDA [EL SEGRÍÀ]

C

# SONDEIG ROTACIONAL - S1

28/04/10



LITOLOGIA	CONSISTÈNCIA	AIGUA
<b>A) TRAM GRANULAR SUPERFICIAL</b>  - Sòl argilo-limós marron / CL - ML  <b>B) SUBSTRAT TERCIARI CONSISTENT</b>  - Tram de lutites ocre i vermelles (CL)  - Nivell de gresos gris-ocres de gra mig-fi	<b>S. INCOHERENTS</b> MOLT SOLTA  SOLTA  MITJA  DENSE  MOLT DENSE   <b>S. COHESIUS</b> MOLT SUAU  SUAU  MITJA  DURA   MOLT DURA 	 TRAM SEC  TRAM HUMIT  TRAM SATURAT  NIVELL FREÀTIC  nota : La valoració de consistència correspon a la correlació amb els sondeigs de penetració realitzats.
M : MOSTRA ASSAJADA  <b>ASSAIGS DE LABORATORI</b> PL : ASSAIGS DE PLASTICITAT (M) AG : ASSAIG AGRESSIVITAT QUÍMICA (M)		

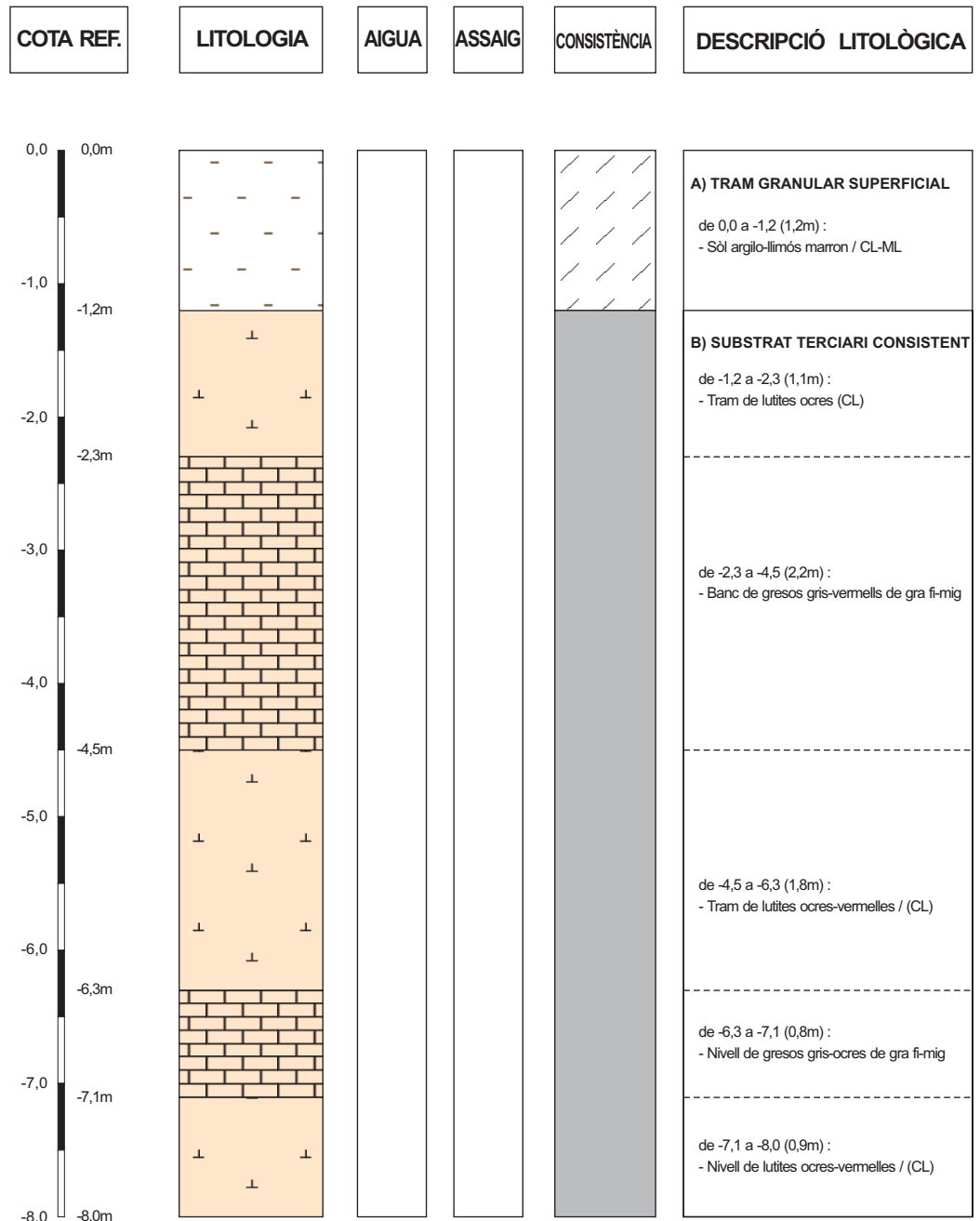
## PERFIL GEOTÈCNIC SONDEIG - S1

ESTUDI GEOTÈCNIC - PROJECTE : EDIFICI DE RECERCA EN BIOMEDICINA - UDL - HOSPITAL ARNAU DE VILANOVA - AV. PINYANA - LLEIDA [EL SEGRÍÀ]

# S1

# SONDEIG ROTACIONAL - S2

28/04/10



LITOLOGIA	CONSISTÈNCIA	AIGUA
<b>A) TRAM GRANULAR SUPERFICIAL</b> - Sòl argilo-llimós marron / CL - ML	<b>S. INCOHERENTS</b> MOLT SOLTA SOLTA MITJA DENSE MOLT DENSE	<b>S. COHESIUS</b> MOLT SUAU SUAU MITJA DURA MOLT DURA
<b>B) SUBSTRAT TERCIARI CONSISTENT</b> - Tram de lutites ocre i vermelles (CL) - Nivell de gresos gris-ocres de gra mig-fi		TRAM SEC TRAM HUMIT TRAM SATURAT NIVELL FREÀTIC
nota : La valoració de consistència correspon a la correlació amb els sondeigs de penetració realitzats.		

## PERFIL GEOTÈCNIC SONDEIG - S2

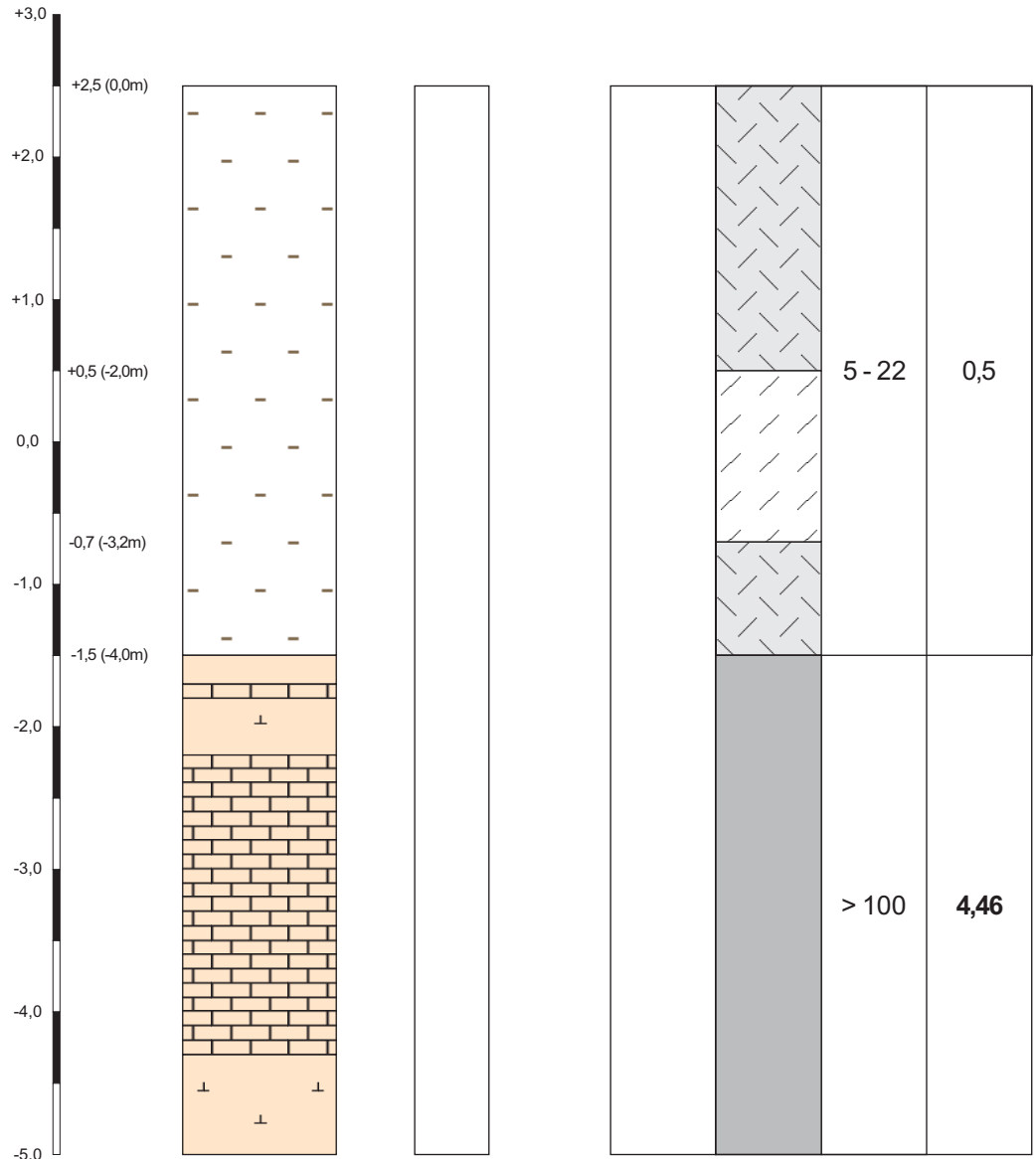
ESTUDI GEOTÈCNIC - PROJECTE : EDIFICI DE RECERCA EN BIOMEDICINA - UDL - HOSPITAL ARNAU DE VILANOVA - AV. PINYANA - LLEIDA [EL SEGRÍÀ]

# S2



<b>DPSH-1</b>		28/04/10
<b>COTA REF.</b>	<b>LITOLOGIA</b>	<b>AIGUA</b>

<b>PARÀMETRES GEOTÈCNICS</b>			
<b>ASSAIG SPT</b>	<b>C</b>	<b>N SPT30</b>	<b>Qa</b>



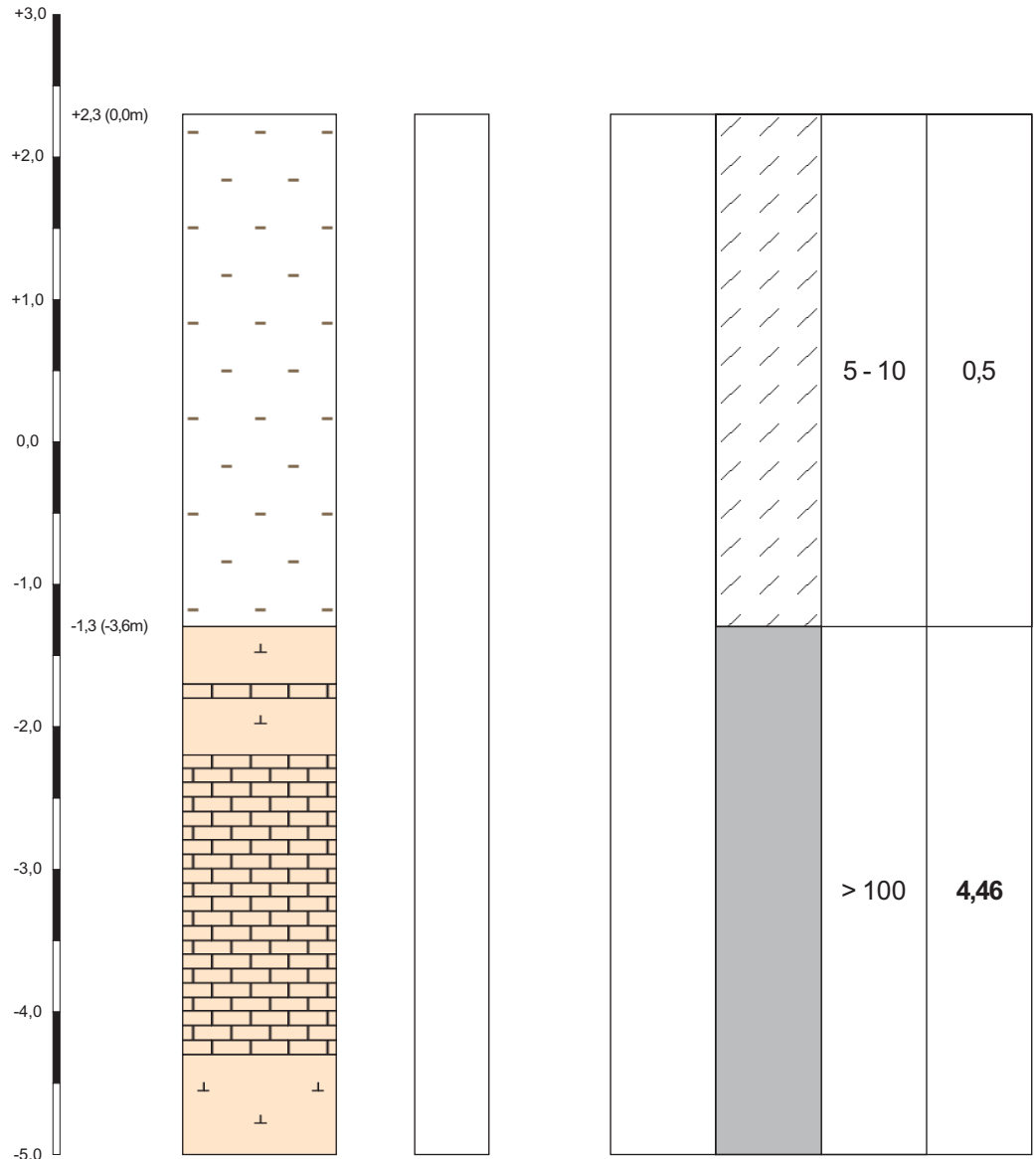
<b>LITOLOGIA</b>	<b>C - CONSISTÈNCIA</b>	<b>AIGUA</b>
<p><b>A) TRAM GRANULAR SUPERFICIAL</b></p> <p> - Lloms amb sorres i graves (terraplè) / ML-GM</p> <p><b>B) SUBSTRAT TERCIARI CONSISTENT</b></p> <p> - Successió de lutites (arglites / CL) i bancs de gresos</p>	<p><b>S. INCOHERENTS</b>      <b>S. COHESIUS</b></p> <p>MOLT SOLTA  MOLT SUAU </p> <p>SOLTA  SUAU </p> <p>MITJA  MITJA </p> <p>DENSA  DURA </p> <p>MOLT DENSA  MOLT DURA </p>	<p> TRAM SEC</p> <p> TRAM HUMIT</p> <p> TRAM SATURAT</p> <p> NIVELL FREÀTIC</p> <p>El valor exposat de NSPT correspon a l'interval de cops necessari per la hinca de 30 cm. del dispositiu de l'assaig SPT.</p> <p>Qa : Càrregues admissibles [Kp/cm2]</p>

<b>PERFIL GEOTÈCNIC DPSH - 1</b>	<b>1</b>
ESTUDI GEOTÈCNIC - PROJECTE : EDIFICI DE RECERCA EN BIOMEDICINA - UDL - HOSPITAL ARNAU DE VILANOVA - AV. PINYANA - LLEIDA [EL SEGRÍÀ]	



<b>DPSH-2</b>		28/04/10
<b>COTA REF.</b>	<b>LITOLOGIA</b>	<b>AIGUA</b>

<b>PARÀMETRES GEOTÈCNICS</b>			
<b>ASSAIG SPT</b>	<b>C</b>	<b>N SPT30</b>	<b>Qa</b>

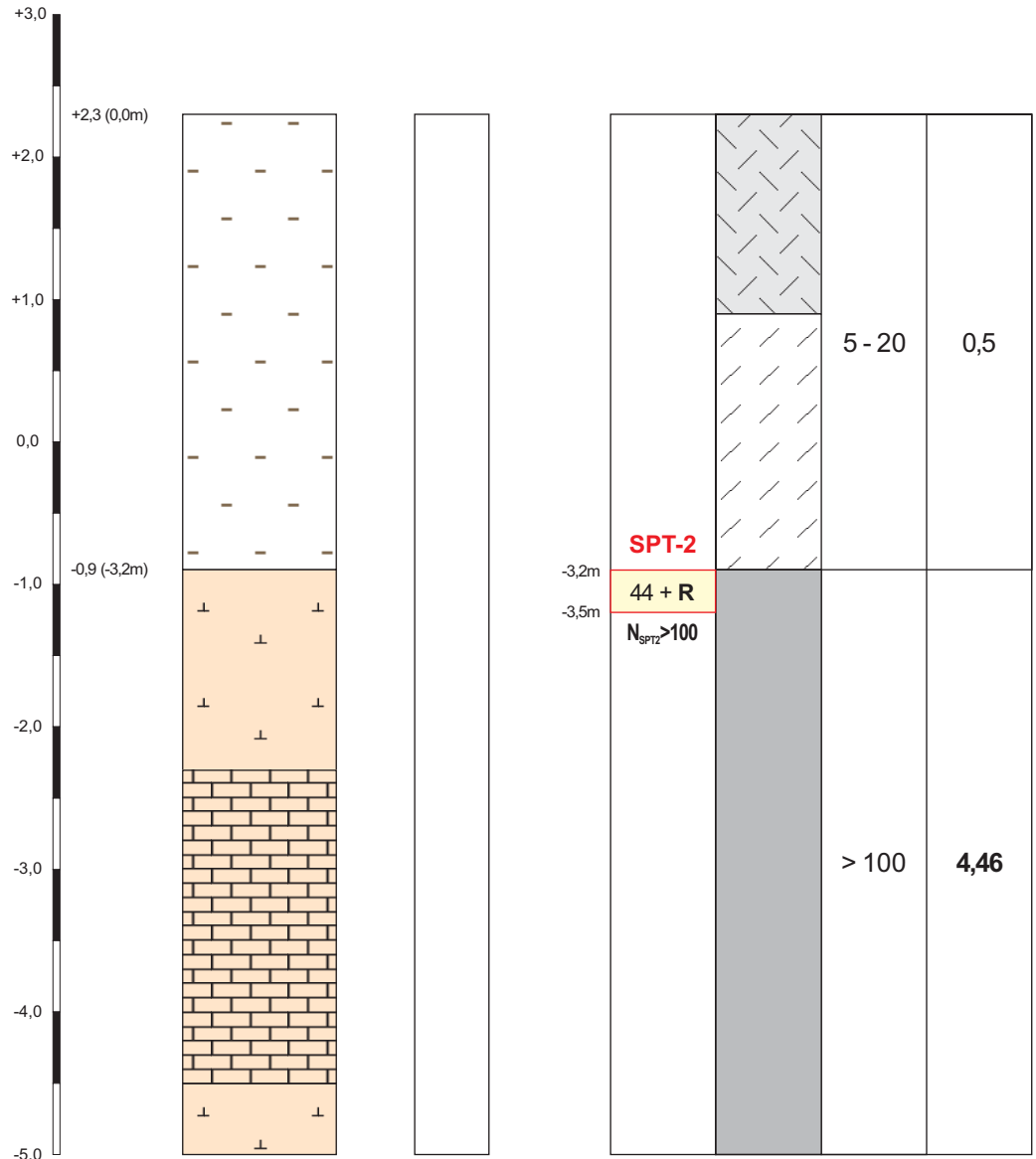


<b>LITOLOGIA</b>	<b>C - CONSISTÈNCIA</b>	<b>AIGUA</b>
<p><b>A) TRAM GRANULAR SUPERFICIAL</b></p> <p>— - Llims amb sorres i graves (terraplè) / ML-GM</p> <p><b>B) SUBSTRAT TERCIARI CONSISTENT</b></p> <p>▨ - Successió de lutites (argil·lites / CL) i bancs de gresos</p>	<p><b>S. INCOHERENTS</b>      <b>S. COHESIUS</b></p> <p>MOLT SOLTA □ MOLT SUAU □</p> <p>SOLTA □ SUAU □</p> <p>MITJA □ MITJA □</p> <p>DENSA □ DURA □</p> <p>MOLT DENSA □ MOLT DURA □</p>	<p>□ TRAM SEC</p> <p>▤ TRAM HUMIT</p> <p>▥ TRAM SATURAT</p> <p>▼ NIVELL FREÀTIC</p> <p>El valor exposat de NSPT correspon a l'interval de cops necessari per la hınca de 30 cm. del dispositiu de l'assaig SPT.</p> <p>Qa : Càrregues admissibles [Kp/cm2]</p>

<b>PERFIL GEOTÈCNIC DPSH - 2</b>	<b>2</b>
ESTUDI GEOTÈCNIC - PROJECTE : EDIFICI DE RECERCA EN BIOMEDICINA - UDL - HOSPITAL ARNAU DE VILANOVA - AV. PINYANA - LLEIDA [EL SEGRÍÀ]	

<b>DPSH-3</b>		28/04/10
<b>COTA REF.</b>	<b>LITOLOGIA</b>	<b>AIGUA</b>

<b>PARÀMETRES GEOTÈCNICS</b>			
<b>ASSAIG SPT</b>	<b>C</b>	<b>N SPT30</b>	<b>Qa</b>



<b>LITOLOGIA</b>	<b>C - CONSISTÈNCIA</b>	<b>AIGUA</b>
<p><b>A) TRAM GRANULAR SUPERFICIAL</b></p> <p>— - Llims amb sorres i graves (terraplè) / ML-GM</p> <p><b>B) SUBSTRAT TERCIARI CONSISTENT</b></p> <p>▤ - Successió de lutites (argil·lites / CL) i bancs de gresos</p>	<p><b>S. INCOHERENTS</b>      <b>S. COHESIUS</b></p> <p>MOLT SOLTA □ MOLT SUAU □</p> <p>SOLTA □ SUAU □</p> <p>MITJA □ MITJA □</p> <p>DENSA □ DURA □</p> <p>MOLT DENSA □ MOLT DURA □</p>	<p>□ TRAM SEC</p> <p>▤ TRAM HUMIT</p> <p>▥ TRAM SATURAT</p> <p>▼ NIVELL FREÀTIC</p> <p>El valor exposat de NSPT correspon a l'interval de cops necessari per la hınca de 30 cm. del dispositiu de l'assaig SPT.</p> <p>Qa : Càrregues admissibles [Kp/cm2]</p>

<b>PERFIL GEOTÈCNIC DPSH - 3</b>	<b>3</b>
ESTUDI GEOTÈCNIC - PROJECTE : EDIFICI DE RECERCA EN BIOMEDICINA - UDL - HOSPITAL ARNAU DE VILANOVA - AV. PINYANA - LLEIDA [EL SEGRÍÀ]	



# ANNEX

## B

### RESULTATS

- ACTA ASSAIG PLASTICITAT (M)
- ACTA ASSAIG AGRESSIVITAT (M)
- PENETROGRAMES DPSH
- RESULTATS ASSAIGS SPT

GEOTEST, Geòlegs consultors S.L.

A l'atenció: Sr. Carles Roca

Av.Catalunya, 3, 9è - 1a

25002 - LLEIDA

LLEIDA

**ACTA DE RESULTATS D'ASSAIGS**

PSC 01.04

**OBRA:** Edifici de biomedicina - Arnau de Vilanova. Lleida**DATA**

Mostres Remeses al Laboratori	Alb-6744-R	07/05/2010
-------------------------------	------------	------------

**REFERÈNCIA**

M - Mostra de lutites terciàries - Sondeig: S1 - Fondària: 4,5 - 4,7 m.

**ASSAIGS SOL.LICITATS**

- 1 Determinació dels límits d'Atterberg, s/ UNE 103103:94 i 103104:93
- 1 Determinació de l'agressivitat potencial d'un sòl al formigó s/ Instrucció de Formigó Estructural (EHE 2008)

Lleida, 17 de maig de 2010

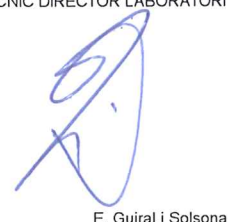
TÈCNIC DIRECTOR DE L'ÀMBIT

  
J.M. Muniesa Garriga**ICEC CONTROL QUALITAT D'OBRES S.L.**

- Laboratori Acreditat per la Generalitat de Catalunya per resolucions d'1 de Setembre de 2005, 21 de Desembre de 2006 i 25 de Març de 2009 amb referència 06026GTL05(B+C), 06027AFC05(B), 06028AFH05(B), 06029ACH05(B), 06030AMC05(B), 06031VSG05(B+C), 06032GTC05(B), 06189EHA06(B+C), 06217APH09(B), 06218EAP09(B) i 06219EAS09(B). Més informació a [www.iceccontrol.com](http://www.iceccontrol.com)

- Els resultats lliurats en aquesta Acta de resultats d'Assaigs es refereixen només a la mostra recollida o remesa al Laboratori i a les normes de referència de cada assaig.
- Es prohibeix la reproducció i publicació total o parcial d'aquesta Acta de resultats sense el consentiment previ d'ICEC Control Qualitat d'Obres S.L.
- Els assaigs marcats amb asterisc (\*) no queden coberts per l'abast de l'Acreditació vigent

TÈCNIC DIRECTOR LABORATORI

  
E. Guiral i Solsona

**PETICIONARI** GEOTEST, Geòlegs consultors S.L.  
**OBRA** Edifici de biomedicina - Arnau de Vilanova. Lleida  
**DATA** 07/05/2010

**REFERÈNCIA:** M - Mostra de lutites terciàries - Sondeig: S1 - Fondària: 4,5 - 4,7 m.

### RESULTATS

#### LÍMITS ATTERBERG

Límit Líquid:	<b>33,2</b>
Límit Plàstic:	<b>19,0</b>
Índex Plasticitat:	<b>14,2</b>

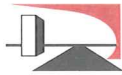
#### AGRESSIVITAT POTENCIAL D'UN SÒL AL FORMIGÓ

Acidesa Baumann Gully s/UNE 83962: 2008 <1 ml/Kg sòl sec

Contingut de l'ió sulfat s/UNE 83963: 2008 **211 mg/Kg sòl sec**

Observacions: Aquesta mostra s'avalua com "No agressiva"

Data inici assaig: 10/05/10 / Data fi assaig: 14/05/10

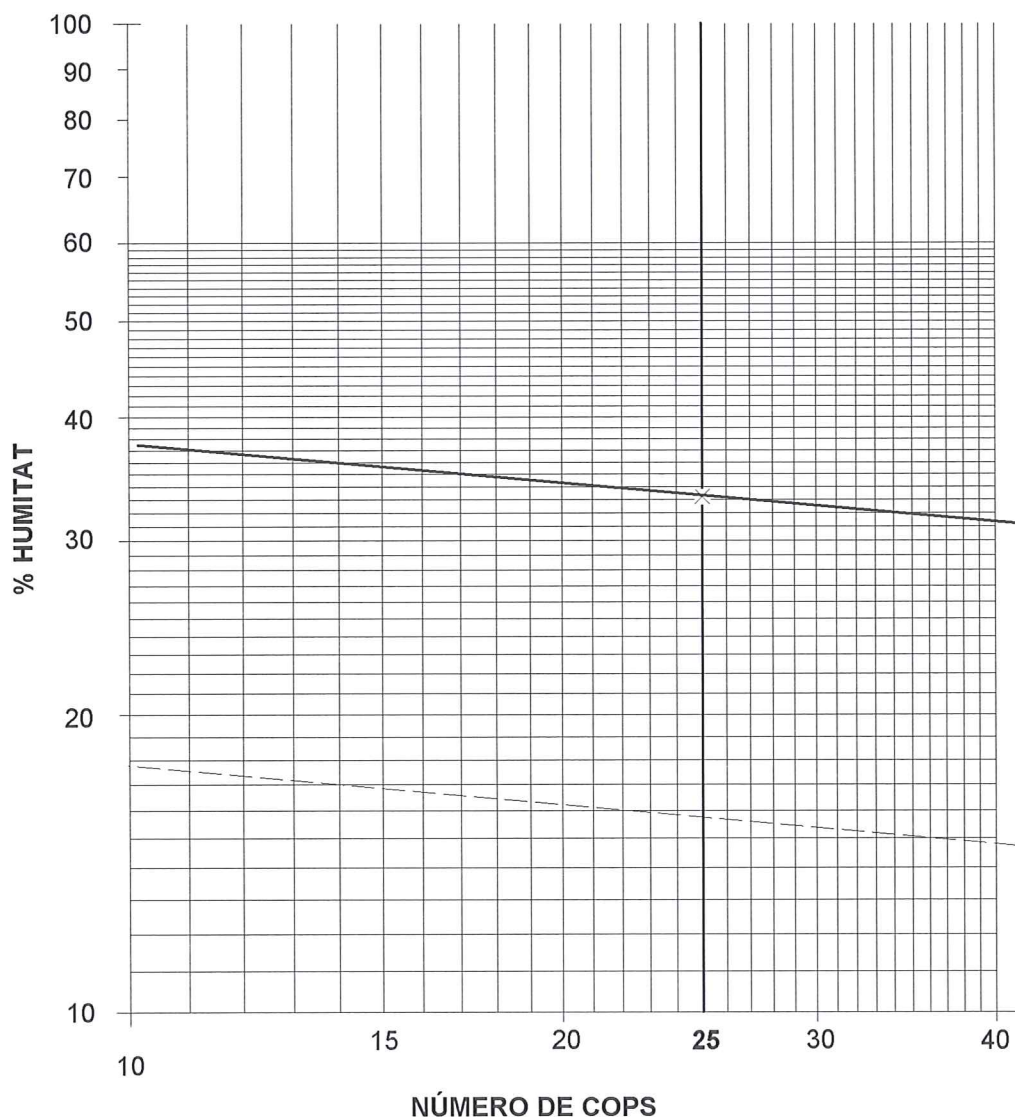


**PETICIONARI** GEOTEST, Geòlegs consultors S.L.  
**OBRA** Edifici de biomedicina - Arnau de Vilanova. Lleida  
**DATA** 07/05/2010

**REFERÈNCIA:** M - Mostra de lutites terciàries - Sondeig: S1 - Fondària: 4,5 - 4,7 m.

## RESULTATS

### LIMITS ATTERBERG

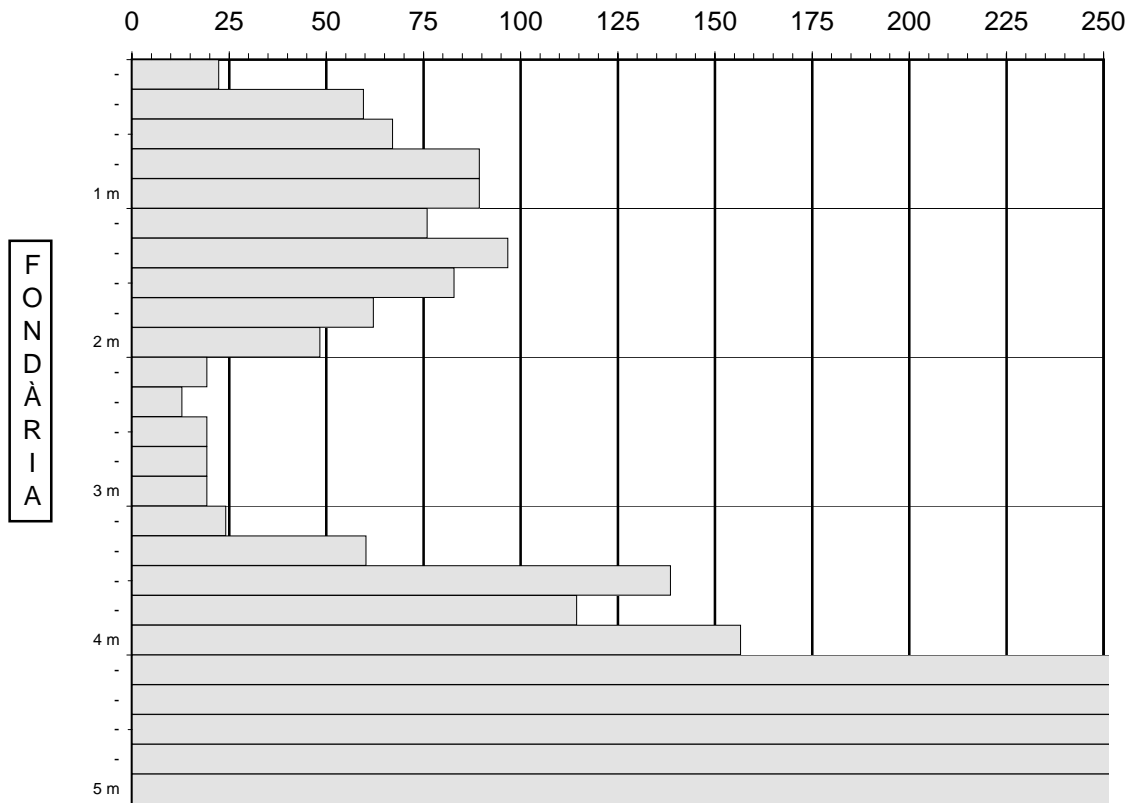


Límit Líquid: **33,2** Límit Plàstic: **19,0** Índex de Plasticitat: **14,2**

Data inici assaig: 12/05/10 / Data fi assaig: 13/05/10



**RESISTÈNCIA DINÀMICA (kp/cm<sup>2</sup>)**



**PENETROGRAMA DPSH - 1**

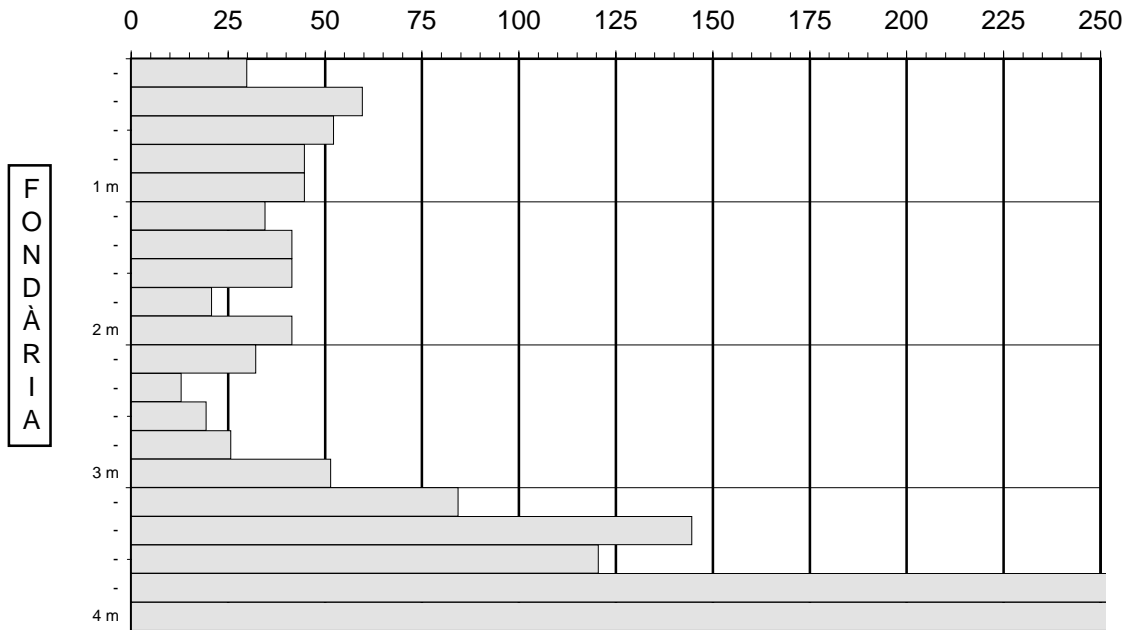
<b>RESULTATS DPSH - 1</b>			D:51mm	COTA INICI : +2,50	COTA REBUIG : -1,70	28/04/10
FONDÀRIA	Nº COPS	Rd (kp/cm <sup>2</sup> )	FONDÀRIA	Nº COPS	Rd (kp/cm <sup>2</sup> )	
0,00 - 0,20	3	22,35	3,00 - 3,20	4	24,10	
0,20 - 0,40	8	59,59	3,20 - 3,40	10	60,24	
0,40 - 0,60	9	67,04	3,40 - 3,60	23	138,55	
0,60 - 0,80	12	89,39	3,60 - 3,80	19	114,46	
0,80 - 1,00	12	89,39	3,80 - 4,00	26	156,62	
1,00 - 1,20	11	75,96	4,00 - 4,20	REBUIG	> 250	
1,20 - 1,40	14	96,67	4,20 - 4,40	REBUIG	> 250	
1,40 - 1,60	12	82,86				
1,60 - 1,80	9	62,15				
1,80 - 2,00	7	48,34				
2,00 - 2,20	3	19,29				
2,20 - 2,40	2	12,86				
2,40 - 2,60	3	19,29				
2,60 - 2,80	3	19,29				
2,80 - 3,00	3	19,29				

<b>SONDEIG ROTACIONAL S1</b>		
ASSAIG SPT-1	3,00 - 3,30	40+R : >100



**RESISTÈNCIA DINÀMICA (kp/cm<sup>2</sup>)**



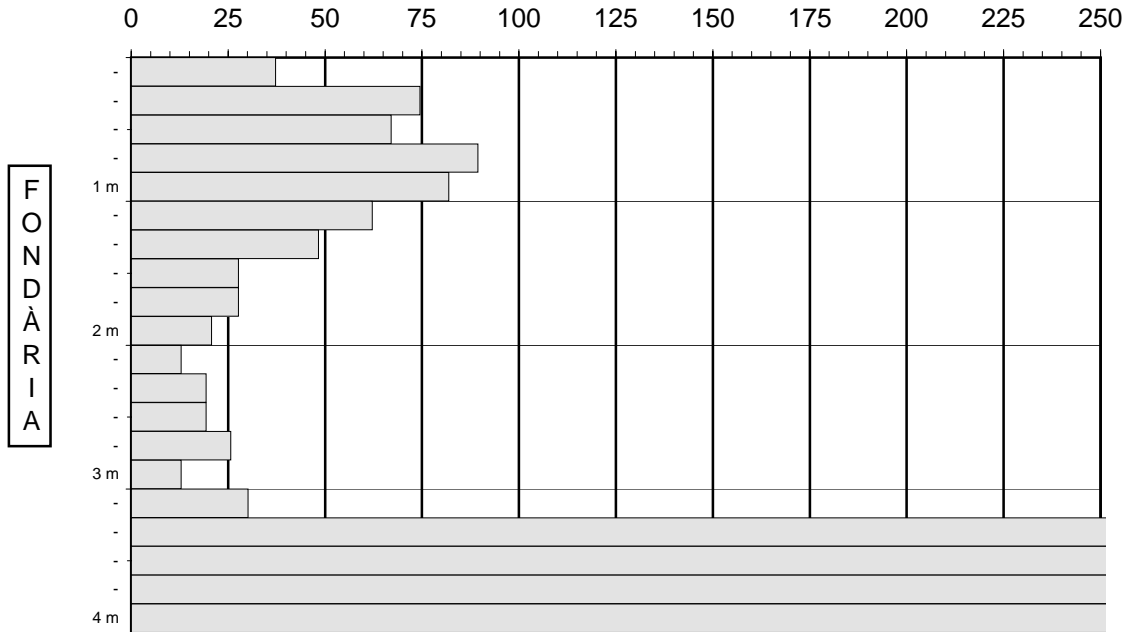
**PENETROGRAMA DPSH - 2**

<b>RESULTATS DPSH - 2</b>			D:51mm	COTA INICI : +2,30	COTA REBUIG : -1,50	28/04/10
<b>FONDÀRIA</b>	<b>Nº COPS</b>	<b>Rd (kp/cm<sup>2</sup>)</b>				
0,00 - 0,20	4	29,80				
0,20 - 0,40	8	59,59				
0,40 - 0,60	7	52,14				
0,60 - 0,80	6	44,69				
0,80 - 1,00	6	44,69				
1,00 - 1,20	5	34,53				
1,20 - 1,40	6	41,43				
1,40 - 1,60	6	41,43				
1,60 - 1,80	3	20,72				
1,80 - 2,00	6	41,43				
2,00 - 2,20	5	32,15				
2,20 - 2,40	2	12,86				
2,40 - 2,60	3	19,29				
2,60 - 2,80	4	25,72				
2,80 - 3,00	8	51,43				
3,00 - 3,20	14	84,34				
3,20 - 3,40	24	144,58				
3,40 - 3,60	20	120,48				
3,60 - 3,80	REBUIG	> 250				
3,80 - 4,00	REBUIG	> 250				





**RESISTÈNCIA DINÀMICA (kp/cm<sup>2</sup>)**



**PENETROGRAMA DPSH - 3**

<b>RESULTATS DPSH - 3</b>			D:51mm	COTA INICI : +2,30	COTA REBUIG : -1,10	28/04/10
FONDÀRIA	Nº COPS	Rd (kp/cm <sup>2</sup> )	FONDÀRIA	Nº COPS	Rd (kp/cm <sup>2</sup> )	
0,00 - 0,20	5	37,25	2,00 - 2,20	2	12,86	
0,20 - 0,40	10	74,49	2,20 - 2,40	3	19,29	
0,40 - 0,60	9	67,04	2,40 - 2,60	3	19,29	
0,60 - 0,80	12	89,39	2,60 - 2,80	4	25,72	
0,80 - 1,00	11	81,94	2,80 - 3,00	2	12,86	
1,00 - 1,20	9	62,15	3,00 - 3,20	5	30,12	
1,20 - 1,40	7	48,34	3,20 - 3,40	REBUIG	> 250	
1,40 - 1,60	4	27,62	3,40 - 3,60	REBUIG	> 250	
1,60 - 1,80	4	27,62				
1,80 - 2,00	3	20,72				
			ASSAIG SPT-2	3,20 - 3,50	44+R : N>100	



# ANNEX C

## REPORT FOTOGRÀFIC

ESTUDI GEOTÈCNIC - PROJECTE : EDIFICI DE RECERCA EN BIOMEDICINA - UDL - HOSPITAL ARNAU DE VILANOVA - AV. PINYANA - LLEIDA [EL SEGRÀ]



FOTOS 1-2-3 / 4-5-6-7-8-9-10

ESTUDI GEOTÈCNIC – PROJECTE : EDIFICI DE RECERCA EN BIOMEDICINA – UDL – HOSPITAL ARNAU DE VILANOVA – AV. PINYANA - LLEIDA

28/04/10



■ ZONA RECONEGUDA : Emplaçament del sondeig rotacional S1.



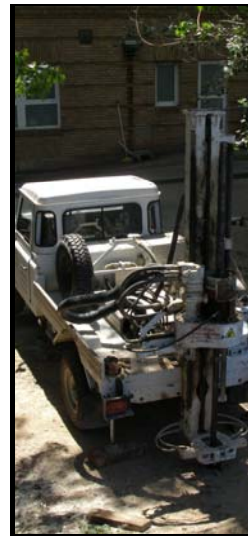
■ Vista de la zona; emplaçament i execució del sondeig DPSH-2.



■ Vista de la zona reconeguda; emplaçament i execució del sondeig S2.



■ SONDEIG ROTACIONAL S1 : Emplaçament i testimonis del sondeig S1.



■ SONDEIG ROTACIONAL S2 : Emplaçament i testimonis del sondeig S2.



■ SONDEIGS DPSH : Emplaçament dels sondeigs DPSH-1, DPSH-2 i DPSH-3.

