



ANNA MARIA PUIG
GRIESSEBERGER
ARQUEOLOGIA · MUSEOGRAFIA

MEMÒRIA D'EXCAVACIÓ

ESTUDI DEL SUBSÒL DE LA BASÍLICA DE SANTA MARIA
DE CASTELLÓ D'EMPÚRIES (ALT EMPORDÀ)

DATES DE LA INTERVENCIÓ: 2 A 4 DE NOVEMBRE DE 2016
PRESENTACIÓ DE LA MEMÒRIA: 1 DE MARÇ DE 2017

SIGNATURA:

**Anna
Maria
Puig**

Firmado
digitalmente
por Anna Maria
Puig
Fecha:
2017.03.01
12:37:36 +01'00'

FITXA TÈCNICA

SUBSÒL DE LA BASÍLICA DE SANTA MARIA	
Núm. referència de la resolució	2 a 4 de novembre de 2016 (Exp. núm. 518 K121 N210 2016/1-19474)
Règim de protecció	No procedeix
Titularitat	Ajuntament de Castelló d'Empúries, Bisbat de Girona i propietat privada
Situació i accés	La basílica de Santa Maria, parroquial de Castelló, es troba situada a l'extrem est del centre històric de la població, amb façana a la plaça de Mossèn Cinto Verdaguer.
Coordenades UTM / alçada snm	PUNT 1 (centre emplaçament): estudi geofísic Longitud: 3.076238 Latitud: 42.259787 (WGS84) E (X): 506288 m - N (Y): 4678624 m (ETRS89 UTM 31N) 17 m s.n.m. PUNT 2 (centre emplaçament): sondatges geològics Longitud: 3.077304 Latitud: 42.259402 (WGS84) E (X): 506376 m - N (Y): 4678581 m (ETRS89 UTM 31N) 6 m s.n.m. http://www.icc.cat/vissir3/
Referència cadastral	PUNT 1: diverses, la principal 6388710EG0768N0001YO PUNT 2: 17052A01600045 i 17052A01600042 https://www1.sedecatastro.gob.es/OVCFrames.aspx?TIPO=CONSULTA
Superfície avaluada	300 m ² , aproximadament
Estat de conservació	No procedeix
Tipus d'intervenció	Intervenció arqueològica preventiva
Activitat autoritzada	Control
Cronologia	No procedeix
Promotor	Ajuntament de Castelló d'Empúries
Projecte	No procedeix
Llocs de dipòsit temporal	Magatzem "Taller Petit", carrer de les Terreres 31 (Figueres)
Direcció arqueològica	Anna Maria Puig Griessenberger

ÍNDEX

1. Motivació de la intervenció i objectius	5
2. Descripció i situació del lloc	5
3. Notícies històriques i intervencions anteriors	10
4. Metodologia	12
5. Relació dels treballs efectuats	13
6. Conclusions	14

1. Motivació de la intervenció i objectius

La intervenció preventiva de control arqueològic que s'ha fet a la zona de l'entorn de la basílica de Santa Maria de Castelló d'Empúries (Alt Empordà), ha vingut motivada per la realització d'uns estudis de prospecció geolèctrica –a càrrec de GS Ingeniería Geofísica SLP (Caldes de Montbui)- i d'investigació geomorfològica del terreny -a càrrec del geòleg Jordi Montaner de GeoServei S.L. Projectes i Gestió Ambiental (Girona)-. Ambdós treballs foren requerits per qui signa aquesta memòria com a complement a les recerques que es varen portar a terme el mes de novembre de l'any 2006 al solar al nord del mateix edifici, així com el març del 2007 durant les prospeccions geofísiques a la nau central de l'església i, finalment, els mesos de febrer i març del 2008 amb l'estudi de fonamentacions de la construcció.

Ambdós estudis s'han estimat necessaris per tal de conèixer les característiques del paleorelleu on es troba construït l'edifici de la Basílica i el seu entorn més immediat, no només per a extreure'n dades relatives a l'elecció de l'emplaçament per als successius temples que es bastiren en el lloc, sinó també per a donar llum a determinades patologies que pateix l'edifici, alhora que per a guiar properes actuacions arqueològiques en el jaciment, les quals està previst iniciar en breu.

El promotor dels treballs ha estat l'Ajuntament de Castelló d'Empúries, que també ha assumit les despeses de l'aixecament topogràfic georeferenciat del conjunt monumental de la Basílica, a càrrec del topògraf Lluís Castillo, amb el vistiplau de la parròquia de Santa Maria i del mossèn d'aleshores, Ferran Jarabo, planimetria que es troba en curs de finalització, i que serà molt útil per a guiar futures intervencions arqueològiques, entre d'altres tasques.

2. Descripció i situació del lloc

La basílica de Santa Maria, parroquial de Castelló, es troba situada a l'extrem est del centre històric de la població (Fig. 1), a la zona coneguda com el puig Salner, una de les antigues elevacions naturals del terreny que configuren el paisatge urbà medieval de Castelló,



damunt el qual es varen establir els successius temples dedicats a Santa Maria, almenys des de mitjan segle X (957), que és de quan data la primera notícia històrica. L'edifici que avui veiem correspon al temple gòtic, que es va començar a construir l'any 1261, sota la direcció de l'arquitecte Ramon de Xartres, i que sembla no es donà per acabat fins a principi del segle XV. L'estructura es va completar als segles XVII i XVIII amb la construcció de les capelles annexes a cada costat de la capçalera, dedicades a la Puríssima Sang, al nord, i a la Mare de Déu dels Dolors, al sud.

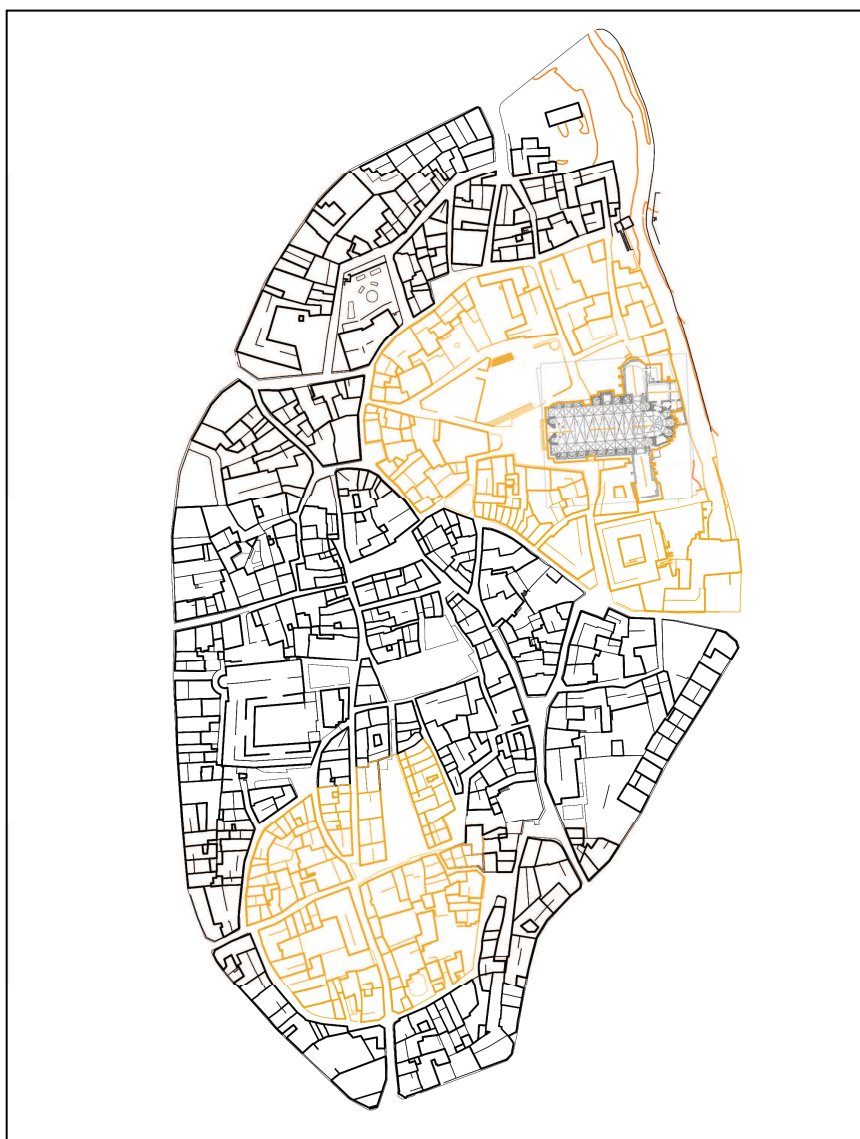


Fig. 1: Centre històric de Castelló d'Empúries amb l'emplaçament de la basílica de Santa Maria. En color s'indica el perímetre del nucli altmedieval del puig Salner, on es troba l'església, i del puig del Mercadal, al SW de l'anterior, on hi havia el castell comtal

L'edifici limita al nord amb un solar buit al qual desemboquen els carrers del Sabater d'Ordis i de Pere Estany, a l'est amb la muralla i el rec del Molí, al sud amb unes construccions disposades a banda i banda del carrer del Carbonar i a l'oest amb la plaça de Mossèn Cinto Verdaguer, antiga plaça de les Gallines (Fig. 2). Tot aquest perímetre correspon a l'espai de la sagrera amb la que fou dotat el temple romànic en motiu de la seva consagració l'any 1064 pel bisbe de Girona Berenguer Guifré. Era un espai lliure de construccions, que fou ocupat al llarg del segle per successius cementiris i parcialment envaït durant l'aixecament del temple gòtic. Tal com es desprèn de l'observació del conjunt de l'estructura, i gràcies a anteriors estudis del subsòl, sabem que el terreny es presenta més elevat i relativament pla a l'extrem de ponent de l'edifici, mentre que cau en pendent en direcció a llevant, cap al rec del Molí, i cap al sud.

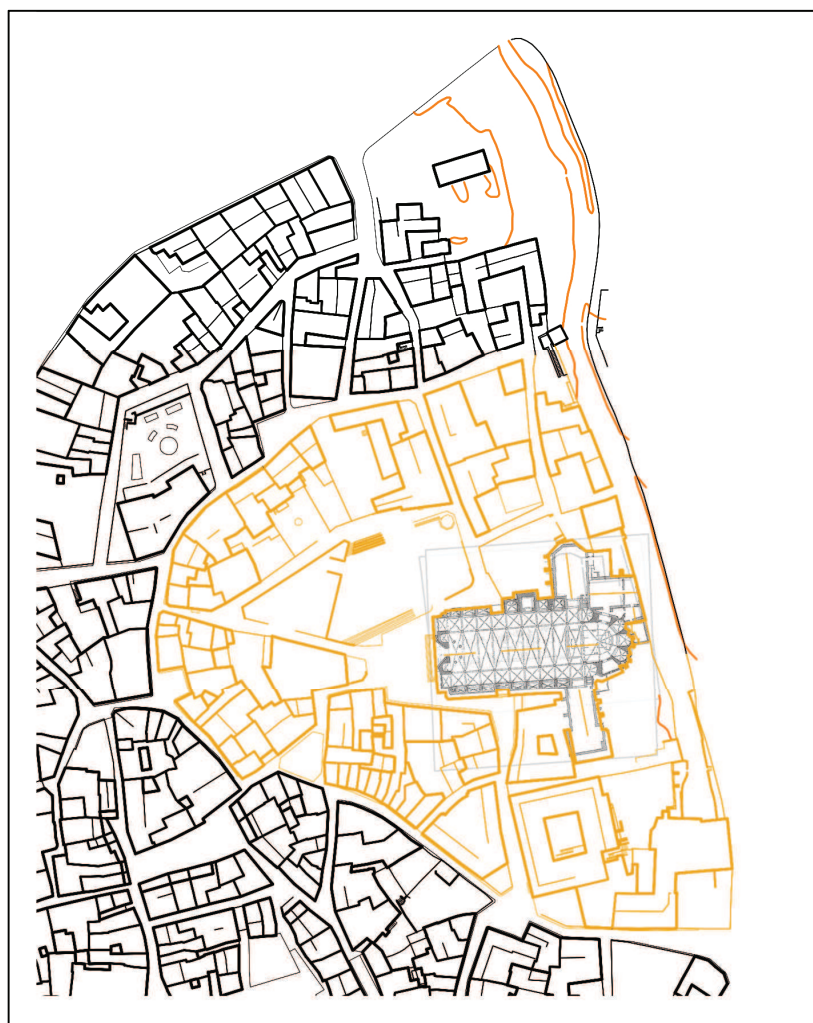


Fig. 2: Detall del plànol d'emplaçament de la figura anterior

La prospecció geofísica s'ha realitzat al costat nord de l'església, en el solar, avui lliure de construccions, que s'utilitza com a pàrquing. L'espai disponible, útil per a fer la prospecció, és d'uns 900 m². No obstant això, només s'han traçat dos perfils tomogràfics, en sentit est-oest, el màxim de llargs possible i prop de l'església (Fig. 3). En aquest espai hi coincideixen 6 parcel·les cadastrals, una de les quals forma part de la mateixa basílica: 6388706EG0768N (basílica), 6388710EG0768N, 6388711EG0768N, 6388712EG0768N, 6388713EG0768N i 6388705EG0768N.

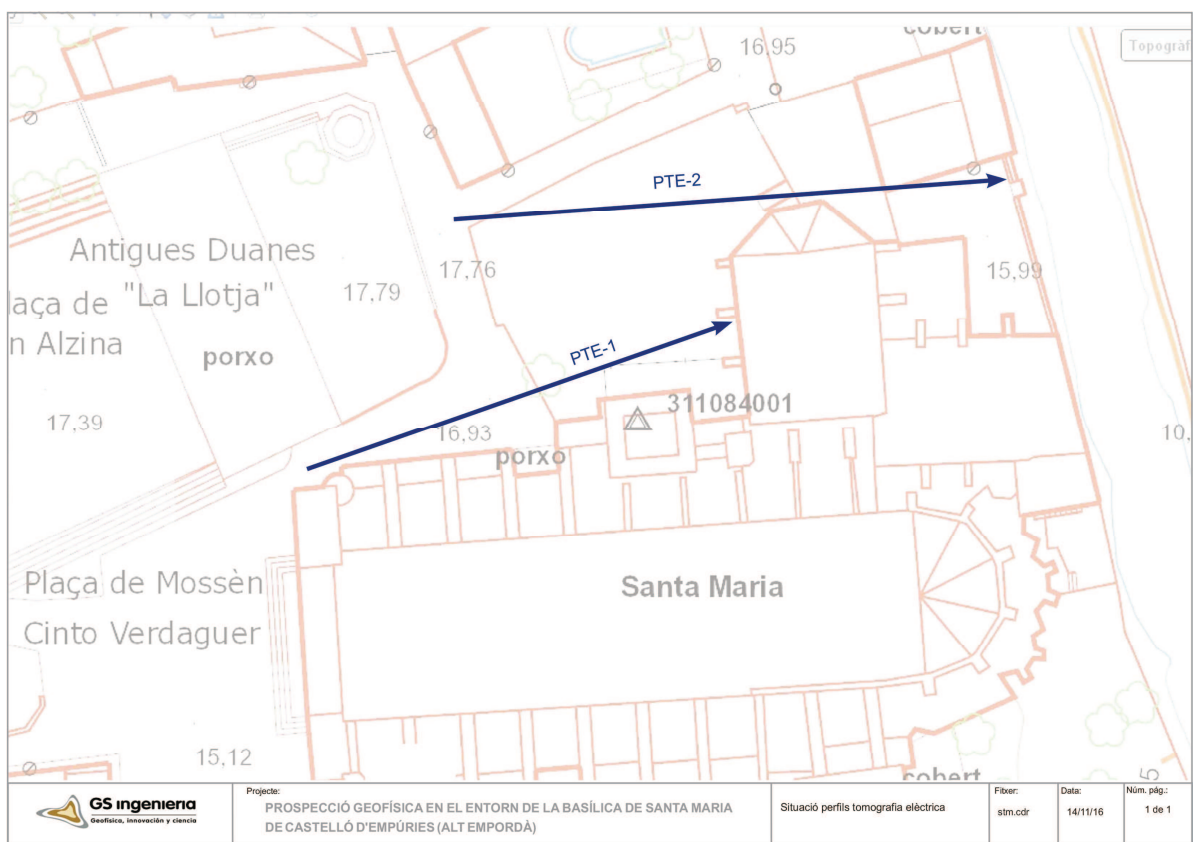


Fig. 3: Plànol de situació dels perfils tomogràfics realitzats el nord de l'església de Santa Maria

Els sondatges d'investigació geomorfològica, per contra, s'han fet a l'exterior del recinte emmurallat, a la zona dels Horts, pràcticament al davant de la capçalera de l'església, a l'altre costat del rec del Molí. Les dues perforacions s'han fet en els límits del camí que separa les parcel·les 43 i 44 de polígon 16, de les parcel·les 42 i 45 del mateix polígon, cadascuna de diferent propietat: 17052A01600043, 17052A01600044, 17052A01600042 i

17052A01600045, respectivament. La primera just a l'angle NW del pàrquing municipal que ocupa la parcel·la núm. 44 i la segona uns 70 m més a l'est (Fig. 4).

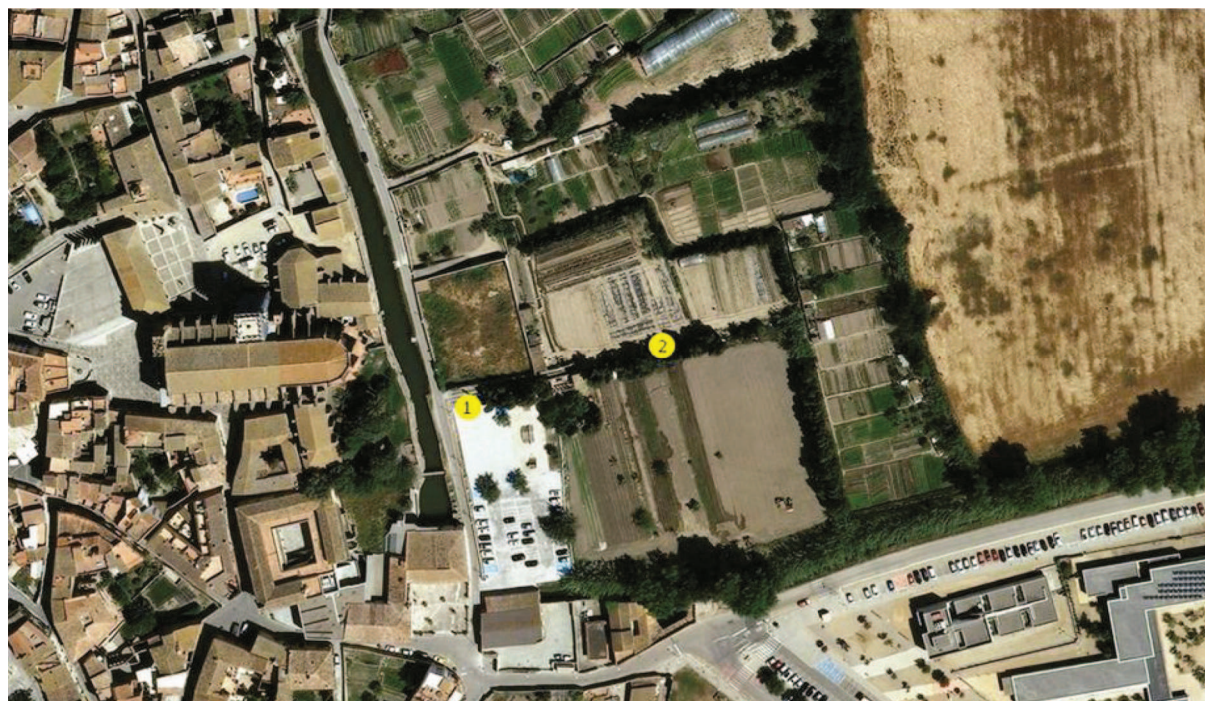


Fig. 4: Situació dels sondatges realitzats en l'estudi geomorfològic

Informació geològica del punt on es troba l'edifici

El subsòl del lloc on es fonamenta l'església està constituït, segons els mapes geològics consultats, per argiles amb intercalacions de sorres i graves. Aquest fou format a l'era del Cenozoic, dins el període Neogen i a l'època del Pliocè (epígraf de la unitat geològica NPPa). La zona dels Horts, en canvi, està constituïda per argiles, llim, sorres i graves que corresponen al reblliment de la plana al·luvial de la Muga i la Mugueta, en el marge de l'antic estany de Castelló. L'edat atribuïda a aquest dipòsit és l'Holocè, això és dins l'era del Cenozoic i del període Quaternari (epígraf de la unitat geològica Qpa)¹ (Fig. 5). Si ens fixem en el plànol de la figura adjunta, és interessant observar que l'església es troba construïda just en el punt de contacte entre aquestes dues unitats geològiques, en el límits d'una

¹ Consulta al mapa de base geològica 1:50.000 de l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICGC), al web <http://siurana.igc.cat/visorIGC/geologic.jsp?zoom=5&lat=4679469.25&lon=508527&layers=00BoTTTTT&map=topo>, i al catàleg de l'ICGC http://www.igc.cat/web/ca/igc_cataleg.html: full 258-2-1 (78-21) Castelló d'Empúries [consulta: 28 de febrer de 2017].

mena de falla. Insistirem en aquest detall a l'apartat de conclusions ja que considerem que és de cabdal importància.

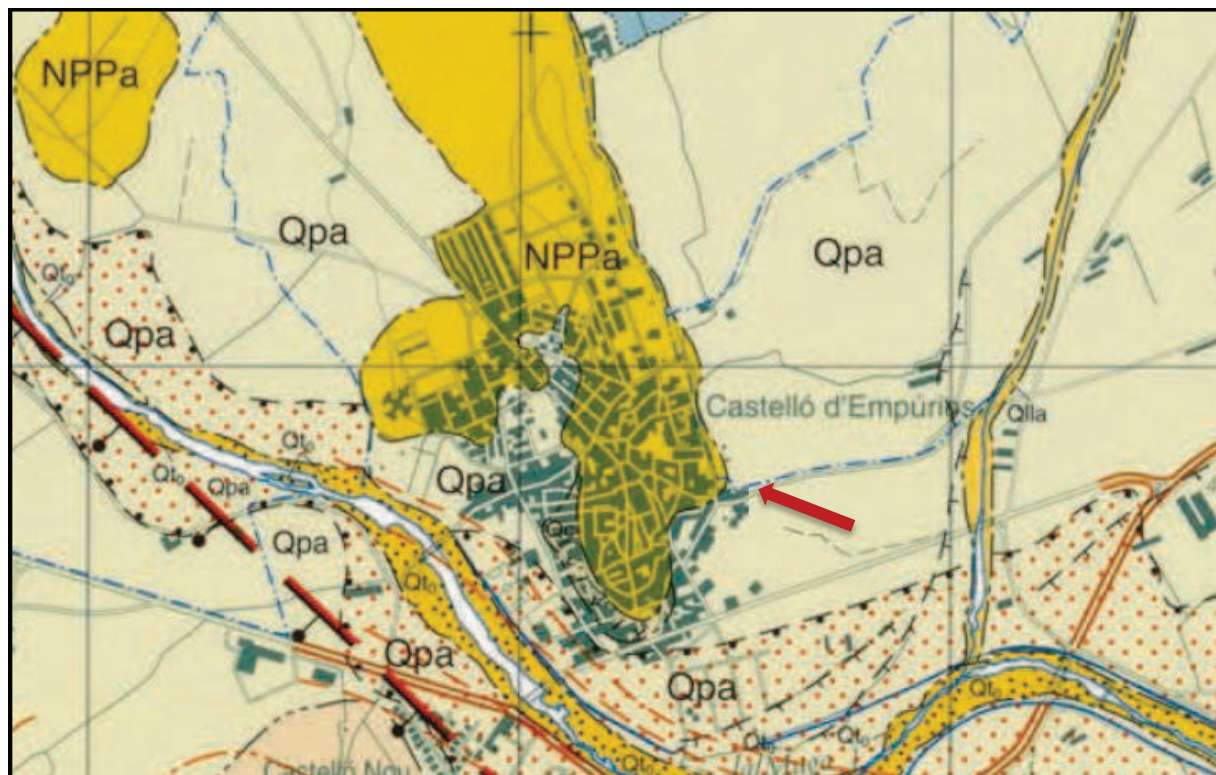


Fig. 5: Detall del mapa geològic de la zona segons catàleg l'ICGC amb indicació del lloc on s'han fet les prospeccions (http://www.igc.cat/web/ca/igc_cataleg.html)

3. Notícies històriques i intervencions anteriors

No s'escau parlar de notes històriques en tant que l'estudi que s'ha fet correspon al subsòl de la zona. No obstant això, ja hem fet una breu referència a l'església al principi de l'anterior apartat. Sí que podem fer esment, en canvi, de les diferents intervencions arqueològiques que s'han fet a les immediacions o dins la basílica de Santa Maria, i que hagin incidit en el subsòl. La primera, promociionada per l'Ajuntament de Castelló, remunta al mes de novembre de l'any 2006 i va suposar l'excavació d'un espai al costat nord de l'edifici, just on ara s'han fet els perfils de prospecció geofísica. Aquí es va excavar una superfície de 19 per 7 m, ran de la façana, a tocar de la base del campanar, i una llarga rasa, de 15 m per 1 m d'amplada, traçada en sentit N/S, perpendicular a la cala. L'excavació va proporcionar restes de les construccions més recents que es trobaven en el lloc i que foren

enderrocades per alliberar la façana nord de l'església; traces de l'alteració de l'espai a causa de la construcció de la capella barroca de la Puríssima Sang a mitjan segle XVIII; inhumacions corresponents a les successives fases de cementiri (segles XIV-XVII); restes atribuïbles a la construcció del temple gòtic; i, finalment, la troballa d'una tomba que l'anàlisi del C14 va situar al segle VIII dC.

El mes de març de 2007 l'Ajuntament també va promocionar una campanya de prospeccions geofísiques a la basílica de Santa Maria, treballs que anaren a càrrec de l'empresa Sot Prospecció Arqueològica. La lectura es va fer en una superfície de 41 m per 19 m de la nau central, i en una part de la capçalera, de 6 m per 4 m. La metodologia emprada fou el Georadar GSSI SIR-3000 amb una antena de 270MHz. Els resultats varen permetre identificar el que podrien ser diverses fases constructives que la interpretació va relacionar amb els diferents edificis anteriors a l'actual.

Finalment, entre els mesos de febrer i març de 2008 es varen practicar diverses cales per a estudiar les fonamentacions de l'església, treballs fets a través de l'empresa Àtics, S.L. i amb la promoció del Bisbat de Girona i el Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya. Al marge de les cales fetes a nivell de coberta, es va poder actuar en el subsòl de l'interior de l'edifici, especialment en la fonamentació dels pilars i d'un dels contraforts de la façana nord. És en aquest punt on es va arribar fins al nivell d'argila natural, i es va constatar el sistema de banquetes de suport dels murs perimetrals.

D'aquestes intervencions podem extreure les següents dades d'interès per a l'estudi del paleorelleu que ens ocupa:

- El subsòl, a l'extrem nord-est de la nau, en la base del primer contrafort, es va trobar a uns 2,50 m per sota del paviment de pedra, mentre que en la base del antic mur de façana de la nau -abans d'obrir les capelles laterals-, a 1,70 m. Si prenem aquest darrer punt per referència, la cota equivaldria a 14,60 m s.n.m



- A la façana nord, l'excavació del solar al nord va permetre localitzar el subsòl aproximadament a 1,50 m per sota del nivell de la plaça, el que equivaldria a uns 15 m s.n.m.
- En definitiva, l'església es va fonamentar damunt el terreny natural, que és d'argila, que acusa un clar pendent cap al sud. Aquest, si ens fixem en els topogràfics actuals i en les cotes de la porta lateral nord de l'església i la porta sud, la que dona al carrer del Carbonar, trobem una diferència d'uns 2,50 m. Per salvar-lo i accedir a l'interior de l'església pel portal nord cal baixar uns graons, mentre que per accedir des del portal sud en trobem uns altres de pujada. És evident que per aconseguir una superfície relativament plana el terreny es degué haver de rebaixar i anivellar
- El pendent també és també evident d'oest a est, seguint el relleu del puig Salner. Aquí, com insistirem en l'apartat de conclusions, creiem que l'actuació de rebaix i anivellament del terreny fou menor i que es va limitar, especialment a partir de l'obra del temple gòtic, a aixecar l'espai entre la capçalera de l'església i la muralla

Bibliografia

Anna Maria PUIG, Bibiana AGUSTÍ (2007), *Memòria d'excavació. Solar del pàrquing al nord de la Basílica, al carrer Capellans (novembre de 2006)*, Servei d'Investigacions Arqueològiques, Generalitat de Catalunya.

Roger SALA, Maria LAFUENTE, Anna Maria PUIG (2007), *Prospecció georadar a la basílica de Santa Maria de Castelló d'Empúries*, Servei d'Investigacions Arqueològiques, Generalitat de Catalunya.

Anna Maria PUIG (2008), *Memòria d'excavació. Sondejos arqueològics a la basílica de Santa Maria de Castelló d'Empúries (febrer-març de 2008)*, Servei d'Investigacions Arqueològiques, Generalitat de Catalunya.

4. Metodologia

El detall de la metodologia es pot llegir en els corresponents informes dels estudis realitzats. A mode de resum, en el cas de la prospecció geofísica s'ha seguit el mètode de la tomografia elèctrica mitjançant la col·locació d'uns elèctrodes connectats a un cable multipolar que és el que transmet les corrents i traspasa les dades llegides a un equip. Quant a la investigacions geomorfològica, s'han perforat dos sondatges, el primer fins a 6 m de profunditat i el segon fins 7,80 m, amb els quals s'ha obtingut una columna dels diferents nivells del terreny.



5. Relació dels treballs efectuats

5.1. Prospecció geofísica en el entorn de la basílica de Santa Maria de Castelló d'Empúries, ANNEX 1,

per Anna Cano, Roger Juanola i Joan Claveria

5.2. Resultats preliminars de la investigació geomorfològica del paleovessant de llevant de la basílica de Castelló d'Empúries, ANNEX 2,

per Ramon Julià, Santi Riera i l'equip tècnic de GEOSERVEI



6. Conclusions

A nivell de conclusions, apuntem un seguit de dades que són d'interès per a definir el tipus de subsòl damunt del qual es va fonamentar l'edifici de la basílica de Santa Maria a llarg de les diferents èpoques. En primer terme és important definir les característiques i el perfil del substrat del Neogen sobre el qual es troba l'església:

- El terreny natural argilós acusa un pendent de baixada cap a l'est i cap al sud, que se suposa l'original del paleorelleu dels vessants del puig Salner. Si bé aquest ja era evident a simple vista, ara s'ha pogut constatar i calcular que a l'inici de la capçalera/extrem NE de la nau, aquest es troba a una cota de 14,60 m snm mentre que al punt núm. 1 del sondatge geològic és a uns 6,10 m snm, el que significa un desnivell de 8,50 m (Fig. 6). Entre aquests dos punts hi ha una distància aproximada d'uns 60 m

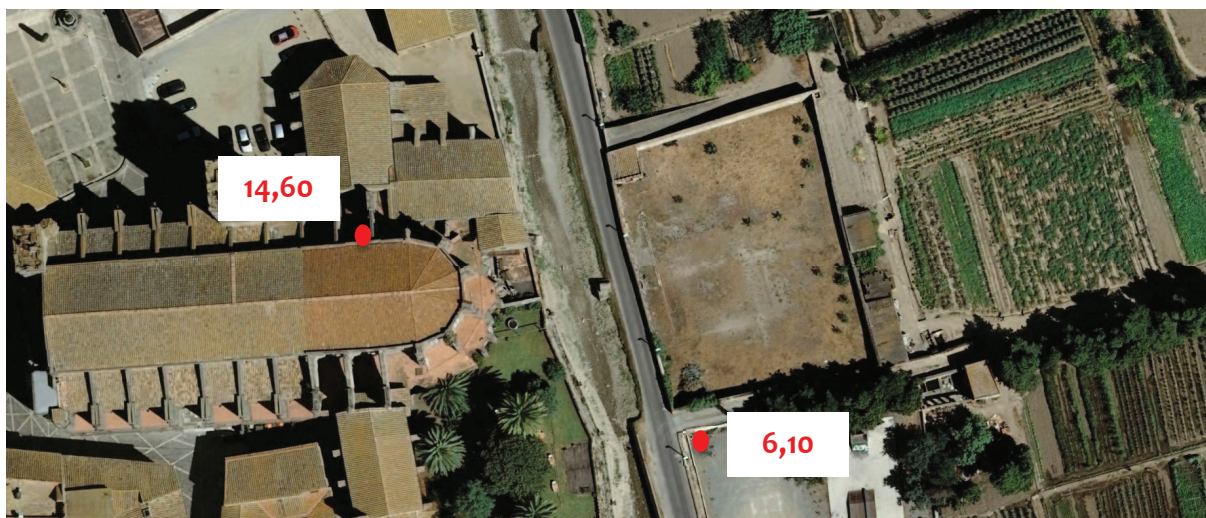


Fig. 6: Cotes del substrat del Neogen amb referència snm

- No podem precisar on acaba el perfil paleomorfològic del substrat del Neogen del vessant de llevant del puig Salner a la zona dels Horts, atès que només s'han fet dos sondatges. El cert és que entre aquests dos, separats uns 70 m i amb un desnivell actual d'1,5 m, es passa del ferm argilós al substrat de plana al·luvial de sorres, graves i llims. Si fem cas dels mapes geològics vigents, aquest tall segueix un eix

SE/NW en direcció al nord, que en el tram que correspon al centre històric de la vila segueix l'alineació de la muralla del rec del Molí, aproximadament (veure Fig. 5)

- A partir dels perfils tomogràfics realitzats en el solar al nord de l'església, en especial del perfil PTE-2 -que agafa tota la llargada de l'espai fins arribar a la muralla, en sentit est-oest, que és de 51 m-, també s'ha constatat aquest pendent. Aquí ens interessava molt d'intervenir atès que la prospecció podia proporcionar dades sobre el punt on comença el desnivell de baixada cap al rec del Molí i, en conseqüència, quin era el límit de la plataforma damunt la qual s'havia construït l'església. Avui, en aquests 51 m, el desnivell és de 1,80 m de baixada cap a l'est, pendent que ja sabem que no és real atès que a l'espai que ocupa la capçalera de l'església, que és ran de la muralla, existeixen soterranis, algun dels quals encara és practicable a través d'una obertura situada en el paviment de la terrassa mirador del Museu. Això explica que la fonamentació de la capçalera sigui molt més baixa de la que veiem per la nau. Si ens fixem en els resultats del perfil tomogràfic i en els nivells de menor resistivitat (color blau), que s'han associat a un nivell argilós, es detecta una massa sòlida a l'inici de la secció i fins als 25 m (Fig. 7). Aquest desnivell, traspassat a cotes absolutes, aniria dels 17 m fins als 15 m snm, *grosso modo*, punt a partir del qual s'aprecia una "caiguda" fins als 12 m snm. És interessant considerar que aquest tall coincideix amb la façana oest de la capella barroca de la Sang i que ocupa tota la seva amplada. A partir d'aquí podem fer dues interpretacions possibles:

- A. Quan es va construir la capella barroca es va rebaixar el terreny uns 3 m, això podria explicar els arcs de descàrrega que veiem en les façanes nord i est de la capella ran de la base visible dels murs, i també permetria interpretar el que sembla la reaparició de l'argila al final del perfil tomogràfic a una cota entorn de 14,50 m snm
- B. Que és just en aquest punt on comença el pendent sobtat del paleorelleu del vessant de llevant del puig Salner



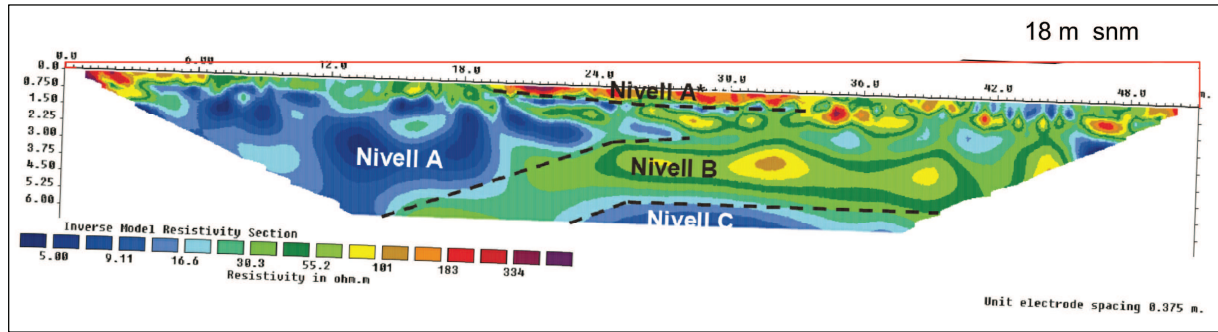


Fig. 7: Perfil de la prospecció geofísica PET-2

- No tenim cotes absolutes completes del pendent que fa el relleu cap al sud. Si ens servim de les dades obtingudes, veiem com en els 45 m que hi ha, en diagonal, entre l'extrem NW del solar prospectat i el punt proper a la capçalera, el desnivell és d'uns 1,40 m (Fig. 8). Cap al sud, en direcció al carrer del Carbonar, el pendent que avui tenim és d'uns 3 m, això és entre l'extrem NW del solar i la façana sud de l'església

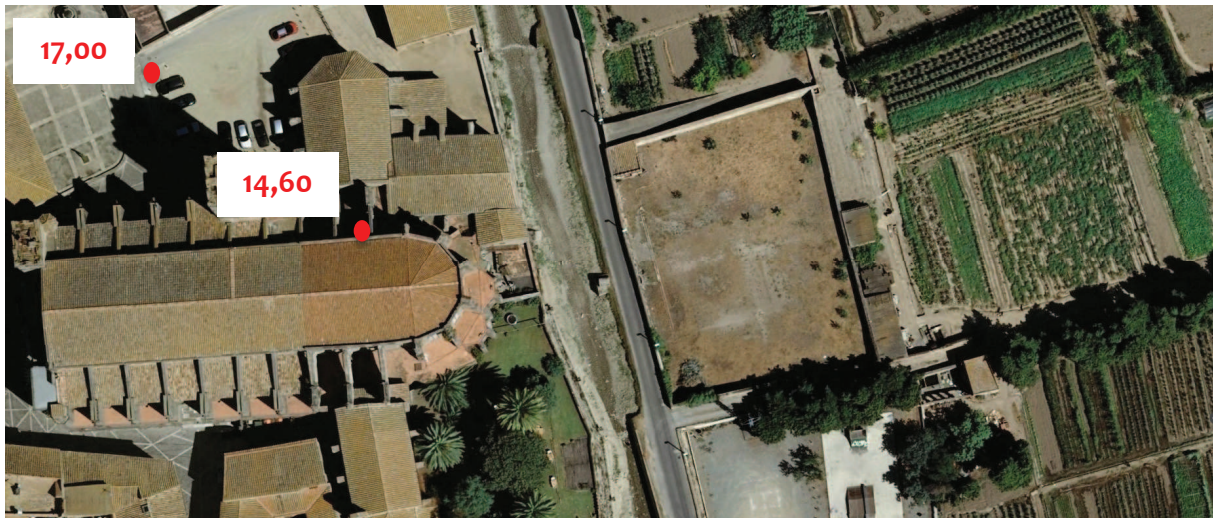


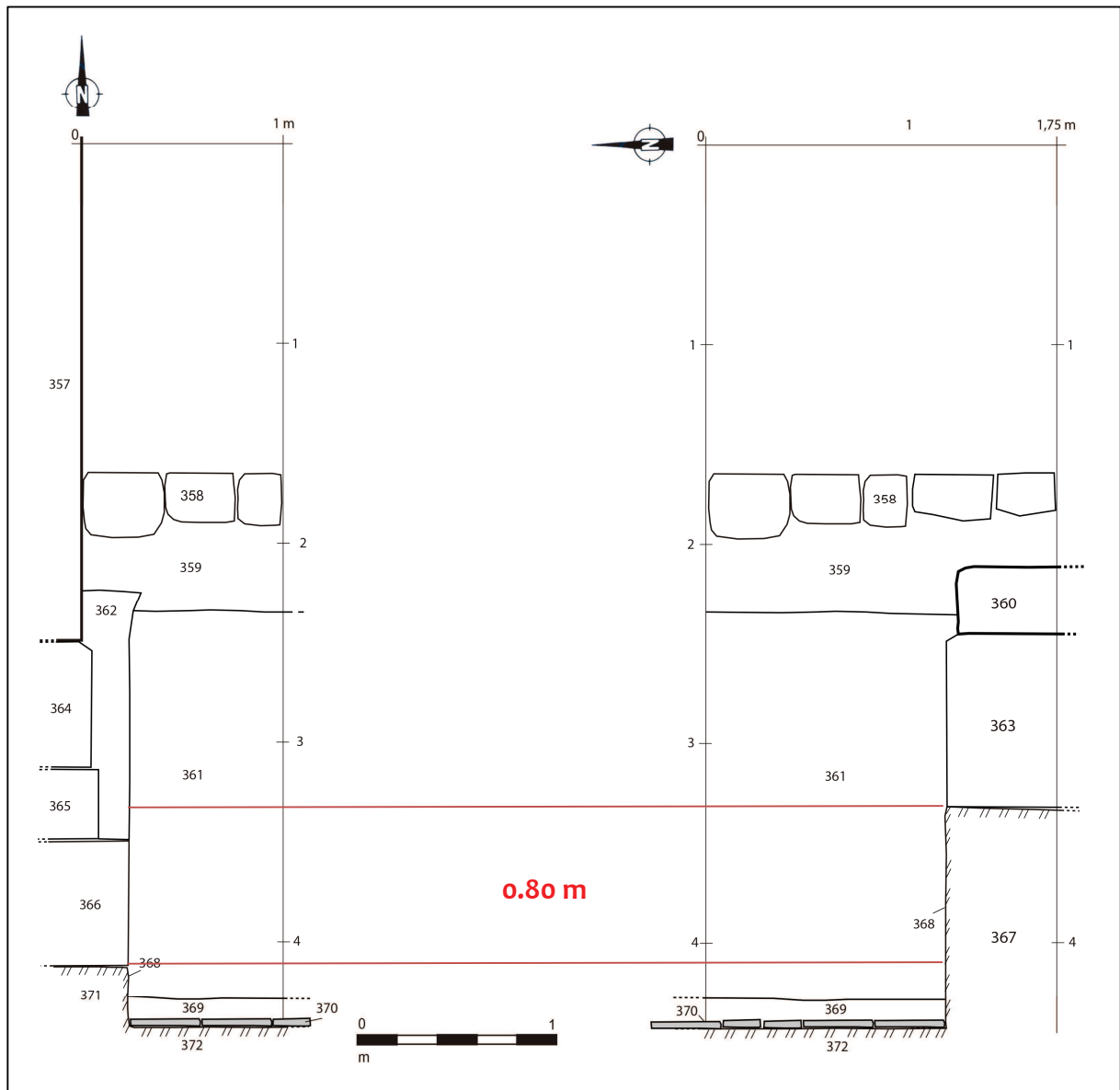
Fig. 8: Cotes del substrat del Neogen amb referència snm

A partir de les dades exposades presentem unes hipòtesis de treball que considerem caldria corroborar i afinar en propers treballs, atès que són determinants no només per a conèixer el paleorelleu damunt del qual es va implantar la primera església de Santa Maria sinó també per a obtenir dades geològiques que ens poden ajudar a comprendre les patologies que pateix l'estructura de la capçalera:

1. El pendent del terreny en sentit nord-sud no fou un impediment per a aconseguir un sòl anivellat, que segurament es va haver de rebaixar i arranjar per tal de fonamentar les successives esglésies entre els segles IX/X i el XIV. No obstant això, creiem que el rebaix no fou total, fins aconseguir una superfície ben anivellada, sinó que, i sobretot amb l'obra del temple gòtic, si bé es va procedir a rebaixar la cara nord, a la cara sud es degueren fer aportacions de terres per apujar la cota del paviment de la nau
2. El pendent en sentit est-oest tampoc degué ser un impediment en les dues fases romàniques, però sí que degué ser important en la construcció de l'edifici gòtic, sobretot a la part d'ampliació de la capçalera. Si bé el temple sabem que es va ampliar cap a l'oest i va ocupar part de la sagrera, tot traslladant la façana uns 25 m, la construcció de la nova capçalera va obligar a ocupar part de l'espai disponible en direcció a la muralla i, en conseqüència, fonamentar l'obra a una cota més baixa, sobre el pendent del vessant de llevant del puig Salner, fins a trobar el ferm argilós. En alguns punts aquest espai es va reblir, per assolir una cota de paviment anivellada, però disposem d'evidències que es va deixar buit parcialment, ocupat per soterranis. L'opció de deixar buit l'espai era molt més aconsellable, ja que el pes de les terres podrien posar en perill l'estabilitat de la muralla. Al respecte d'aquesta construcció, que avui veiem molt alterada i amb trams d'evidents reparacions, creiem que degué veure's afectada per la conducció del rec del Molí, empresa feta a partir de l'any 1331, quan encara estava en obres l'edifici gòtic
3. El pendent del substrat en sentit est-oest, en direcció als Horts, l'hem estimat en 8,50 m, això és des de la cota de l'inici de la capçalera (extrem NW de la nau) fins al punt del sondatge núm. 1. Hem d'entendre que aquest pendent seria més o menys regular. Damunt seu s'hauria fonamentat la muralla i, potser seguint la traça d'un fossat, s'hauria canalitzat el rec del Molí. Avui el terraplè del rec, que el separa dels Horts, desfigura el vessant natural
4. Restaria fer atenció al desnivell d'uns 3 m de profunditat que trobem per sota la capella de la Sang. No tenim suficients dades per a considerar si es tracta d'un rebaix antròpic o bé és natural. Si recuperem les seccions de la cala feta a l'entrada de la capella de la Sang l'any 2008, veiem com la fonamentació del contrafort UE 357



sobre l'argila, amb les seves successives banquetes UE 364, 365 i 366, és 80 cm per sota de la fonamentació de l'antiga façana nord de l'edifici gòtic UE 363 -façana desplaçada posteriorment més al nord amb la construcció de les capelles obertes a la nau- (la UE 360 correspon al mur de façana obert per a fer la capella).



La distància física entre aquests dos punts és mínima, per la qual cosa fa incomprensible aquest salt, a no ser que tingui relació amb el desnivell observat en el perfil tomogràfic. De tractar-se d'un rebaix antròpic, hauríem de considerar la seva anterioritat a la capella de la Sang, tot i coincidir-hi, més o menys, en superfície,

atès que els 80 cm de diferència observats són del moment de la construcció gòtica. A tall d'hipòtesi, no podem descartar la possibilitat que es tracti d'alguna mena de fossat antic, potser associat a la muralla altmedieval del Puig Salner, que tancava el perímetre de la propietat episcopal al voltant de l'església de Santa Maria. Un fossat similar, excavat a l'argila, es va localitzar en el perímetre defensiu del castell dels comtes al Puig del Mercadal, on avui hi ha la plaça del rei Jaume I

A partir de les hipòtesis plantejades, proposem que seria de molt interès fer una comprovació del pendent natural del terreny en un tram entre la muralla i el centre del solar, més a l'oest de la façana de la capella de la Sang. Aquesta es podria fer mitjançant una rasa, oberta amb màquina excavadora. També seria necessari fer altres sondatges geològics a la part exterior, fora murs, per a perfilar el límit del substrat del Neogen, així com a obtenir material per a fer datacions radiocarbòniques.





GS ingenieria

Geofísica ciencia geología



**PROSPECCIÓ GEOFÍSICA EN EL ENTORN DE LA BASÍLICA DE SANTA
MARIA DE CASTELLÓ D'EMPÚRIES (ALT EMPORDÀ)
NOVEMBRE DE 2016**

**PROSPECCIÓ GEOFÍSICA EN EL ENTORN DE LA BASÍLICA DE SANTA MARIA
DE CASTELLÓ D'EMPÚRIES (ALT EMPORDÀ). NOVEMBRE DE 2016.**

Client: **AJUNTAMENT DE CASTELLÓ D'EMPÚRIES**

Data: 14/11/2016

Expedient: 16105MOD

Realitzat per:

Anna Cano i Cervelló
Geòloga col. 4517

Roger Juanola Codina
Enginyer Prospector

Joan Claveria Marimon
Físic Prospector

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ

2. SITUACIÓ

3. TOMOGRAFIA ELÈCTRICA

3.1 Principi geofísic

3.2 Metodologia de camp

4. TREBALLS REALITZATS

4.1 Observacions

4.2 Prospecció elèctrica

4.2.1 Justificació del dispositiu

4.2.2 Situació dels treballs de camp

4.2.3 Característiques dels perfils

5. RESULTATS

6. RESUM DE RESULTATS

ANNEXES

I. SITUACIÓ TREBALLS REALITZATS

II. DOCUMENTACIÓ FOTOGRÀFICA

III. BIBLIOGRAFIA

1. INTRODUCCIÓ

La **Dra. Anna M. Puig Griessenberger** ha sol·licitat la realització d'un estudi geofísic mitjançant **tomografia elèctrica** en una zona exterior de la **Basílica de Santa Maria**, en el TM de Castelló d'Empúries (Alt Empordà).

L'objectiu de la prospecció mitjançant tomografia elèctrica és la de **caracteritzar geoelectricament** la zona d'estudi, sota les línies prospectades.

2. SITUACIÓ

A la zona d'estudi s'hi accedeix des de *Barcelona* per la **AP-7** fins a *Figueres*. Prendre sortida *Roses* i seguir per la carretera **C-260**, que porta directament a *Castelló d'Empúries*.

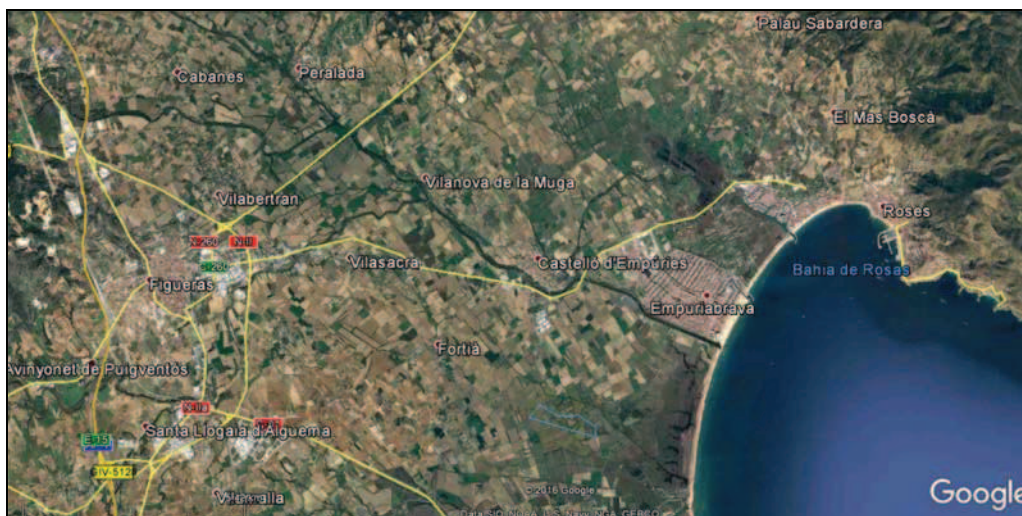


Fig. 1. Ortofoto de l'entorn de la zona objecte d'estudi (imatge extreta de Google earth). Sense escala

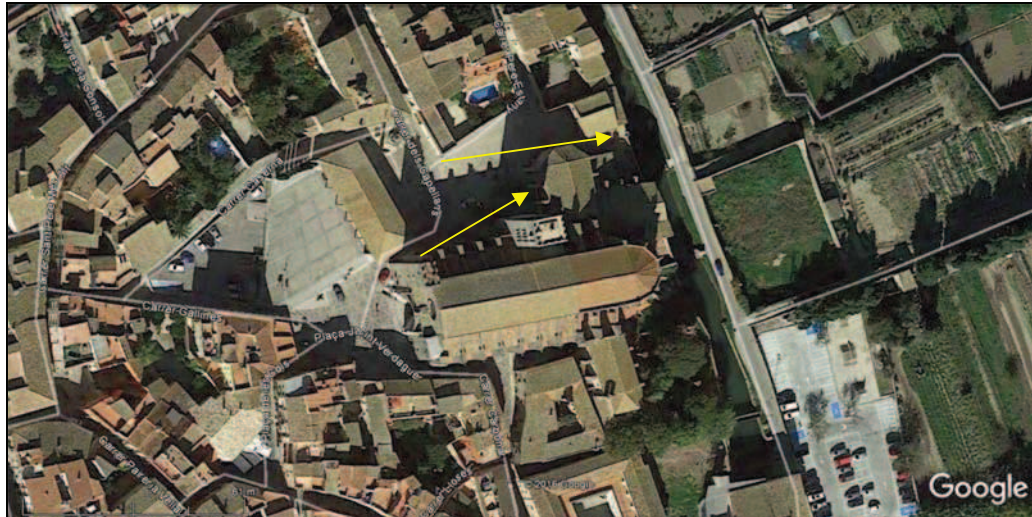


Fig. 2. Ortofoto de major detall de la zona objecte d'estudi (imatge extreta de Google earth). Sense escala

3. TOMOGRAFIA ELÈCTRICA

3.1 Principi geofísic

Aquesta tècnica es basa en la **caracterització elèctrica del subsòl** a partir de la determinació de la **resistivitat del terreny**.

Les mesures de resistivitat aparent s'obtenen, a grans trets, després d'energitzar amb corrent contínua (I) el terreny per mitjà de dos o més electrodes, anomenats "electrodes de corrent" i de llegir la diferència de potencial (ΔV) del corrent circulant, a través de dos electrodes de mesura, anomenats "electrodes de potencial". La distribució del potencial elèctric en el subsòl permet reconstruir la distribució de corrent en el subsòl i per tant la geometria de les diferents estructures amb diferent resistivitat elèctrica.

La resistivitat aparent (ρ_a) es calcula amb la següent fórmula:

$$\rho_a = K \cdot \Delta V / I$$

on K és el factor geomètric de la configuració electròdica utilitzat i depèn de les distàncies i de les posicions dels electrodes.

Cada nivell amb la seva resistivitat s'associa a una litologia o a un canvi de les característiques físiques del terreny.

L'equip de tomografia mesura les **resistivitats** de les **diferents litologies a diferents profunditats** i en diferents posicions laterals, realitzant d'aquesta manera un perfil-secció en 2D on s'observen diferents nivells amb diferents resistivitats.

La Tomografia Elèctrica és un mètode geofísic d'alta resolució que s'aplica:

- per determinar diferents litologies, canvis laterals de materials, profunditats i morfologies.
- per determinar el nivell freàtic.
- per determinar cavitats naturals o antròpiques.
- per limitar plomes de contaminants en el subsòl i monitoratge d'abocadors.
- per determinar fractures, zones de debilitat estructural.
- per correlacionar sondatges...

El model 2D, donat com a resultat, s'obté de la inversió de les dades obtingudes en el camp i representades en la pseudosecció. Per fer aquesta inversió s'ha utilitzat el programa informàtic RES2DINV (Loke i Barker 1996) que permet generar diversos models d'isoresistivitat pels diferents materials amb una geometria determinada per cada nivell.

El programa treballa tant amb deferències finites com amb elements finits i pot tractar configuracions tant diferents com Wenner, Pol-Pol, Pol-Dipol, Wenner-Schlumberger i Dipol-Dipol.

3.2 Metodologia de camp

En la tomografia elèctrica la metodologia de camp consisteix en **col·locar** al llarg d'unes direccions pre-establertes (perfils de tomografia) prèviament determinades en funció del que es pretengui detectar o analitzar, una sèrie d'**electrodes** a una **distància proporcional** a la **longitud del perfil** i a la **profunditat d'investigació** desitjada. Els electrodes es connecten a un cable multipolar que transmet les diferents corrents i lectures a un equip d'adquisició i energització central que controla directament i immediatament totes les dades.

4. TREBALLS REALITZATS

El passat dia **4 de Novembre de 2016** dos dels nostres tècnics es desplacen a *Castelló d'Empúries*, a les immediacions de la *Basílica de Santa Maria* per realitzar una prospecció elèctrica a la zona d'aparcament que queda al nord de la mateixa .

4.1 Observacions

Els perfils es realitzen aprofitant la màxima llargària possible. Pel perfil *PTE-1* va ser necessari perforar des del inici del perfil fins els 22m per tal de implementar els electrodes.

La topografia no és rellevant i no s'ha tingut en compte la correcció topogràfica.

4.2 Prospecció elèctrica

Per aquesta investigació s'han realitzat **2 perfils de tomografia elèctrica** amb doble dispositiu (veure ubicació de la zona en el *l'Annex I: Situació dels treballs realitzats*).

4.2.1 Justificació del dispositiu

Els dispositius utilitzat en els perfils de tomografia elèctrica ha estat el **Wenner-Schlumberger**, aquest permet detectar variacions de resistivitat tant en lateral com en vertical, i **Dipol-Dipol** permeten definir fractures i contactes litològics inclinats, així com galeries i cavitats,

En el dispositiu Wenner-Schlumberger els **elèctrodes que mesuren la diferència de potencial, M i N, són interiors al dipol format pels elèctrodes de corrent A i B**. Aquesta configuració és la més emprada per tenir una bona relació entre resolució horitzontal i vertical. La manera de disposar els elèctrodes sobre el perfil exigeix que la distància entre els M i N es mantingui constant, *a*, i que la distància entre el parells d'elèctrodes A-M i N-B, augmenti des del mínim valor, *a*, fins a completar tot el perfil amb la distància màxima entre els extrems A i B.

Les profunditats d'investigació a les que s'arriba per la configuració *Dipol-Dipol* està en funció de la longitud total del perfil (L) i de l'anomenat nivell de mesura (n).

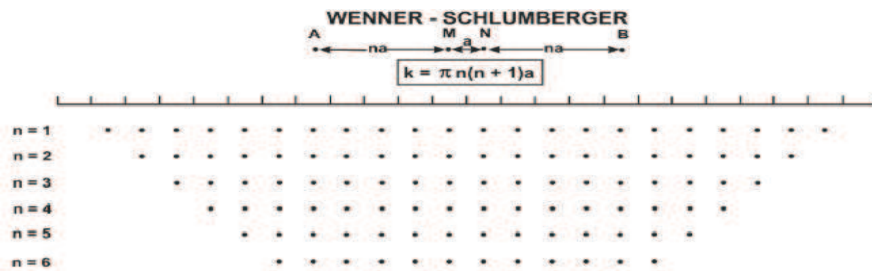


Fig. 3. Dispositiu Wenner-Schlumberger

Les profunditats d'investigació a les que s'arriba per la configuració *Wenner-Schlumberger* està en funció de la longitud total del perfil (L) i de l'anomenat nivell de mesura (n).

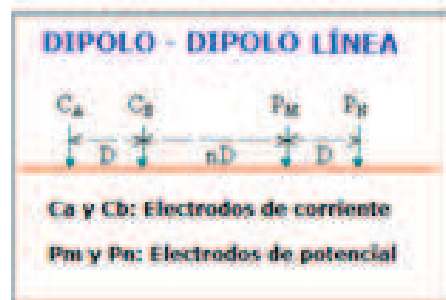


Fig. 4. Dispositiu Dipol-Dipol

4.2.2 Situació dels treballs de camp

La ubicació dels treballs realitzats està representada en el plànol de situació (*Annex I*) i en la documentació fotogràfica (*Annex III*).

Tot seguit es presenta quadre amb les UTM del perfil realitzat.

	Coordenades (UTM) [m]			
	Inici		final	
	X	Y	X	Y
PTE-1	506252	678604	506294	678620
PTE-2	506273	678628	506325	678631

Quadre 1. Coordenades UTM (ETRS 89). Error +/-5m

La ubicació final dels perfils s'ha realitzat d'acord a les indicacions del client, buscant sempre que les dades obtingudes siguin representatives al objecte del present estudi.

4.2.3 Característiques del perfil

Les característiques del perfil es presenten en el següent quadre:

Perfil de tomografia elèctrica	Longitud del perfil [m]	Núm. elèctrodes	Distància elèctrodes [m]	Dispositiu utilitzat
PTE-1	42	57	0.75	<i>Wenner-Schlumberger i Dipol-Dipol</i>
PTE-2	51	69	0.75	<i>Wenner-Schlumberger Dipo-Dipol</i>

Quadre 2. Característiques dels perfils.

5. RESULTATS

Tot seguit es presenten els **resultats** obtinguts a partir de la investigació realitzada amb **tomografia elèctrica**.

Perfil de Tomografia Elèctrica PTE-1

El model geoelectric resultant de la inversió del **perfil PTE-1** (Fig. 5), mostra el model de distribució de resistivitat elèctriques de la secció prospectada. La longitud total del perfil és de 42m.

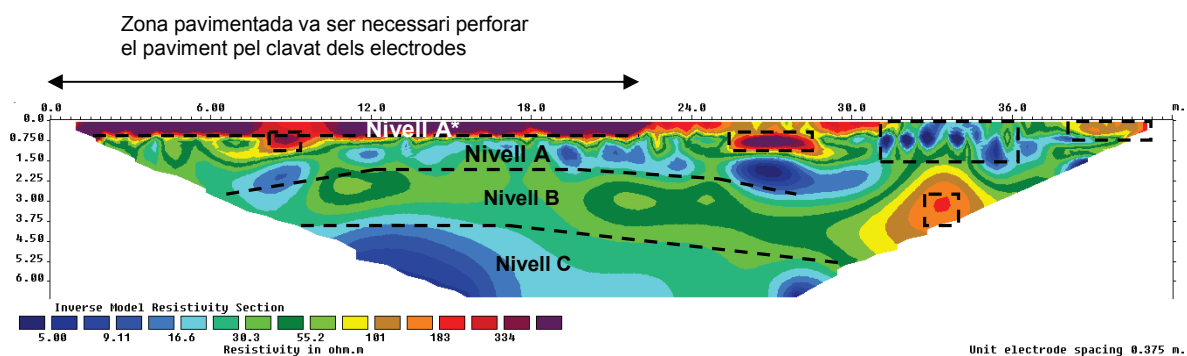


Fig. 5. Model geoelectric resultant pel perfil PTE-1.

El model presenta **tres nivells** en termes de resistivitat elèctrica, els valors de resistivitats determinats s'han associat als materials de la zona segons descripcions obtingudes a partir del plànol de l' *ICGC* (*Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya*) de la zona. Es determina:

- un primer nivell, **Nivell A**, caracteritzat per **valors de resistivitat elèctrica de l'ordre de <30 Ohm·m**. Es tracta d'un nivell que s'observa pràcticament al llarg de tot el recorregut horitzontal del perfil. Presenta una potència d'aproximadament 1.5-2m, i s'associa a un nivell de **material fi**, tipus **argila**. Dins d'aquest nivell, dels 0 als 22m del recorregut horitzontal es determina un **nivell A***, caracteritzat per valors més resistius que s'associa a un **efecte de la zona pavimentada**. I s'observen dues zones puntuals resistives, una primera centrada a 9m i una segona centrada a 27m del inici del perfil.
- s'observa un segon nivell, **Nivell B**, caracteritzat per **valors de resistivitat elèctrica de l'ordre de <100Ohm**. Presenta una potència d'1.5-2m i s'identifica dins del model amb colors verds, i **podria associar-se a un nivell d'argiles, llims i/o sorres fines**.

- i es determina un tercer nivell, **Nivell C**, caracteritzat per **valors de resistivitat** elèctrica **<30 Ohm·m**. Es determina al llarg de tot el recorregut del perfil i fins a la màxima profunditat de investigació i **s'associa a un nivell argilós**.

Perfil de Tomografia Elèctrica PTE-2

El model geolèctric resultant de la inversió del **perfil PTE-2** (Fig. 6), mostra el model de distribució de resistivitat elèctriques de la secció prospectada. La longitud total del perfil és de 51m.

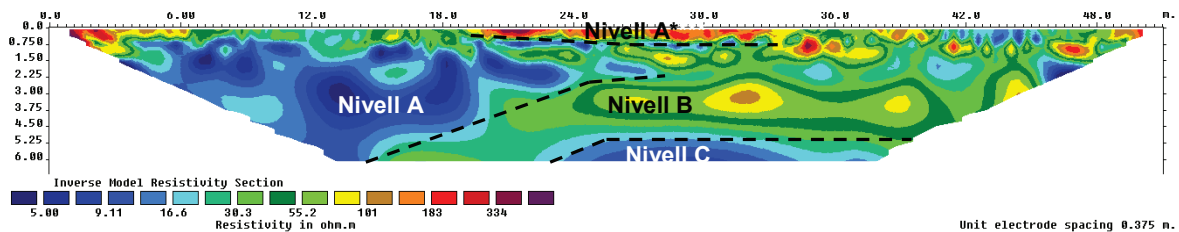


Fig. 6. Model geolèctric resultant pel perfil PTE-2.

El model presenta **tres nivells** en termes de resistivitat elèctrica, els valors de resistivitats determinats s'han associat als materials de la zona segons descripcions obtingudes a partir del plànol de l' *ICGC (Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya)* de la zona. Es determina:

- un primer nivell, **Nivell A**, caracteritzat per **valors de resistivitat** elèctrica **de l'ordre de <30 Ohm·m**. Es tracta d'un nivell que s'observa des del inici del perfil i els 24m aproximats, en aquest tram es determina fins a la màxima profunditat d'investigació, i s'associa a un nivell de **material fi**, tipus **argila**. Dins d'aquest nivell, dels 18 als 36m del recorregut horitzontal es determina un **nivell A***, caracteritzat per valors més resistius que s'associa a un **efecte d'una zona més compactada i pavimentada**.
- s'observa un segon nivell, **Nivell B**, caracteritzat per **valors de resistivitat** elèctrica de l'ordre de **<100Ohm**. S'identifica dins del model amb colors verds, i **podria associar-se a un nivell de d'argiles, llims i/o sorres fines**.
- i es determina un tercer nivell, **Nivell C**, caracteritzat per **valors de resistivitat** elèctrica **entre <30 Ohm·m**. Es determina fins a la màxima profunditat de investigació i **s'associa a un nivell argilós**.

6. RESUM DE RESULTATS

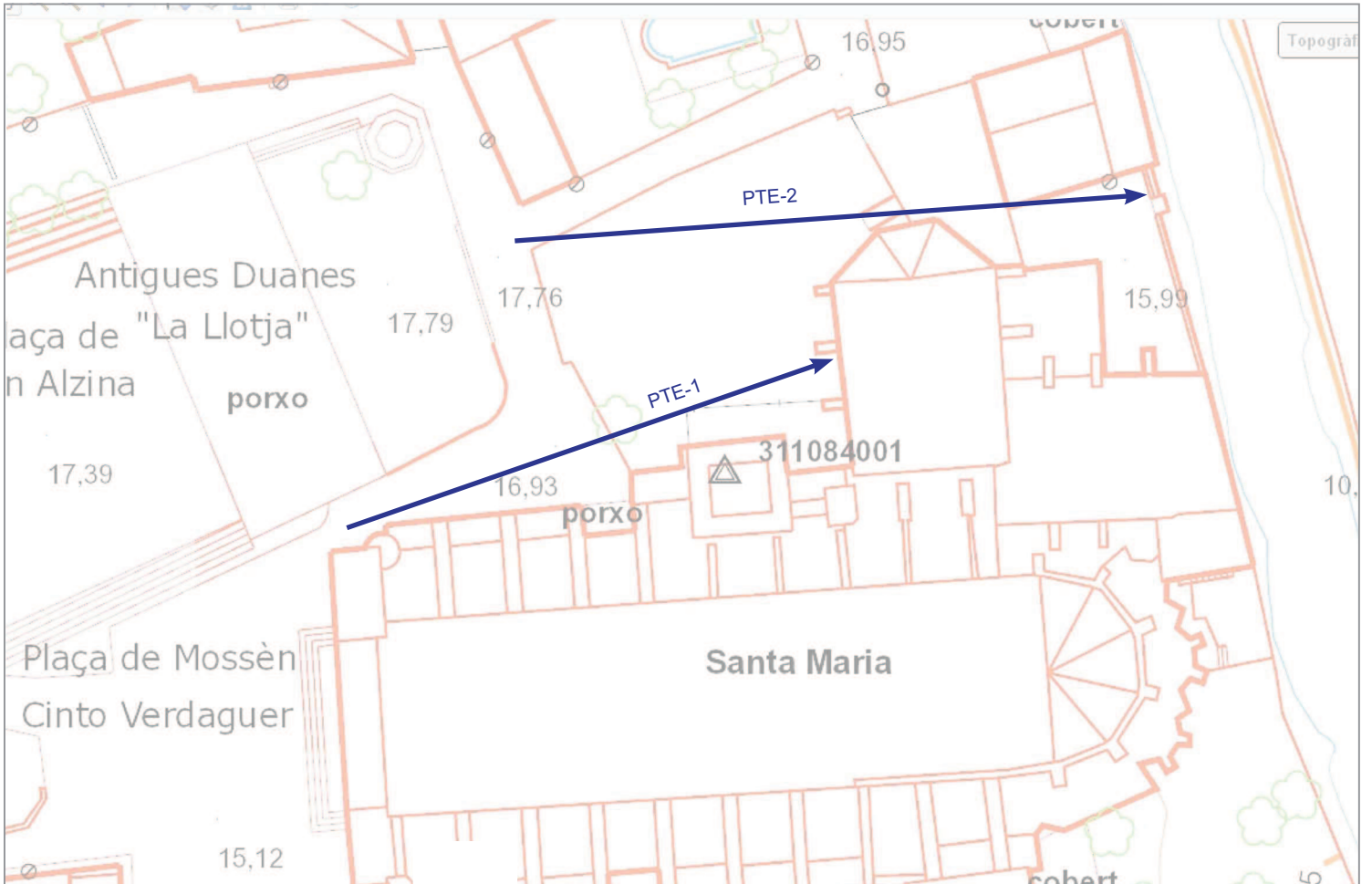
Els models presenten **tres nivells** en termes de **resistivitat elèctrica**, els valors de resistivitats determinats s'han associat als materials de la zona segons descripcions obtingudes a partir del plànol de l' *ICGC (Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya)* de la zona. Es determina de manera general:

- un primer nivell, caracteritzat per **valors de resistivitat elèctrica de l'ordre de <30 Ohm·m**. S'associa a un nivell de **material fi**, tipus **argila**. En el perfil *PTE-1*, dels 0 als 22m del recorregut horitzontal es determina una zona caracteritzada pels valors més resistius que s'associa a un **efecte de la zona pavimentada**. I en el cas del *PTE-2*, dels 18 als 36m del recorregut horitzontal, també s'observa una zona caracteritzada per valors més resistius que s'associa a un **efecte d'una zona més compacta i pavimentada**.
- s'observa un segon nivell, caracteritzat per **valors de resistivitat elèctrica de l'ordre de <100Ohm·m** que **podria associar-se a un nivell d'argiles, llims i/o sorres fines**.
- i es determina un tercer nivell, caracteritzat per **valors de resistivitat elèctrica entre <30 Ohm·m**. Es determina fins a la màxima profunditat de investigació i **s'associa a un nivell argilós**.

En el cas de disposar de columnes en la zona investigada, la correlació de materials i cotes es podria ajustar.

GS Ingeniería Geofísica S.L.P queda a la seva disposició per a qualsevol dubte o consulta

I. SITUACIÓ DELS TREBALLS REALITZATS



II. DOCUMENTACIÓ FOTOGRÀFICA



Fotografia 1. Perfil de tomografia elèctrica PTE-1.



Fotografia 1. Perfil de tomografia elèctrica PTE-1.



Fotografia 3. Perfil de tomografia elèctrica PTE-1.



Fotografia 4. Perfil de tomografia elèctrica PTE-2.



Fotografia 5. Perfil de tomografia elèctrica PTE-2.



Fotografia 6. Perfil de tomografia elèctrica PTE-2.

III. BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFÍA

LOKE, M.H., *The incersion of two dimentional apparent resistivity data*. Unpubl. Ph. D. Thesis, Un. Of Birmingham (U.K., 1994)

LOKE, M.H. & BARKER, R.D., *Practical techniques for 3D resistivity surveys and data inversion*. Geophysical prospecting

SILVESTER, P.P & FERRARI, R.L., *Finit elements for electrical engineers*. Cambridge University Press (1990).

XU, B. & NOEL, M., *On the completeness of data sets with multielectrode system for electrical resistivity survey*. Geophysical Prospecting (1993).

Nota tècnica preliminar

RESULTATS PRELIMINARS DE LA INVESTIGACIÓ GEOMORFOLÒGICA DEL PALEOVESSANT DE LLEVANT DE LA BASÍLICA DE CASTELLÓ D'EMPÚRIES

DESEMBRE 2016

1. INTRODUCCIÓ I OBJECTIU

Seguint indicacions de l'ÀREA DE PATRIMONI HISTÒRIC de l'AJUNTAMENT DE CASTELLÓ D'EMPÚRIES i d'acord amb ANNA Ma. PUIG, directora de les actuals excavacions arqueològiques de l'àmbit de la basílica de Castelló d'Empúries, s'han efectuat uns primers treballs d'investigació geomorfològica del promontori neogen en què s'assenta l'edifici i el seu entorn.

L'objectiu és disposar d'unes primeres dades relatives a la paleogeomorfologia del vessant de llevant del promontori on s'assenta la basílica, que permetin tenir informació sobre la geometria i continuïtat del paleorelleu que va des dels contraforts de l'edifici fins a l'actual plana al·luvial.

Els treballs han consistit en la perforació de **2 sondatges d'investigació** que han estat testificats i estudiats per un equip format per diversos investigadors: Ramon JULIÀ (geomorfòleg, IJA-CSIC); Santi Riera (Departament de Prehistòria, Història Antiga i Arqueologia de la Universitat de Barcelona); i l'equip tècnic de GEOSERVEI.

Paral·lelament als treballs paleogeomorfològics, també s'han dut a terme actuacions de recerca del subsòl per part d'altres equips, mitjançant mètodes arqueològics i de prospecció electromagnètica. En el moment de redactar aquesta nota tècnica no hi ha hagut ocasió encara de posar en comú el conjunt dels resultats dels diversos equips, de manera que el que segueix a continuació tant sols són les dades obtingudes amb els sondatges, però no la seva interpretació integrada.

2. RESULTATS

Els sondatges s'han realitzat amb la idea de configurar un primer perfil paleogeomorfològic, que inclogui el talús de llevant de la basílica i part de l'antiga plana al·luvial de la Muga o de la Mugueta. A la **Figura 1 (Annex 01)** s'indica esquemàticament la ubicació general dels punts de sondatge i el perfil teòric que es pretén estudiar.

La testificació dels sondatges ha donat com a resultat la identificació dels materials que es descriuen a continuació.

2.1. Sondatge BASI-S1

0 a 0,26 m: Terraplè formigonat

0,26 a 0,90 m: Dipòsit caòtic de llims arenosos de color marró fosc amb presència ocasional

de gravetes i alguns fragments dispersos de fauna, aparentment bivalbs marins. Fragment de carbons. La fracció arenosa sembla de descomposició de granit, amb quars i miques negres. Podria ser un dipòsit antropitzat.

- 0,90 a 1,40 m: Substrat neogen argil·lo·l·limòs marró, amb grans aïllats de mida graveta (pissarra i quars).
- 1,40 a 1,42 m: Substrat neogen llim arenòs molt fi
- 1,42 a 6,00 m: Substrat neogen argil·lo·l·limòs marró, amb abundància de crostes de precipitació de ferro i manganès. Amb nòduls de carbonat. Aparentment no presenten fauna. Color marró ataronjat amb taques difuses de color gris i verdós. Aquest color gris-verdós correspon al color original del dipòsit (fàcies de plana d'inundació), mentre que els colors ataronjats corresponen a edafització.

El nivell superior (0,26 a 0,90 m) s'interpreta com a dipòsit caòtic antropitzat. A partir de 0,90 m apareix el substrat neogen. No s'ha pogut diferenciar cap nivell o mostra apte per a ser datada radiocarbònicament.

2.2. Sondatge BASI-S2

- 0 a 0,46 m: Sorra i graveta amb matriu llimosa. Color fosc. Orgànica, amb arrels.
- 0,46 a 1,20 m: Sorra i graveta amb matriu llimosa, amb presència de clastes de mida centimètrica (4 cm). Presència de fragments aïllats de carbó i ceràmica. Presenta certa consistència. Apareixen cargols terrestres. Dipòsit caòtic. Possiblement antròpic.
- 1,20 a 1,80 m: Sorra marró de mida de gra mig, amb fragments de cargols terrestres. Forma part d'una unitat més potent, granodecreixent a sostre.
- 1,80 a 3,10 m: Sorra de mida de gra fi a llimosa, presenta un canvi de color respecte el tram superior, de marró a gris-marronosa. Sense fauna aparent, només ocasionals fragments de gasteròpodes. A 2,00 nivell de sorra fina neta. Segueix amb passades de llim arenós i sorra fina. A 2,90 fragment de *Pisidium* (hàbitat d'aigua dolça).
- 3,10 a 7,80 m: Sorra grollera de color marró, amb intercalacions de sorres de mida de gra fi. Amb algun clast ocasional de quars.

Els materials d'aquest sondatge s'interpreten com a dipòsits de plana al·luvial de la Muga, o bé de la Mugueta. Les sorres són de tipus fluvial i tant poden correspondre a fàcies de canal fluvial, tot i que no s'ha arribat a detectar la fracció més gravosa basal, o fàcies de desbordament lateral de canal fluvial. En tot cas, a nivell general es pot considerar que formen part d'un antic lòbul fluvial amb influència de la zona litoral. No s'ha observat material apte per a efectuar datacions radiocarbòniques fiables.

3. CONCLUSIONS

Els sondatges realitzats posen de manifest les conclusions preliminars següents:

1. En la ubicació del sondatge **BASI-S1**, dins el parking de la Farinera i a prop del rec del Molí (Figura 1/Annex 01), el substrat neogen apareix immediatament a una profunditat estimada de 0,90 m respecte el terraplè formigonat del parking. Aquesta informació, conjuntament amb la obtinguda per la resta dels equips de treball participants, pot ajudar a establir unes primeres hipòtesis sobre la continuïtat del substrat, des de la plana al·luvial fins el talús de ponent del rec del Molí, i d'aquí fins la base natural on s'assenta la basílica.
2. En el sondatge **BASI-S2** apareixen dipòsits d'un antic lòbul fluvial amb influència litoral. Sota el tram arenós detectat en aquest sondatge és possible l'aparició de nivells fangosos, que segurament es podran datar radiocarbònicament i permetran establir una datació relativa del esdeveniment fluvial.
3. Sembla recomanable i interessant continuar la recerca en la zona de plana d'inundació immediata al talús on s'assenta la basílica, amb alguna prospecció més que permeti datacions radiocarbòniques, i establir bé les cotes de les prospeccions arqueològiques i geolèctriques realitzades al peu de la basílica.

Girona, 21 de desembre 2016

ANNEX 01

Figura 01: Situació dels sondatges realitzats

Figura 02: Columna litològica sondatge BASI-S1

Figura 03: Columna litològica sondatge BASI-S2

Figura 04: Caixes mostres BASI-S1



Figura 05: Caixes mostres BASI-S2

Figura 01: Situació dels sondatges realitzats



Figura 02: Columna litològica sondatge BASI-S1

Figura 03: Columna litològica sondatge BASI-S2

Projecte	RESULTATS PRELIMINARS DE LA INVESTIGACIÓ GEOMORFOLÒGICA DEL PALEOVESSANT DE LLEVANT DE LA BASÍLICA DE CASTELLÓ D'EMPÚRIES	Contractant	 AJUNTAMENT CASTELLÓ D'EMPÚRIES	 GeoServei S.L. PROJECTES I GESTIÓ AMBIENTAL		
Figura nº	ANNEX 01- Figura 03	Mètode perforació	rotació	utm (x)	506420,00	
Identificació punt	BASI -S2	Inici/final perforació	04/11/2016	04/11/2016	utm (y)	4678596,00
Toponímia	Camí als horts	Unitat	Neogen Empordà	utm (z)	5,40 msnm	

Prof. (m)	NF	perf (t')	COLUMNA LITOLÒGICA										C o l o r s	Unitat	LITOLOGIA	Cabal (m3/h)	K	E. CONSTRUCTIU		
			1	2	3	4	5	X	SH	HS/S	SF/F	SM/SC						VC	GRV	S/LM

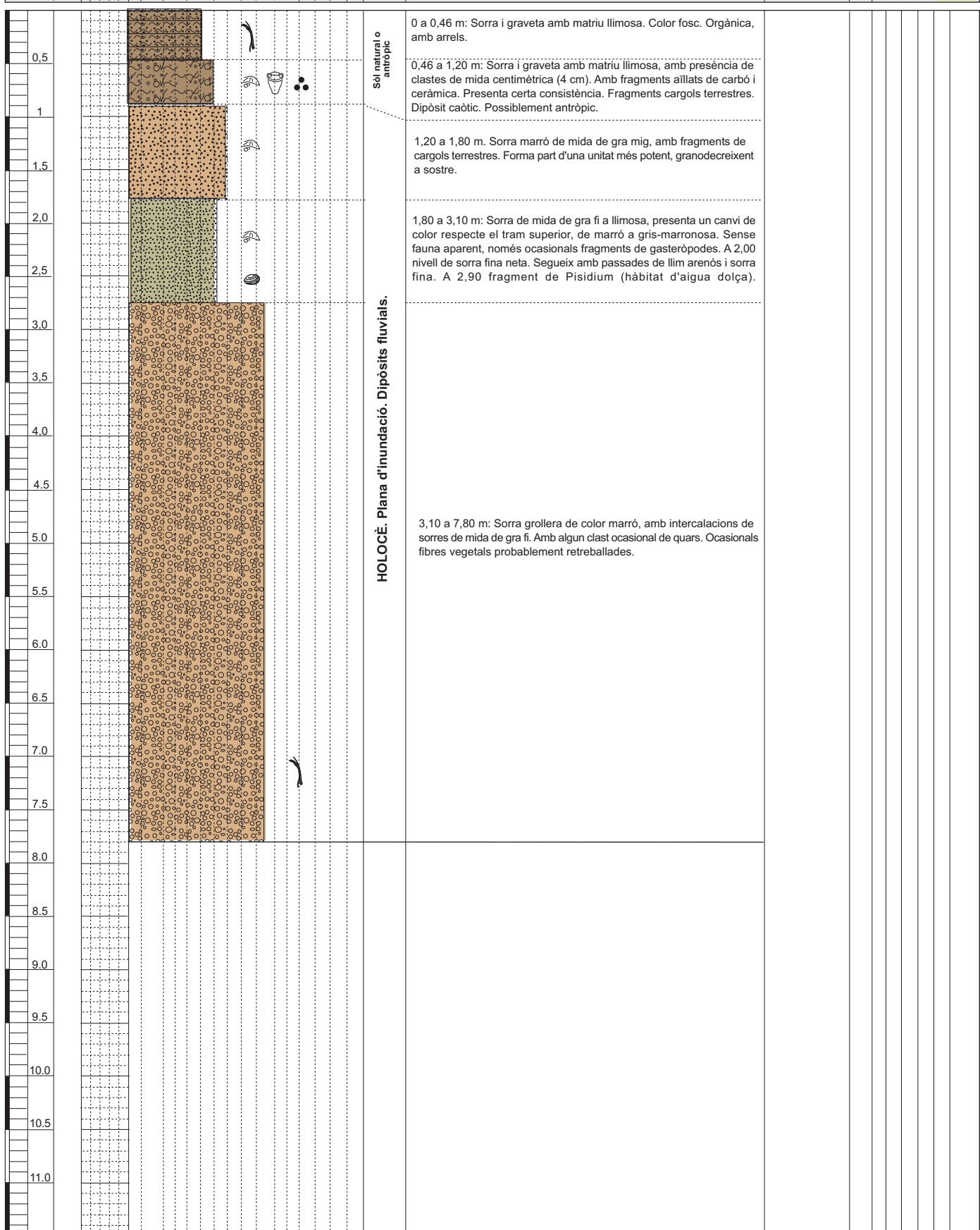
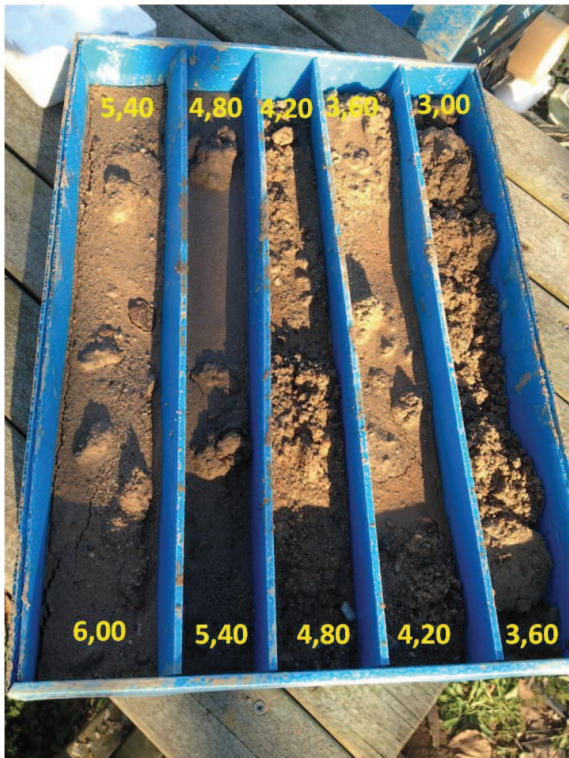
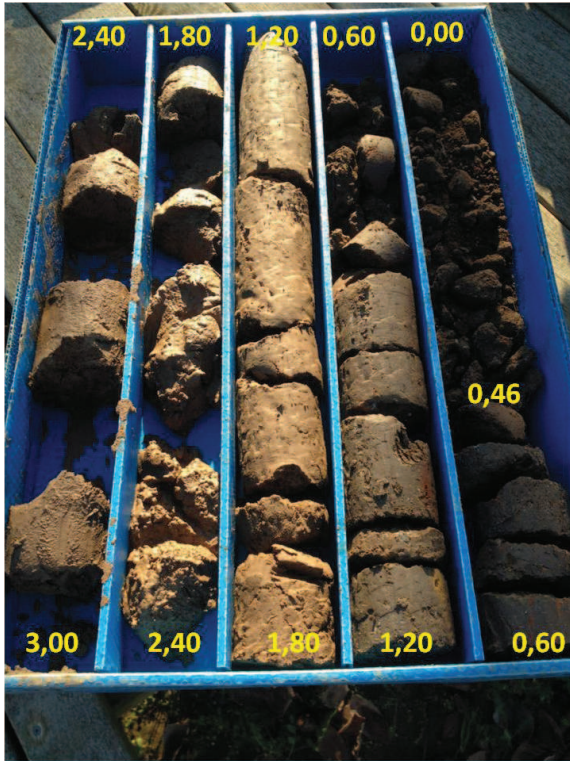


Figura 04: Caixes mostres BASI-S1



Figura 05 Caixes mostres BASI-S2



ANNEX 02

Fotos campanya sondatges BASI-S1



Fotos campanya sondatges BASI-S2

