



**PROSPECCIÓ GEORADAR PER A LA DESCRIPCIÓ
DE RESTES ARQUEOLÒGIQUES
CAN RODON, CABRERA DE MAR, EL MARESME
MEMÒRIA D'INTERVENCIÓ**

Roger Sala

Ekhine Garcia

Robert Tamba



PROSPECCIÓ GEORADAR PER A LA DESCRIPCIÓ DE RESTES ARQUEOLÒGIQUES CAN RODON, CABRERA DE MAR, EL MARESME

MEMÒRIA D'INTERVENCIÓ

Jaciment: Can Rodon, Cabrera de Mar

Data d'intervenció: Setembre de 2012

Superfície explorada: Àrea 1 13mX21,6m, Àrea 2 2mX17.5m, Perfils simples 77 i 78

Sistema de prospecció: Georadar GSSI SIR 3000 270MHz

Densitat de lectura: 0.02mX0.2m

Direcció: Roger Sala

1. Motivació de la intervenció

La present intervenció té per objectiu la descripció mitjançant georadar de restes arqueològiques en una àrea d'aparcament pròxima al jaciment arqueològic de Can Rodon, a Cabrera de Mar.

La intervenció sorgeix a proposta de SOT Prospecció Arqueològica a rel dels problemes metodològics sorgits en una intervenció anterior, realitzada al jaciment de Can Modolell en el marc de la realització del programa de televisió "Sota Terra".

En concret, es volen estudiar les característiques de resposta que ofereix l'entorn geològic local, dominat per el granit en diferents graus de degradació i el sauló en contextos arqueològics. La importància d'aquest estudi resideix en la definició d'una metodologia d'anàlisi que sigui útil per als jaciments ubicades en aquests contextos, sobretot a l'àrea del Maresme i Montseny.

2. Àmbit d'intervenció (Gràfic 1)

L'àrea d'intervenció, ubicada dins una zona d'aparcament d'un restaurant. Degut a la presència de cotxes en el moment de la intervenció, es van designar tres àrees de prospecció.

L'àrea 1 s'ubica a l'extrem oest de l'aparcament, en una àrea pavimentada amb rajoles, on es va explorar una extensió de 13X21,6m. L'àrea 2 consisteix en una franja de 2X17.5m disposada en paral·lel a un envelat propietat de l'ajuntament de Cabrera. L'àrea 3 s'ubica a l'est de l'edifici que ocupa el restaurant. Degut a l'ús d'aquesta darrera zona, només es van poder recollir 2 perfils simples en paral·lel.

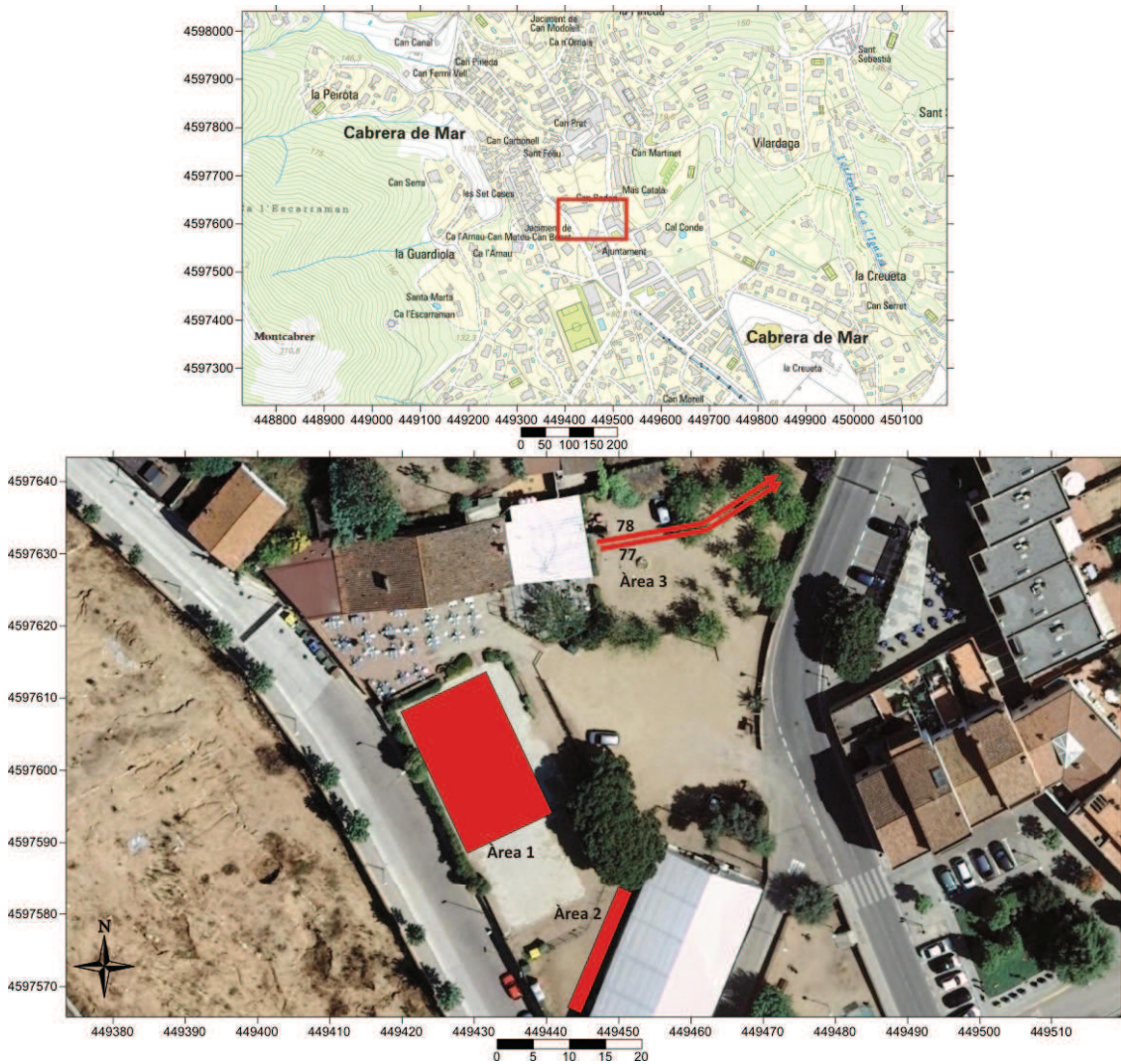


Figura 1. Vista aèria de les àrees explorades

3. Metodologia

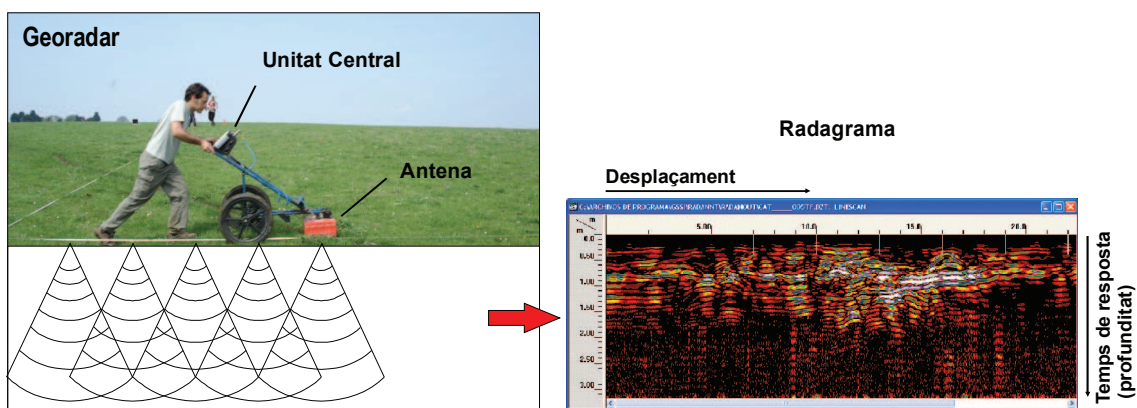
La majoria de sistemes de prospecció geofísica aplicables a l'arqueologia es basen en la mesura de diferents magnituds del sòl de manera ordenada en el l'espai (també en el temps en el cas del georadar). Expressant gràficament aquestes mesures generem mapes de propietats del subsòl per identificar estructures arqueològiques.

Per a prendre les mesures s'aplica sobre la zona a explorar una quadrícula o *grid* de lectura que servirà per a ubicar cada lectura dels sensors aplicats a una unitat de superfície.

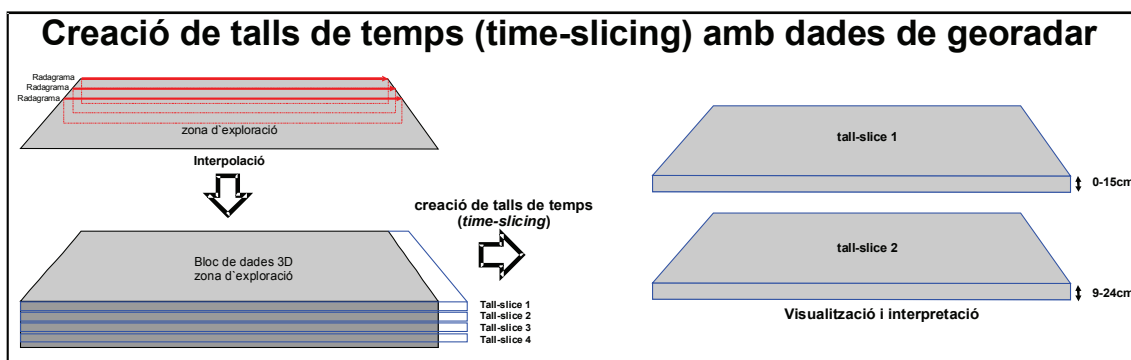
Georadar (GPR)

El georadar és un sistema de prospecció geofísica basat en la emissió de pulsos electromagnètics al subsòl i la mesura de les alteracions d'amplitud, freqüència i velocitat de propagació que experimenten en el medi geològic per a inferir-ne les propietats físiques.

Un sistema informàtic genera aquests pulsos i els emet a través d'una antena, que també en capta les reflexions i les ubica ordenadament en el sentit d'avanç del sistema i en profunditat.



El resultat d'aquesta operació són els radagrames, que expressen en l'eix horitzontal el desplaçament de l'antena de georadar sobre el terreny, i en l'eix vertical el viatge dels pulsos en profunditat, de manera que n'obtenim una visualització equivalent a un perfil o secció de l'àrea explorada.



Gràcies a les darreres innovacions en computació SOT aplica un programari (time-slicing o talls de temps) que permet la creació de sondejors en extensió per a visualitzar les propietats del subsòl a diferents profunditats en forma de plantes, seccions o restitucions volumètriques mitjançant la integració en un sol bloc tridimensional de dades de radagrames paral·lels obtinguts sobre la superfície a explorar.

Interpretant les dades

La prospecció geofísica aplicada a l'arqueologia utilitza diferents sensors per a mesurar de manera no destructiva diverses magnituds físiques. Els resultats d'aquestes mesures depenen del contrast de propietats entre els diferents elements del subsòl, i en especial del contrast entre els elements d'interès arqueològic i el seu medi (sediment).

Per tant, les dades obtingudes en una prospecció s'analitzen i s'estudien en paràmetres físics per a obtenir representacions i informació del subsòl, tot i que difícilment es pot assolir una definició exhaustiva de tots els elements del subsòl, ja que no tots presenten característiques diferenciades.

El procés de dades es basa en la integració, avaluació i visualització dels resultats. D'aquest primer estudi se'n deriven unes interpretacions basades en el coneixement previ dels sensors aplicats, la morfologia i característiques de les anomalies captades, i sobretot, el creuament d'aquests resultats amb la informació arqueològica existent.

Per tal de fer més entenedors els resultats cal clarificar alguns paràmetres:

Anomalia: És una alteració en la resposta obtinguda en la prospecció respecte al seu medi immediat.

Anomalia d'alta amplitud: En el cas del georadar, aquesta es produeix quan el pols electromagnètic emès pel sistema assoleix un objecte o medi amb unes propietats dielèctriques diferents al seu medi de propagació diferent. Per exemple, una cavitat ubicada sota el sediment, com una tomba o un espai amb rebliments grollers, presentarà una anomalia d'alta amplitud, ja que l'aire té unes propietats dielèctriques molt diferents del sediment.

Anomalia de baixa amplitud: A l'inversa, les anomalies de baixa amplitud es descriuran quan el pols electromagnètic travessa un medi de propietats homogènies o de conductivitat més alta que el seu entorn. Per exemple, una àrea de sediment argilós i humit oferirà una resposta de baixa amplitud respecte a un mur realitzat en pedra calcària.

Profunditat nominal : Es refereix a la profunditat estimada d'un objecte detectat pel georadar. Les profunditats nominals s'expressen en metres sota superfície (s.s) a una velocitat constant, tot i que serà sempre aproximativa.

Això es deu a que els polsos electromagnètics que emet el georadar viatgen a través del subsòl a velocitats variables segons la seva composició. De manera genèrica, els medis més humits tendeixen a velocitats més baixes i els més secs a velocitats més altes. D'aquesta manera, els canvis en la estratigrafia generen canvis de velocitat dels polsos electromagnètics en el subsòl, i per tant, fan variar la precisió del càlcul de profunditat per als objectes detectats.

4. Paràmetres i ajustos dels sistemes

Donat que l'objectiu de les prospeccions a aplicar era tant la descripció de possibles restes arqueològiques al subsòl com l'anàlisi de les particularitats de la senyal obtinguda, es van aplicar dos sistemes de georadar amb tres freqüències d'estudi per a obtenir elements de comparació efectius:

Sistema GSSI SIR 3000

Dades 270MHz:

Time window efectiu: 70 nanosegons

Velocitat de propagació estimada: 0.092m/nanosegon

Penetració efectiva estimada: 1.5-2m sota superfície

Resolució en sentit de lectura: 1.25cm

Resolució entre perfils: 20cm

Dades 600MHz:

Time window efectiu: 50 nanosegons

Velocitat de propagació estimada: 0.092m/nanosegon

Penetració efectiva estimada: 1.5-2m sota superfície

Resolució en sentit de lectura: 2cm

Resolució entre perfils:

Dades 200MHz:

Time window efectiu: 80 nanosegons

Velocitat de propagació estimada: 0.092m/nanosegon

Penetració efectiva estimada: 1.5-2m sota superfície

Resolució en sentit de lectura: 2cm

Resolució entre perfils:

5. Resultats

Àrea 1

Com ja s'ha esmentat, l'àrea 1 es va explorar mitjançant el sistema de georadar GSSI SIR3000, equipat amb una antena de 270MHz. Els resultats de la integració dels perfils obtinguts es mostren als gràfics 2-10.

De les imatges de les dades obtingudes s'han seleccionat 5 talls horitzontals o vistes en planta que s'han considerat representatius del contingut del subsòl a diferents profunditats fins al límit de penetració en profunditat.

En termes generals, les dades obtingudes han mostrat un comportament similar al descrit en la intervenció del jaciment de Can Modulell (2011). Les dades mostren un nivell de soroll baix fins a profunditat properes a 1.5m, i la velocitat de propagació calculada se situa entorn a 0.1m per nanosegon. Per altra banda, s'han descrit també anomalies d'alta amplitud atribuïbles als interestrats entre diferents formes de consolidació del sauló, gràcies a la similitud amb la resposta obtinguda al grid 1 de l'anterior intervenció al jaciment de Can Modulell (Vegeu figura 2).

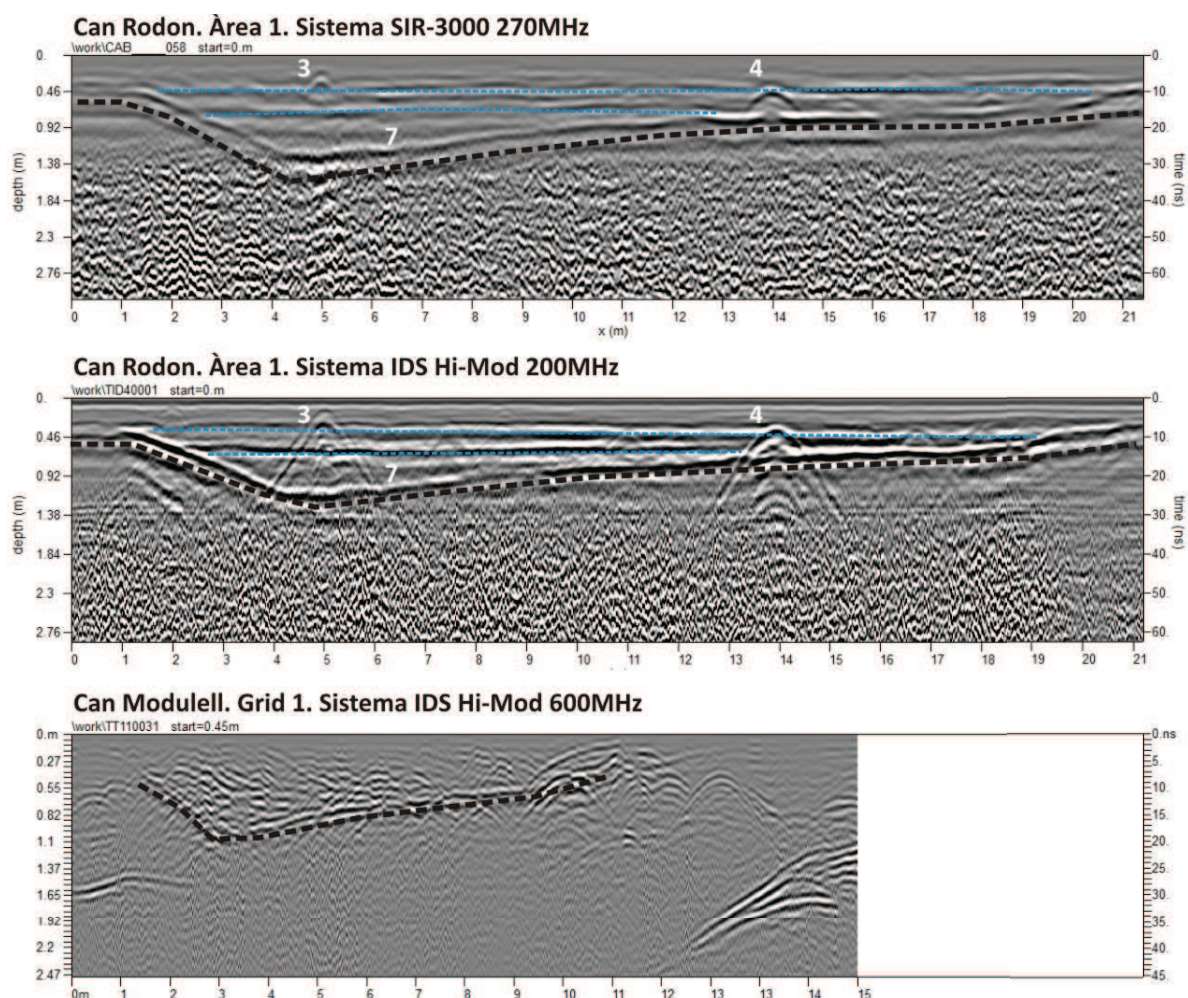


Figura 2. Radargrames obtinguts als jaciments de Can Rodon i Can Modulell sobre elements estratigràfics similars vinculats a terrasses. Als dos perfils de dalt es mostra una secció de l'anomalia 7 de l'Àrea 1 de Can Rodon en forma de V, que conté rebliments estratificats (línies discontinües en blau). A baix es mostra una estructura similar descrita al jaciment de Can Modulell. Aquestes dades demostren la similitud de la resposta obtinguda amb sistemes de georadar i freqüències diferents.

D'acord amb els resultats obtinguts, s'ha descrit un primer nivell del subsòl de 0 a 0.4m sota superfície, dominat per la pavimentació actual i una capa d'anivellament possiblement sorrenc. Tal com s'aprecia als gràfics 2 i 3, corresponents profunditats estimades de 0.07-0.21m i 0.26-0.40m, les principals anomalies descrites dins d'aquest lapse són les anomenades A i B i 1-4.

Les anomalies A i B s'han detectat a nivells molt superficials i les interpretem com a àrees de rebliments més o menys homogenis per sota de l'enrajolat superficial.

Al tall corresponent a profunditats de 0.26-0.40m sota superfície es detecten anomalies de major entitat. L'anomalia 1 es detecta com una franja d'alta amplitud ubicada a l'extrem oest de l'àrea explorada. La interpretem com la resposta produïda per una conducció i la seva rasa, que presenta interrupcions.

L'anomalia 2 s'ubica a la cantonada nord de l'àrea 1, amb una morfologia difusa que varia amb la profunditat. Per aquestes característiques, l'identifiquem amb una

àrea amb rebliments diferenciats, possiblement runes o bé sorres amb un nivell de compactació diferenciada de l'entorn.

L'anomalia 3 es detecta com una resposta lineal d'alta amplitud. A l'àrea de prospecció es va apreciar una alteració del paviment en aquest punt que podria correspondre a l'acció de les arrels d'arbres propers. Per tant, identifiquem l'anomalia 3 amb una possible cavitat o trencament provocada al paviment per l'acció de les arrels o bé a una discontinuïtat en la base del paviment.

L'anomalia 4 és de caràcter lineal i travessa l'àrea d'exploració de est a oest. Tot i que en profunditats majors mostrarà una traça de major amplitud, considerem que el seu coronament es pot trobar entre 0.4 i 0.45m sota superfície. L'identifiquem amb una conducció i la seva rasa.

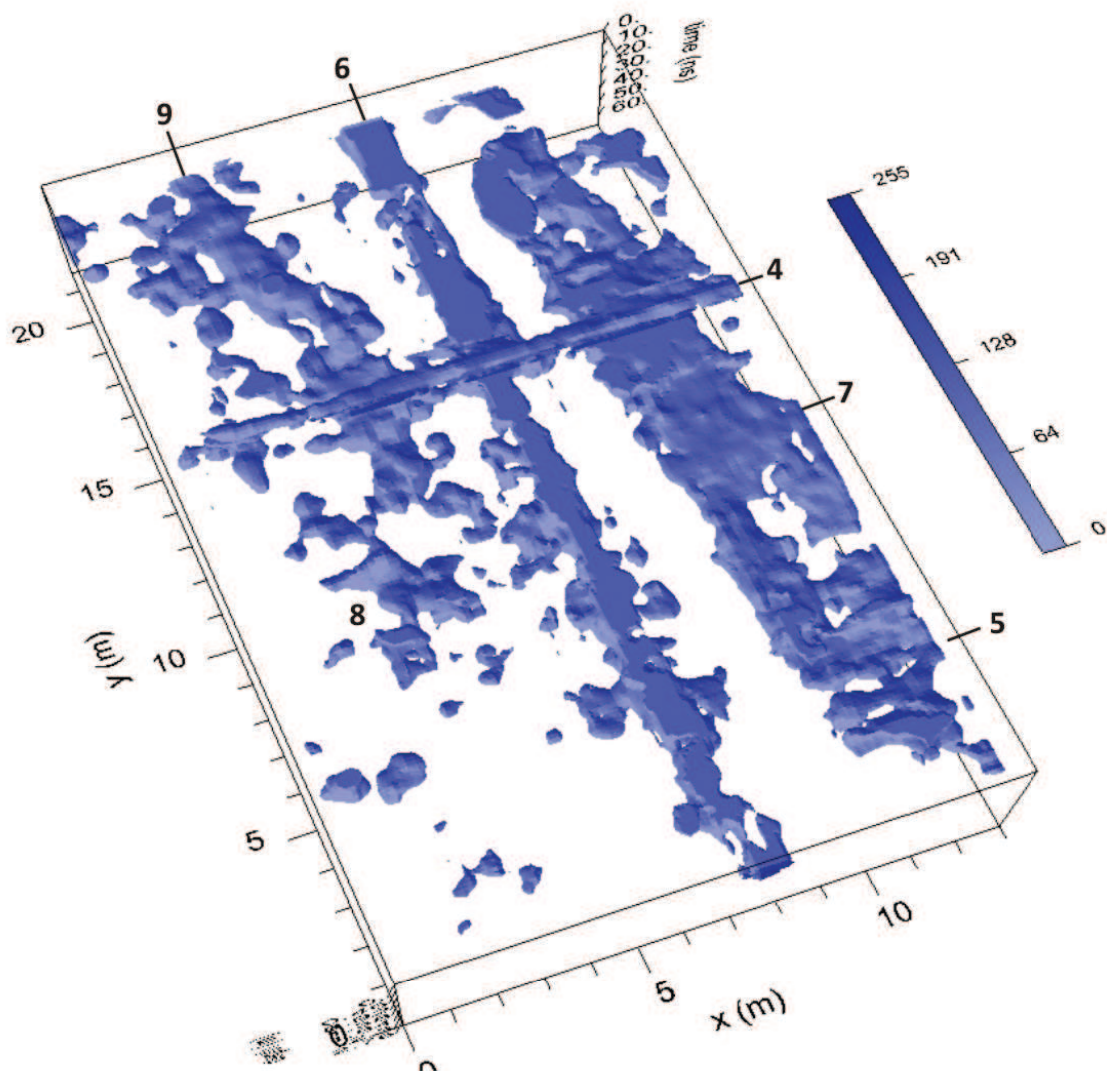


Figura 3. restitució dels volums detectats entre 0.5 i 1.5m sota superfície.

Al gràfic 4, veiem com el tall corresponent a 0.4-0.54m sota superfície evidencia l'anomalia 4 en tot el seu trajecte. Es manté la presència de l'anomalia 1 (interpretada com una rasa o conducció).

Des d'aquesta cota en avall es detecta una diferència de resposta entre les meitats est i oest de l'àrea 1. A la banda oest, l'anomalia 8 (esquerra de les imatges) manté una resposta convulsa i discontinua que identifiquem amb rebliments irregulars i que variarà la seva extensió a majors profunditats. A la meitat est, s'aprecia com les anomalies 2 i 7 conflueixen a l'inici de l'anomalia 4.

Al gràfic 5 es mostra el tall horitzontal corresponent a una profunditat estimada de 0.6-0.74m sota superfície. A aquesta cota es detecta l'anomalia 6, una anomalia lineal que divideix tota l'àrea 1. Tot i que les dades obtingudes indiquen que es podria tractar d'una conducció, la seva amplada és variable, indicant que la rasa podria contenir parts constructives o rebliments irregulars. L'àrea de resposta convulsa que hem identificat amb l'anomalia 8 guanya extensió en bona part de la meitat oest.

També s'aprecia com l'anomalia 7, disposada a la banda est de l'àrea 1 mostra un perímetre definit, que arriba fins a la ubicació de l'anomalia 3 i s'estén més al nord de l'anomalia 4.

A profunditats d'entre 1.0m i 1.14m sota superfície (Gràfic 6) es detecta un nou canvi a la banda oest, amb l'aparició de l'anomalia 9. Aquesta alteració presenta una forma lineal al seu límit nord i es detecta entre 0.8 i 1.3m de profunditat. Tot i que la seva morfologia no és del tot clara, la cohesió de la seva resposta indica que es podria tractar de restes constructives. És també interessant remarcar que aquesta anomalia presenta respostes diferenciades del subsòl al seu voltant, envoltada per l'àrea de resposta difusa (8) per una banda, i una àrea de més baixa amplitud al neu nord.

En aquest tall es continua detectant l'anomalia 6 i s'aprecia també com l'anomalia 7 mostra la seva màxima extensió. Les visualitzacions en secció d'aquesta anomalia mostren que es podria tractar del sòl d'un aterrament, similar al localitzat al grid 1 del jaciment arqueològic de Can Modulell (vegeu imatge 2). Tot i amb això, els perfils obtinguts sobre la seva ubicació indiquen la presència d'almenys 2 nivells de rebliments diferenciats i la presència d'altres possibles elements per sota del nivell de l'anomalia 7.

Al gràfic 7 es mostren els resultats d'un tall horitzontal a una profunditat estimada de 1.73-1.87m sota superfície. Tot i que la qualitat de la senyal baixa abruptament per sota de 1.4-1.6m sota superfície, possiblement per un canvi en la composició del subsòl, les dades indiquen la presència d'alteracions difuses al subsòl que es poden considerar orientatives. Per una banda, s'ha definit l'anomalia 12 com un grup de dues àrees difuses amb resposta d'alta amplitud que podrien correspondre a zones amb composició heterogènia (runes, restes constructives).

Finalment, a la cantonada inferior dreta de l'àrea 1 i dins de l'anomalia 12, es detecta una anomalia d'alta amplitud formada per anomalies lineals. Tot i que la seva morfologia presenta una forma aparentment geomètrica que ens pot induir a identificar 11 amb un grup de restes constructives, cal tenir en compte la baixa qualitat de la senyal a aquesta cota per a considerar-la dubtosa.

Àrea 2

L'àrea 2 es va disposar en paral·lel al límit d'un envelat de propietat municipal ubicat al sud de l'àrea 1, cobrint una granja de 17.5X2m.

Els resultats obtinguts (gràfics 11 i 12) indiquen una presència predominant de conduccions (1, 3, 4, 5 i 6) i elements superficials en els primers 0.7m sota superfície.

Presenta interès l'anomalia 8, amb una morfologia rectangular i que identifiquem amb un possible element constructiu. Cal afegir que per sota de la vertical de l'anomalia es detecta una projecció d'alta amplitud que podria indicar una continuïtat vertical de l'estructura.

De manera similar a l'àrea 1, la resposta obtinguda mostra una caiguda en la qualitat a partir de 1.5-1.8m sota superfície, que identifiquem també amb un canvi de composició del subsòl a aquestes cotes. A desgrat d'això, per sota de 1.3m es detecta un grup d'anomalies que hem identificat com a 7. Mostren una resposta d'alta amplitud i una morfologia difusa, de manera similar al descrit per l'anomalia 11 de l'àrea 1.

Àrea 3

Una tercera àrea d'interès s'ubica a l'est de l'edifici del restaurant, en una àrea arbrada. Donat que aquesta zona forma part de l'àrea d'ús del restaurant, es van obtenir únicament dos perfils paral·lels (perfil 77 i perfil 78), que es reproduïxen al gràfic 13.

L'interès d'aquesta zona es basa en la proximitat amb una necròpolis d'època ibèrica descrita per Barberà i Pascual (1970) com a troballa fortuïta.

Els perfils obtinguts amiden 32metres i s'han processat per a obtenir una secció esquemàtica del contingut del subsòl, atès que no es disposa de dades en extensió. El procés de les dades ha consistit en la reducció dels sorolls electromagnètics constants i l'aplicació d'una rutina numèrica anomenada transformada de Hilbert, que permet obtenir gràfics d'energia reflexada a partir de perfils simples de georadar.

Els resultats d'aquest procés (Gràfic 13) indiquen una composició heterogènia del subsòl, especialment a la meitat est dels dos perfils, indicant possiblement la transició entre dos grups amb estratigrafies diferenciades.

Tal com s'indica a les interpretacions, en els dos perfils s'ha detectat una primera zona de 0 a 14m de recorregut on es detecten dos nivells clarament diferenciats, N1 i N2, per sobre i per sota de 1.20m sota superfície.

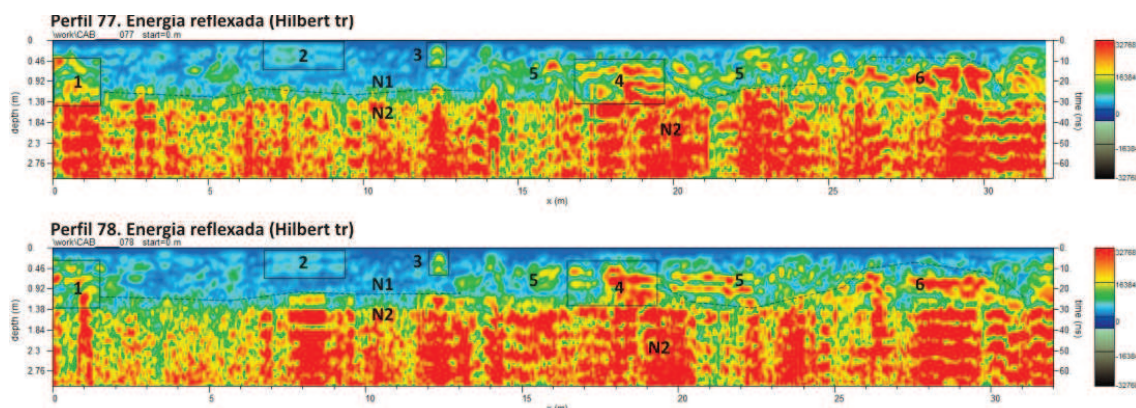


Figura 4. Pseudo seccions obtingudes dels perfils 77 i 78 (àrea 3) amb indicació de les anomalies descrites.

El nivell N1 presenta heterogeneïtats de mitjana amplitud, fet que indica la presència al seu interior de materials diferenciats al sediment. En canvi N2 presenta una traça d'alta amplitud en tota la seva extensió que podria indicar un canvi en la

composició del subsòl similar al descrit en les àrees 1 i 2 per a cotes de 1.4 a 1.6m sota superfície.

Dins d'aquesta primera zona es detecten anomalies focals identificables amb conduccions (3), o bé amb elements constructius (1). L'anomalia 2, de caràcter més superficial presenta una resposta homogènia de mitjana amplitud que identifiquem amb la possible ubicació d'una antiga cala arqueològica reomplerta amb materials homogenis.

Entre els metres 14 i 16 i de 20 a 25, a cotes d'entre 0 i 1.4m, es detecta una zona de transició que hem anomenat 5, on es detecten anomalies de major entitat que identifiquem amb una àrea de rebliments heterogenis. Les anomalies 4 i 6 corresponen a àrees més reflectives que podrien correspondre a nivells estratigràfics més complexes, o també a restes constructives.

D'acord amb aquests resultats, el terreny situat a la meitat est dels perfils presentaria una major alteració i discontinuïtat, amb interrupcions de la estratigrafia i possibles restes constructives.

6. Conclusions

Atenent a les dades obtingudes, les zones explorades han confirmat la presència de discontinuïtats en la composició del subsòl atribuïbles a restes de l'activitat humana. Si bé la parcialitat de les àrees explorades no permet traçar un mapa general que indiqui la distribució de possibles restes arqueològiques, el contrast de les dades i la qualitat de la senyal obtinguda mostren la viabilitat del georadar com a sistema de prospecció d'alta resolució en ambients granítics.

Tot i que la majoria d'elements detectats en les 3 àrees s'ubiquen en cotes relativament superficials, fet que pot indicar una cronologia relativament moderna, el principal interès de la present intervenció ha estat la constatació d'elements comuns amb la resposta obtinguda al jaciment de Can Modulell¹ en una prospecció l'any 2011.

Tal com es mostra a la imatge 2, els canvis de consolidació del granit i el sauló generen anomalies horitzontals d'alt contrast que permeten reconèixer canvis estratigràfics. En conseqüència, cal entendre que els canvis en la cohesió de la matriu granítica (base geològica) que deriven en la seva disgregació (sauló) són molt significants en termes dielèctrics, i que també ho són els nivells o estrats compactats per l'ús o l'exposició a l'atmosfera.

Tot i que aquests canvis no es relacionen necessàriament amb l'activitat antròpica, la possibilitat de la seva detecció es perfila com una eina interessant en l'aplicació de prospeccions en ambients geològics similars. A diferència d'altres entorns sedimentaris, les dades obtingudes als jaciments de Cabrera de Mar mostren com les anomalies d'alt contrast detectades amb georadar no es limiten als elements constructius o els rebliments irregulars, si no que els nivells d'ús o els paleo-sòls són clarament detectables.

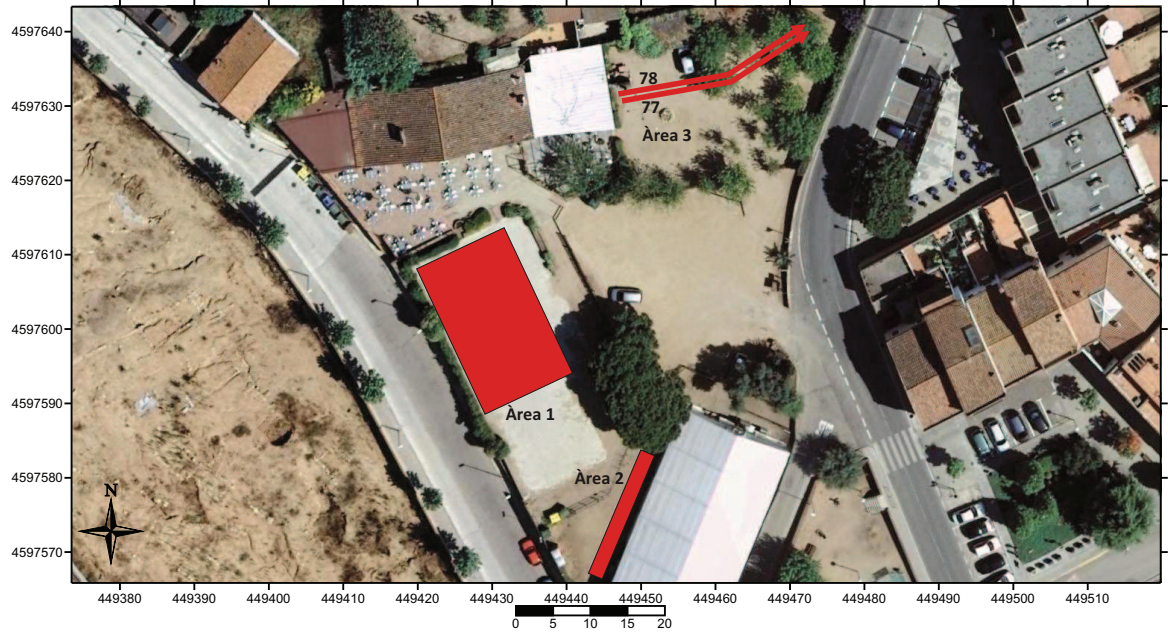
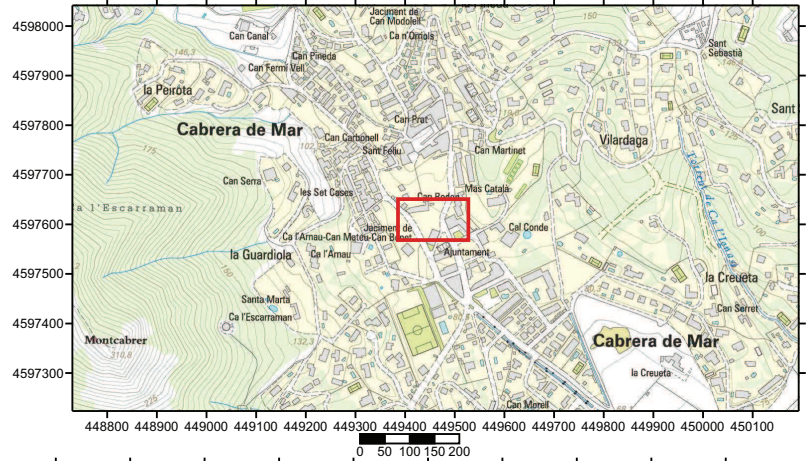
¹ Les excavacions realitzades al grid 1 de Can Modulell van evidenciar que les anomalies horitzontals detectades pel georadar no corresponien a cap element constructiu o paviment, si no simplement a la transició entre dos estrats.

Bibliografia

Barberà, J., Pascual, R., *Burriac, un yacimiento protohistórico de la costa catalana* (Cabrera de Mar, Barcelona) AMPURIAS (Barcelona) t. 41-42. 1979-80. pags. 203-242

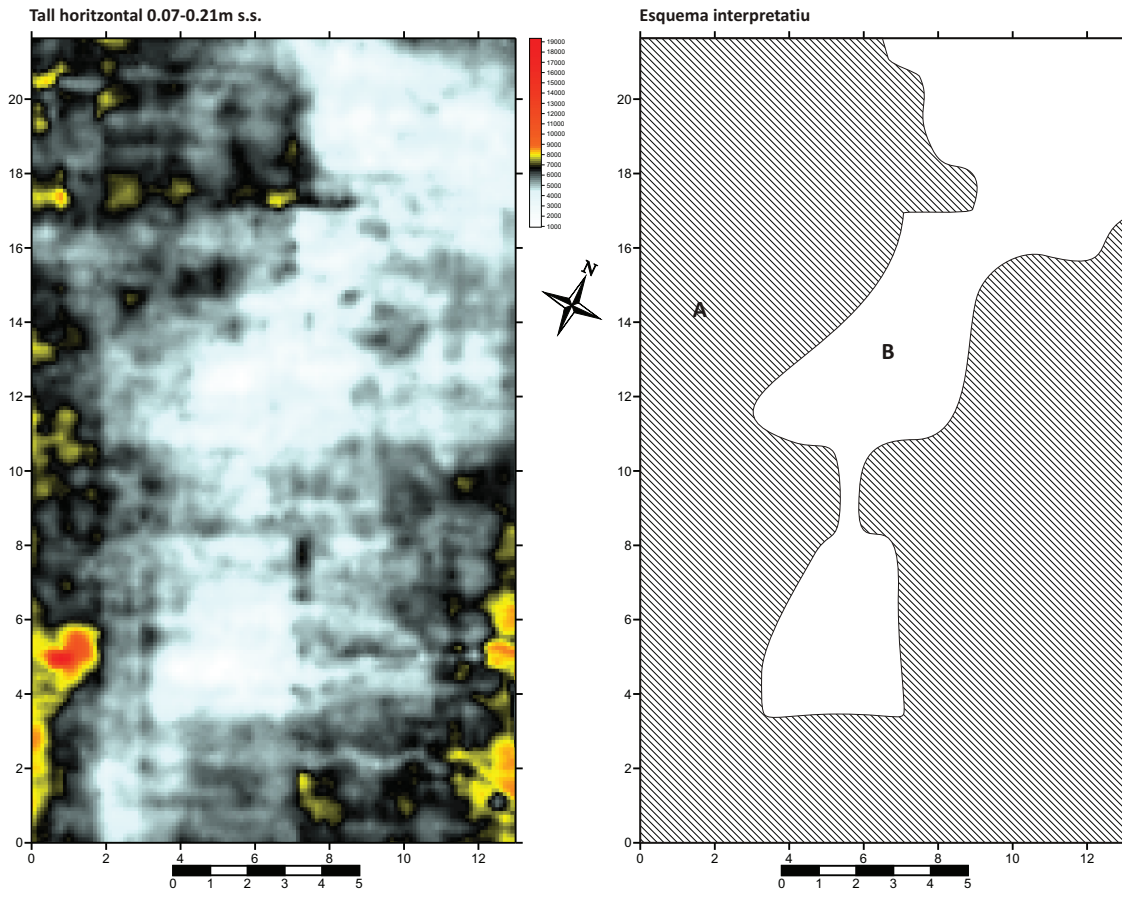


Prospecció georadar per a la descripció de restes arqueològiques
Can Rodon, Cabrera de Mar
Gràfic 1. Àrees d'investigació





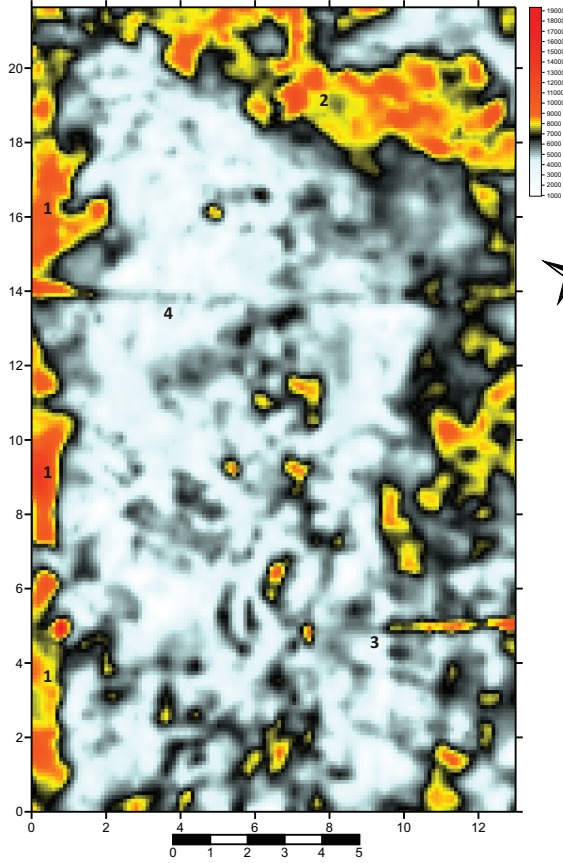
Prospecció georadar per a la descripció
de restes arqueològiques
Can Rodon, Cabrera de Mar
Gràfic 2. Àrea 1, tall horitzontal 0.07-0.21m s.s.



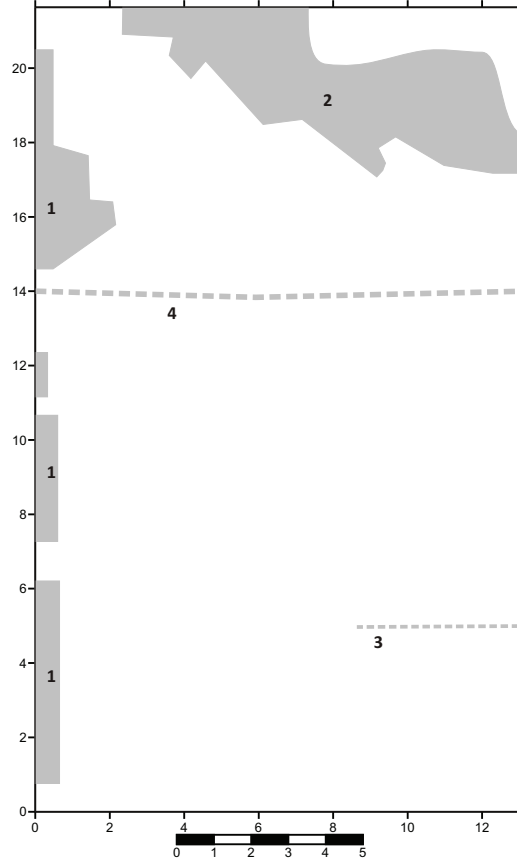


Prospecció georadar per a la descripció
de restes arqueològiques
Can Rodon, Cabrera de Mar
Gràfic 3. Àrea 1, tall horitzontal 0.26-0.40m s.s.

Tall horitzontal 0.26-0.40m s.s.

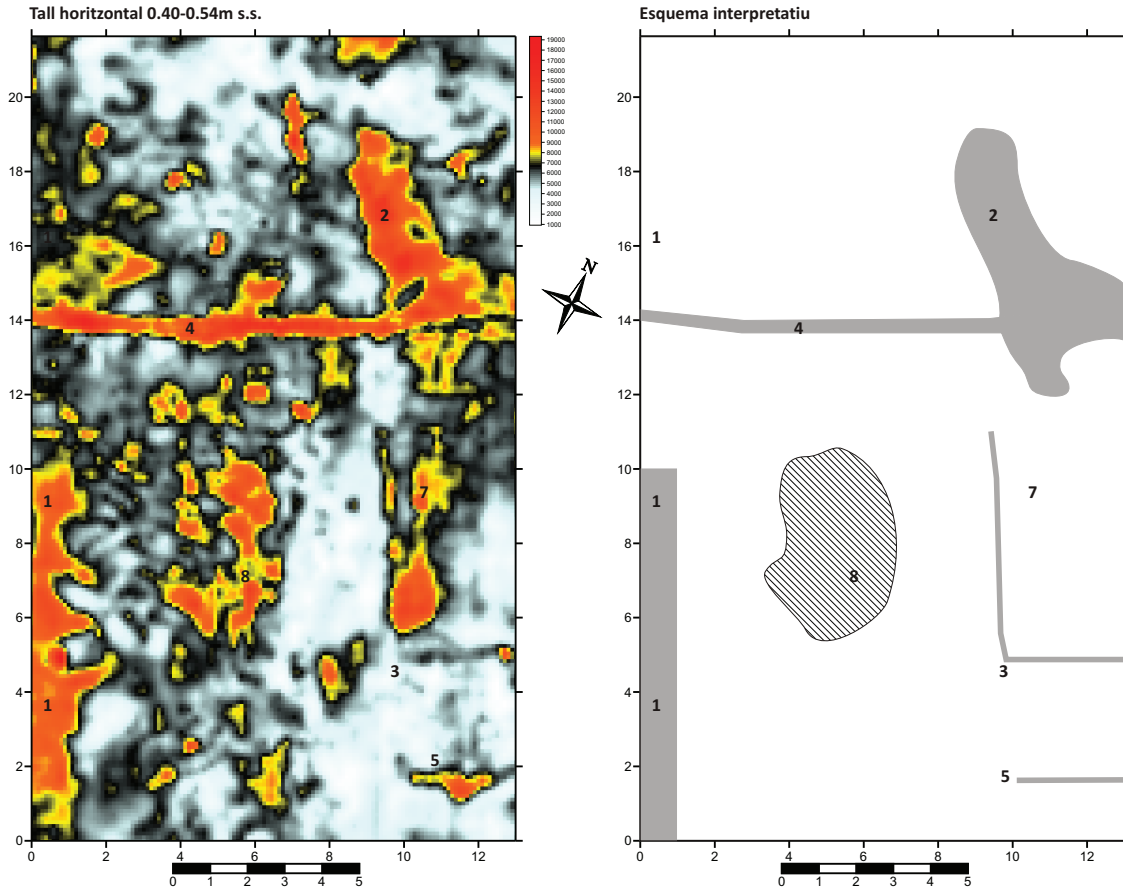


Esquema interpretatiu





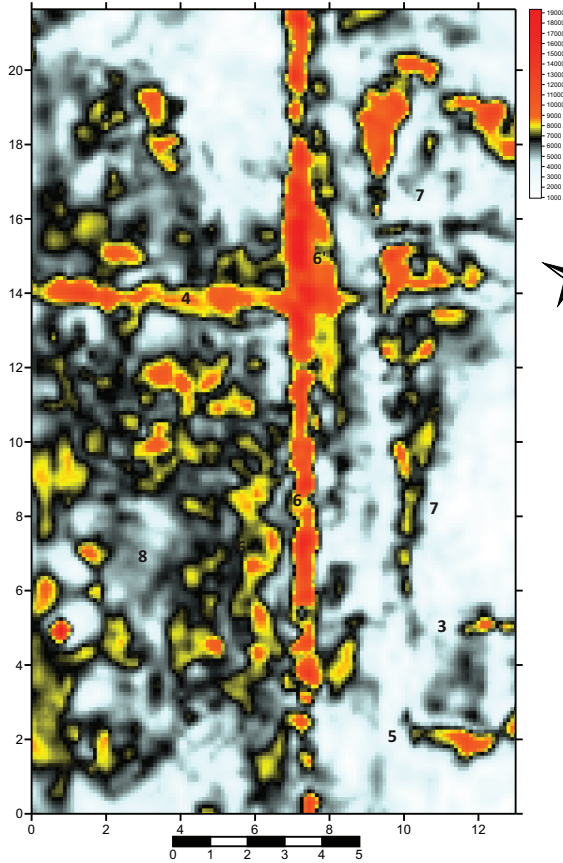
Prospecció georadar per a la descripció
de restes arqueològiques
Can Rodon, Cabrera de Mar
Gràfic 4. Àrea 1, tall horitzontal 0.40-0.54m s.s.



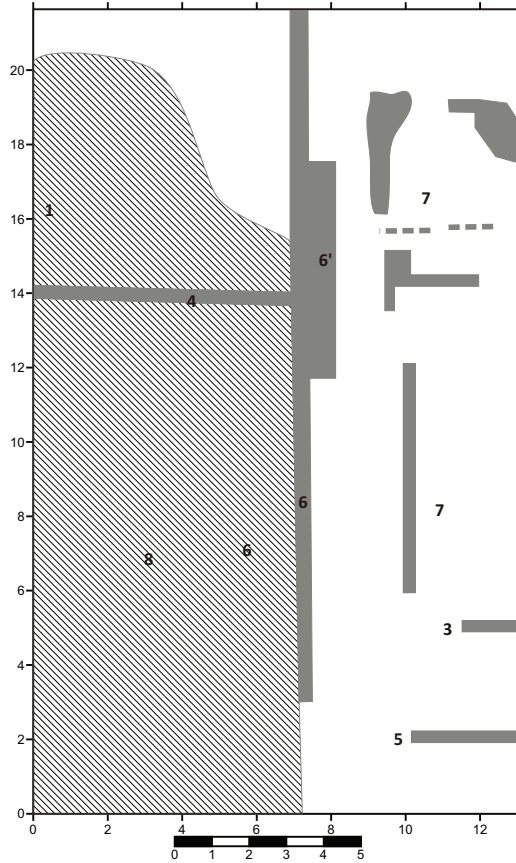


Prospecció georadar per a la descripció
de restes arqueològiques
Can Rodon, Cabrera de Mar
Gràfic 5. Àrea 1, tall horitzontal 0.60-0.74m s.s.

Tall horitzontal 0.60-0.74m s.s.

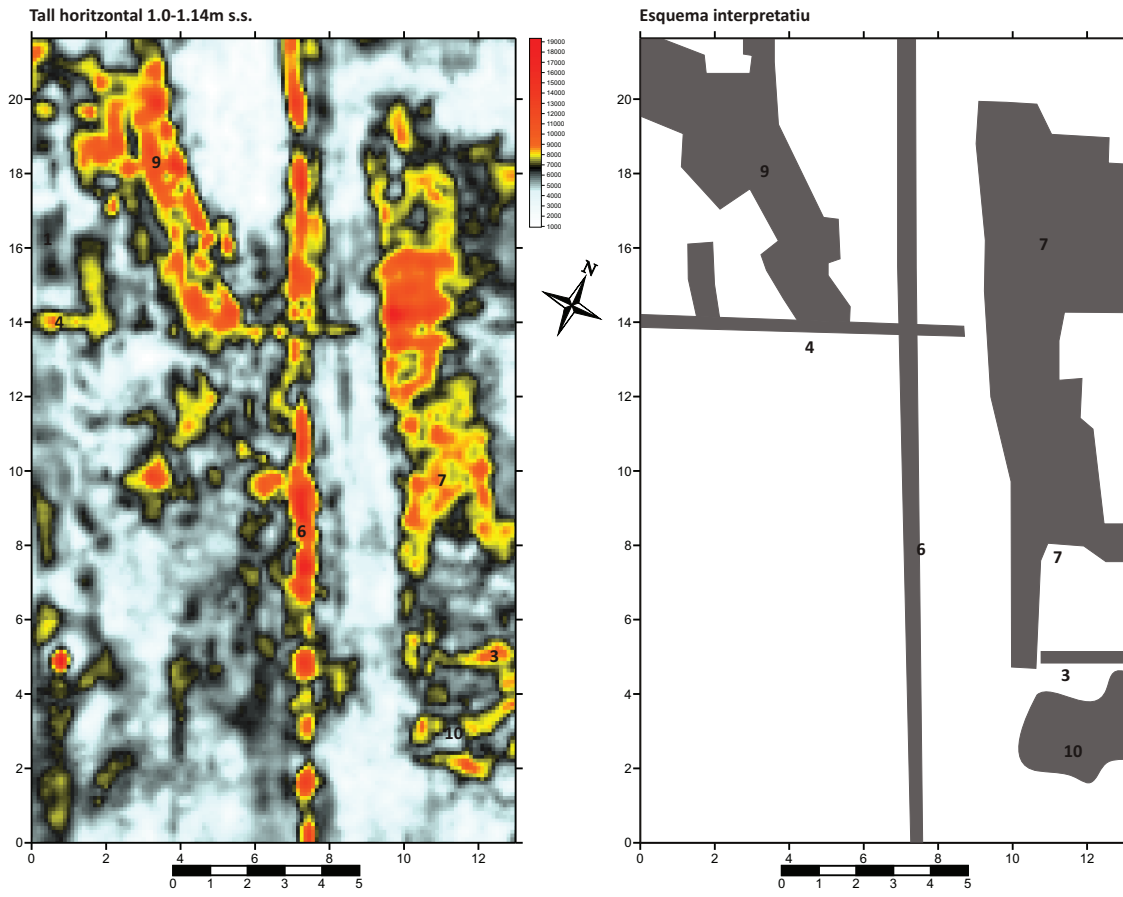


Esquema interpretatiu





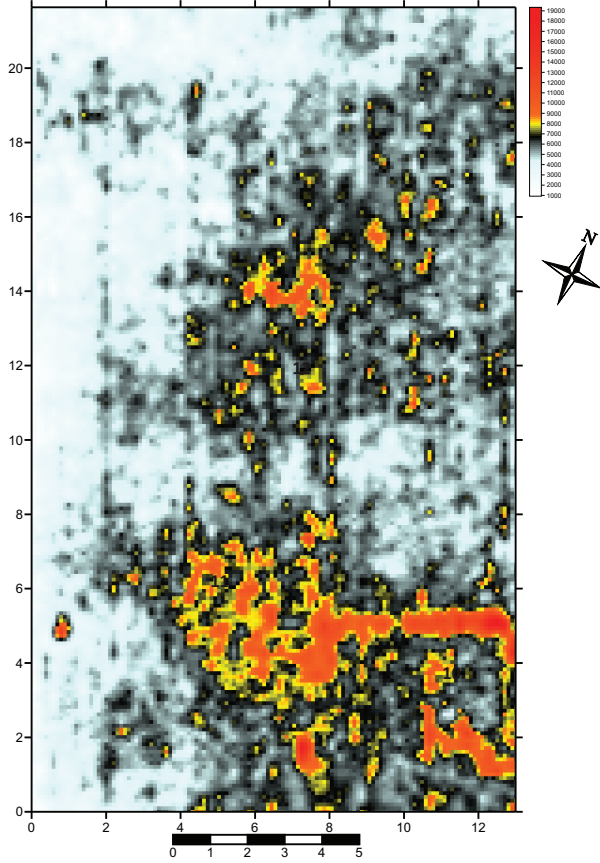
Prospecció georadar per a la descripció de restes arqueològiques
Can Rodon, Cabrera de Mar
Gràfic 6. Area 1, tall horitzontal 1.0-1.14m s.s.



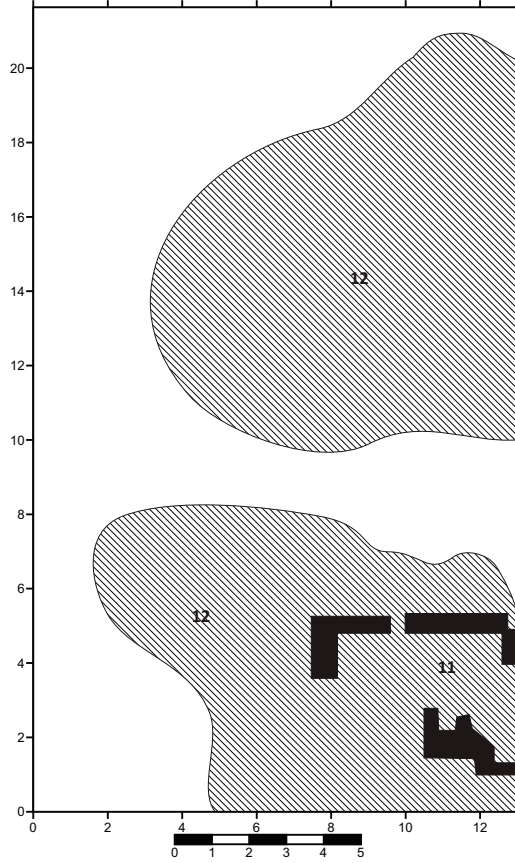


Prospecció georadar per a la descripció
de restes arqueològiques
Can Rodon, Cabrera de Mar
Gràfic 7. Àrea 1, tall horitzontal 1.73-1.87m s.s.

Tall horitzontal 1.73-1.87m s.s.

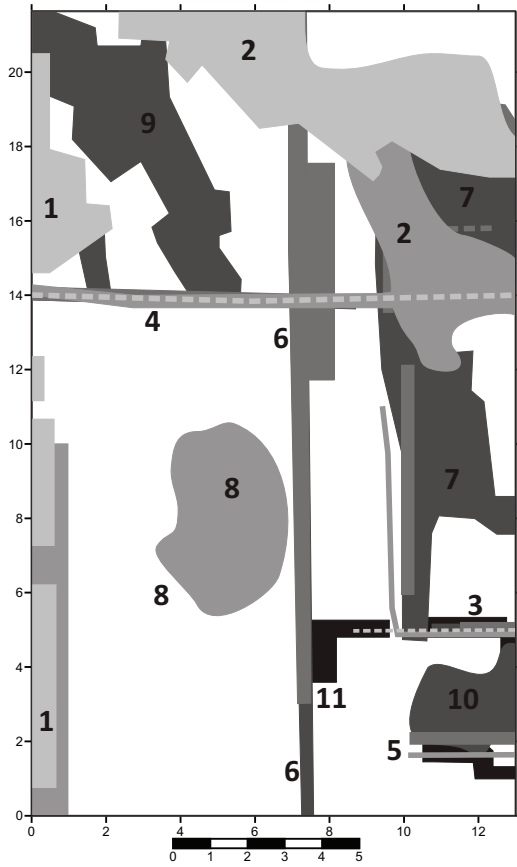


Esquema interpretatiu

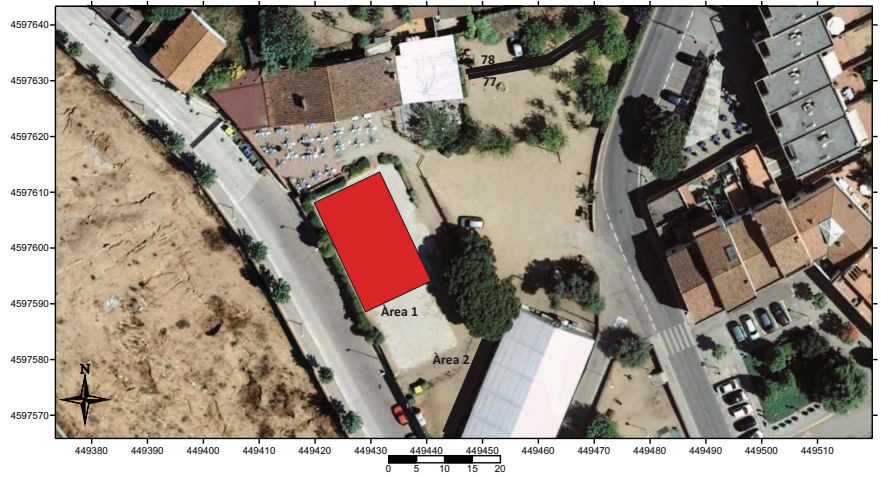




Prospecció georadar per a la descripció de restes arqueològiques
Can Rodon, Cabrera de Mar
Gràfic 8. Àrea 1. Esquema interpretatiu

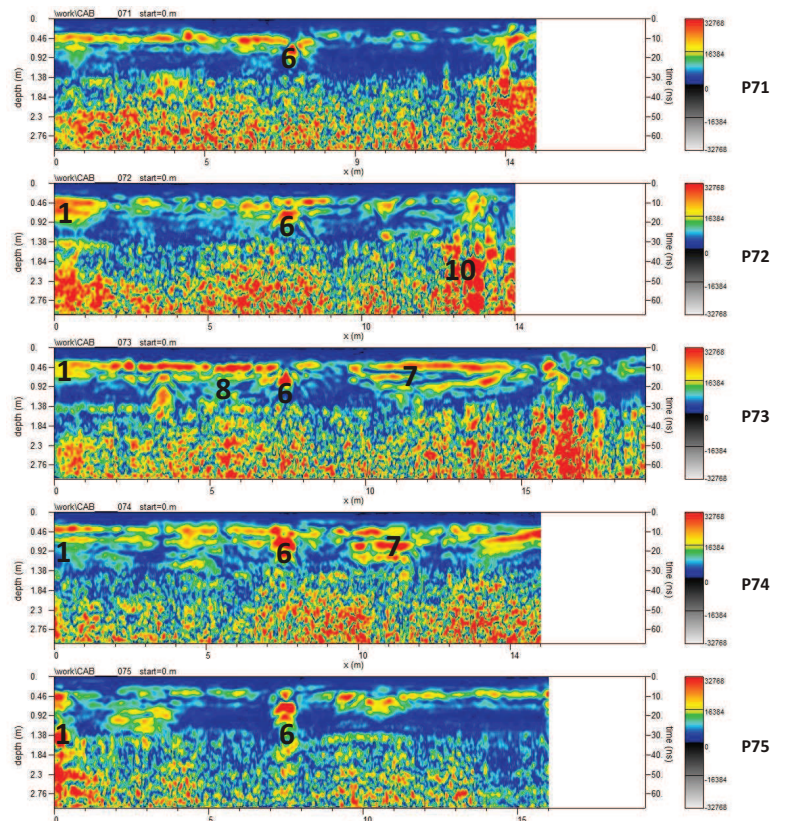
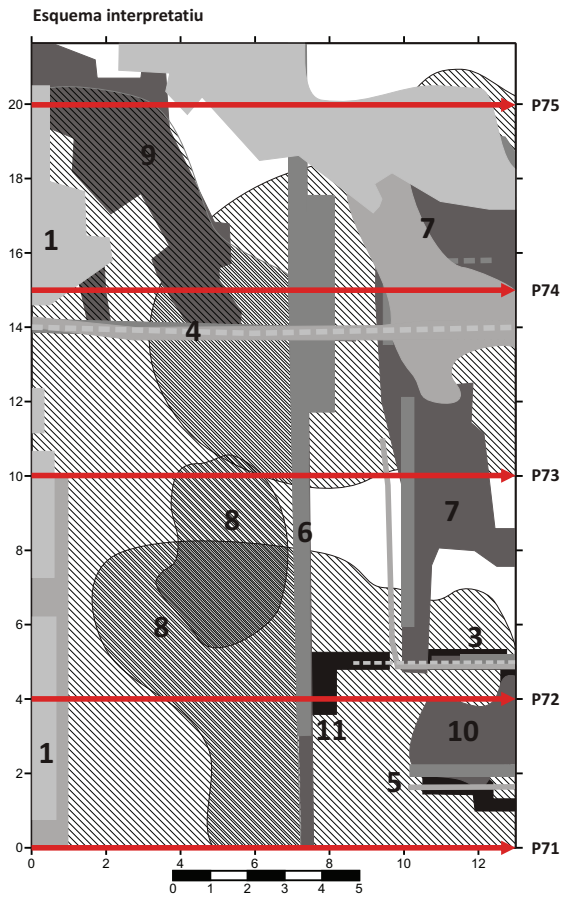


- Interpretació 0.26-0.40m s.s.
- Interpretació 0.26-0.40m s.s.
- Interpretació 0.60-0.74m s.s.
- Interpretació 1.0-1.14m s.s.
- Interpretació 1.73-1.87m s.s.



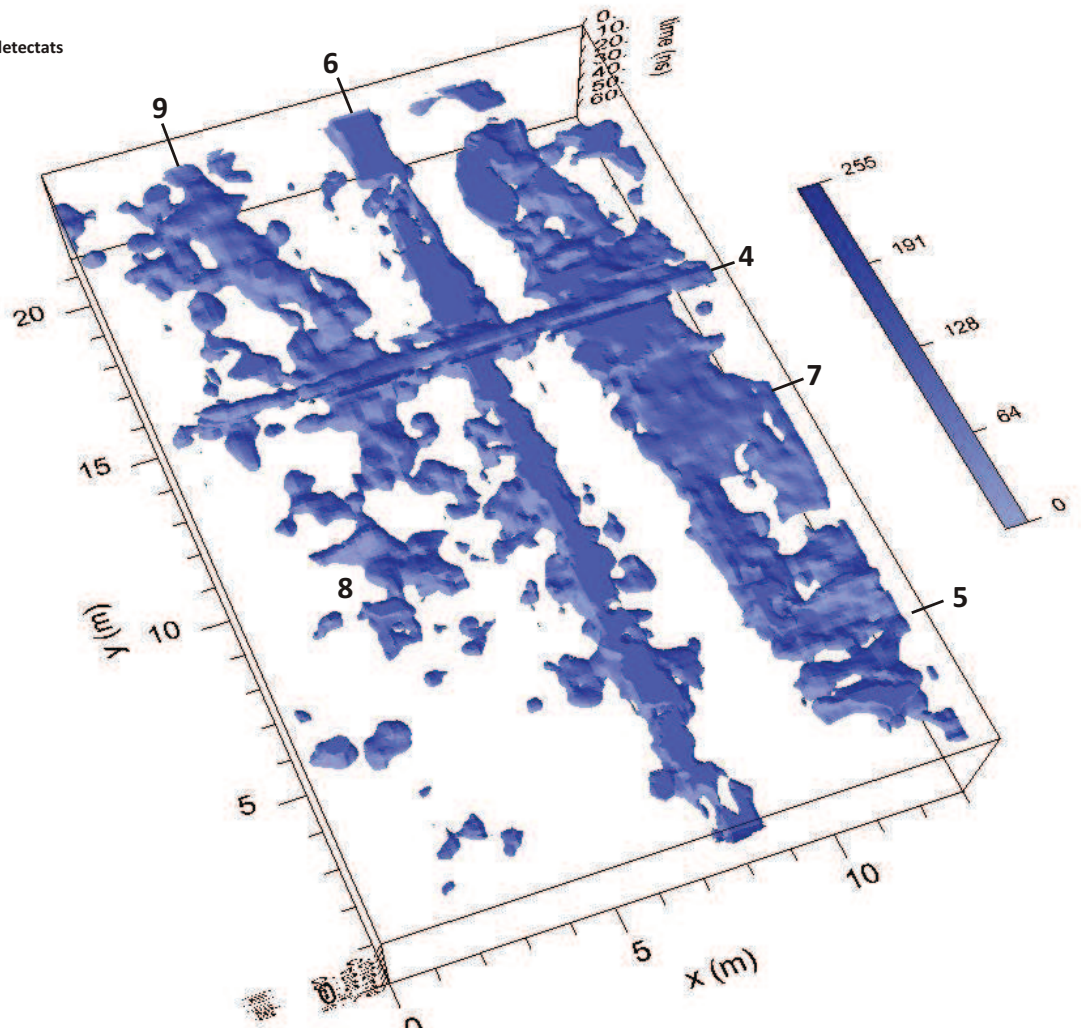


Prospecció georadar per a la descripció de restes arqueològiques
Can Rodon, Cabrera de Mar
Gràfic 9. Àrea 1. Esquema interpretatiu i pseudo seccions.



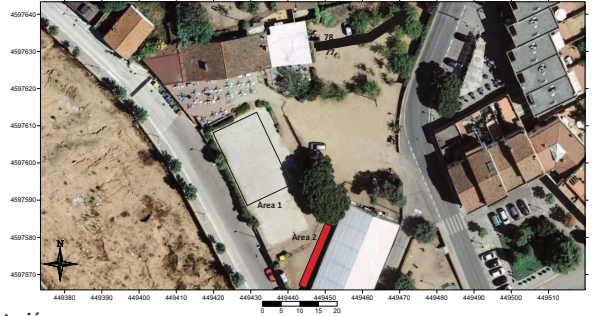


Prospecció georadar per a la descripció
de restes arqueològiques
Can Rodon, Cabrera de Mar
Gràfic 10. Àrea 1. Restitució volums detectats
de 0.5 a 1.5m s.s.

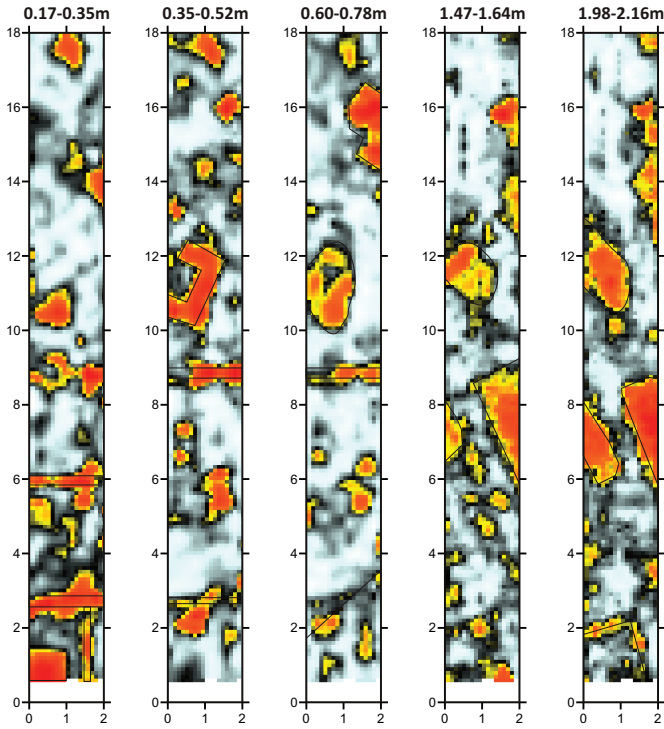




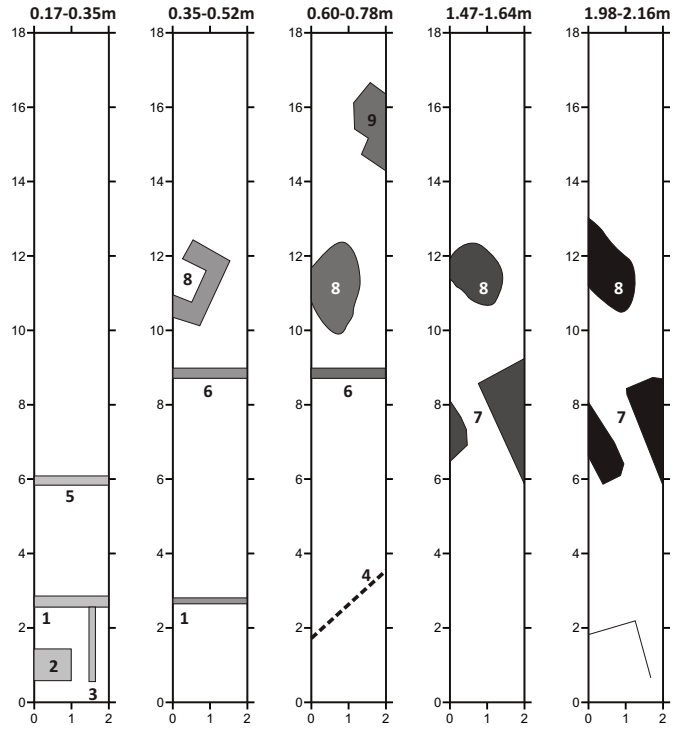
Prospecció georadar per a la descripció de restes arqueològiques
Can Rodon, Cabrera de Mar
Gràfic 11. Àrea 2. Talls horitzontals i interpretació



Talls Horitzontals

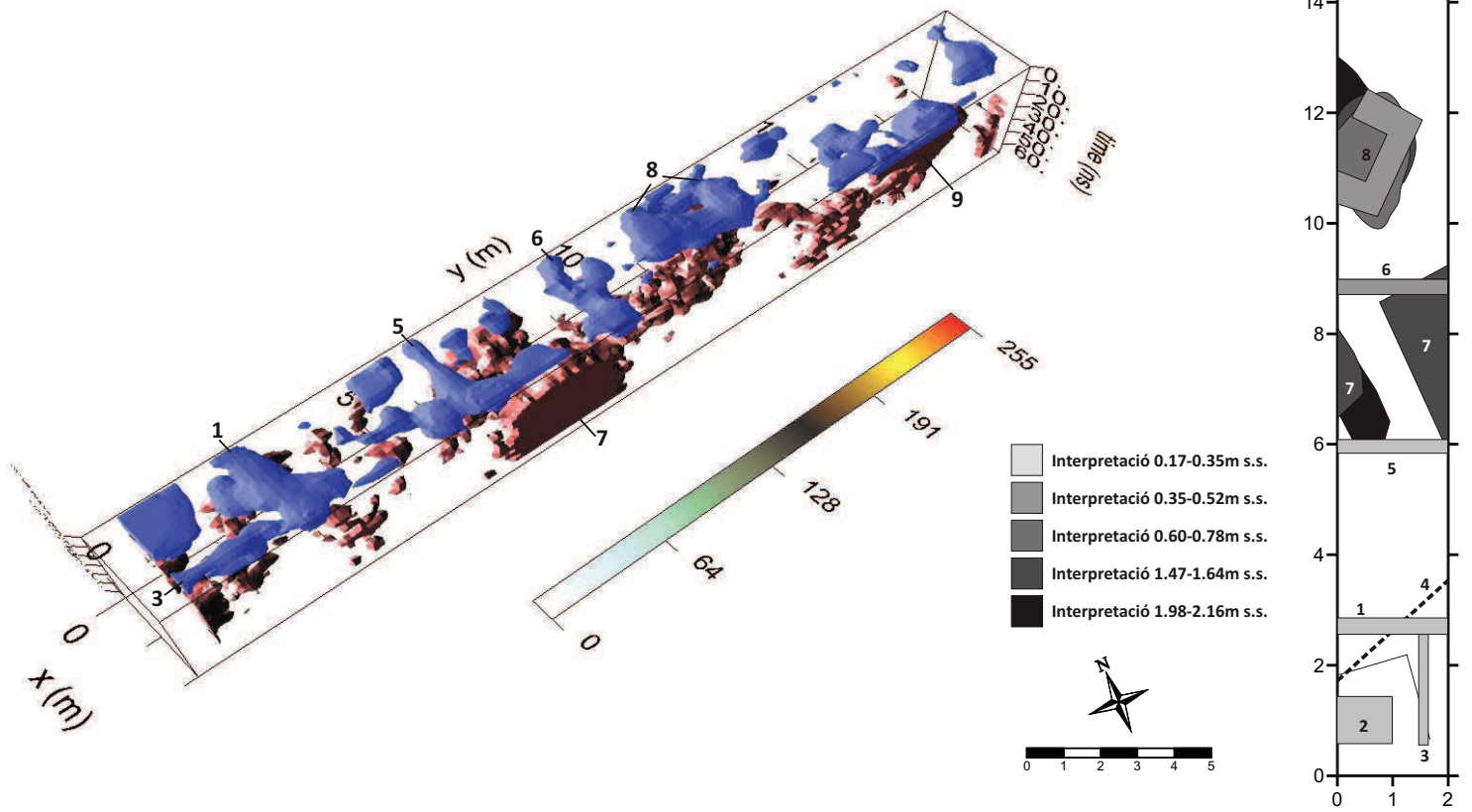


Interpretació





Prospecció georadar per a la descripció de restes arqueològiques
Can Rodon, Cabrera de Mar
Gràfic 12. Àrea 2. Interpretació i vista 3D





Prospecció georadar per a la descripció de restes arqueològiques
Can Rodon, Cabrera de Mar
Gràfic 13. Àrea 1. Perfils simples

