
***Aplicació SIG per a l'enregistrament de
dades de prospeccions arqueològiques en
contextos d'Alta Muntanya***

Màster en Geoinformació, 1^a edició.

Autor: Guillem Salvador Baiges

Tutor: Joan Nunes



RESUM:

El present document exposa el desenvolupament d'una aplicació SIG per a l'entrada de dades en una base de dades arqueològica. Aquest projecte s'emmarca dintre el projecte de final del Màster en Geoinformació, 1^a edició i s'ha desenvolupat en col·laboració amb el Grup d'Arqueologia d'Alta Muntanya (GAAM) del Departament de Prehistòria de la Universitat Autònoma de Barcelona. A més, és la continuació del projecte realitzat al 2017 (Salvador, 2017) on es va definir el sistema d'informació amb el qual es treballa en aquest projecte.

Aquest treball és conseqüència de la necessitat d'homogeneïtzar el procés de recollida i processat de les dades de les prospeccions arqueològiques, especialment el procés de creació de les geometries dels diversos nivells d'informació que recull la base de dades. Així doncs, per una banda, s'ha realitzat un protocol de recollida i processat de els dades, on a partir d'operacions de geoprocessament amb PostGIS s'han derivat les geometries dels elements arqueològics digitalitzats a partir dels croquis dibuixats a mà en el procés de recollida de dades de camp. D'altra banda, s'ha dissenyat i desenvolupat una aplicació de QGIS per a poder gestionar amb més facilitat la digitalització dels croquis, on s'han integrat les operacions de geoprocessament així com per poder introduir les dades alfanumèriques a la base de dades arqueològica.

L'aplicació s'ha desenvolupat íntegrament amb programari lliure.

Paraules clau: *Arqueologia, Base de dades espacial, QGIS, PostgreSQL, geoprocessament, geoinforamció.*

RESUMEN:

El presente documento expone el desarrollo de una aplicación SIG para la introducción de datos en una base de datos arqueológica. El proyecto se enmarca en el Trabajo Final del Master en Geoinformación, 1ª edición, y se ha desarrollado en colaboración con el Grup d'Arqueologia d'Alta Muntanya (GAAM) del Departament de Prehistòria de la Universitat Autònoma de Barcelona. Además, es la continuación del proyecto realizado el 2017 (Salvador, 2017) donde se definió el sistema de información con el que se trabaja en este proyecto.

Este trabajo es consecuencia de la necesidad de homogeneizar el proceso de recogida de datos de las prospecciones arqueológicas, especialmente el proceso de creación de las geometrías de los diferentes niveles de información que recoge la base de datos. Así pues, por un lado, se ha realizado un protocolo de recogida i procesado de los datos, donde a partir de operaciones de geoprocésamiento con PostGIS se han derivado las geometrías de los elementos arqueológicos digitalizados a partir de los croquis dibujados a mano en el proceso de recogida de datos de campo. Por otro lado, se ha diseñado y desarrollado una aplicación de QGIS para poder gestionar con más facilidad la digitalización de los croquis, donde se han integrado las operaciones de geoprocésamiento, así como poder introducir los datos alfanuméricos a la base de datos arqueológica.

La aplicación se ha desarrollada íntegramente con *software* libre.

Palabras clave: *Arqueología, Base de dades espacial, QGIS, PostgreSQL, geoprocésamiento, geoinformación*

ABSTRACT

The current paper exposes the development of a SIG application for the introduction of data in an archaeological data base. This project is framed in the final project of the *Màster en Geoinformació*, 1st edition and it has been developed in collaboration with the Grup d'Arqueologia d'Alta Muntanya (GAAM) in the Departament de Prehistòria of the Universitat Autònoma de Barcelona. Moreover, it is the following part to the project done in 2017 (Salvador, 2017) where the Archeological Information System we will work with, was defined.

This work answers the need of homogenize the process of collecting the data in archaeological prospections, especially the process of creation of the geometries on the different levels of information that are placed in the data base. On the one hand, this project consists on a protocol for data gathering and processing, where departing from geoprocessing operations geometries of the archaeological elements digitalized from the hand drawn sketches in the field work data gathering process have been created. On the other hand, the project has designed and developed a QGIS application for managing more comfortably the digitalization of the sketches. In the application we integrated the geoprocessing operations and the option of introducing alphanumeric data in the archaeological data base.

The application has been developed entirely with free software.

Key words: *Archaeology, spatial data base, QGIS, PostgreSQL, geoprocessing, geoinformation*

SUMARI

1.	Introducció:	1
1.1.	Antecedents:.....	1
1.2.	Marc institucional:.....	2
1.3.	Situació i necessitats actuals:.....	2
2.	Objectius del projecte i fases:	3
2.1.	Objectius principals:.....	3
2.2.	Fases.....	3
3.	Revisió de la base de dades:.....	5
3.1.	La base de dades espacial del gaam:.....	5
3.1.1.	Model conceptual	5
3.1.2.	Model lògic:	10
3.1.3.	Implementació:	11
3.2.	Modificacions de la base de dades:	12
3.2.1.	Modificació del nivell d'estructura de la base de dades.....	12
3.2.2.	Informació ràster a la base de dades:.....	13
4.	Protocol de recollida de dades:.....	17
4.1.	Processament de la informació espacial:.....	17
4.1.1.	Georeferenciació i digitalització:	18
4.1.2.	Generació automàtica de les geometries:.....	20
5.	Disseny i implementació de l'aplicació:	26
5.1.	Objectius de l'aplicació	26
5.2.	Anàlisi de requeriments	27
5.2.1.	Restriccions	28
5.2.2.	Característiques dels usuaris:.....	28
5.2.3.	Requeriments funcionals:	28
5.2.4.	Requeriments no funcionals	31
5.3.	Disseny funcional:.....	31
5.3.1.	Disseny lògic de la base de dades de digitalització:.....	31
5.3.2.	Casos d'ús.....	33
5.4.	Disseny d'interfície:.....	42
5.5.	Solució metodològica de programació:	43
5.5.1.	Mòdul de digitalització	44
5.5.2.	Mòdul d'entrada de dades	48
6.	Resultats:.....	52
7.	Conclusions:	57
	Bibliografia.....	58

Annex I: Anàlisi de l'estat de les dades.....	60
1. Campanyes i zones prospectades:.....	60
2. Síntesi.....	63
Annex II: Protocol de recollida de dades de camp	64
1. La metodologia de la prospecció:.....	64
2. La documentació de l'evidència material	64
7.1.1. El sistema de registre:	65
7.1.2. Els sondeigs:	70
7.1.3. Croquis i topografies:.....	71
Índex de figures	Error! No s'ha definit el marcador.

1. INTRODUCCIÓ:

1.1.ANTECEDENTS:

L'any 2017 en el marc del Màster de Tecnologies de la Informació Geogràfica, 19^a Edició, i dins del projecte *HAR2015-66780-P Modelización de los espacios prehistoricos de montaña. Un siglo del patrimonio arqueológico y los territorios pastoriles*, projecte dirigit pel Grup d'Arqueologia d'Alta Muntanya (GAAM), es va realitzar el disseny d'un sistema d'informació d'arqueològica per tal de poder estructurar i emmagatzemar la informació recollida a les prospeccions arqueològiques que s'han dut a terme des de l'any 2001 als Pirineus, especialment al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici.

A més, el GAAM és un dels grups impulsors de la Xarxa DEPART (Dinàmiques dels Espais Pirinencs d'Altitud), un projecte resultat de la necessitat de compartir la informació arqueològica dels diferents grups de recerca que treballen als Pirineus. Per tant, la base de dades i l'estructuració de les dades havien de ser concordants amb els acords i les discussions que havien tingut lloc a les reunions de la Xarxa DEPART.

L'objectiu del projecte va consistir, com ja s'ha mencionat, en el disseny i el desenvolupament d'un sistema d'informació. Aquest havia de ser una eina per a la gestió de la informació, l'emmagatzematge, l'actualització i l'anàlisi i modelització de les dades arqueològiques per tal de donar suport a la investigació que duu a terme el GAAM, concretament en l'estudi de les dinàmiques d'ocupació del territori de les comunitats humanes i la seva relació amb l'evolució del territori i del medi. Per fer-ho es va conceptualitzar el sistema d'informació per a que s'integrés la informació alfanumèrica amb la informació espacial, en forma de base de dades espacial, utilitzant el programari PostgreSQL amb l'extensió espacial Postgis.

A més de la base de dades espacial, es va realitzar una geoaplicació web que consistia en un visor desenvolupat amb Leaflet, per tal de poder visualitzar i consultar la informació de la base de dades, un apartat amb formularis per poder introduir les dades, i una funcionalitat de descàrrega de dades en format ESRI Shapefile per a poder utilitzar les dades per fer les anàlisis i no haver de treballar directament amb a la base de dades. Aquesta aplicació va ser una primera prova per mostrar la capacitat que pot tenir una base de dades espacial amb la informació estructurada, i permetre la seva usabilitat amb diferents tipus d'usuaris.

Un dels elements que no es va resoldre amb el projecte del 2017, era el processat i la digitalització de les dades arqueològiques i la creació de les geometries en els diferents

nivells d'informació -ja sigui el lloc arqueològic, l'estructura arqueològica, els recintes o els murs-. Fins aquest moment, i aquí és on es marca l'objectiu del present treball, el procés de digitalització de la informació espacial, es feia a partir del dibuix del croquis, la seva digitalització, i la creació manual de les geometries del lloc, dels murs i dels recintes.

1.2.MARC INSTITUCIONAL:

Aquest projecte s'ha realitzat dintre del Màster en Geoinformació, 1^a edició, organitzat pel Departament de Geografia de la Universitat Autònoma de Barcelona i l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC).

El projecte s'ha realitzat a petició del Grup d'Arqueologia d'Alta Muntanya (GAAM) del Departament de Prehistòria de la Universitat Autònoma de Barcelona, dintre del projecte *HAR2015-66780-P Modelización de los espacios prehistóricos de montaña. Un siglo del patrimonio arqueológico y los territorios pastoriles*.

1.3.SITUACIÓ I NECESSITATS ACTUALS:

Actualment el Grup d'Arqueologia d'Alta Muntanya treballa en tres zones diferents dels Pirineus, investigant les dinàmiques d'ocupació humana d'aquests territoris. Des del 2004 fins l'actualitat ha treballat a les comarques dels Pallars, l'Alta Ribagorça i la Vall d'Aran, especialment a l'interior del Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici. Més recentment, des de l'any 2015, s'ha començat a treballar a la zona del Parque Nacional de Ordesa i Monte Perdido, on actualment s'està excavant l'abric de Coro Trasito, que s'ha combinat amb dues campanyes de prospecció els anys 2015 i 2016. Finalment, des de l'any 2016 en col·laboració amb el Departament de Patrimoni d'Andorra i el Comú d'Ordino s'han fet campanyes de prospecció a les zones dels llacs de Tristaina i el Castellar.

Per tal de continuar amb el projecte d'implementació del sistema d'informació amb que s'està treballant convé analitzar quin és l'estat en què es troben actualment les dades arqueològiques del GAAM que s'han d'introduir a la base de dades per poder avaluar quines són les necessitats que cal cobrir i quines eines s'han de desenvolupar.

D'aquesta anàlisi (veure Annex I) se n'extreuen els objectius del present projecte. Aquests són, a grans trets, crear procediments per a la generació de les geometries dels diferents nivells d'informació i desenvolupar una aplicació per a poder entrar totes les dades així com definir un protocol per a recollir-les.

2. OBJECTIUS DEL PROJECTE I FASES:

2.1.OBJECTIUS PRINCIPALS:

L'objectiu del present treball és elaborar un sistema de recollida, processament i entrada de dades a la Base de Dades Espacial.

Aquest té com a finalitat homogeneïtzar i estandarditzar el procés de recollida i posterior processament de les dades de camp produïdes pel Grup d'Arqueologia d'Alta Muntanya a les zones d'alta muntanya. Això dóna resposta a la necessitat de reduir el temps i la complexitat del processament de la informació, en especial la geomètrica, i permetre l'entrada de dades de forma més fiable, homogènia i senzilla.

De manera sintètica es presenten a continuació els objectius concrets del protocol de recollida, processament i entrada de dades:

- 1) Protocol de recollida de dades de camp:
 - a) Dades alfanumèriques
 - b) Dades geomètriques
- 2) Procediments per al processament de la informació espacial:
 - a) Digitalització i Georeferenciació
 - b) Desenvolupament d'una metodologia per a la generació automàtica de les geometries de cada nivell d'informació.
- 3) Disseny i desenvolupament d'una aplicació per a la digitalització de la informació espacial i la introducció de dades alfanumèriques:
 - a) Aplicació per a la digitalització dels croquis
 - b) Aplicació d'entrada de dades alfanumèriques

Un objectiu secundari és l'actualització i la millora de la base de dades, en concret l'emmagatzematge de les dades ràster i l'elaboració de *triggers* per a actualitzar els registres de la base de dades, tasques que tot just es van explorar en el treball realitzat el 2017.

2.2.FASES

El projecte ha constatat de les fases següents:

- 1) **Anàlisi de l'estat de la informació de les dades del PNAESM i anàlisi de necessitats.** Com s'ha exposat a l'apartat anterior aquesta fase ha consistit en revisar les memòries, informes i cartografia generada per tal d'avaluar en quin estat es troben les dades arqueològiques i quines tasques de processat seran necessàries per a poder-les introduir.

- 2) **Definició dels objectius.** A partir de la revisió de les dades i les reunions amb el GAAM i el tutor del projecte, s'arriba a la conclusió que les prioritats del treball passen per la definició i elaboració d'un protocol per a la recollida i processament de les dades, fent èmfasi en elaborar procediments per a la creació automàtica de les geometries. A més de revisar i millorar la base de dades espacial, que es va dissenyar i implementar l'any 2017.
- 3) **Revisió de la Base de Dades Espacial.** A partir de les conclusions i les línies futures de treball que es van marcar en el treball del 2017, s'ha anat modificant la base de dades en l'apartat de les dades ràster per a poder emmagatzemar Models Digitals d'Elevacions i les seves derivades del terreny. S'haurà de fer també un apartat per emmagatzemar les dades vectorials amb informació ambiental –capes d'hidrografia, usos del sòl, entre d'altres...- que serviran per a poder fer consultes i explotacions de la base de dades. En aquesta fase del projecte també s'han desenvolupat nous *triggers* i vistes espacials per fer operativa la base de dades que no s'havien definit en el projecte anterior.
- 4) **Elaboració del protocol de recollida de dades de camp.** Aquest apartat ha consistit en descriure i establir com s'han de recollir les dades de les prospeccions de camp. Això s'ha realitzat a partir de la metodologia que utilitza el GAAM en les prospeccions arqueològiques adaptant-la a les característiques i necessitats de la base de dades i al procés de digitalització de la informació.
- 5) **Elaboració de procediments automatitzats per a generar les capes vectorials.** Aquesta fase ha consistit en idear i pensar quines operacions de geoprocessament es poden utilitzar per tal de poder derivar, a partir dels croquis digitalitzats, les capes vectorials de lloc arqueològic, de delimitadors i de recintes de les estructures. Posteriorment, crear funcions i *triggers* amb PostGIS i PostgreSQL per poder-ho fer dinàmicament.
- 6) **Desenvolupament de l'aplicació per a la digitalització i la introducció de les dades.** Aquesta fase ha consistit en el disseny i programació d'un plugin de QGIS que permet d'una banda digitalitzar els croquis directament dins d'una base de dades PostGIS –i que conté la seqüència de funcions de geoprocessament per la creació de les diverses geometries i permet la introducció dels diversos codis de cada element-. Per altra banda, hi ha un seguit de formularis per poder entrar les dades alfanumèriques recollides a les fitxes de camp i poder-les associar amb les geometries generades.

La revisió de la base de dades (fase 3) i el desenvolupament dels procediments (fase 5) i l'aplicació de QGIS (fase 6), s'han anat desenvolupant en paral·lel.

3. REVISIÓ DE LA BASE DE DADES:

3.1.LA BASE DE DADES ESPACIAL DEL GAAM:

La base de dades espacial que es va dissenyar i implementar en l'anterior projecte (Salvador, 2017) va marcar-se l'objectiu de servir per a la gestió, l'emmagatzematge, l'actualització i l'anàlisi de les dades arqueològiques provinents dels treballs de prospecció realitzats en zones d'alta muntanya. La informació de les dades arqueològiques, al ser resultat de campanyes de prospecció, fa referència principalment a les dades relacionades amb l'arquitectura dels diversos elements arqueològics.

A més, ha de ser una eina per a poder relacionar la informació arqueològica amb la informació geogràfica del territori (orografia, hidrografia, vegetació, usos del sòl...).

La base de dades espacial es va implementar amb el Sistema Gestor de Bases de Dades PostgreSQL 9.5 i la seva extensió espacial PostGIS 2.3.

Els objectius específics marcats per al sistema d'informació van ser els següents (Salvador, 2017):

1. Sintetitzar la informació de jaciments i altres vestigis arqueològics:
 - 1.1. Actuacions efectuades: prospeccions, sondeigs, datacions, excavacions...
 - 1.2. Característiques (principalment a partir de les dades de superfície)
 - 1.3. Integrar informació alfanumèrica i informació gràfica (principalment vectorial) en una mateixa plataforma d'accés.
2. Possibilitar la consulta de la informació.
 - 2.1. Consultes de tots els membres del GAAM. Eina per als diferents investigadors.
 - 2.2. Consultes del personal del PNAESM (gestió del patrimoni).
3. Anàlisi i modelització.
4. Ha de ser compatible amb la Xarxa DEPART (Dinàmiques dels Espais Pirinencs d'Altitud), projecte que té per finalitat compartir la informació dels diversos grups de recerca arqueològics que treballen als Pirineus.
5. En un futur ha de poder integrar les dades dels diversos tipus d'estudis arqueològics.

3.1.1. MODEL CONCEPTUAL

La informació de la base de dades es va organitzar en quatre nivells d'informació per organitzar-la a partir de la concreció de la informació de menys detall a més detall. Els nivells d'informació són els següents:

A. NIVELL REGIONAL: aquest nivell respon a una escala poc detallada de la informació, on s'inclouen els registres de punts GPS amb la informació de la localització de les evidències humanes trobades i una descripció sobre l'element localitzat. També s'inclouen en aquest apartat les zones arqueològiques, representades a partir d'una àrea, que consisteix en una concentració de llocs arqueològics/jaciments en un espai determinat que estan relacionats espacialment entre ells.

El nivell regional per tant inclou:

- a. Taula d'inventari de punts GPS amb coordenades UTM.
- b. Una taula de zones arqueològiques definides com a polígons, on s'inclou un camp per descriure la zona i la interpretació que se'n fa d'ella.

B. NIVELL LOCAL: aquest nivell és l'element central de la base de dades a partir del qual s'estructura la resta d'informació. En aquest apartat es representa el Lloc Arqueològic (o jaciment) com una capa poligonal que fa referència a un conjunt d'evidències antròpiques que per la seva proximitat espacial, per l'estat de conservació i per la seva morfologia, corresponen com a mínim a un assentament humà que formava una unitat social coherent amb ella mateixa. Per tant, és la unitat principal d'anàlisi que s'utilitzarà per fer els estudis arqueològics. A banda de la taula de lloc amb tota la informació que conté, en aquest nivell d'informació també es recull la informació alfanumèrica de la realització dels croquis i la informació del material arqueològic trobat, que també està relacionat amb el sondeig, i la informació de les datacions de C14.

El nivell local inclou:

- a. Una taula de llocs arqueològics amb la informació general proporcionada per les fitxes de la prospecció. Es representarà gràficament mitjançant un polígon i amb la possibilitat de fer-ho amb un punt a partir del centre del polígon.
- b. Una taula amb la representació gràfica dels croquis i la informació alfanumèrica de la realització del croquis.
- c. Una taula amb la informació dels materials arqueològics associats al lloc arqueològic o bé al sondeig.
- d. Una taula amb la informació de les datacions de C14 dels materials que han estat datats.

C. NIVELL D'ESTRUCTURA: aquest nivell és una concreció amb més detall del nivell local. Els llocs arqueològics poden tenir una estructura (com una cabana,

un tancat...) o en alguns casos poden estar conformats per més d'una estructura diferent. Aquests elements són les unitats estructurals que contenen tres especialitzacions (estructura arquitectònica, cavitat natural, espai obert), que contenen la informació referent a la descripció i les característiques morfo-mètriques generals de cada estructura individualitzada. Les unitats estructurals són la síntesi del que conforma una estructura que són els recintes (l'espai intern) i els delimitadors (elements que delimiten l'estructura, que poden ser elements construïts o naturals).

En aquest nivell també s'inclouen les ocupacions, que contenen la informació sobre l'ús antròpic de l'estructura en un temps determinat, que per tant, pot ser més d'una (majoritàriament si hi ha hagut diverses ocupacions s'estableix a partir de la informació del sondeig).

El nivell d'estructura inclou:

- a. Una taula d'unitats estructurals amb tres especialitzacions: estructura arquitectònica, cavitat natural i espai obert. Estarà representada per l'agregació dels recintes i els delimitadors i contindrà la informació general dels aspectes morfo-mètrics i la descripció de les estructures.
- b. Una taula alfanumèrica de les ocupacions que emmagatzemarà la informació del tipus d'ocupació, la seva descripció i la cronologia relativa de l'ocupació així com el mètode que s'ha utilitzat per a datar-la si s'ha datat.
- c. Una taula amb els recintes que es representarà amb polígons derivats del croquis, amb la informació sobre l'ús de l'espai i la seva funcionalitat.
- d. Una taula de delimitadors amb dues especialitzacions segons si són elements constructius o elements geològics, com murs o blocs erràtics respectivament. Es representarà amb polígons derivats del croquis i contindrà la informació de les característiques mètriques i el sistema constructiu.

D. NIVELL DE SONDEIG: aquest nivell té la intenció de recollir i organitzar la informació dels sondeigs que es realitzen ja que d'aquesta manera s'aporta més informació arqueològica que només la recollida de forma superficial. La intenció d'aquets sondeigs, és poder datar les estructures i els llocs arqueològics, i establir una seqüència diacrònica del tipus d'ocupacions humanes dels pirineus. Així doncs, aquest nivell agrupa totes les entitats que tenen informació respecte a la realització de sondeigs, l'estratigrafia i les relacions entre els estrats, la informació gràfica dels sondeigs i la recollida d'informació del tipus de sediment

dels estrats. A més són entitats que estan relacionades amb entitats dels altres nivells, com l'ocupació, l'estructura i el material.

El nivell de sondeig inclou:

- a. Una taula de sondeigs que contindrà la informació general de la seva realització: Metodologia utilitzada, dimensions, quantitats de material, datacions i autoria.
- b. Una taula de nivells per tal de permetre que hi hagi agrupacions d'estrats relacionats que tinguin una interpretació conjunta.
- c. Una taula d'estrats amb la informació i les característiques de cada estrat individualitzat.
- d. Una taula amb la informació del sediment extret de cada estrat.
- e. Una taula per emmagatzemar la informació gràfica de cada sondeig.

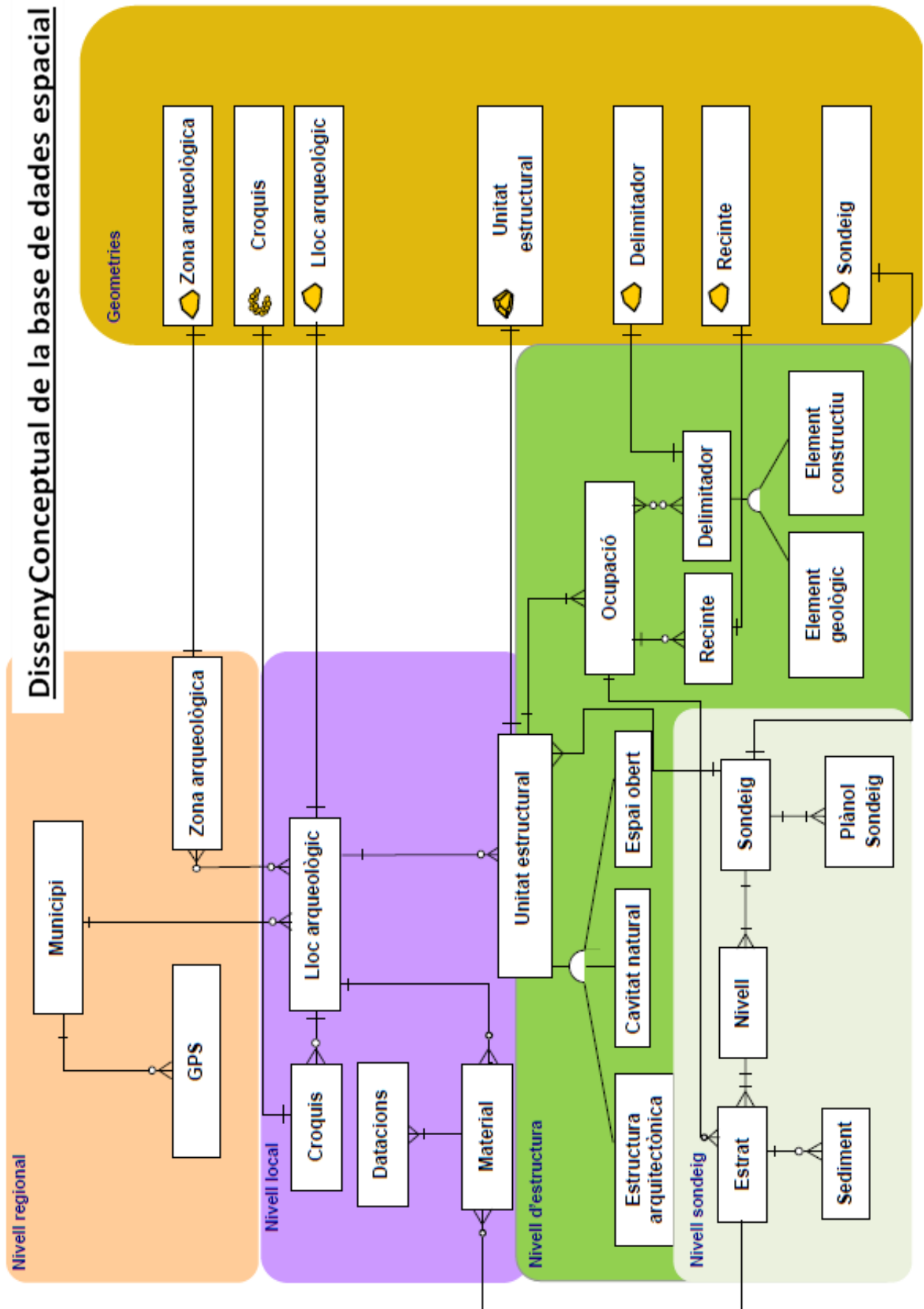


Figura 1. Disseny Conceptual de la Base de Dades Espacial

3.1.2. MODEL LÒGIC:

El disseny lògic de la base de dades el vam elaborar a partir del model conceptual Entitat-Relació exposat a l'apartat anterior. En aquest disseny es va definir tota l'estructura de taules i els atributs de cada una d'elles, amb els codis identificadors de cada taula que fan la funció de clau primària, i a partir de les relacions de cardinalitat i de dependència de les taules vam establir les claus foranes. Les taules corresponen a cada una de les entitats definides al model conceptual, i a més, en aquells casos que hi ha una relació molts a molts, com pot ser la relació entre ocupacions i delimitadors, vam crear una taula amb els identificadors d'ambdues taules per a poder-les relacionar. Això va implicar crear 38 taules a la base de dades. Les taules són les següents:

- | | | |
|-------------------------|------------------------------|------------------------|
| • Municipi | • Recinte | • Sediment |
| • Zona arqueològica | • Ocupació-Delimitador | • Plànol Sondeig |
| • GPS | • Delimitador | • Fotografies |
| • Lloc arqueològic | • Element Geològic | • GPSFOTO |
| • Croquis | • Secció de Mur | • ZONAFOTO |
| • Datació | • Element constructiu | • LLOCFOTO |
| • Material | • SOND-UEST | • UEFOTO |
| • Unitat Estructural | • Sondeig | • DELFOTO |
| • Element arquitectònic | • Nivells | • RECFOTO |
| • Cavitat Natural | • Estrats | • SONDFOTO |
| • Espai obert | • Relacions estratigràfiques | • Diccionari de valors |
| • Ocupació | | • DOCLLOC |
| • Període | | • Documents |

Per veure les relacions de cardinalitat, els atributs, i la definició de les claus primàries i foranes, es pot consultar l'annex amb el model lògic.

3.1.3. IMPLEMENTACIÓ:

Per fer el disseny de la base de dades es va utilitzar el programari OpenModelSphere, del qual es va generar un script SQL per poder crear la base de dades al PostgreSQL. Així doncs vam haver de fer modificacions a l'script per tal de poder definir els camps de geometria (*geometry*), els seus identificadors (*gid*) i el sistema de referència de cada geometria (en aquest cas el sistema de referència EPSG:25831: ETRS89 / UTM zone 31N), ja que el programari de disseny utilitzat no ho permetia.

Una de les funcionalitats requerides de la base de dades que es va plantejar era la necessitat que alguns camps de les taules poguessin ser calculats de forma automàtica quan s'introduís, s'actualitzés o s'eliminés un registre.

Es van crear funcions i triggers o disparadors, que són una funcionalitat de les bases de dades que permeten executar una funció o un procediment de forma automàtica quan hi ha una operació INSERT, UPDATE o DELETE sobre cada registre. La base de dades té els següents triggers:

- Trigger per a actualitzar la data de creació i modificació dels registres (a cada taula de la base de dades).
- Triggers per a calcular el número de datacions d'un sondeig, el número d'estrats i el número de nivells d'un sondeig, el número d'ocupacions d'una Unitat estructural i el número d'estructures d'un Lloc arqueològic.
- Triggers per a calcular funcions espacials:
 - Càlcul d'àrees de la geometria (a totes les taules amb geometria)
 - Càlcul de tots els atributs espacials per a la taula lloc (centroide del polígon, àrea i distància a la font d'aigua més propera)

3.2.MODIFICACIONS DE LA BASE DE DADES:

En el present projecte, s'han volgut resoldre alguns aspectes poc satisfactoris en el desenvolupament de la base de dades de l'anterior projecte i s'han modificat alguns elements de la base de dades que s'ha valorat que no acabaven de funcionar. En aquest apartat s'exposen aquestes modificacions i millores de la base de dades.

3.2.1. MODIFICACIÓ DEL NIVELL D'ESTRUCTURA DE LA BASE DE DADES

El problema que teníem en la modelització del nivell d'estructura, és entorn a l'entitat Ocupació, que fa referència a l'ús de les estructures en una temps històric determinat. El problema el trobem al moment d'introduir les dades que provenen de les prospeccions, ja que en la gran majoria no coneixem el número d'ocupacions ni l'època d'aquestes. Pel fet que són unes dades que per obtenir-les, s'han de fer altres tipus d'intervenció com ara sondeigs i/o excavacions. És a dir, les dades referent a les ocupacions no les tindrem quan es documenta un lloc arqueològic, per tant, s'ha d'establir una relació directa entre Unitat Estructural i Recintes i Delimitadors, per a què en el procés d'entrada de dades es pugin introduir independentment de si es tenen les dades de l'ocupació.

Al model lògic aquest fet ha implicat:

- Afegir el codi d'Unitat Estructural (uest_cd) a la taula de Recintes.
- Crear la taula UESTDEL, per resoldre la relació molts a molts entre la Unitat Estructural i els Delimitadors. La taula té dos atributs, el codi d'unitat estructural (uest_cd) i el codi de delimitador (del_cd), ambdós són la clau primària de la taula.

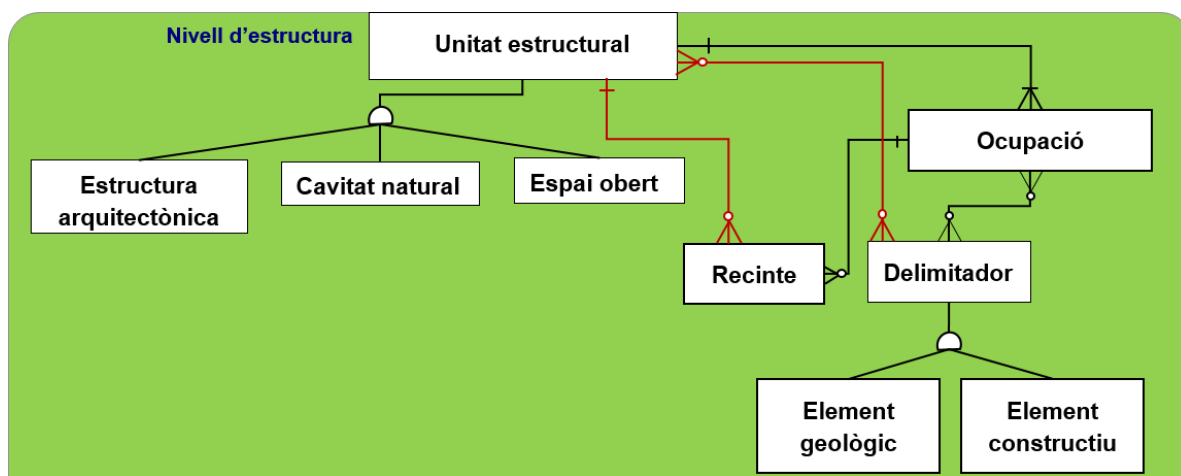


Figura 2. Disseny Conceptual del Nivell d'Estructura

3.2.2. INFORMACIÓ RÀSTER A LA BASE DE DADES:

En l'anterior projecte va quedar pendent per implementar l'emmagatzematge de dades ràster. En el nostre cas, necessitem emmagatzemar un Model Digital d'Elevacions (MDE) que cobreixi la zona on treballa el GAAM.

Els MDE són una eina important a l'hora de treballar i fer estudis d'arqueologia del territori, ja que donen la informació de l'elevació, dada important al tractar-se d'un conjunt de dades de jaciments arqueològics situats en zones d'alta muntanya, i les seves derivades.

A la Base de Dades hi ha alguns camps de les taules que són dades extreïdes dels MDE, fent operacions espacials que relacionen les capes vectorials amb les ràster. Els camps que ens estem referint, són l'altitud màxima, mínima i del centroide dels llocs arqueològics, ...

Hem separat les dades ràster a un altre esquema de base de dades. Un esquema podríem dir que es un directori dins la base de dades que ens permet ordenar i organitzar les taules de la base de dades (Martínez, 2012). Separant les dades ràster de l'esquema *public* – que és on estant les taules dels elements arqueològics – facilita fer les còpies de seguretat, ja que es poden fer separant esquemes i amb la possibilitat d'excloure'n. A més les dades ràster ocupen molt espai i tenir les dades separades pot agilitzar les còpies o el trasllat de les dades.

Hem escollit el Model Digital d'Elevacions amb una quadricula de 5 X 5 metres, que és un dels MDE més detallats que hi ha exceptuant els que es poden extreure de les dades Lidar que poden arribar a 2x2 metres o 1x1 metres.

Les dades del MDE les hem obtingut del Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC) per obtenir les dades de les zones de Catalunya, i del Institut d'Estudis Andorrans (IEA) on amb el projecte SIGMA (Sistema d'Informació Geogràfica Mediambiental d'Andorra) proporciona el Model Digital d'Elevacions 5x5 m.

Abans de carregar el MDE a la base de dades s'han hagut de fer les operacions següents:

- Convertir el MDE d'Andorra del SCR Lambert_Conformal_Conic-ZoneIII-NTF (EPSG: 27573) al SCR ETRS89/UTM Zone 31 – Projectada (EPSG: 25831).
- Combinar els ràsters de Catalunya i Andorra en un sol MDE i exportar-ho a format TIFF.

Des de la versió 2.0 PostGIS porta incorporat el que abans era l'extensió ràster. Aquesta funcionalitat permet tractar les dades ràster de la mateixa forma que el tipus de dada *geometry*, s'hi permet fer anàlisis ràster i combinar la informació amb les dades de geometria. El tipus de dades s'anomena *raster* i s'emmagatzema com un atribut més d'una taula, aquesta requereix un identificador amb un tipus de dada *serial* que normalment s'anomena *rid*, i és la clau primària (Martínez, 2012). Cada registre de la taula serà una tessel·la del ràster, ja que carregar tot un ràster en un sol registre pot arribar a ser molt pesat i quan es facin consultes molt més lent d'executar.

Per importar els fitxer ràster a la base de dades, PostGIS compta amb un programa, *raster2pgsql*, que s'ha d'utilitzar en línia d'ordres. El procés que fa aquest programa és convertir determinats formats ràster a un fitxer SQL, que posteriorment s'executarà per crear una taula ràster a la base de dades o introduir les dades dins d'una taula ja creada (Martínez, 2012).

L'ordre que hem utilitzat per a convertir el TIFF en SQL és el següent:

```
raster2pgsql -s 25831 -l -C E:\raster\dem_gaam.tif -F -t 9247x5681 elev > E:\raster\elev.sql
```

Les opcions que hem escollit són:

- -s: especifica el SRC. Hem escollit el SRC ETRS89/UTM Zone 31 – Projectada (EPSG: 25831).
- -l: per crear un índex espacial sobre la columna *raster*.
- -C: per crear les restriccions *Check* estàndard després de la càrrega del ràster. La funció que tenen aquestes és establir propietats comunes a totes les tessel·les i facilitar així l'ús d'aquestes dades amb altres programes que puguin visualitzar aquestes capes.
- -F: afegirà a la taula una columna (filename) amb el nom del fitxer. En aquest cas *dem_gaam.tif*
- -t: fa referència a la mida de la tessel·la. En aquest cas hem volgut crear 20 tessel·les ja que facilitarà i farà més ràpida la consulta a les dades. Hem creat així una quadricula de 4X5.
- elev: és el nom que se li donarà a la taula.

Per executar el fitxer anterior ho hem fet de la següent manera:

```
psql -U postgres -d bd_gaam -f E:\raster\elev.sql
```

Una vegada creada la taula del Model Digital d'Elevacions, hem creat els ràsters de pendents i d'orientacions, que són productes derivats del MDE.

El pendent es calcula a partir del pla de màxima variació d'altitud tangent a la superfície del terreny en cada punt, és a dir, és la màxima inclinació de la superfície del terreny (Nunes, 2012). Per calcular-lo amb PostGIS ho fem amb la funció *ST_SLOPE* que s'utilitza a partir de la columna ràster del MDE. Les unitats en que es pot expressar són radians, graus o percentatge.

L'orientació correspon a la direcció de la màxima variació d'altitud de la superfície del terreny en cada punt i s'expressa en graus on el Nord és 0° (Nunes, 2012). Per calcular-ho amb Postgis ho fem amb la funció *ST_ASPECT* que s'utilitza a partir de la columna ràster del MDE. Les unitats en que es pot expressar són radians o graus.

Els passos que hem seguit per crear aquests ràster són:

1. Crear la taula del ràster amb dues columnes, l'identificador (*rid*) i la columna on s'emmagatzemarà el ràster (*raster*).
2. Fer un INSERT a la taula, amb un SELECT en que es transforma el MDE a un ràster d'orientació o pendent, utilitzant les funcions que hem explicat anteriorment.
3. Crear un Índex Espacial.
L'índex espacial sobre la columna ràster serveix per agilitzar les operacions d'anàlisi d'aquestes dades.
4. Afegir les restriccions a la capa ràster.

```

1 CREATE TABLE raster.slope (
2   rid serial primary key,
3   rast raster
4 );
5
6 INSERT INTO raster.slope (rast)
7 SELECT ST_SLOPE(rast) as rast from raster.elev;
8
9
10 CREATE INDEX slope_st_convexhull_idx
11 ON raster.slope
12 USING gist
13 (st_convexhull(rast));
14
15 SELECT AddRasterConstraints('slope', 'rast');
```

Figura 3. Exemple de Taula Ràster

ACTUALITZACIÓ DELS TRIGGERS:

Per finalitzar la implementació de l'apartat ràster de la base de dades hem actualitzat els *triggers* que havíem desenvolupat en l'anterior projecte utilitzant les dades ràster de la base de dades.

Concretament hem actualitzat la funció trigger *funció_lloc_espacial()* que calcula els camps que es deriven de la geometria (la X del centroide, la Y del centroide, l'àrea, la distància a la font més propera).

Els camps a calcular que hem afegit a la funció són:

- LLOC_AL: és l'altitud del centroide del lloc arqueològic.

- LLOC_AMX: és l'altitud màxima del lloc arqueològic, es calcula a partir del polígon del lloc arqueològic.
- LLOC_AMN: és l'altitud mínima del lloc arqueològic, es calcula a partir del polígon del lloc arqueològic.

La consulta que hem realitzat per a extreure el valor d'altitud del centroide (LLOC_AL), ha estat utilitzant la funció *ST_Value* que permet l'accés dels valors de les cel·les del ràster des de les coordenades d'un punt concret. Per a què només executi la consulta dintre de la tessella on es troba el lloc arqueològic hem filtrat la consulta amb un predicat que selecciona només la tessella que conté el lloc arqueològic.

Per extreure l'altitud màxima i mínima hem utilitzat la funció *ST_SummaryStats*, que retorna el resum dels estadístics d'una capa raster. En el nostre cas el valor màxim i el mínim. Per a que aquesta consulta només s'efectuï al lloc arqueològic introduït, prèviament s'ha de retallar el ràster a partir del polígon de lloc arqueològic utilitzant la funció *ST_Clip*.

```

1 CREATE OR REPLACE FUNCTION funcio_lloc_espacial()
2 RETURNS trigger AS
3 $BODY$
4 BEGIN
5
6     NEW.LLOC_X = ST_X(ST_CENTROID(NEW.geom));
7
8     NEW.LLOC_Y = ST_Y(ST_CENTROID(NEW.geom));
9
10    NEW.area = ST_area (NEW.geom);
11
12    New.lloc_fper = min(ST_distance(NEW.geom, hidro.geom))from medi.hidro;
13
14    New.lloc_al = ST_Value(rast, ST_Centroid(NEW.geom)) from raster.elev r
15    where r.rid = (select rid from ((select elev.rid,st_convexhull(elev.rast) AS geom from elev)) t
16    where st_contains (t.geom, NEW.geom) );
17
18    NEW.lloc_amx = (SELECT max
19 FROM (SELECT (st_summarystats (st_union (st_clip (r.rast, NEW.geom)))).*
20 from raster.elev r
21 where st_intersects (NEW.geom, r.rast) and
22 r.rid = (select rid from ((select elev.rid,st_convexhull(elev.rast) AS geom from elev)) t
23 where st_contains (t.geom, NEW.geom) ) ) as tabla);
24
25    NEW.lloc_amn = (SELECT min
26 FROM (SELECT (st_summarystats (st_union (st_clip (r.rast, NEW.geom)))).*
27 from raster.elev r
28 where st_intersects (NEW.geom, r.rast) and
29 r.rid = (select rid from (select elev.rid,st_convexhull(elev.rast) AS geom from elev) t
30 where st_contains (t.geom, NEW.geom) ) ) as tabla);
31
32    RETURN NEW;
33 END;
34 $BODY$
35 LANGUAGE plpgsql VOLATILE
36 COST 100;
37 ALTER FUNCTION funcio_lloc_espacial()
38 OWNER TO postgres;

```

Figura 4. Actualització de la funció *trigger*

4. PROTOCOL DE RECOLLIDA DE DADES:

Davant la necessitat d'homogeneïtzar el procés de recollida i processament de la informació, part del present treball és l'elaboració d'un protocol de recollida i processat de dades.

Aquest implica dues grans parts: la recollida de dades de camp i el processament de la informació espacial. En aquest apartat, farem èmfasi en la segona. Tot i així, pot veure's la metodologia de recollida de dades de camp a l'Annex II.

4.1. PROCESSAMENT DE LA INFORMACIÓ ESPACIAL:

Un dels elements que va quedar pendent en el projecte anterior va ser elaborar un protocol per homogeneïtzar el procés de generació de la geometria a partir de la informació gràfica recollida a les prospeccions (Salvador, 2017).

Com ja s'ha explicat anteriorment, la base de dades s'estructura a partir de taules espacials que emmagatzemen la geometria vectorial. Es va escollir representar les dades arqueològiques a partir de polígons per tal de obtenir les dades de superfície.

Les taules que contenen un camp de geometria són les següents:

- Lloc Arqueològic: fa referència a tota l'extensió que ocupa el lloc.
- Recintes: fan referència a l'espai interior de les estructures.
- Delimitadors: fan referència als elements que delimiten els recintes, és a dir, els murs, o els blocs geològics que fan de delimitador. Aquests són els que es dibuixen al croquis.

Això planteja el problema de com generar aquestes geometries per tal de poder introduir les dades a la base de dades, tenint en compte que només es compta amb els croquis i les topografies per poder-les crear.

Una de les opcions, que és com s'ha fet fins ara, és digitalitzar de forma manual cada geometria guiant-se amb el croquis digitalitzat i utilitzant eines d'alineació (Snapping Tools) per anar marcant els vèrtexs dels polígons sense encavalcar-se amb les altres parts. Aquest mètode, però, pot conduir igualment a errors d'encavalcament, és molt lent d'executar –ja que després de digitalitzar el croquis s'han de digitalitzar tres capes més- i fa que les geometries no siguin homogènies, sinó que es creen sota criteri subjectiu de la persona que digitalitza, especialment en la creació de l'extensió del lloc arqueològic. Per tant, és necessari que les geometries es creïn automàticament en la mesura de les possibilitats.

En aquest apartat, s'explicaran els passos que s'ha de seguir per poder-les obtenir, en primer lloc la digitalització i la georeferenciació i en segon lloc, les operacions de geoprocessament que s'han ideat per poder crear les geometries de la base de dades de forma automàtica. Un dels objectius d'aquest projecte, és la creació d'una aplicació per poder realitzar aquests processos de forma més dinàmica, però això s'exposa a l'apartat posterior a aquest (apartat 5).

4.1.1. GEOREFERENCIACIÓ I DIGITALITZACIÓ:

GEOREFERENCIACIÓ:

La georeferenciació d'una imatge és el procés en el qual es defineix el sistema de referència espacial i la localització en unes coordenades concretes de la imatge.

Aquest procés és el primer pas per a processar la informació i digitalitzar-la. Per fer-ho s'han de seguir els següents passos:

1. Digitalització del dibuix: s'ha d'escanejar el dibuix per obtenir la imatge amb format TIFF o JPG, d'aquesta manera es podrà obrir amb un programa SIG o CAD (en aquest cas utilitzarem programari de SIG).
2. Punts de control: és necessari tenir les coordenades dels punts de control rectificades, per a fer-ho hi ha GPS diferencials que fan correcció en temps real. Si no és el cas o bé es treballa en zones sense cobertura mòbil, la correcció es pot fer en el post-processament de les dades de GPS.
3. La georeferenciació: tant ArcMap com QGIS tenen un mòdul o un plugin que permet georeferenciar imatges a partir de punts de control. Consisteix en marcar de forma manual els punts als llocs concrets on s'han pres i assignar les coordenades als punts. En aquest moment també s'ha d'assignar el sistema de referència de coordenades (en aquest cas SRC ETRS89/UTM Zone 31 – Projectada (EPSG: 25831) i el tipus de transformació que utilitzarem: la transformació Polinomial de 1r ordre.

DIGITALITZACIÓ:

La digitalització és una de les funcionalitats més bàsiques dels SIG d'escriptori ja que ens permet passar una informació en format d'imatge a una informació vectorial, és a dir, a entitats de punt, línia o polígon.

En el nostre cas, el procés de digitalització consisteix en redibuixar en format vectorial les pedres que conformen els croquis mitjançant polígons, creant així una capa vectorial dels croquis correctament ubicada i que ens permetrà associar la informació alfanumèrica a les capes vectorials. Tant ArcMap com QGIS tenen eines d'edició que

permeten crear noves entitats vectorials o bé modificar-les (modificar els vèrtexs que componen un objecte espacial o modificar la seva posició).

El croquis digitalitzat també s'introduirà a la Base de Dades i serà la base geomètrica per a visualitzar la informació.

La digitalització dels croquis s'ha de fer de la següent manera:

1. La geometria de la capa de croquis es definirà com a Multipolígon. Aquest tipus de geometria permet que un registre pugui tenir un o més polígons com a geometria. En el cas que ens pertoca, cada registre del croquis serà un mur o secció de mur, on les parts d'aquest multipolígon, són cada pedra del croquis.

Cal tenir en compte que:

- El model *simple fetures* no accepta com a vàlida aquest tipus de geometria quan els polígons que formen el multipolígon s'encavalquen entre si, com és el cas de les pedres que formen un mur vist en planta.
- El fet que no siguin vàlides no impedeix que PostGIS pugui emmagatzemar aquestes geometries, ni que QGIS o ArcMap et permeti visualitzar-les però implica que a l'hora de treballar posteriorment amb elles s'hauran de validar d'alguna manera.

2. Cada mur o secció de mur, ha de tenir els següents codis identificadors i atributs per tal de poder treballar posteriorment amb aquestes geometries:

- Codi de lloc (lloc_cd)
- Codi de delimitador (del_cd)
- Tipus d'element:
 - Element Constructiu (ELC)
 - Element Geològic (ELG)
 - Enderroc (end)

3. Les seccions de mur o els murs, no han de fer angles rectes. S'intentarà que cada secció de mur no tinguin angles, en cas de tenir-

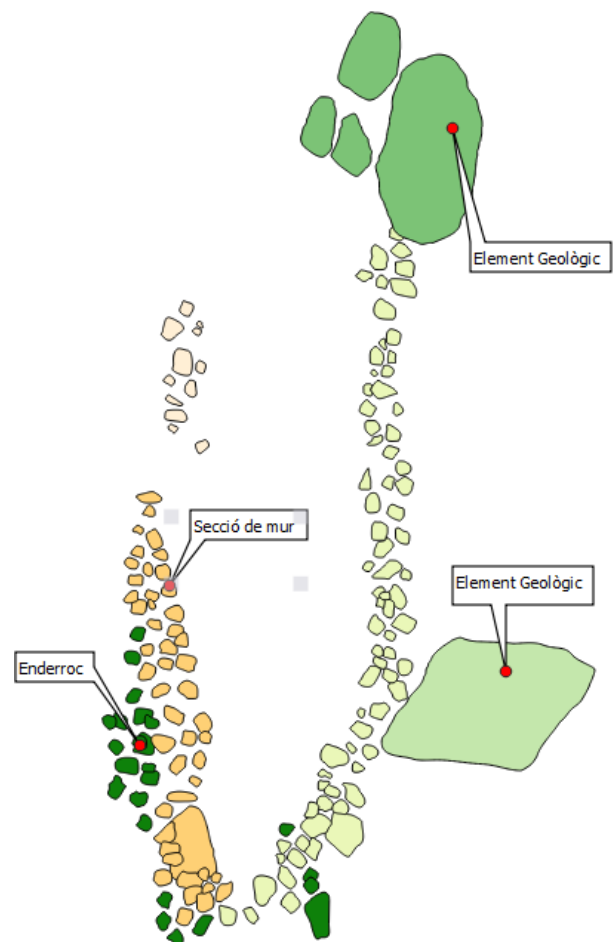


Figura 5. Delimitadors d'un croquis

los, es dividirà el mur en dues seccions de mur. Aquest procediment serveix per tal que la creació de geometries sigui més eficaç.

En aquest projecte s'ha realitzat una aplicació de QGIS 3 per ajudar a la digitalització dels croquis arqueològics i la gestió dels codis identificadors dels diferents elements, s'explica a l'apartat 5.

4.1.2. GENERACIÓ AUTOMÀTICA DE LES GEOMETRIES:

En aquest apartat explicarem les operacions de geoprocessament que hem ideat per tal de poder derivar les geometries vectorials de la base de dades espacial (lloc arqueològic, delimitadors i recintes) a partir dels croquis digitalitzats. Aquestes operacions s'inclouen a l'aplicació per a la digitalització de la informació arqueològica de les prospeccions que s'ha programat en el present projecte. Els procediments desenvolupats en aquest projecte es centren en les estructures arquitectòniques, ja que com hem vist a l'anàlisi de les dades del GAAM, representen la majoria de les evidències arqueològiques del Parc Nacional d'Aiguestortes i Estany de Sant Maurici. Quedaran com a tasca pendent el desenvolupament per la creació de geometries de les cavitats naturals i els espais oberts.

Seguidament explicarem les operacions de geoprocessament que s'han pensat utilitzant les funcions espacials de PostGIS, ja que la base de dades espacial s'ha implementat utilitzant aquest programari.

LLOC ARQUEOLÒGIC:

Com s'ha anat explicant al llarg del document, el lloc arqueològic està format per un conjunt d'evidències antròpiques que per la seva proximitat espacial, per la seva morfologia i estat de conservació permeten inferir que corresponen a un assentament humà d'un període concret i que forma una unitat. Això fa que un lloc arqueològic pugui tenir més d'una estructura. Aquestes poden no tocar-se o sobreposar-se explícitament.

Al no poder definir el límit d'on acaba un lloc arqueològic, s'ha decidit que el límit el marcaran les

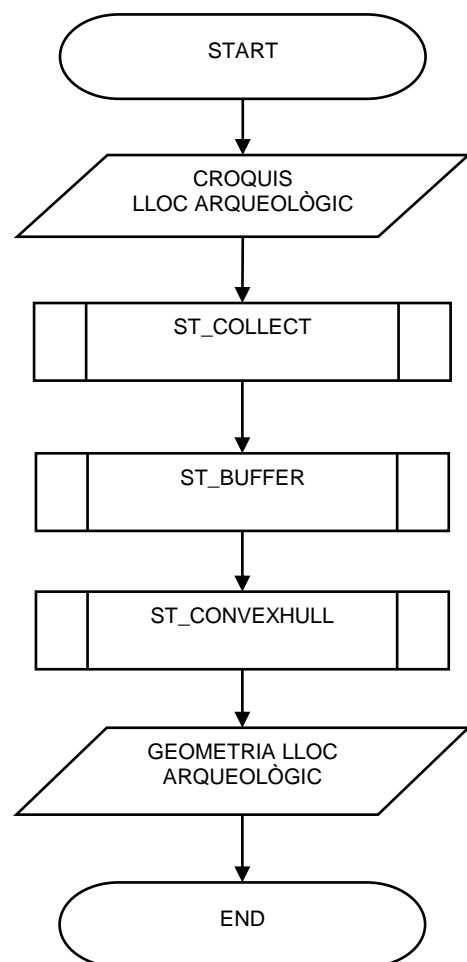


Figura 13. Diagrama de Flux de Lloc Arqueològic

pròpies estructures més exteriors d'un lloc arqueològic.

Hem utilitzat l'algoritme de geometria computacional *envolvent convexa* o *casc convex*, la funció de Postgis que realitza aquesta operació és la funció *ST_ConvexHull(geom)*.

El casc convex d'una geometria representa la mínima geometria convexa que tanca totes les geometries del conjunt, en aquest cas totes les seccions de mur d'un lloc arqueològic.

Els passos a seguir per crear la geometria de Lloc Arqueològic són els següents:

1. Seleccionar tots els elements d'un Lloc Arqueològic
2. Fer un *collect* de tots els elements del Lloc Arqueològic, que retorna una única geometria amb l'agrupació de totes les parts creant així una geometria complexa.
3. Correcció de la geometria no vàlida. . Aquest procés es fa fent un *Buffer* a distància 0.
4. Es crea el casc convex a partir de la geometria resultant de les operacions.

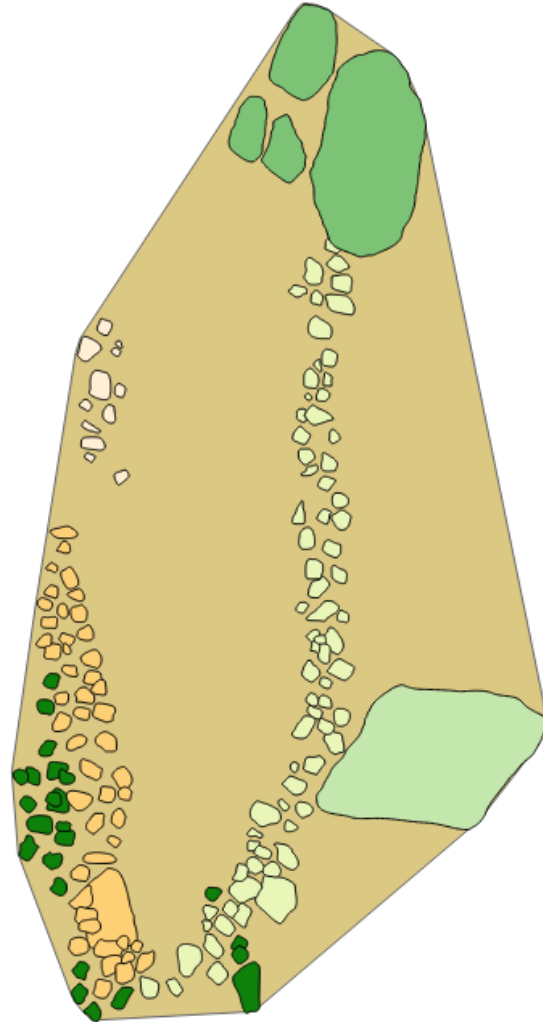


Figura 14. Croquis de Lloc Arqueològic

DELIMITADORS:

Els delimitadors són els elements constructius –els murs i els elements geològics o naturals com podrien ser grans blocs de pedra, cornises, bloc erràtics- que delimiten i tanquen les estructures arqueològiques d'un lloc.

Quan es realitzen els croquis a escala els elements dibuixats són precisament aquests, traçats pedra a pedra. El que voldrem extraure és el contorn de cada mur o secció de mur que estarà conformat pel conjunt de pedres del delimitador.

En aquest cas no ens serveix que sigui una geometria convexa ja que no s'ajustaria al contorn del delimitador. Així, el que necessitem és una geometria còncava que contingui totes les parts del delimitador.

Hem utilitzant l'algoritme de geometria computacional *envolvent còncava* o *casc còncau*, la funció de PostGIS que realitza aquesta operació és *ST_ConvaceHull(geom, target_percent, allow_holes)*. El casc còncau d'una geometria representa una geometria còncava que tanca totes les geometries dins del conjunt, en el nostre cas totes les parts d'una secció de mur. A diferència del casc convex, aquesta funció té tres paràmetres: la geometria a què s'aplica la funció, el percentatge objectiu i si permet polígons amb forats o no, on el valor predeterminat és *false*.

Els passos a seguir per crear els delimitadors són:

1. Seleccionar un delimitador (multipolígon format per totes les pedres del delimitador).
2. Correcció de les geometries no vàlides; convertir les geometries de cada secció de mur en vàlida. Aquest procés es fa per mitjà d'un *Buffer* a distància 0.
3. Crear el casc còncau de la geometria. Per a que no generi un casc convex s'ha de posar un percentatge objectiu (*target_percent*) que va de 0.1 a 0.99 ja que 1 seria el casc convex. Tenint en compte que hi ha moltes pedres aïllades que formen part d'un mur, hem escollit el percentatge objectiu més alt possible 0.99.
4. Extreure l'anell exterior per eliminar tots els possibles forats o anells interiors.
5. Convertir el contorn en polígon.

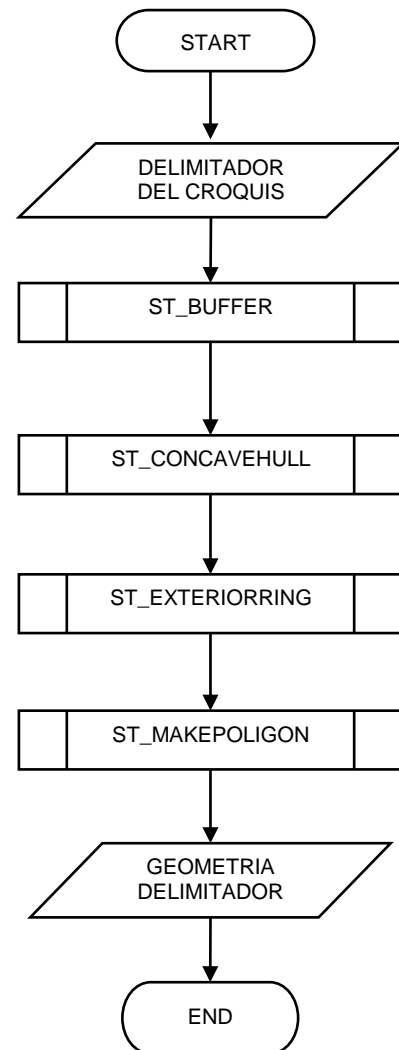


Figura 15. Diagrama de Flux Delimitadors

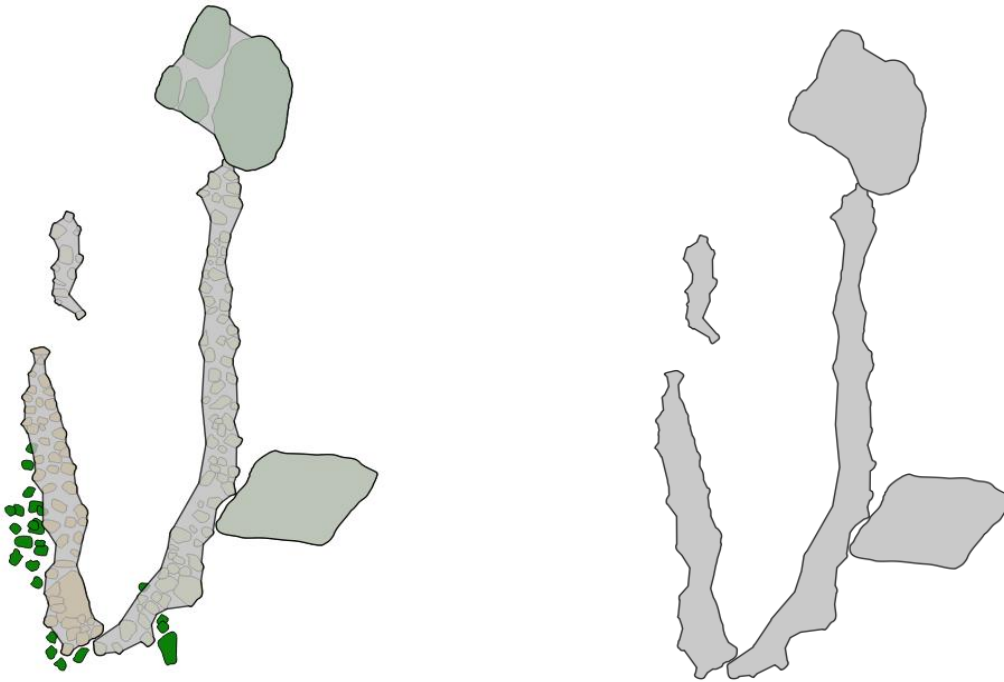


Figura 16. Delimitadors

RECINTES:

Els recintes són els espais interns de cada estructura, estan delimitats pels elements constructius i els elements geològics. Representen l'espai d'ús de les estructures i tenen associada la informació que fa referència a la funcionalitat d'aquests espais.

Per generar la geometria dels recintes s'han d'utilitzar un seguit d'operacions concatenades, aplicades als elements que han estat digitalitzats del croquis. S'utilitzaran diversos operadors espacials per unir les geometries, esborrar parts de les geometries, extreure'n polígons còncavs, ...

També s'haurà de crear una capa vectorial de punts que es localitzaran manualment al centre de cada estructura i que contindran els codis identificadors del recinte que es vol generar.

Els elements necessaris per a generar els recintes són:

- Els delimitadors seleccionats segons l'estructura a què pertany el recinte.
- Una capa de punts amb els codis del lloc arqueològic (lloc_cd), el codi d'unitat estructural (uest_cd) i el codi de recinte (rec_cd). Cada punt representa un recinte i ha d'estar localitzat al centre del recinte.

Els passos per a crear els recintes són els següents:

1. Seleccionar les seccions de mur que pertanyen a l'estructura del recinte que volem generar.
2. Crear una sola geometria dels delimitadors:

- a. Fer un *collect* de les seccions de mur seleccionades, aquesta operació retorna una única geometria.
 - b. Validar la geometria fent un *buffer* a distància 0, que converteix les geometries no vàlides, en vàlides
3. Crear el casc còncav dels delimitadors, per així tenir tota la superfície del que seria l'estructura. Per fer-ho:
 - a. Convertir els delimitadors en punts, per utilitzar aquesta capa per a crear el casc còncav.
 - b. Crear el casc còncav amb el percentatge objectiu al 0,99.
4. Fer la diferència entre les dues geometries creades, la superfície de tota l'estructura i la superfície dels delimitadors. Aquesta operació crearà un multipoligon amb diverses parts.
 - a. Passar el multipoligon a polígons, és a dir, separar-ne les parts.
5. Seleccionar la geometria que contingui el punt amb el codi del recinte, i eliminar la resta de parts resultat de la diferència, fent una operació d'extracció.

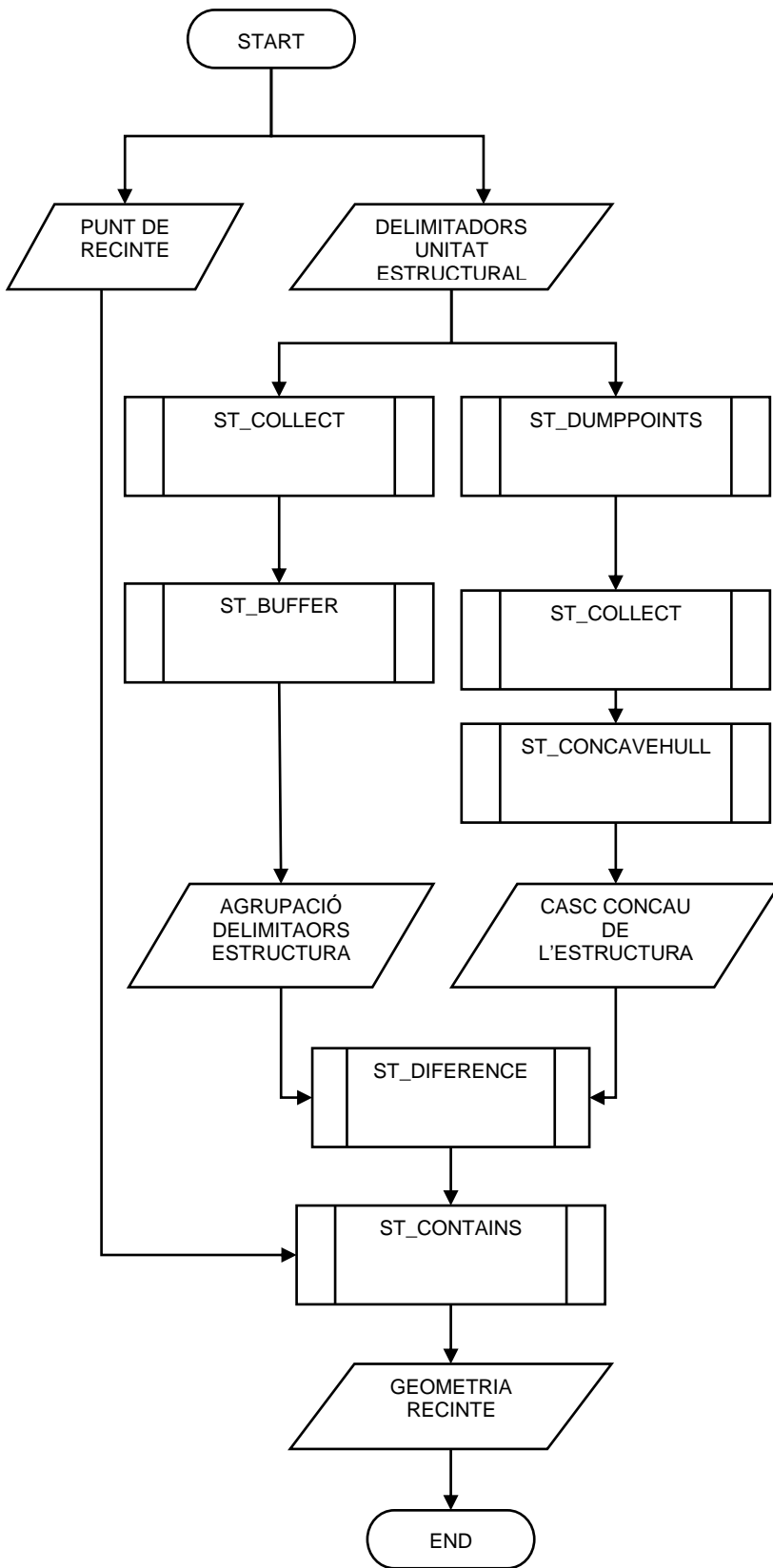


Figura 29. Diagrama de Flux de Recintes

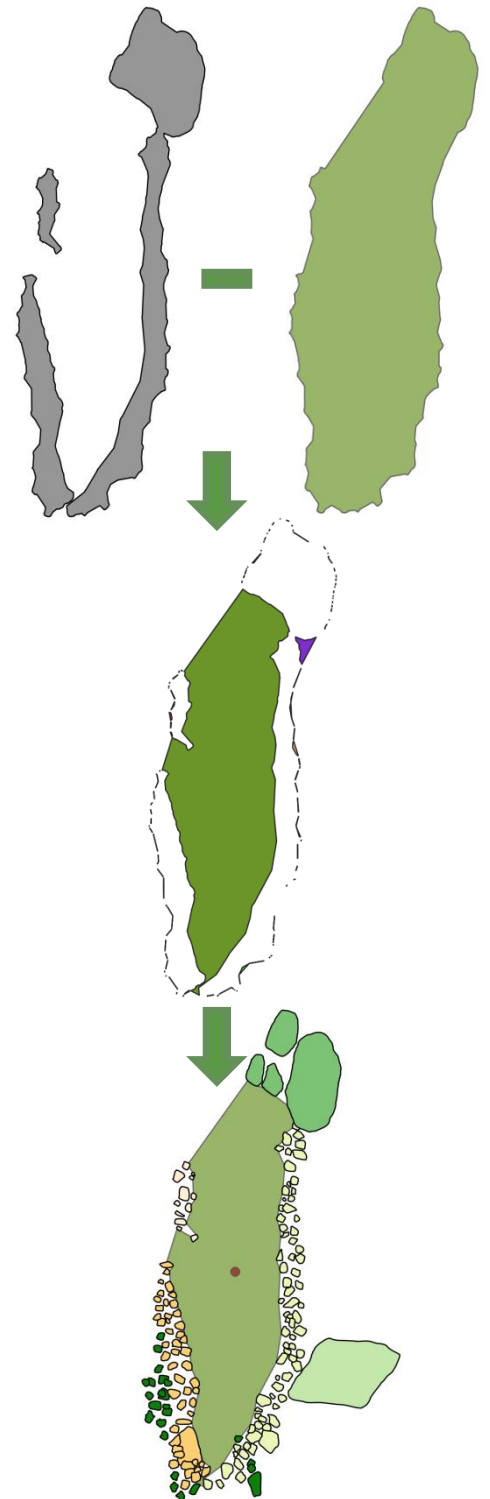


Figura 30. Geoprocessament del recinte

5. DISSENY I IMPLEMENTACIÓ DE L'APLICACIÓ:

5.1.OBJECTIUS DE L'APLICACIÓ

L'aplicació que presentem en aquest projecte té dues finalitats. Per una banda, fer de suport en el procés de digitalització dels croquis i que per tant, ha d'incorporar els processos de creació automàtica de totes les geometries requerides per la base de dades. Per l'altra, introduir la informació alfanumèrica, recollida a través de les fitxes de prospecció, a la base de dades espacial del GAAM.

Això es materialitza en dues parts o mòduls, que funcionen com aplicacions diferenciades que es complementen:

1. Aplicació per la digitalització dels croquis
2. Aplicació d'entrada de dades

Els objectius concrets de cada mòdul són:

- 1) Aplicació per la digitalització dels croquis:
 - a) L'aplicació de digitalització ha de servir per generar les geometries de la Base de Dades del GAAM a partir de la digitalització dels croquis a escala en format analògic.
 - b) Les geometries generades han d'estar estructurades segons un model de dades compatible amb l'estructuració de les dades de la Base de Dades. Per tant és necessari:
 - i) Fer un Disseny Conceptual i Lògic per modelitzar les dades de la digitalització.
 - ii) Crear un Base de Dades Espacial en que es pugi emmagatzemar els croquis i les geometries derivades juntament amb els codis identificadors de cada geometria.
 - c) L'aplicació de digitalització ha d'integrar els procediments de creació de geometries desenvolupats en aquest projecte.
- 2) Aplicació d'entrada de dades:
 - a) L'aplicació d'entrada de dades ha de permetre la càrrega de les geometries generades amb l'aplicació de digitalització dels croquis i la relació de les geometries entre elles mitjançant codis identificadors. Les geometries que ha d'importar són:
 - i) Geometria dels Croquis
 - ii) Geometria del Lloc Arqueològic
 - iii) Geometries dels Recintes

- iv) Geometries dels Delimitadors
- b) L'aplicació d'entrada de dades ha de permetre la introducció de les dades arqueològiques recollides en les prospeccions arqueològiques, explicades en el protocol de recollida de dades. L'entrada de dades s'ha de fer mitjançant formularis de cada nivell del model de dades. Els formularis seran els següents:
 - i) Nivell regional:
 - Formulari de punts GPS
 - Formulari de Zones arqueològiques
 - ii) Nivell local:
 - Formulari de lloc arqueològic amb la informació del lloc arqueològic, el material i el croquis.
 - iii) Nivell d'estructura:
 - Formulari general de la Unitat Estructural amb les seves especialitzacions (Estructura Arquitectònica, Cavitat Natural i Espai Obert) i la informació dels recintes.
 - Formulari de Delimitadors amb les especialitzacions corresponents (Element Geològic, Secció de Mur) i la informació de l'element constructiu.
 - Formulari de les Ocupacions amb la informació corresponent.
 - iv) Nivell de Sondeig:
 - Formulari per introduir la informació dels sondejos realitzats, incloent-hi la informació dels nivells, els estrats i el sediment.
 - Formulari de material i d'informació de la datació si el material ha estat datat.
- c) L'aplicació d'entrada de dades ha de permetre visualitzar les geometries mentre s'estiguin introduint les dades per a poder ser interactiva amb l'usuari.

5.2. ANÀLISI DE REQUERIMENTS

L'anàlisi de requeriments és el procés on es defineixen les característiques que ha de tenir el sistema d'informació o l'aplicació a desenvolupar. En aquest apartat exposarem els requeriments funcionals i no funcionals de l'aplicació.

Com que l'aplicació és un *plugin* de QGIS, no hem inclòs en els requeriments a continuació exposats totes les funcionalitats que aporta el *software* de QGIS, sinó només les que afecten directament a l'aplicació a desenvolupar.

5.2.1. RESTRICCIONS

L'aplicació es desenvoluparà en programari lliure i serà un *plugin* de QGIS 3.x. ja que QGIS 3 disposa d'eines de digitalització i georeferenciació i és el SIG d'escriptori que es pot combinar de manera més òptima amb el SGBD utilitzat: PostgreSQL 9.5 i la seva extensió espacial Postgis. La base de dades espacial de digitalització també serà implementada amb Postgis. Per a realitzar el disseny d'interfície de l'aplicació SIG s'utilitzarà el programari QT Designer 3.x.

El llenguatge de programació que s'utilitzarà serà el Python 3 amb les llibreries *PyQGIS*, –llibreria de QGIS per executar codi Python-, la llibreria *PyQT* –llibreria gràfica de QT que serveix per crear les interfícies gràfiques- i la llibreria *Psycopg* –serveix per connectar l'aplicació de QGIS amb la Base de Dades Postgis-. Els procediments de creació de geometries estaran integrats a la base de dades i es programaran amb el llenguatge procedural *PL/PgSQL*.

5.2.2. CARACTERÍSTIQUES DELS USUARIS:

L'aplicació contemplarà dos tipus d'usuari: l'Usuari Investigador i l'Usuari administrador.

- Usuari administrador: aquest tipus de perfil tindrà els privilegis d'accedir a tota la informació disponible del sistema d'informació. També tindrà la possibilitat d'esborrar, modificar i actualitzar les dades, verificar-ne l'entrada, fer canvis estructurals de l'aplicació si són convenients així com donar d'alta perfils d'usuari de tipus investigador.
- Usuari investigador: aquest perfil té el privilegis d'accedir a tota la informació i poder-la editar i actualitzar-la però no té el privilegi d'esborrar-la. També pot introduir les dades als formularis i digitalitzar els croquis.

El present projecte, al ser una primera prova de l'aplicació s'ha desenvolupat amb un usuari únic.

5.2.3. REQUERIMENTS FUNCIONALS:

S'han separat els requeriments funcionals diferenciant-los segons els dos mòduls de l'aplicació: el mòdul de digitalització i el d'entrada de dades.

DIGITALITZACIÓ:

REQUERIMENT	DESCRIPCIÓ
Connexió a la Base de Dades de Digitalització	Quan s'obri l'aplicació, aquesta s'ha de connectar a la base de dades de digitalització.
Càrrega i visualització de les capes	L'aplicació ha de permetre carregar i visualitzar les capes geomètriques segons els nivell d'informació dels llocs arqueològics ja digitalitzats i del lloc arqueològic que s'estigui digitalitzant.
Llista desplegable de llocs arqueològics	Ha de mostrar els llocs arqueològics introduïts i fer un zoom a la seva extensió quan s'hagi seleccionat un element de la llista. També activarà els formularis per introduir els codis de les geometries vinculades al Lloc Arqueològic en qüestió.
Formulari d'introducció del codi de lloc arqueològic	Ha servir per introduir el codi de lloc arqueològic i el número d'estructures que té aquest.
Inici de digitalització	Eina que ha de servir per activar i guardar/desactivar les eines d'edició sobre la capa on s'emmagatzemarà el croquis.
Creació de geometria de delimitador	Quan es digitalitzi una secció de mur del croquis, s'ha de crear la geometria de delimitador.
Creació dels punts de recinte	Eina que ha de servir per activar i guardar/desactivar les eines d'edició sobre la capa dels punts de recintes, que contenen els codis necessaris per crear els recintes.
Formulari de relació Recintes-Delimitadors	Aquest formulari serveix per establir quins recintes i delimitadors formen part d'una mateixa estructura. Tenint en compte que els delimitadors poden pertànyer a més d'una estructura. Quan es seleccionin els delimitadors s'han de ressaltar en la seva visualització.
Creació de geometria de recinte	Quan s'introdueixin les relacions entre recintes i delimitadors, s'ha de crear la geometria de recinte.
Modificació geometria recintes	Eina que ha de servir per activar i guardar/desactivar les eines d'edició sobre la capa de recintes per tal de poder modificar la geometria manualment si es necessari.

Creació de geometria de
Lloc Arqueològic

Eina per a crear la geometria de lloc arqueològic quan s'hagi digitalitzat tot el croquis.

ENTRADA DE DADES:

REQUERIMENT	DESCRIPCIÓ
Connexió a la Base de Dades del GAAM	Quan s'obri l'aplicació, aquesta s'ha de connectar a la base de dades del GAAM.
Càrrega i visualització de les capes	L'aplicació ha de permetre carregar i visualitzar les capes geomètriques de la base de dades segons els nivell d'informació dels lloc arqueològics ja introduïts.
Llista desplegable de llocs arqueològics	Ha de mostrar els llocs arqueològics introduïts i fer un zoom a la seva extensió quan s'hagi seleccionat un element de la llista. També activarà els formularis per introduir els codis de les geometries vinculades al Lloc Arqueològic en qüestió.
Importació de les geometries	L'aplicació ha de permetre la importació de les geometries de croquis, lloc arqueològic, recintes i delimitadors de la base de dades de digitalització i introduir-les a les taules de la base de dades del GAAM.
Introduir dades	L'aplicació ha de permetre introduir les dades mitjançant formularis d'entrada de dades.
Carregar llistes desplegables	L'aplicació ha de mostrar a les llistes desplegables dels formularis els camps de cada llista, fent una connexió a la base de dades on estan emmagatzemats aquests registres.
Mostrar i modificar les dades	L'aplicació ha de permetre visualitzar als camps dels formularis les dades ja introduïdes a la base de dades i les ha poder modificar .

5.2.4. REQUERIMENTS NO FUNCIONALS

REQUERIMENT	DESCRIPCIÓ
Software	L'aplicació es desenvoluparà en <i>software</i> lliure. S'utilitzarà el <i>software</i> QGIS 3 com a base per desenvolupar l'aplicació.
Entorn	S'ha de desenvolupar en un entorn d'escriptori i s'hi accedirà mitjançant els complements de QGIS 3.
Llenguatge de programació	S'utilitzarà el llenguatge de programació Python 3 i les llibreries de Python PyQgis, PyQt5 i pycopg2.
SGBD	El Sistema Gestor de Bases de Dades serà PostgreSQL 9.5 amb la seva extensió per a sistemes d'informació geogràfica PostGis 2.3.
Llenguatge procedural	Els procediments de creació de les geometries es desenvoluparan amb el llenguatge procedural <i>PL/PgSQL</i> .

5.3. DISSENY FUNCIONAL:

En aquest apartat definirem el disseny de la base de dades per a la digitalització i definirem els casos d'ús de l'aplicació.

5.3.1. DISSENY LÒGIC DE LA BASE DE DADES DE DIGITALITZACIÓ:

La necessitat de dissenyar una base de dades per a poder digitalitzar els croquis, rau en el fet que la base de dades que hem dissenyat per gestionar i consultar les dades arqueològiques té definides com són les geometries de cada taula espacial i quina relació hi ha entre elles. Per tant, és necessari dissenyar un model de dades per a la digitalització que sigui compatible amb la base de dades arqueològica i alhora, que sigui coherent amb la forma en que es dibuixa i digitalitza el croquis. Aquest model de dades s'ha d'implementar com una base de dades, que pugui ser multiusuari i homogeneïtzi el procés de digitalització dels croquis i les geometries derivades d'aquest. Aquesta base de dades s'implementarà amb PostGIS.

Les entitats del model de dades no deixen de ser les mateixes que la base de dades arqueològica, però en aquest cas només hem agafat les que impliquen geometries o bé són fonamentals per les relacions entre les entitats. S'estructura la informació des de un nivell jeràrquic.

S'organitzarà la informació a partir de 7 taules:

- Lloc Arqueològic (LLOC): tindrà dos atributs, el codi de Lloc Arqueològic i la geometria de polígon, que farà referència a l'extensió del lloc arqueològic. El lloc arqueològic pot tenir com a mínim una unitat estructural o més d'una: hi ha una relació 1 a molts.
- Unitat Estructural (UEST): tindrà dos atributs, el codi d'unitat estructural, i el codi del lloc arqueològic. La unitat estructural pot tenir un recinte intern o més d'un: hi ha una relació 1 a molts.
- Recinte (REC): tindrà quatre atributs, el del lloc arqueològic on pertany, el codi de la unitat estructural, el codi de recinte i la geometria de polígon, que fa referència a l'espai intern d'una estructura.
- Punt de recinte (P_REC): tindrà quatre atributs, el del lloc arqueològic on pertany, el codi de la unitat estructural, el codi de recinte i la geometria de punt. És l'element amb el qual es marcarà manualment el centre del recinte. La relació que té amb el Recinte, és una relació 1 a 1, ja que representen el mateix però amb una geometria diferent.
- Delimitador (DEL): en aquest cas els delimitadors corresponen als elements constructius o geològics que tanquen els recintes de les estructures. En el cas dels elements constructius corresponen a seccions de mur, és a dir, parts dels murs d'un lloc arqueològic. El delimitador tindrà tres atributs, el codi de lloc arqueològic, el codi de delimitador i el tipus de delimitador (element constructiu o element geològic), i té una relació Molts a Molts amb el Recinte, ja que un mateix delimitador pot pertànyer a més d'una estructura i per tant, tancar més d'un recinte.
- REC_DEL: és la taula que es crea per tal de poder relacionar els delimitadors amb els recintes. Tindrà dos atributs, el codi de delimitador i el codi de recinte.
- Polígon de croquis (POL_CROQ): és l'entitat bàsica a partir de la qual es digitalitzarà el croquis en format analògic. Cada registre correspondrà a un delimitador però estarà dibuixat pel conjunt de pedres traçades al croquis. Per tant, la geometria en aquest cas serà multipolígon, i cada part del multipolígon serà una pedra del croquis. El polígon de croquis tindrà tres atributs: el codi de lloc arqueològic, el codi de delimitador i el tipus de delimitador (element constructiu, element geològic i enderroc). En aquest cas s'inclou l'enderroc com a tipus, ja que d'aquesta manera queda registrat gràficament però no s'utilitzarà per crear els registres de la taula de delimitadors. El polígon de croquis té una

relació 1 a 1 amb el Delimitador, ja que representa el mateix però amb una geometria diferent.

5.3.2. CASOS D'ÚS

En aquest apartat definirem els casos d'ús que serveixen per establir les funcionalitats de l'aplicació definides als requeriments, amb la seqüència de procediments i la relació d'aquestes funcionalitats entre elles.

CASOS D'US DEL MÒDUL DE DIGITALITZACIÓ:

Cas d'ús	Connexió a la Base de Dades de Digitalització
Actor	Usuari Administrador iUsuari Investigador
Descripció	Aquest cas d'ús descriu com i quan es realitza la connexió a la base de dades des de l'aplicació.
Precondició	Tenir instal·lat el plugin al repositori de connectors de QGIS.
Seqüència	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fer clic al botó de la barra d'eines de l'aplicació de digitalització. 2. S'obre l'aplicació com un panell lateral (subfinestra) al QGIS. 3. L'aplicació es connecta a la base de dades.

Cas d'ús	Càrrega i visualització de les capes
Actor	Usuari Administrador iUsuari Investigador
Descripció	Es carreguen al QGIS les taules de la base de dades i es visualitzen les geometries.
Precondició	S'ha d'haver fet la connexió a la base de dades.
Seqüència	<ol style="list-style-type: none"> 1. S'obre l'aplicació 2. Es carreguen les taules de la base de dades al QGIS.

Cas d'ús	Llista desplegable de llocs arqueològics
Actor	Usuari Administrador iUsuari Investigador

Descripció	Permet a l'usuari utilitzar una llista desplegable per seleccionar un lloc arqueològic a partir del seu codi identificador i fer zoom a l'extensió de l'element.
Precondició	Hi ha d'haver connexió a la base de dades.
Seqüència	<ol style="list-style-type: none"> 1. S'obre l'aplicació 2. Es fa clic a la llista desplegable i es selecciona un element. 3. Al fer clic i canviar l'opció seleccionada es fa un zoom a l'extensió de l'element seleccionat.

Cas d'ús	Formulari d'introducció del codi de Lloc Arqueològic
Actor	Usuari Administrador iUsuari Investigador
Descripció	Permet introduir els codis de lloc arqueològic i els codis de les unitats estructurals, a partir del número d'aquestes, a la base de dades de digitalització.
Precondició	Estar connectat a la base de dades.
Seqüència	<ol style="list-style-type: none"> 1. Obrir l'aplicació 2. Clicar la pestanya Pas 1, que és on hi ha el formulari. 3. Introduir el codi de Lloc Arqueològic 4. Introduir el número d'estructures. 5. Validar el formulari clicant el botó OK. 6. Es creen els codis d'Unitat Estructural a partir del número d'estructures i utilitzant el codi de Lloc arqueològic seguit de _E i el número d'estructura (exemple: AND_OR_051_E1, on AND_OR_051 és el codi de lloc arqueològic i E1, E2 marquen quina estructura és. 7. S'introdueixen els codis a les taules corresponents. 8. Es mostra un avís de QGIS dient si s'han introduït les dades correctament o no. 9. La llista desplegable de llocs arqueològics canvia i es marca el codi de Lloc Arqueològic que s'ha introduït.

Cas d'ús	Inici de digitalització
Actor	Usuari Administrador iUsuari Investigador

Descripció	Permet a l'usuari activar i desactivar els eines d'edició sobre la capa <i>pol_croq</i> , que és la capa sobre la qual es digitalitzarà el croquis.
Precondició	S'han d'haver omplert i validat el formulari d'introducció del codi de Lloc.
Seqüència	<ol style="list-style-type: none"> 1. Clicar la pestanya Pas 2. 2. Clicar el botó "Digitalitza el croquis" 3. La capa <i>pol_croq</i> passa a ser la capa activa. 4. S'activa l'edició de la capa i s'activen les eines d'edició. 5. Digitalitzar: <ol style="list-style-type: none"> a. Clicar el boto "Afegir Polígon" de la barra d'eines d'edició i començar a digitalitzar les pedres del croquis. b. Quan es digitalitza la primera pedra, s'obre un formulari per introduir els codis i els atributs del delimitador (Codi de Lloc Arqueològic, Codi de Delimitador, Tipus de delimitador). c. Seleccionar la secció de mur que s'està digitalitzant i posteriorment clicar el botó "Afegir part" de la barra d'eines de digitalització i digitalitzar la resta de pedres de la secció de mur o delimitador. 6. Clicar el boto "Digitalitza el croquis" per guardar l'edició i sortir del mode d'edició.

Cas d'ús	Creació de geometria de delimitador
Actor	Usuari Administrador iUsuari Investigador
Descripció	Quan es digitalitza una secció de mur és crea automàticament la geometria de delimitador.
Precondició	Connexió a la base de dades i haver digitalitzat una secció de mur i haver-ne guardat l'edició.
Seqüència	<ol style="list-style-type: none"> 1. S'introdueix un registre a la taula <i>pol_croq</i>. A partir de la digitalització del croquis. 2. S'activa el trigger de la base de dades que conté les operacions de geoprocessament per crear la geometria de delimitador.

Cas d'ús	Creació dels punts de recintes
Actor	Usuari Administrador iUsuari Investigador

Descripció	Permet a l'usuari activar i desactivar les eines d'edició sobre la capa <i>p_croq</i> , que és la capa sobre la qual es creen els punts que marquen el recinte.
Precondició	Connexió a la base de dades i haver digitalitzat tot el croquis.
Seqüència	<ol style="list-style-type: none"> 1. Clicar la pestanya Pas 3. 2. Clicar el botó "Crea els punts dels recintes". 3. La capa <i>p_croq</i> passa a ser la capa activa. 4. S'activa l'edició de la capa i s'activen les eines d'edició. 5. Crear punts: <ol style="list-style-type: none"> a. Clicar el botó "Afegir Punt" de la barra d'eines d'edició i crear el punt al mig del recinte de l'estructura b. Quan es crea el punt, s'obre un formulari per introduir els codis del punt de recinte (Codi de Lloc Arqueològic, Codi d'Unitat Estructural i Codi de Recinte). 6. Clicar el botó "Crea els punts dels recintes" per guardar l'edició i sortir del mode d'edició.

Cas d'ús	Formulari de relació Recintes-Delimitadors
Actor	Usuari Administrador iUsuari Investigador
Descripció	Permet a l'usuari establir quins recintes i delimitadors formen part d'una mateixa estructura. Aquestes relacions s'introdueixen a la taula REC_DEL. Quan es seleccionin els delimitadors s'han de ressaltar en la seva visualització.
Precondició	Connexió a la base de dades, haver creat els punts de recinte i seleccionar el codi de lloc arqueològic a la llista desplegable.
Seqüència	<ol style="list-style-type: none"> 1. Clicar la pestanya Pas 4. 2. Seleccionar el codi d'estructura de la llista desplegable. 3. Seleccionar el codi de recinte de la llista desplegable. 4. Apareix una llista amb caselles seleccionables amb els codis delimitadors: <ol style="list-style-type: none"> a. Quan es marca una casella es selecciona i es ressalta el delimitador seleccionat. b. Quan es desmarca una casella es des-selecciona i deixa de ressaltar-se el delimitador que s'ha des-seleccionat. 5. Validar el formulari fent clic al botó OK. 6. Es mostra un avís dels registres que s'aniran introduint per acceptar-los o descartar-los.

	7. S'introdueixen els registres a la taula REC_DEL
Flux Alternatiu	En el cas que les relacions dels delimitadors i el recinte de l'estructura seleccionada ja hagi estat introduïda a la base de dades, els delimitadors apareixeran com a marcats i es ressaltaran al visor de QGIS.

Cas d'ús	Creació de geometria de recinte
Actor	Usuari Administrador iUsuari Investigador
Descripció	Quan s'introdueixen les relacions entre recintes i delimitadors es crea automàticament la geometria de recinte.
Precondició	Connexió a la base de dades i haver entrat els registres que relacionen els recintes i els delimitadors.
Seqüència	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fer clic al botó del formulari de relació Recintes-Delimitadors 2. S'introdueixen els registres a la base de dades a la taula REC_DEL. 3. S'executa la funció de la base de dades que conté les operacions de geoprocessament per crear la geometria de recinte.

Cas d'ús	Modificació geometria de recinte
Actor	Usuari Administrador iUsuari Investigador
Descripció	Permet a l'usuari activar i desactivar les eines d'edició sobre la capa <i>rec</i> , que és la capa de recintes, per a poder modificar manualment la geometria dels recintes.
Precondició	Connexió a la base de dades. La geometria de recintes ha d'estar creada.
Seqüència	<ol style="list-style-type: none"> 1. Clicar la pestanya Pas 5. 2. Clicar el botó "Modifica Recinte" 3. La capa <i>rec</i> passa a ser la capa activa. 4. S'activa l'edició de la capa i les eines d'edició. 5. Modificar recinte: <ol style="list-style-type: none"> a. Clicar el botó "Remodelar objectes espacials" de la barra d'eines d'edició i fer una línia retallant la part del recinte que es vol eliminar. 6. Clicar el botó "Crea els punts dels recintes" per guardar l'edició i sortir del mode d'edició.

Cas d'ús	Creació de geometria de Lloc Arqueològic
Actor	Usuari Administrador iUsuari Investigador
Descripció	Permet a l'usuari crea la geometria de Lloc Arqueològic quan tot el croquis hagi estat digitalitzat.
Precondició	Connexió a la base de dades i haver digitalitzat tot el croquis d'un lloc arqueològic.
Seqüència	<ol style="list-style-type: none"> 1. Clicar la pestanya Pas 6. 2. Clicar el botó "Crea Geometria" 3. S'executa la funció de la base de dades que conté les operacions de geoprocessament per crear la geometria de Lloc Arqueològic.

CASOS D'ÚS DEL MÒDUL D'ENTRADA DE DADES:

Cas d'ús	Connexió a la Base de Dades
Actor	Usuari Administrador iUsuari Investigador
Descripció	Aquest cas d'ús descriu com i quan es realitza la connexió a la base de dades des de l'aplicació.
Precondició	Tenir instal·lat el plugin al repositori de connectors de QGIS.
Seqüència	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fer clic al botó de la barra d'eines de l'aplicació de digitalització. 2. S'obre l'aplicació com un panell lateral (subfinestra) al QGIS. 3. L'aplicació es connecta a la base de dades.

Cas d'ús	Carregar i visualització de les capes
Actor	Usuari Administrador iUsuari Investigador
Descripció	Es carreguen al QGIS les taules de la base de dades i es visualitzen les geometries.
Precondició	S'ha d'haver fet la connexió a la base de dades.
Seqüència	<ol style="list-style-type: none"> 1. S'obre l'aplicació 2. Es carreguen les taules de la base de dades al QGIS.

Cas d'ús	Lista desplegable de lloc arqueològics
Actor	Usuari Administrador iUsuari Investigador
Descripció	Permet a l'usuari utilitzar una llista desplegable per seleccionar un lloc arqueològic a partir del seu codi identificador i fer zoom a l'extensió de l'element.
Precondició	Hi ha d'haver connexió a la base de dades.
Seqüència	<ol style="list-style-type: none"> 1. S'obre l'aplicació 2. Es fa clic a la llista desplegable i es selecciona un element. 3. Al fer clic i canviar l'opció seleccionada es fa un zoom a l'extensió de l'element seleccionat.

Cas d'ús	Importació de les geometries
Actor	Usuari Administrador iUsuari Investigador
Descripció	Permet a l'usuari importar les geometries de croquis, lloc arqueològic, recintes i delimitadors de la base de dades de digitalització a la base de dades GAAM.
Precondició	Connexió a la Base de Dades.
Seqüència	<ol style="list-style-type: none"> 1. Clicar a la pestanya "Geometries". 2. Seleccionar el Lloc Arqueològic de la llista desplegable. 3. Clicar el botó "Importar Geometries" <ol style="list-style-type: none"> a. Es realitza una connexió a la base de dades de digitalització. b. Es fa una selecció de totes les geometries i codis identificadors de les taules de la base de dades de digitalització. c. S'introdueixen els codis i les geometries a la base de dades del GAAM. 4. Es canvia l'opció seleccionada de la llista desplegable de Llocs Arqueològics amb el codi del lloc introduït.

Cas d'ús	Carregar llistes desplegables
----------	-------------------------------

Actor	Usuari Administrador iUsuari Investigador
Descripció	Quan l'aplicació es connecta a la base de dades i es selecciona un lloc arqueològic a la llista desplegable, es carreguen els valors de les llistes desplegables. En el cas que correspongui a llistes amb codis d'elements d'un lloc arqueològic (estructures, recintes, delimitadors...) aquests es filtren per el codi seleccionat a la llista.
Precondició	Connexió a la base de dades i seleccionar un element de la llista desplegable de llocs arqueològics.
Seqüència	<ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar un element de la llista desplegable. 2. Es carreguen els camps de les llistes desplegables fent una connexió a la base de dades. <ol style="list-style-type: none"> a. Quan es seleccionen elements de llistes de tipus o de codis identificadors, es filtren els elements dependents d'aquestes seleccions.

Cas d'ús	Introduir dades
Actor	Usuari Administrador iUsuari Investigador
Descripció	Permet als usuaris introduir les dades alfanumèriques mitjançant els diversos formularis. Hi ha un formulari per a cada conjunt de dades amb els camps utilitzats a les fitxes de prospecció arqueològica.
Precondició	Connexió a la base de dades i s'han d'haver importat les geometries de cada capa.
Seqüència	<ol style="list-style-type: none"> 1. Clicar a la pestanya del formulari que es vol introduir. Les opcions són: <ol style="list-style-type: none"> a. Formulari de Lloc Arqueològic b. Formulari d'Estructures c. Formulari de Delimitadors d. Formulari d'Ocupacions e. Formulari de Sondeig f. Formulari de Materials i Datacions 2. Introduir les dades

	<ol style="list-style-type: none"> a. En els casos que hi hagi llistes amb caselles dels codis de geometries per fer una introducció múltiple (delimitadors i ocupacions): <ol style="list-style-type: none"> i. Quan es marca una casella es selecciona i es ressaltava l'element seleccionat. ii. Quan es desmarca una casella es des-selecciona i deixa de ressaltar-se l'element que s'ha des-seleccionat. 3. Validar el formulari fent clic al botó OK. 4. Els camps s'introdueixen a la base de dades, amb una operació UPDATE per actualitzar les taules que ja tenen els codis identificadors i les geometries. 5. Fer clic a la següent pestanya de formularis.
--	---

Cas d'ús	Mostrar i modificar les dades
Actor	Usuari Administrador iUsuari Investigador
Descripció	L'usuari pot visualitzar la informació ja introduïda canviant l'opció de les llistes desplegable que fan referència a codis identificadors, i pot modificar els camps.
Precondició	Connexió a la base de dades.
Seqüència	<ol style="list-style-type: none"> 1. Clicar la pestanya del formulari que es vol visualitzar. 2. Seleccionar un Lloc Arqueològic de la llista desplegable <ol style="list-style-type: none"> a. Seleccionar els codis dependents del Lloc Arqueològic (estructura, recinte, delimitador...) per filtrar al selecció i fer una consulta que retorni la informació de l'element seleccionat. 3. Es mostra la informació a cada camp corresponent. 4. L'usuari pot modificar els camps. 5. Validar les modificacions del formulari fent clic al botó OK. 6. Els camps s'introdueixen a la base de dades fent una operació UPDATE.

5.4. DISSENY D'INTERFÍCIE:

El disseny d'interfície de l'aplicació s'ha realitzat utilitzant el *QT Designer* que és un *framework* per dissenyar i construir interfícies gràfiques a partir de components QT. És l'eina que s'utilitza per a crear i dissenyar les interfícies dels *plugins* de QGIS. Aquest programa crea un fitxer *.ui* on defineixen els diferents *widgets* que contindrà l'aplicació (botons, línies de text, llistes desplegable, contenidors...) que interactuaran amb els usuaris.

Per generar els fitxers *user interface (.ui)* hem utilitzat el *plugin* de QGIS *Plugin Builder* que genera una plantilla per fer desenvolupar aplicacions per QGIS. Aquesta plantilla, que genera a part dels fitxers python (*.py*) on s'escriurà el codi, també genera els fitxers *.ui* per poder dissenyar la interfície. Aquets posteriorment s'importaran als fitxers python per poder programar la funcionalitat de cada *widget*.

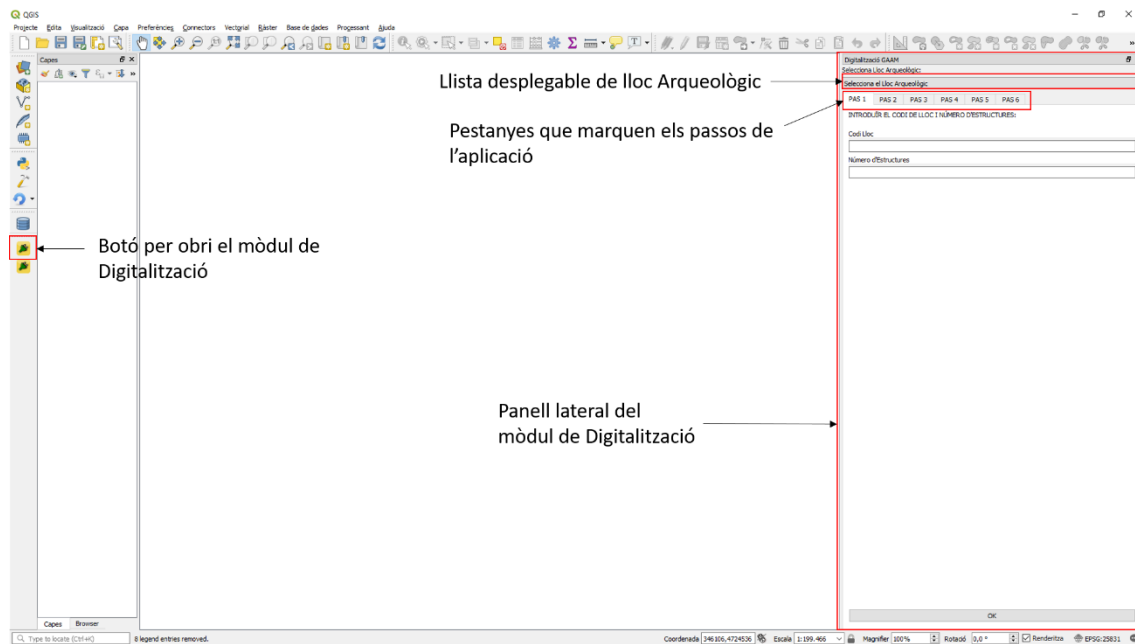


Figura 31. Interfície mòdul de digitalització

La base que hem utilitzat per generar els dos mòduls de l'aplicació, l'hem creat a partir de la Classe *QDockWidget* que proporciona un panell que es pot acoblar al QGIS com una subfinestra o pot flotar dintre el programa, en aquest cas s'ha escollit que els panells s'acoblin la banda dreta del QGIS. Dins d'aquesta base, hem col·locat amb el *QTabWidget* les pestanyes que contindran cada part de les aplicacions (cada pas del mòdul de digitalització i en els formularis individualitzats en el cas del mòdul d'entrada de dades).

Per obrir l'aplicació hi haurà una barra d'eines al QGIS amb dos botons, cada un dels quals obrirà un mòdul de l'aplicació.

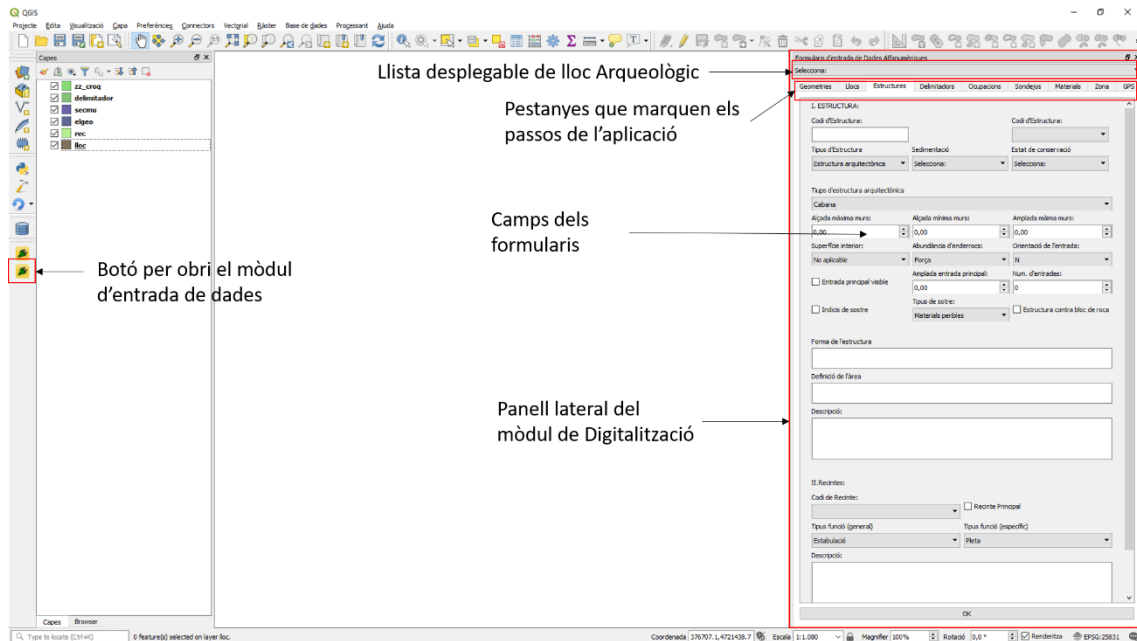


Figura 32. Interfície mòdul d'entrada de dades

5.5.SOLUCIÓ METODOLÒGICA DE PROGRAMCIÓ:

Per a desenvolupar l'aplicació, hem utilitzat l'editor de text *Sublime Text 3* i la consola Python de QGIS, juntament amb el *Plugin Reloader* de QGIS, que permet actualitzar l'aplicació quan hi ha canvis als fitxers. El llenguatge de programació utilitzat per a desenvolupar-la ha estat Python 3 amb les llibreries *PyQt5*, per a desenvolupar les funcionalitats referents a la interfície del formularis, la llibreria *PyQgis* per desenvolupar les funcionalitats pròpies del QGIS –carregar les capes, fer zoom... i la llibreria *psycopy2*, per fer les connexions a la base de dades i fer les consultes SQL. Com a Sistema Gestor de Bases de Dades (SGBD) hem utilitzat Postgis 9.5 i l'extensió espacial PostGIS 2.3. Per poder integrar els procediments de creació automàtica de geometries hem utilitzat el llenguatge procedural *PL/PgSQL*. Com ja s'ha explicat a l'apartat anterior, hem utilitzat el *Plugin Builder 3* per crear la plantilla per desenvolupar el *plugin*.

L'aplicació s'estructura a partir de fitxers python amb un fitxer per a cada mòdul de l'aplicació (*bd_gaam_dockwidget.py* i *gaam_panel_dockwidget.py*) on importar la interfície d'usuari dels fitxers *.ui* i on hem desenvolupat les funcions per a fer funcionar els formularis i els elements de l'aplicació, un fitxer *capas.py* que conté les funcions per carregar les capes de a la base de dades al QGIS. Finalment el fitxer central de l'aplicació que conté les funcions predefinides amb la plantilla i que són les que fan

funcionar l'aplicació. En aquest cas, hem modificat aquest fitxer per a modificar la barra d'eines i poder fer que hi hagi dos botons a la barra d'eines que activin cada un dels dos mòduls de l'aplicació.

Per crear la barra d'eines el que hem fet ha estat modificar la funció `initGui(self)` on es defineixen les entrades que tindrà la barra d'eines i hem generat dues variables que executen les funcions (`run()` i `run2()`) que inicien l'aplicació al clicar en els dos botons de la barra d'eines.

```

329 def initGui(self):
330     """Create the menu entries and toolbar icons inside the QGIS GUI."""
331
332     icon_path = ':plugins/gaam_panel/icon.png'
333     self.act = self.add_action(
334         icon_path,
335         text=self.tr(u'Eina de Digitalització'),
336         callback=self.run,
337         parent=self.iface.mainWindow())
338
339
340     self.act1 = self.add_action2(
341         icon_path,
342         text=self.tr(u'Formularis de Dades Alfanumèriques'),
343         callback=self.run2,

```

Figura 33. Creació de la barra d'eines

A continuació explicarem a grans trets quines funcions hem creat per a desenvolupar les funcionalitats de cada mòdul de l'aplicació. En molts casos, les funcions tenen procediments i seqüències similars, així doncs només destacarem les més rellevants per a l'aplicació.

5.5.1. MÒDUL DE DIGITALITZACIÓ

Les funcions d'aquest mòdul estan dintre el fitxer `gaam_panel_dokcwidget.py`.

Connexió a la base de dades funció `postgis(self)`:

Hem utilitzat les funcions importades de la llibreria `psycopg2` que ens permeten connectar-nos a la base de dades. Hem creat dues variables globals per a poder connectar-se a la base de dades i una per a poder executar consultes a la base de dades. D'aquesta manera, les funcions que necessitin executar codi SQL sobre la base de dades podran fer-ho. S'ha utilitzat la classe `QMessageBox` per mostrar un avís si la connexió s'ha realitzat amb èxit o no -avisos que s'han utilitzat durant l'aplicació a cada formulari on s'introdueixen dades a les bases de a dades per tal que l'usuari tingui control del que està introduint i si es realitza amb èxit.

Càrrega de capes `carrega_capes()`:

Per carregar les capes de la base de dades de digitalització al QGIS, s'ha utilitzat la classe `QgsDataSourceUri` de PyQGIS que permet fer una connexió amb Postgis i fer una càrrega de cada una de les capes vectorials amb la classe `QgsVectorLayer` de PyQGIS.

```
#afegim lloc
uri.setDataSource('public', 'lloc', 'geom')

lloc = QgsVectorLayer(uri.uri(False), 'lloc', 'postgres')

QgsProject.instance().addMapLayer(lloc)

#afegim recintes
uri.setDataSource('public', 'rec', 'geom')

rec = QgsVectorLayer(uri.uri(False), 'rec', 'postgres')

QgsProject.instance().addMapLayer(rec)
```

Figura 34. Càrrega de capes

Llista desplegable de Lloc Arqueològic:

Per a fer la llista desplegable hem utilitzat dues funcions, una per consultar a la base de dades quins llocs arqueològics hi ha a la taula de lloc `select_layer_lloc(self)` i l'altra per fer un zoom a l'extensió d'aquest `zoom_to_lloc(self)`. Per fer les llistes desplegables hem utilitzat la classe `QComboBox` de PyQt5 i per carregar-li la informació hem fet un bucle `for` sobre la llista per anar afegint cada ítem a la llista desplegable.

```
def zoom_to_lloc(self):

    #canvi d'active layer a del, per poder anar seleccionat
    nom = 'pol_croq'
    ly = QgsProject.instance().mapLayersByName(nom)[0]
    active_layer = qgis.utils.iface.setActiveLayer(ly)
    layer = qgis.utils.iface.activeLayer()

    select_lloc = []
    #selecció dels elements que ja esten a la taula
    for feature in layer.getFeatures():
        attrs = feature.attributes()
        if attrs[1] == self.combo_lloc.currentText():
            select_lloc.append(feature.id())

    layer.select(select_lloc)
    qgis.utils.iface.actionZoomToSelected().trigger();
    layer.removeSelection()
```

Figura 35. Zoom al Lloc Arqueològic

La funció `zoom_to_lloc(self)` s'activa cada vegada que es canvia d'ítem a la llista desplegable. Aquesta funció, el primer que fa és canviar la capa activa a la capa `pol_croq` que és amb la qual es farà el zoom. Després fa una selecció a l'element seleccionat a la llista, i finalment fa un zoom a la selecció.

Formulari d'introducció del codi de Lloc Arqueològic:

En aquest cas utilitzem la funció `insert_lloc_uest(self)`. El formulari l'hem creat a partir de dues línies d'entrada de dades: una per al codi de lloc i l'altra pel número d'estructures en que hem utilitzat la classe `QLineEdit` que ens permet entrar dades que es recullen amb dues variables. Aquestes posteriorment s'introdueixen a la base de dades fent una operació INSERT. Per crear els codis de les Unitats Estructurals a partir del número d'estructures, hem fet un bucle `for` on s'iterava l'operació INSERT fins haver fet tantes iteracions com número d'estructures hi havia. En cada iteració per generar el codi hem

```
#Fem un bucle per crear els codis d'estructures a partir de del número escrit.
for i in range(uest1):
    i = i + 1
    cur.execute(f"INSERT INTO public.uest (uest_cd, lloc_cd) VALUES ('{lloc}_E{i}', '{lloc}');")
```

Figura 36. Formulari d'introducció del codi de Lloc Arqueològic

fet una concatenació del codi de lloc seguit de “_E” i el número que li correspon segons la iteració.

Activació de les eines de digitalització:

Els casos d'ús “Inici de Digitalització”, “Creació de punts de recinte” i “Modificació de recinte” funcionen amb funcions similars que canvien la capa activa i activen l'edició sobre aquesta capa. Les funcions que hem creat per fer-ho són: *edit_croq(self)*, *edit_prec(self)* i *edit_rec(self)*. Aquestes funcions s'activen al fer clic als botons corresponents que s'han creat amb la classe *QPushButton* de PyQt5. Per activar l'edició s'ha utilitzat la funció *startEditing()* de la classe *QgsVectorLayer*, que activa l'edició sobre la capa activa.

```
def edit_croq(self):
    nom = 'pol_croq'
    ly = QgsProject.instance().mapLayersByName(nom)[0]
    active_layer = qgis.utils.iface.setActiveLayer(ly)
    layer = qgis.utils.iface.activeLayer()
    feat = QgsFeature()

    if not layer.isEditable():
        layer.startEditing()
    else:
        layer.commitChanges()
```

Figura 44. Activació de les eines de digitalització

Formulari de relació Recintes-Delimitadors:

Aquest formulari s'ha creat amb dues funcions. La funció *uest_del(self)* i *insert_rec_del(self)*. Aquesta última recull les dades introduïdes al formulari en variables i les introdueix a la base de dades fent una operació INSERT. La funció *uest_del(self)* s'encarrega de carregar les llistes desplegable amb els diversos codis que es necessiten per relacionar els recintes amb els delimitadors. Els codis d'Unitat Estructural es carreguen amb llistes desplegable fetes amb la classe *QComboBox* on estan connectades, és a dir, quan es canvia el codi d'estructura la llista desplegable de recintes també canvia automàticament filtrada per el codi d'estructura. Els delimitadors, es carreguen dintre d'un quadre amb una casella marcabla que s'ha fet combinant elements de les classes *QListView*, *QStandardItem* i *QStandardItemModel*. S'ha creat una variable com una llista buida *murs = []* per tal que cada vegada que es marqui o es desmarqui una casella, s'afegeixi o es tregui de la llista el codi del ítem marcat. A la vegada s'ha utilitzat la funció *select()* de la classe *QgsVectorLayer* per poder seleccionar els elements que hi ha a la llista *murs = []*. D'aquesta manera es podrà introduir aquets codis amb la funció *insert_rec_del(self)* fent una iteració sobre tots els ítems de la llista amb un bucle *for*.

La funció *insert_rec_del(self)* s'executa al fer clic al botó del formulari.

```

#carrega de valors a la llista de delimitadors
cur.execute(f""" SELECT del_cd FROM del WHERE lloc_cd= '{select_lloc}' ORDER BY del_cd;""")

rows = cur.fetchall()
selected_incial = []
for row in rows:
    item = QStandardItem(row[0])
    check = Qt.Checked
    uncheck = Qt.Unchecked
    if item.text() in delimitadors:
        item.setCheckState(check)
        murs.append(item.text())

        #selecció dels elements que ja esten a la taula
        for feature in layer.getFeatures():
            attrs = feature.attributes()
            if attrs[2] == item.text():
                selected_incial.append(feature.id())
    else:
        item.setCheckState(uncheck)
    item.setCheckable(True)
    item.isCheckable()
    model.appendRow(item)

layer.select(selected_incial)

```

Figura 56. Formulari de relació Recintes-Delimitadors

Creació de les Geometries:

Per crear les geometries de les capes de delimitadors, recintes i lloc arqueològic, s'han desenvolupat funcions a la base de dades de digitalització amb el llenguatge *PL/PgSQL*. En el cas de les geometries de delimitador, s'han creat funcions trigger, que s'executen amb un trigger de la taula *pol_croq* el qual executa les funcions cada vegada que hi ha una operació de INSERT, UPDATE o DELETE a la taula. Per les geometries de recinte i lloc s'han creat funcions de Postgis, les quals s'han d'executar amb una consulta. Aquestes s'executen dintre de dues funcions python *crea_rec(self)* i *crea_lloc(self)*. La primera s'executa quan es valida el formulari de relació Recintes-Delimitadors. La segona, s'executa amb l'event clic del botó "Crea Geometria" de l'última pestanya de l'aplicació.

El que fan les funcions de Postgis programades amb *PL/PgSQL* és emmagatzemar procediments els quals s'executen quan es crida la funció. Els procediments que hem emmagatzemat són les seqüències de geoprocessament descrites anteriorment a l'aparat "Processament de la Informació Espacial".

```

CREATE OR REPLACE FUNCTION public.crea_rec(
    IN var1 character varying,
    OUT lloc_cd character varying,
    OUT uest_cd character varying,
    OUT rec_cd character varying,
    OUT geom geometry)
    RETURNS SETOF record AS
$BODY$
DECLARE
BEGIN
insert into rec (lloc_cd, uest_cd, rec_cd, geom)
select
    p.lloc_cd as lloc_cd,
    p.uest_cd as uest_cd,
    p.rec_cd as rec_cd,
    t.geom as geom
from
    p_rec p,
    (select
        (st_dump(st_difference(max(t2.geom), st_buffer( st_collect(t1.geom)), 0)))).geom as geom --diferència i multipart
    from
        (
            Select st_buffer( st_collect(m.geom), 0) as geom
            from del m, rec_del rd, p_rec r
            where rd.rec_cd = r.rec_cd and
                  rd.del_cd = m.del_cd and
                  rd.rec_cd = var1
            ) as t1, --collect a tots els murs d'una estructura
        (
            select st_concavehull(st_collect(t.geom), 0.99) as geom from
            (select (st_dumppoints(st_multi(st_collect(m.geom))))).geom as geom
            from del m, rec_del rd, p_rec r
            where rd.rec_cd = r.rec_cd and
                  rd.del_cd = m.del_cd and
                  rd.rec_cd = var1) as t
            ) as t2 --casc concav a tota l'estructura convertint primer els murs amb punts
    ) as t
where st_contains (t.geom, p.geom ); --selecció del poligon que conté un punt de recinte

END;
$BODY$
LANGUAGE plpgsql VOLATILE STRICT
COST 100
ROWS 1000;
ALTER FUNCTION public.crea_rec(character varying)
OWNER TO postgres;

```

Figura 57. Creació de la geometria de recinte

5.5.2. MÒDUL D'ENTRADA DE DADES

El mòdul d'entrada de dades d'alguns casos d'ús és similar al del mòdul de digitalització i s'han programat de la mateixa manera. Ens referim, per exemple, a la connexió a la base de dades, a la càrrega i visualització de les dades i a la llista desplegable de Lloc Arqueològic.

Les funcionalitats restants d'aquest mòdul són la importació de els geometries del croquis, la càrrega de les llistes desplegables dels formularis, la introducció de les dades i la modificació i visualització de les dades.

Importació de geometria:

S'ha definit la funció *insert_geom(self)* per a poder importar les geometries d'una base de dades a l'altra. Per fer-ho s'ha utilitzat l'extensió *dblink* de PostgreSQL, aquesta

permet fer consultes des d'una base de dades, en aquest cas la base de dades del GAAM, a una altra, la base de dades de digitalització.

Per carregar la geometria és compta amb una llista desplegable feta amb la classe *QComboBox*, on es carreguen els Llocs Arqueològics digitalitzats a la base de dades de digitalització a partir de la funció *combos_geom(self)*, i un botó, fet amb la classe *QPushButton* que al clicar-se executa la funció *insert_geom(self)*. Dintre la funció *insert_geom(self)*, fem una connexió a la base de dades per fer operacions INSERT a les taules on hem d'introduir els codis i les geometries, i introduïm les geometries i els codis seleccionats i filtrats pel codi de Lloc Arqueològic.

```
def combos_geom(self):
    cur.execute(""" SELECT lloc_cd, geom as geom FROM dblink('dbname=bd2 host=localhost user=postgres password=postgres',
    'select lloc_cd, geom from bd2.public.lloc ')AS (lloc_cd character varying, geom geometry) WHERE geom != '' order by lloc_cd;""")
    rows = cur.fetchall()
    self.lloc_bd2.clear()
    self.lloc_bd2.addItem('Selecciona el Lloc arqueològic: ')
    for row in rows:
        self.lloc_bd2.addItem(row[0], row[1])
    pass
```

Figura 58. Connexió a la base de dades de digitalització des de la base de dades arqueològica

Carrega de llistes desplegables:

Aquesta funcionalitat l'hem desenvolupat a partir d'un seguit de funcions que s'executen alhora que s'obre l'aplicació. Aquestes funcions, que n'hem creat una per a cada un dels formularis (*combos_lloc(self)*, *combos_uest(self)*, ...), fan una connexió a la base de dades i fan una consulta a la taula DICC que es on s'emmagatzemen les llistes amb camps tancats dels formularis, i a les taules que es necessiti consultar els codis identificadors de cada element. Al fer la consulta hem creat llistes amb els diferents registres de cada consulta. Per carregar-ho als *combos* o llistes desplegables, hem utilitzat el bucle *for* per iterar la llista i carregar els valors als *combos*.

En alguns casos, com en el formulari de Delimitadors i el d'Ocupacions, s'han mostrat les llistes d'elements dintre de una *QListView* amb una casella per marca, en aquests casos s'ha procedit de la mateixa manera que en el cas del Formular de relació Recintes-Delimitadors explicat anteriorment, és a dir, en aquets casos quan es marca una casella, es selecciona i es resalta la geometria marcada a la vista del mapa.

Introducció de Dades:

Per introduir les dades a la base de dades s'ha definit una funció per a cada formulari (*insert_lloc(self)*, *insert_uest(self)*, ...). Aquestes funcions s'activen fent clic als botons corresponents a cada formulari, criden a les funcions de inserció de dades.

Aquestes funcions defineixen una variable per a cada camp dels formularis fets amb les classes *QComboBox*, *QLineEdit*, *QTextEdit*, *QSpinBox*, *QDateEdit*, ... on es recullen les dades introduïdes. Posteriorment es fa una connexió a la base de dades i s'introdueixen les dades recollides a la base de dades fent operacions UPDATE o INSERT amb SQL.

Per introduir les dades a taules com la taula ARQUITECT, NATUR i OBERT que són especialitzacions de la taula UEST, s'han hagut d'utilitzar estructures de control com el *if – elif – else* per poder derivar cada conjunt de dades a la taula que li pertoca.

```
def insert_estr(self):

    estr_cd = self.estr_cd.text()
    niv_estr_cd = self.niv_estr_cd.currentText()
    sond_cd = niv_estr_cd[:-1]
    niv_cd = niv_estr_cd[-1:]
    estr_tue = self.estr_tue.currentText()
    estr_ocup_cd = self.estr_ocup_cd.currentText()
    estr_cmx = self.estr_cmx.value()
    estr_cmn = self.estr_cmn.value()
    estr_sed = self.estr_sed.text()
    estr_cop = self.estr_cop.text()
    estr_coa = self.estr_coa.text()
    estr_tex = self.estr_tex.text()
    estr_used = self.estr_used.text()
    estr_col = self.estr_col.text()
    estr_des = self.estr_des.toPlainText()
    estr_des = estr_des.replace("\n", "")
    estr_int = self.estr_int.toPlainText()
    estr_int = estr_int.replace("\n", "")

    sed_cd = self.sed_cd.text()
    sed_cm = self.sed_cm.value()
    sed_pes = self.sed_pes.value()
    sed_xm = self.sed_xm.value()
    sed_ym = self.sed_ym.value()
    sed_utm = self.sed_utm.isChecked()

    cur.execute(f"INSERT INTO ESTR(SOND_CD, NIV_CD, ESTR_CD)VALUES('{sond_cd}','{niv_cd}','{estr_cd}');")
    conn.commit()
    cur.execute(f"UPDATE ESTR SET
    estr_tue= '{estr_tue}',
    ocup_cd= '{estr_ocup_cd}',
    estr_cmx= {estr_cmx},
    estr_cmn= {estr_cmn},
    estr_sed= '{estr_sed}',
    estr_cop = '{estr_cop}',
    estr_coa= '{estr_coa}',
    estr_tex= '{estr_tex}',
    estr_used= '{estr_used}',
    estr_col= '{estr_col}',
    estr_des= '{estr_des}',
    estr_int= '{estr_int}'

    WHERE sond_cd = '{sond_cd}'and
    niv_cd = '{niv_cd}'and
    estr_cd = '{estr_cd}';")
    conn.commit()
```

Figura 59. Introducció de les dades

Modificació i visualització de les dades:

Aquesta funcionalitat s'ha desenvolupat amb funcions per a cada formulari. Aquestes funcions es criden quan es canvia l'opció de les llistes desplegable que fan referència als codis identificadors. Les funcions fan una consulta a la base de dades i mostren el contingut de cada registre al camp del formulari corresponent cridant les funcions *set* de cada classe dels *widgets* dels formularis. D'aquesta manera, a l'haver programat la inserció de dades amb operacions de UPDATE, es poden modificar les dades i actualitzar-les.

```

for row in lloc_cd:
    self.lloc_cd.setText(row[0])
    self.lloc_nm.setText(row[1])
    for r in rows_lloc:
        if row[2] is None:
            self.lloc_mun_cd.setCurrentText('Selecciona:')
        elif row[2] in r[0]:
            self.lloc_mun_cd.setCurrentText(r[1])
        else:
            self.lloc_mun_cd.setCurrentText(r[1])

    if row[4] != None:
        for tf1 in rows_tfor1:
            if row[4] in tf1[0]:
                self.lloc_tfor1.setCurrentText(tf1[1])
        else:
            self.lloc_tfor1.setCurrentText('Selecciona')

    for tf2 in rows_tfor2:
        if row[5] in tf2[0]:
            self.lloc_tfor2.setCurrentText(tf2[1])

    if row[6] != None:
        for tfu1 in rows_tfun1:
            if row[6] in tfu1[0]:
                self.lloc_tfun1.setCurrentText(tfu1[1])
        else:
            self.lloc_tfun1.setCurrentText('Selecciona')

    for tfu2 in rows_tfun2:
        if row[7] in tfu2[0]:
            self.lloc_tfun2.setCurrentText(tfu2[1])
        else:
            return

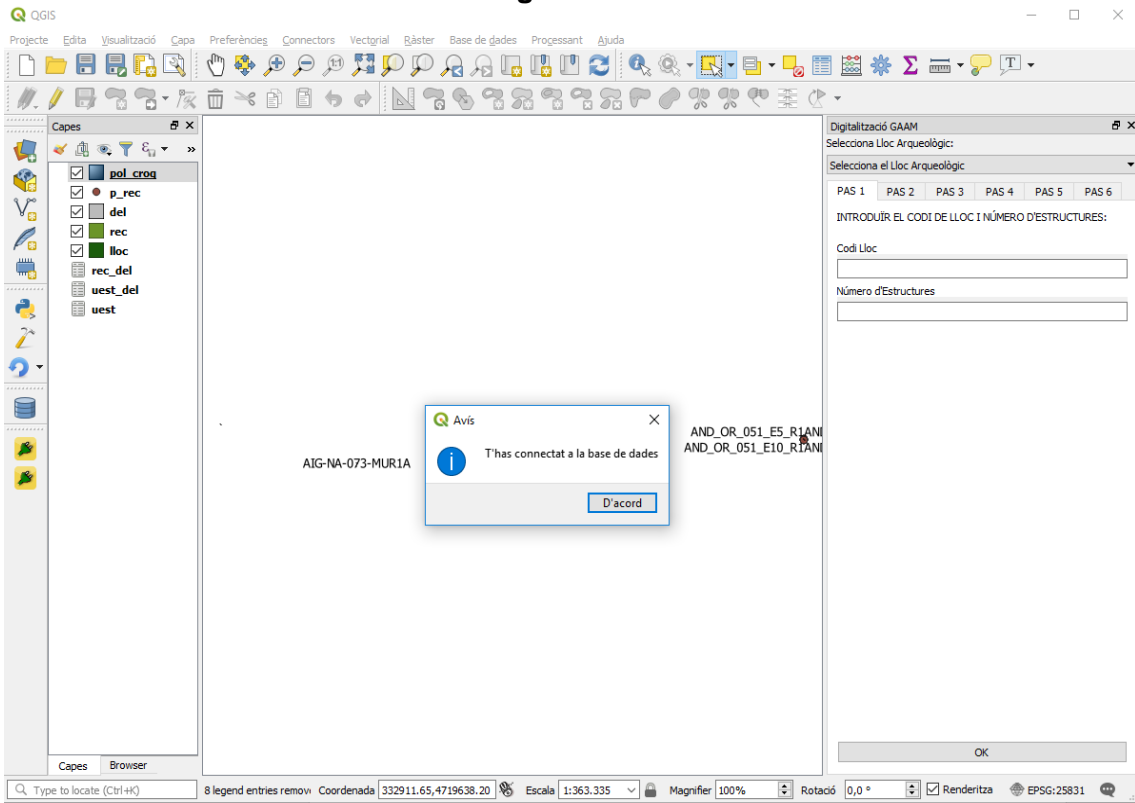
```

Figura 60. Modificació i visualització de les dades

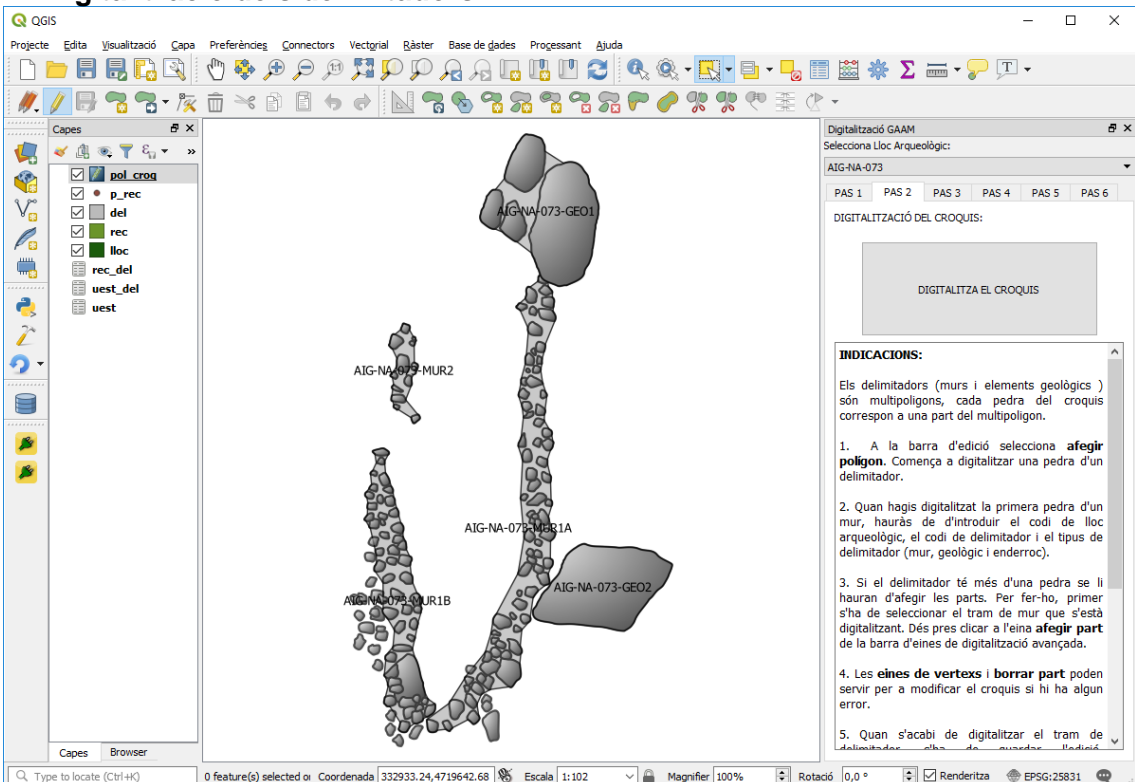
6. RESULTATS:

En aquest apartat es presenten els resultats de l'aplicació de QGIS a partir d'imatges que mostren el seu funcionament.

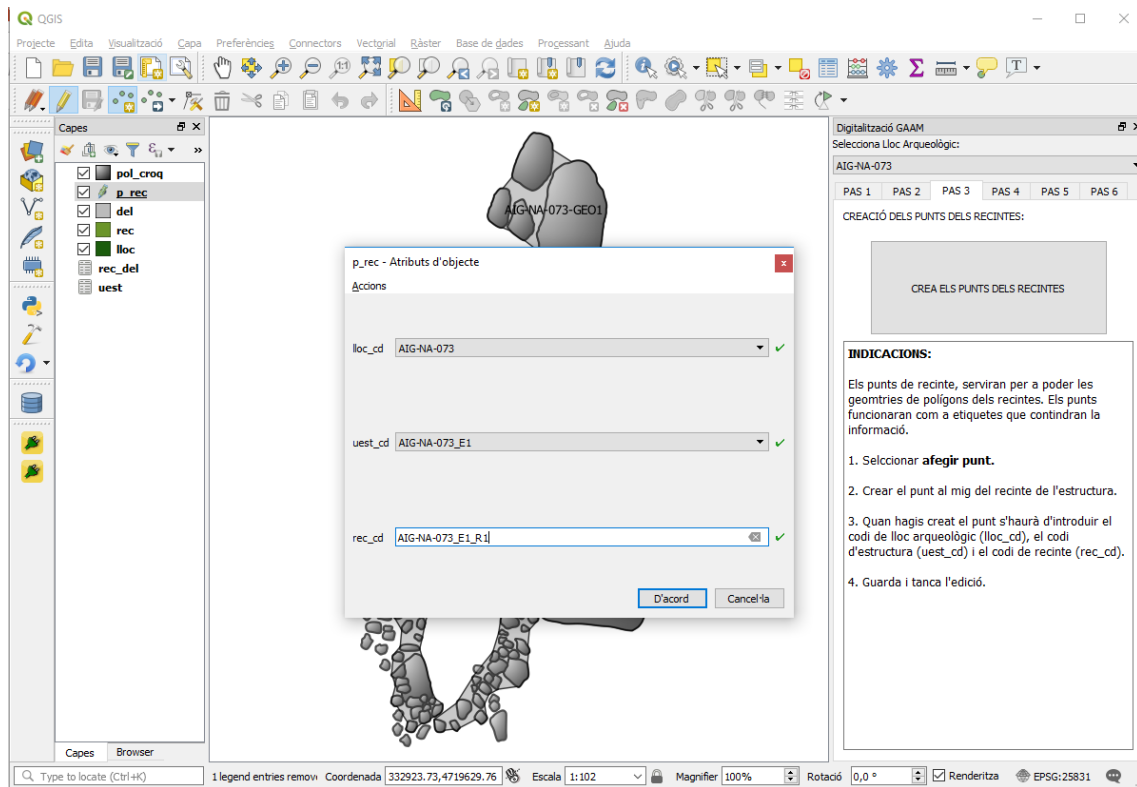
1 Connexió a la Base de Dades de Digitalització



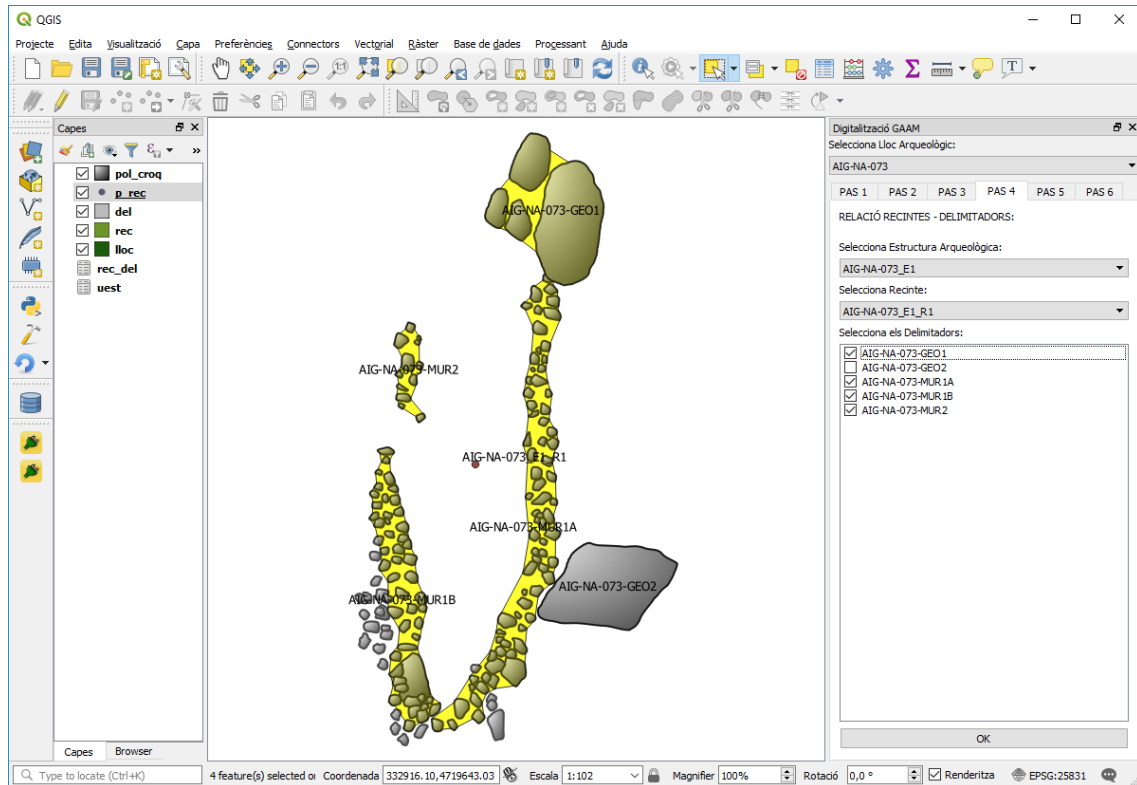
17 Digitalització dels delimitadors



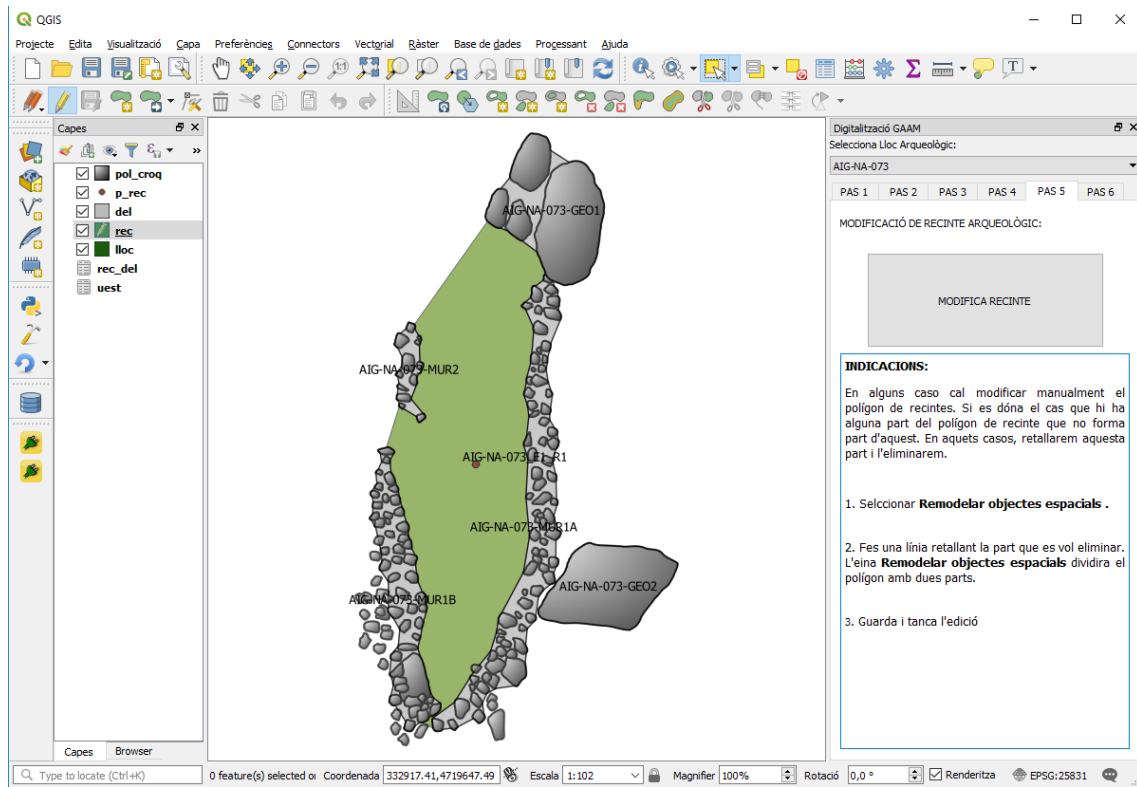
33 Creació punt de Recintes



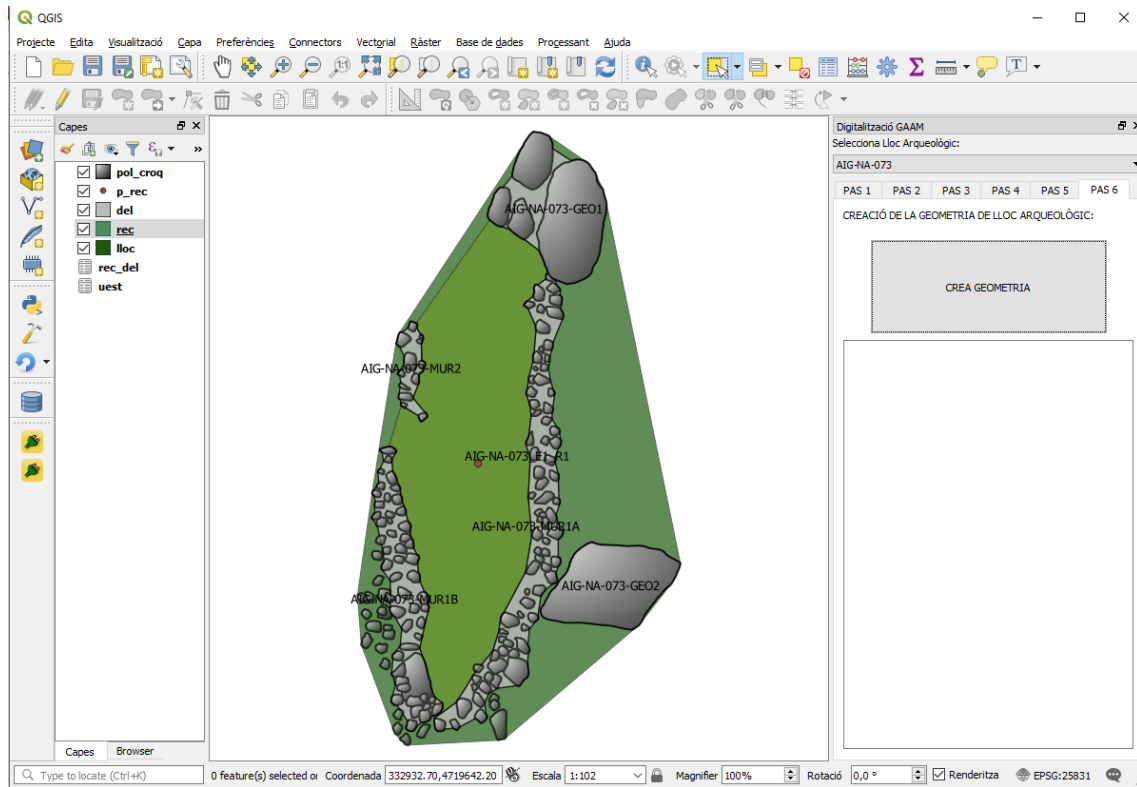
49 Formulari de relació Recinte-Delimitadors



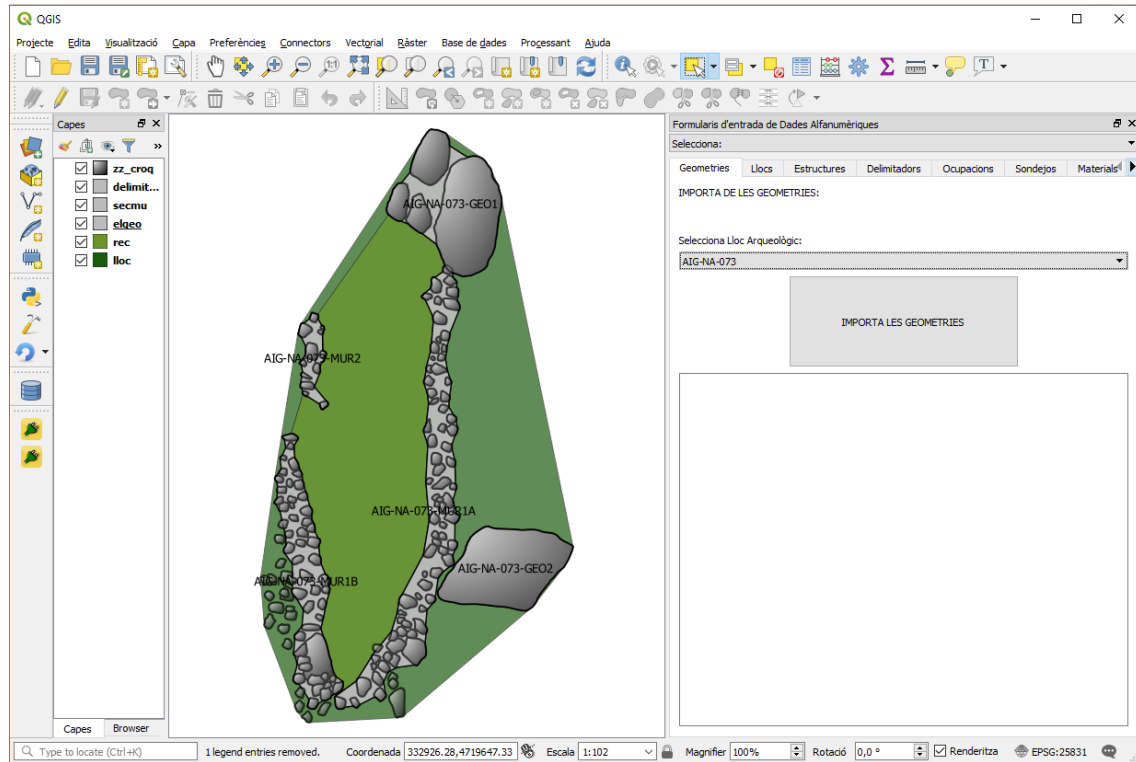
65 Modificació Recinte



81 Creació de Geometria de Lloc Arqueològic



97 Importació geometries a la Base de Dades Arqueològica



113 Formulari de Lloc

Formulari d'entrada de Dades Alfanumèriques
AND_OR_037

Geometries Llocs Estructures Delimitadors Ocupacions Sondejors Materials

Codi de Lloc Arqueològic: AND_OR_037 Nom de Lloc Arqueològic: Cabana III de la Pleta del Brug
Municipi: Ordino Zona arqueològica: Selecciona

II. CATALOGACIÓ I REGISTRE:
Descobrint: TRANSECTE Nom Informant: Data de Localització: 9/10/2017
Tractament rebut: Fotos Croquis Plantes Topografia Exavació

III. DESCRIPCIÓ RESTES ARQUEOLÒGIQUES
Tipus jaciment forma (general): Estructura Arquitectònica Tipus jaciment funció (general): Habitació
Tipus jaciment forma (específic): Cabana aïllada Tipus jaciment funció (específic): Habitatge
Font d'Aigua més propera: 50,00

IV. Croquis:
Codi de Croquis: Autor/a: Data realització: 1/1/2000

V. Material:
Codi de material: Tipus de material: Selecciona Procedència material:
Descripció:

VI. DESCRIPCIONS:
Descripció curta:
El lloc OR_037 es troba a la Pleta del Brug, en zona de vessant, amb una font d'aigua subterrània propera (un rierol una mica més llunyà) (100 metres). L'estructura està conformada per un mur de forma ovalada, construït amb pedra seca que s'adossa a un bloc de dimensions mitjanes-petites.
El mur es troba força malbé, tot i que no s'aprecia gaire enderroc. La major potència
Descripció àrea:

OK

129 Formulari d'Estructura

Formulari d'entrada de Dades Alfanumèriques
AND_OR_037

Geometries Llocs Estructures Delimitadors Ocupacions Sondejors Materials

I. ESTRUCTURA:
Codi d'Estructura: Codi d'Estructura: AND_OR_037_E1
Tipus d'Estructura: Sedimentació Estat de conservació: Regular
Estructura arquitectònica Baix Regular

Tipus d'Estructura arquitectònica: Cabana
Alçada màxima murs: 0,00 Alçada mínima murs: 0,00 Amplada màxima murs: 0,00
Superfície interior: Abundància d'enderroc: Orientació de l'entrada: Plana Força N
 Entrada principal visible Amplada entrada principal: 0,00 Num. d'entrades: 0
 Indici de sostre Tipus de sostre: Materials perillosos: Estructura contra bloc de roca

Forma de l'estructura:
Definició de l'àrea:
Descripció:

II. Recintes:
Codi de Recinte: AND_OR_037_E1_R1 Recinte Principal
Tipus funció (general): Establucació Tipus funció (específic): Pleta
Descripció:

OK

177 Formulari de Delimitadors

The screenshot shows the 'Delimitadors' tab in the software. It includes fields for 'Tipus de delimitador' (set to 'Element constructiu'), 'Codi Element constructiu' (AND_OR_037_M03), and a list of 'Seccions de mur' with checkboxes for AND_OR_037_M01, AND_OR_037_M02, AND_OR_037_M03a, and AND_OR_037_M03b. Below this are fields for 'Sistema Constructiu' (SC1), 'Material Constructiu' (MC1), and 'Sedimentació de murs' (Alt). There are also input fields for dimensions like 'Alçat mínim del mur' and 'Alçada màxima del mur', and a 'Descripció/Comentari' text area.

193 Formulari d'Ocupacions

The screenshot shows the 'Ocupacions' tab. It features 'Codi d'Ocupació' and 'Codi d'Estructura' (AND_OR_037_E1) dropdowns. There are also dropdowns for 'Tipus de datació de l'ocupació' (Absoluta) and 'Període de l'ocupació' (Indeterminat). A large 'Descripció' text area is present. At the bottom, there are two columns of checkboxes for 'Recintes' and 'Delimitadors', listing various codes like AND_OR_037_E1_R1, AND_OR_037_G01, and AND_OR_037_M01.

145 Formulari Sondeig

The screenshot shows the 'Sondeigs' tab. It includes fields for 'Codi Sondeig', 'Metodologia' (Conjunts Arqueològics), and 'Estructura' (AND_OR_037_E1). There are input fields for 'Amplada', 'Llargada', and 'Profunditat'. Below are sections for 'NIVELL' (with 'Codi de Nivell' and 'Codi Sondeig' dropdowns), 'ESTRATS' (with 'Codi Estrat', 'Codi Nivell', 'Tipus d'UE', and 'Codi d'Ocupació' dropdowns), and 'SEDIMENT' (with 'Codi sediment', 'Cota de la mostra', 'Pes de la mostra', 'Cota X', 'Cota Y', and a 'UTM' checkbox). Each section has an 'Introduir' button.

161 Formulari Material i

The screenshot shows the 'Materials' tab. It includes a 'Codi de material' dropdown (set to 'Estrat') and a 'Tipus de material' dropdown (Sense Estrat). There are input fields for 'Procedència', 'Coordenades X', and 'Coordenades Y'. Below are fields for 'Datació' (Yes/No), 'Codi de datació', and 'Codi de laboratori'. There are also dropdowns for 'Tipus de recinte' (DT1) and 'Intervenció'. A section for 'Datació BP' includes 'Desviació' and 'Cal 1 Sigma' and 'Cal 2 Sigma' fields for both (1) and (2). There are also 'Tipus context' and 'Llar' dropdowns, and text areas for 'Explicació context' and 'Explicació resultat'.

7. CONCLUSIONS:

L'objectiu principal d'aquest treball ha estat idear i implementar un sistema de recollida i processat de les dades provinents de les prospeccions arqueològiques en zones d'alta muntanya. Aquest s'ha realitzat conseqüència de la necessitat que el Grup d'Arqueologia d'Alta Muntanya tenia al respecte.

Així, l'objectiu del treball s'ha concretat en:

1. Revisar la base de dades i implantar l'emmagatzematge de dades ràster.
2. Homogeneïtzar la recollida de dades de camp per ser compatible amb la base de dades realitzada en el projecte anterior (Salvador, 2017).
3. Dissenyar i implementar una metodologia de geoprocessament per a derivar les geometries necessàries del Llocs Arqueològics, centrant-nos amb les Estructures Arquitectòniques.
4. Desenvolupar una aplicació de QGIS que permeti integrar les operacions de geoprocessament a la digitalització dels croquis i que permeti introduir les dades alfanumèriques a la base de dades del Grup d'Arqueologia d'Alta Muntanya.

El treball s'ha centrat espacialment en els dos darrers objectius i ha aconseguit els objectius plantejats amb resultats positius. El mòdul de l'aplicació de digitalització produeix totes les geometries necessàries i és una aplicació senzilla d'utilitzar per qualsevol persona investigadora que necessiti digitalitzar croquis. Aquest fet, en un futur provocarà que la digitalització de la informació espacial de les prospeccions es processi més ràpidament i es pugui anar introduint a la base de dades tot el registre arqueològic que s'ha elaborat pel GAAM els darrers anys. El mòdul d'entrada de dades també funciona correctament, tot i que s'han fet poques proves i en un futur s'haurà de comprovar que funciona correctament amb les particularitats que es pugin trobar.

Com a línies futures de treball podem plantejar elements que s'han pogut veure al llarg del treball. En primer lloc, caldrà adaptar el protocol de processament de les dades espacials a tipus d'estructures com són les Cavitats Naturals (Abrics, Coves, Balmes...) que en aquest treball no s'ha desenvolupat.

Finalment, una altra línia de treball que es planteja també és desenvolupar una aplicació web que pugui servir tant per a la consulta de la informació de la base de dades com per a la descàrrega de la informació per a que aquesta pugui ser tractada i analitzada en estudis arqueològics. D'aquesta manera, es completaria el sistema d'informació arqueològic que es va plantejar amb l'anterior projecte on l'objectiu era elaborar un sistema d'informació que servís per a la gestió, la consulta i l'anàlisi de la informació arqueològica.

BIBLIOGRAFIAWSD

Conolly, James; Lake, Mark. (2009). *Sistemas de información geográfica aplicados a la arqueología*. Barcelona. Edicions Bellaterra.

Diccionaris. Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. (s.d.). Recuperat 6 juny de 2018, de <http://www.icgc.cat/ca/Ciutada/Informa-t/Diccionaris>

Formación GIS y difusión tecnológica. (s.d.). Recuperat 6 juny de 2018, de <https://mappinggis.com/blog/>

Garcia Casas, David; Obea Gómez, Laura; Mazzuco, Niccolò (2015) *Prospecció i cartografia arqueològica de les Valls de Valarties*. Memòria inèdita. Barcelona: Àrea de Coneixement i Recerca, Direcció General del Patrimoni Cultural.

Gassiot, E. (2005). *Asistencia técnica para el inventario de detalle de los recursos arqueológicos del Parque Nacional de Aigüestortes i Estany de Sant Maurici. Informe final*. Memòria inèdita. Madrid: Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Barcelona: Àrea de Coneixement i Recerca, Direcció General del Patrimoni Cultural.

Gassiot, E. (2009). *Prospeccions arqueològiques al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici*. Memòria inèdita. Barcelona: Àrea de Coneixement i Recerca, Direcció General del Patrimoni Cultural

Gassiot, E., Rodríguez-Antón, D. (2010). *Prospecció i cartografia arqueològica de les valls de Ruda i Aiguamog*. Memòria inèdita. Barcelona: Àrea de Coneixement i Recerca, Direcció General del Patrimoni Cultural.

Gassiot Ballbè, Ermengol, (2016). *Arqueología del pastoralismo en el Parque Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici: montañas humanizadas*. [Madrid] : Organismo Autónomo Parques Nacionales

Gassiot Ballbè, Ermengol; Garcia Casas, David; Nunes Alonso, J. (2015). Un parc també cultural? La base de dades arqueològica del Parc Nacional. *La investigació al Parc Nacional d'Aigüestores i Estany de Sant Maurici*, 219-230.

Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. (s.d.). Recuperat 6 juny de 2018 de <http://www.icgc.cat/>

Martínez Llario, José C. (2012) *PostGIS 2 . Análisi Espacial Avanzado*. [València]: UPV.

PostgreSQL. (s.d.). Recuperat 6 juny de 2018 de <https://www.postgresql.org/>

PostGIS (s.d) Recuperat 6 juny de 2018 de <https://postgis.net/docs/manual-2.3/>

Pyscopg2 (s.d) Recuperat 6 juny de 2018 de <http://initd.org/psycopg/>

PyQGIS (s.d) Recuperat 6 juny de 2018 de <https://qgis.org/api/>

QGIS (s.d) Recuperat 6 juny de 2018 de <https://www.qgis.org/en/docs/index.html>

Qt5 (s.d) Recuperat 6 juny de 2018 de <http://doc.qt.io/>

Salvador Baiges, Guillem (2017) *Base de Dades Espacials per a aplicacions d'arqueologia d'alta muntanya*. [Barcelona] Treball de Fi de Màster. Universitat Autònoma de Barcelona.

Shaw, Zed a. (2017) *Aprenda a programar con Python 3*. [Madrid]: Ediciones Anaya Multimedia.

ANNEX I: ANÀLISI DE L'ESTAT DE LES DADES

L'anàlisi d'estat de les dades s'ha realitzat a partir del conjunt de dades del Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici ja que es la zona on s'ha desenvolupat més campanyes de prospecció i en la que hi ha més dades i més antigues –és a dir que no es recollien amb la metodologia que es fa servir actualment-. Per fer-ho s'han revisat les memòries i informes de prospecció de les campanyes arqueològiques a Aigüestortes i les dades espacials que s'han generat fins ara, que consten d'una capa vectorial de punts amb la localització dels llocs arqueològics i de capes vectorials poligonals de la digitalització de croquis de les estructures d'alguns llocs arqueològics. Les campanyes arqueològiques a Aigüestortes s'han realitzat de manera continuada des del 2004 al 2013, fent campanyes tant de prospecció com d'excavació (a la Cova del Sardo).

Les prospeccions han seguit una metodologia sistemàtica amb una estratègia de prospecció extensiva, que implica cobrir la superfície del Parc Nacional i la seva zona perifèrica utilitzant transsectes. Això es tradueix en cobrir una superfície de prop de 40.000 ha entre la zona nuclear i la zona perifèrica. Per fer-ho de forma ordenada, es va dividir el terreny a partir de les conques hidrogràfiques, i dins d'aquestes es va optar per fer distincions entre els fons de vall, els vessants, les crestes, els circs glacials, etc.

1. CAMPANYES I ZONES PROSPECTADES:

Seguidament s'enumeren les campanyes de prospecció i la zona prospectada:

- 2004: circ de Peguera/Estany Negre (la conca alta del riu Escrita), a Espot (Pallars Sobirà), i a la vall del riu Sant Nicolau i alguns tributaris (fonamentalment les valls de Llacs i Mussoles) a Boí (Alta Ribagorça).
- 2005: capçalera de la conca del Noguera de Tor, al nord del pantà de Cavallers, algunes valls tributàries del riu Sant Nicolau (Morrano, Corticelles, etc.) i les valls de Peguera, Subeniux.
- 2006: zona dels estanys de Gémena i Estany Roi, a la Vall de Boí, alguns sectors pendents de prospectar de la vall de Sant Nicolau i tributàries (Vall de Boí), la vall de Subeniux (Espot) i la capçalera de la Conca del Flamisell (Torre de Cabdella).
- 2007: valls de Monestero i del riu Escrita per sota l'Estany de Sant Maurici a Espot, la vall de Mainera i la Serra del Rei a Sort i Rialp i les valls del Francí i de la Coma d'Espós a la Vall Fosca (Torre de Cabdella).

- 2009: Vall de Gerber fins a la seva capçalera i una bona part de la Vall de Cabanes, ambdues al municipi de l'Alt Àneu.
- 2010: capçaleres de les valls de Ruda i Aiguamòg. En la primera es va supervisar el tram comprés entre l'inici de la conca i els Lac de Baish i el Lac Major de Saboredo. De la segona es va pentinar la capçalera, per sobre de l'Estanh Major de Colomers i el Lac Clòto de Baish.
- 2011: es van revisar i ampliar les dades obtingudes amb anterioritat a la Vall de Llacs, la Ribera de Sant Nicolau i la Vall de Casesnoves (Vall de Boí).
- 2012: Val de la Restanca que correspon a tota la Ribera de Rius, des del Plan de Rius fins el Pòrt de Rius; el circ de Tòrt, els voltants de l'Estanh de Mar i el Circ dera Restanca (Valarties, Naut Aran).
- 2013: campanya a la vall de Casesnoves amb tasques de documentació, sondeigs i topografia del Despoblat, que no s'havien realitzat en campanyes anteriors.

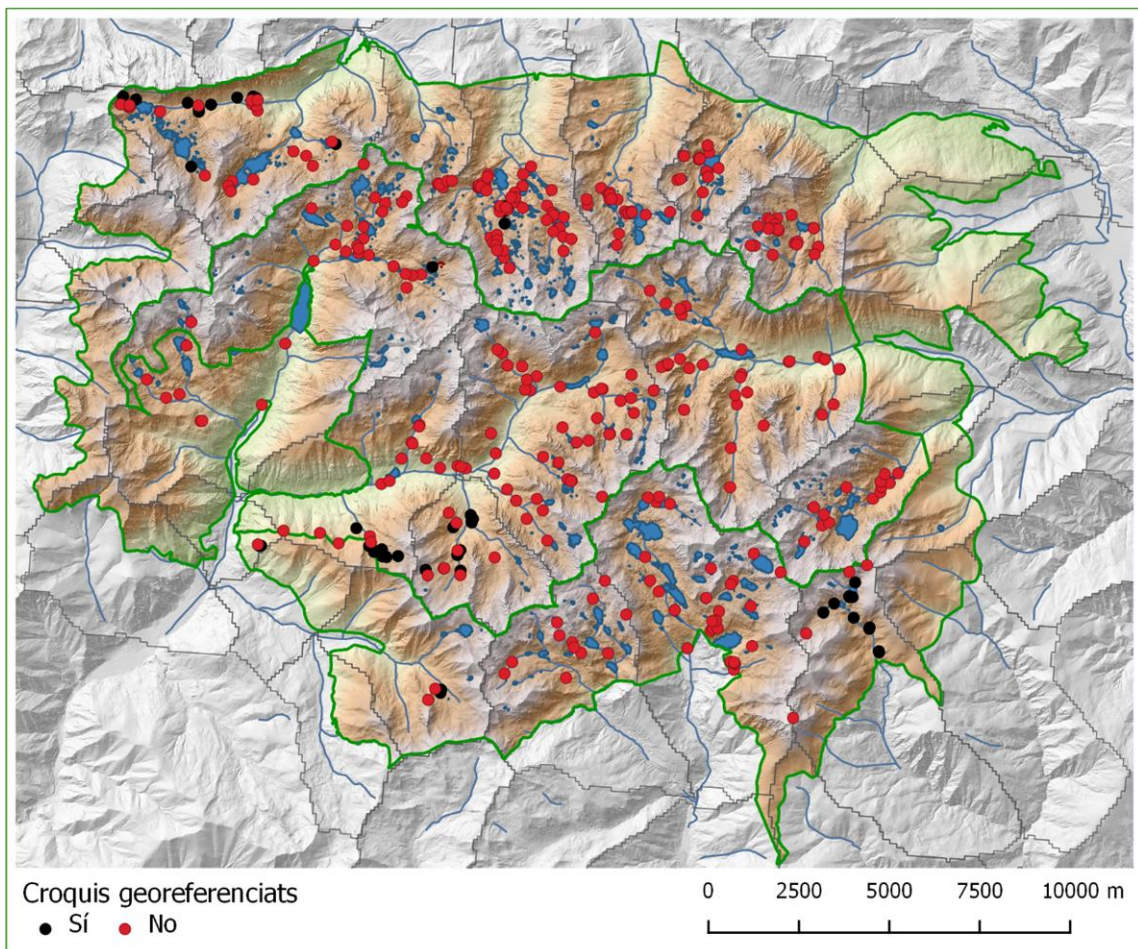


Figura 73. Mapa de relació Lloc Arqueològic - Croquis

Després d'aquestes 9 campanyes de prospecció s'han localitzat i documentat 378 llocs arqueològics (jaciments). S'ha de tenir en compte que la metodologia de registre ha anat canviant des de la primera campanya ja que s'ha anat adaptant a la materialitat arqueològica que s'hi ha trobat. Per exemple, en un primer cas es documentava el jaciment o lloc arqueològic en la seva totalitat i cap a les últimes campanyes, s'ha documentat exhaustivament cada estructura. Pel que fa a la informació espacial, en un primer moment, es feien croquis esquemàtics, que posteriorment van passar a ser croquis a escala. Tot i així no es cap a l'any 2009 o 2010 que es veu la necessitat de començar a integrar les dades en un SIG i és aleshores quan es comencen a digitalitzar els croquis en formats de dades vectorials compatibles amb els SIG com són els ESRI Shapefile o el format d'AutoCAD (.DWG).

Després de fer aquesta aproximació a l'estat de les dades, ens trobem que dels 378 llocs arqueològics, només hi ha digitalitzats i georeferenciats els croquis de 59 llocs. La resta o bé no estan digitalitzats pel fet que pertanyen a les primeres campanyes de prospecció, o bé estan digitalitzats en formats no compatibles amb els SIG. Podem veure que els croquis digitalitzats majoritàriament pertanyen a llocs arqueològics localitzats en les darreres campanyes realitzades o bé localitzats en un primer moment al 2004 però que s'hi ha anat treballant al llarg de la resta d'anys. La presència de croquis georeferenciats també és un reflex de les valls i les zones del Parc Nacional on s'ha treballat de forma més extensa, com ara les conques de Sant Nicolau, especialment la Vall de Casesnoves, la Vall de Llacs, la Vall de Val Arties i la de Mainera.

Finalment, analitzant els tipus de llocs arqueològics a partir de la seva forma –i en alguns casos la seva funció- el que veiem és que el tipus majoritari amb gairebé un 60% són estructures arquitectòniques ramaderes que inclouen, cabanes, tancats, orris, etc. Seguit del tipus cavitats naturals, com abrics o balmes (també amb funcions ramaderes) amb prop d'un 30%.

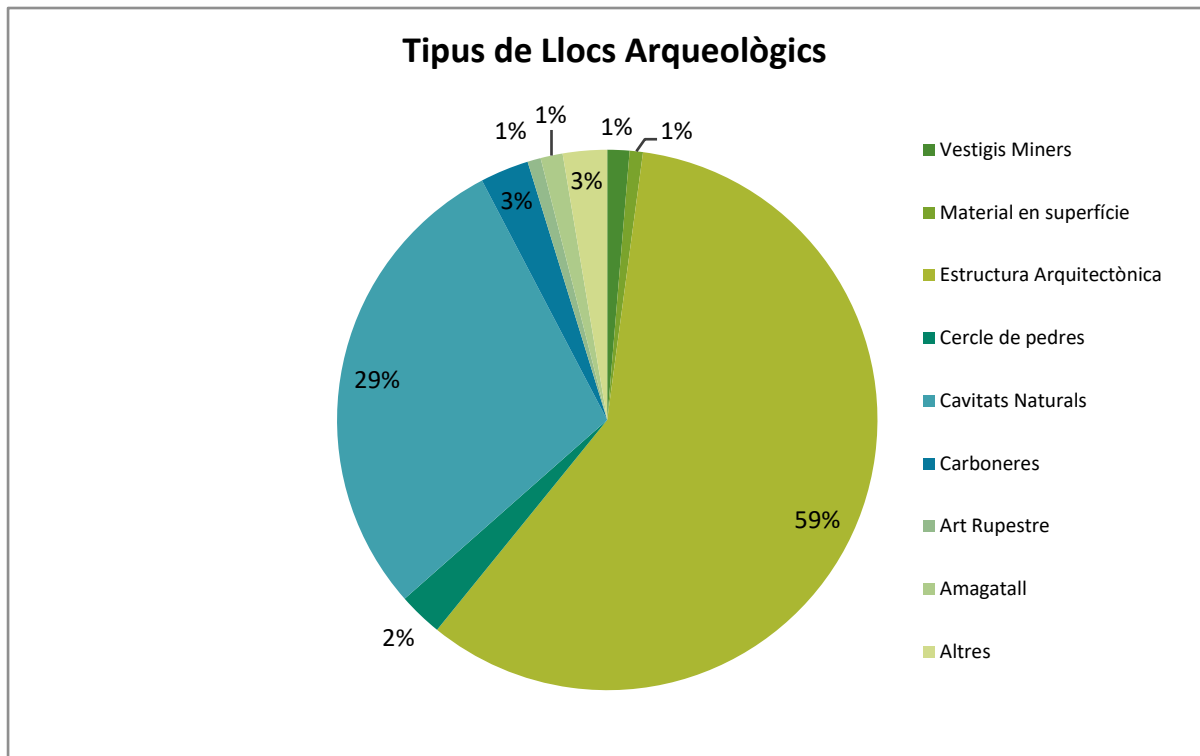


Figura 74. Tipus de Llocs Arqueològics

2. SÍNTESI

Després d'aquesta anàlisi superficial de l'estat de les dades en podem extreure que:

- La majoria de dades no es poden entrar directament a la base de dades ja que els elements espacials no estan digitalitzats ni georeferenciats .
- Hi ha un gran nombre de llocs arqueològics, dels quals s'han de generar diferents nivells de geometries a partir de la digitalització del croquis o de les topografies.
- S'ha d'estandarditzar el procés de recollida de dades perquè sigui compatible amb la base de dades i s'ha d'aconseguir que el processament i digitalització de les dades espacials sigui relativament senzill i ràpid d'introduir.

És d'aquestes conclusions que hem extret els objectius del present projecte. Aquest són, a grans trets, crear procediments per a la generació de les geometries dels diferents nivells d'informació, desenvolupar una aplicació per a poder entrar totes les dades, tant espacials com alfanumèriques, a la base de dades espacial i definir un protocol que reculli tot el procés d'enregistrament de la informació, des de la recollida de dades al camp, fins al processament, digitalització i entrada a la base de dades.

ANNEX II: PROTOCOL DE RECOLLIDA DE DADES DE CAMP

Aquest annex s'ha realitzat a partir de la revisió de les memòries de prospecció que ha realitzat el GAAM en les campanyes de prospecció que ha dut a terme i on s'explica la metodologia i el sistema de registre que utilitza. Així doncs la finalitat d'aquest protocol és actualitzar el sistema de registre que s'utilitza adaptant-lo al disseny de la base de dades que es va elaborar l'any 2017 i al seu model de dades.

1. LA METODOLOGIA DE LA PROSPECCIÓ:

El 2001, quan es va fer la primera campanya de prospecció arqueològica, no hi havia cap jaciment documentat a la zona del Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici. Aquest fet va fer necessari establir una metodologia i definir estratègies de prospecció, tenint en compte quin tipus de terreny hi ha en aquestes zones que es caracteritzen per àrees abruptes amb desnivells de 1700 m d'altitud i 3000 m. d'altitud.

Al llarg dels més de 15 anys de recerca, el Grup d'Arqueologia d'Alta Muntanya ha anat elaborant i definint una estratègia de prospecció (Gassiot et al, 2005; Gassiot et al. 2009; Garcia et al. 2015). El fet que no es conegués el registre arqueològic d'aquestes zones va fer que s'adoptés una estratègia de prospecció intensiva, que consisteix en delimitar la zona a prospectar i realitzar transectes de grups de 4 o 5 persones a uns 10 o 20 metres de distància segons l'orografia del terreny, que pertinen tota la zona objecte d'estudi. A partir dels anys de treball arqueològic s'ha pogut combinar aquest tipus d'estratègia, que continua sent la principal, amb una estratègia dirigida. Actualment, s'exclouen de les àrees a prospectar les zones de difícil accés.

Per tenir un control de les zones prospectades i dels treballs arqueològics, la cartografia i els GPS són una eina imprescindible per a realitzar aquets tipus de treball ja que permeten anar detallant durant la campanya les zones prospectades diàriament.

2. LA DOCUMENTACIÓ DE L'EVIDÈNCIA MATERIAL

El sistema de registre que aquí es proposa surt del treball i la caracterització de les restes arqueològiques que s'ha anat realitzant al llarg dels anys d'investigació. Alhora es pretén que hi hagi una coherència amb la base de dades plantejada anteriorment.

Els sistemes de documentació arqueològica parteixen del "jaciment arqueològic" com a unitat bàsica d'anàlisi i catalogació. Així doncs, s'entén com a "jaciment arqueològic" una unitat delimitada en l'interior de la qual hi ha potencial arqueològic, i una superposició arquitectònica que correspon a una successió cronològica d'ocupacions,

com podríem imaginar el casc antic d'una ciutat actual, o un jaciment emmurallat on hi pugui haver una successió d'ocupacions durant diversos segles (Gassiot, 2015).

En el cas del Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici, i com s'està comprovant els darrers anys en les prospeccions a Ordesa i Mont Perdut i a Ordino, aquest concepte de jaciment no és aplicable a l'evidència material d'aquestes zones ja que el que es troba és la recurrència en l'ús de zones concretes i és excepcional la superposició arquitectònica.

D'aquesta manera, com a unitat bàsica per a la documentació, catalogació i anàlisi, s'ha adoptat el concepte de lloc arqueològic (per no caure amb les connotacions que pot tenir el "jaciment arqueològic"), que estaria conformat per restes materials, principalment arquitectòniques, que són el resultat de la presència humana d'un període i un lloc determinat (Gassiot, 2016).

A partir d'aquest element d'anàlisi, el sistema de registre parteix de l'àmbit més general com és el Lloc Arqueològic fins a l'element més concret com són les Estructures que en formen part i les seves parts els Recintes i els Elements Delimitadors (murs, o elements naturals com blocs o cornises) seguint els nivells en què s'ha conceptualitzat el model de dades i amb el que s'ha generat la base de dades. En el procés de documentació podem diferenciar tres parts: la recollida d'informació que es desprèn de l'observació superficial en forma de dades alfanumèriques i documentació fotogràfica, la documentació gràfica realitzant croquis, plantes i/o aixecaments topogràfics, i la documentació dels sondeigs arqueològics que permeten poder datar les estructures i poder corroborar si hi ha més d'una ocupació així com el potencial arqueològic de l'estructura en qüestió.

Els elements antròpics actuals com ara fogars i petits bivacs, es documenten amb un punt de localització amb el GPS i amb la descripció del que són però no reben un tractament exhaustiu com un lloc arqueològic ja que si fos així la recollida de dades seria molt més extensa i lenta, i molt dels elements no tindrien interès.

7.1.1. EL SISTEMA DE REGISTRE:

El registre dels llocs arqueològics està format per un seguit d'elements format per fitxes, inventaris de registre, cartografia i plànols que permeten recollir de forma sistemàtica i ordenada la informació arqueològica. El registre està format pels següents elements:

1. Registre de punts GPS
2. Inventari de Llocs Arqueològics

3. Fitxa de Llocs Arqueològics
4. Fitxa d'Estructura
5. Registre fotogràfic
6. Inventari de plànols
7. Registre de Lloc Arqueològic i Estructura
8. La Cartografia
9. Documentació dels Sondeigs.

A continuació descriurem què conté cada element i quins aspectes s'inclouen en cada fitxa. A l'Annex es pot veure de forma detallada els camps d'informació de les fitxes. La realització dels croquis i les topografies s'expliquen al següent apartat.

A. Registre Punts GPS:

Aquest registre recull tots les localitzacions, en forma de coordenades UTM, de tot els elements antròpics localitzats a les prospeccions. En cas de ser un lloc arqueològic, es registra la localització de cada una de les estructures que el conformen.

Contempla el número de punt, el codi de lloc o element, el codi d'estructura, les coordenades X Y Z, l'error de desviació, el tipus d'element (arqueològic, fogar, bivac, etc.) i l'autoria del punt i la data de registre.

B. Inventari de Llocs Arqueològics i Estructures:

És una llista que té l'objectiu de controlar l'assignació de codis als llocs arqueològics i evitar l'error de reiteració dels codis assignats prèviament, així com establir la correlació de les estructures d'un lloc, per poder tenir controlat el número i el codi de les estructures d'un lloc arqueològic determinat.

Conté els camps de codi de lloc arqueològic, data de localització, número d'estructures, codi de les estructures i autor.

C. Fitxa de Lloc Arqueològic:

Aquesta fitxa està dissenyada per tal d'homogeneïtzar les dades arqueològiques i per intentar evitar els criteris subjectius a l'hora d'anotar i descriure les dades arqueològiques. És per aquest motiu que els camps que s'hi contemplen són en gran mesura camps tancats amb els valors definits (com els diversos tipus de forma del lloc) i les unitats mètriques que s'han d'utilitzar. La proposta que es fa d'aquesta fitxa, ha exclòs els camps que recullen la informació del medi on es situa el lloc, que fins ara es contemplaven, ja que és una informació que no té lloc a la base de dades donat que es pot derivar fent operacions de geoprocessament relacionant els elements arqueològics amb els usos del sòl, la vegetació o mitjançant anàlisis de visibilitat, entre d'altres.

La fitxa té quatre apartats i cada fitxa ha de contemplar l'autoria de la fitxa i la data de registre:

- I. Localització: en aquest apartat s'hi contemplen els camps del Codi de Lloc, el Nom del Lloc, el Municipi on es localitza, el codi de zona arqueològica (si forma part d'alguna), i les coordenades on es localitza (coordenades UTM a partir dels punts GPS).
- II. Catalogació i Registre: aquest apartat recull les dades sobre com i quan s'ha localitzat el lloc arqueològic (fent un transsecte, de forma accidental, per mostreig dirigit o informat), la data de localització, i el tractament rebut (fotos, croquis, topografia, etc).
- III. Descripció de les Restes Arqueològiques: aquest apartat serveix per classificar les restes arqueològiques segons la seva forma, i segons la funció que s'interpreta que tenien. També s'inclou la distància a la font d'aigua més propera.
- IV. Registre de croquis i plantes: aquest apartat serveix per poder relacionar el lloc arqueològic amb els croquis i plantes que s'han realitzat i qui els ha realitzat.
- V. Materials associats: fa referència als materials que es poden trobar a dins d'un lloc arqueològic o al seu voltant. S'estableix un codi per al material, quin tipus de material, la seva procedència i una descripció.
- VI. Descripcions: Camp lliure per descriure de forma general i detallada el jaciment arqueològic, l'estat general de conservació, la presència de materials, etc. S'explica la seva situació geogràfica. A més, proporciona una informació més detallada d'aspectes que poden ser d'interès i que no s'han pogut clarificar mitjançant la fitxa, com per exemple:
 - En cas d'existir arquitectura: l'alçat dels murs, el sistema constructiu emprat, les possibles incongruències que es detectin, les característiques dels enderrocs, la planta dels diferents espais, etc.
 - Realitzar hipòtesis sobre la funcionalitat dels espais identificats
 - Una descripció detallada de l'entorn geogràfic on es situa el jaciment, visibilitat, jaciments arqueològics propers, etc.

D. Fitxa d'Estructura

Aquest fitxa comprèn la recollida de les dades de cada estructura d'un lloc arqueològic de forma individualitzada, fent èmfasi en variables més concretes com les característiques de cada mur, l'estat de conservació i la sedimentació, i la definició del

recinte o recintes que pugui tenir l'estructura. Cada fitxa d'estructura està vinculada a un lloc arqueològic, en tant que tota estructura pertany només a un lloc arqueològic, i aquest com a mínim està format per una estructura.

Partint del model conceptual es defineix la unitat estructural a partir de tres tipologies que tenen característiques diferents i per tant, camps acotats diferenciats. Els tres tipus d'estructures són l'Estructura Arquitectònica, on s'hi engloben les cabanes, els tancats, els murs, etc. les Cavitats Naturals, que fan referència als abrics, a les coves, amb estructures o sense, les balmes, etc. Finalment, la tercera tipologia és l'Espai Obert, on englobaríem la resta d'elements arqueològics que no estan construïts o habitats, com podria ser un espai de producció, objectes aïllats col·locats en un espai determinat, un fogar, etc.

Així doncs la fitxa d'estructura té quatre apartats generals (Unitat Estructural, Recintes, Delimitadors i Ocupacions).

- I. Unitat Estructural: contempla els aspectes generals de cada estructura. L'estat de conservació, el nivell de sedimentació, la descripció de la forma, la definició de l'àrea, i una descripció general. Segons el tipus d'estructura es contemplen camps acotats diferenciats:
 - a. Estructura Arquitectònica: conté les variables de tipus d'estructura arquitectònica (cabana, mur, tancat), la superfície interior (plana, còncava convexa), l'abundància d'enderrocs, l'alçada màxima i mínima dels murs i la seva amplada mitja màxima, els aspectes entorn a l'entrada a l'estructura –si té entrada principal, l'orientació de l'entrada, la seva amplada i el nombre d'entrades-. Finalment, hi ha camps per anotar si es conserva el sostre i en cas de conservar-se quin tipus de sostre és.
 - b. Cavitat Natural: conté les variables de tipus de cavitat natural (balma, cova, abric), variables per descriure si hi ha entrada visible i les dimensions i orientació d'aquesta, l'alçat interior de la cavitat i si l'espai intern està acondicionat o no i si conté murs auxiliars o no.
 - c. Espai Obert: Recull com s'ha localitzat i descobert (amb un sondeig o és superficial), el tipus d'evidència i el tipus de mobiliari (fauna, carbó, lític, ceràmica, indeterminat).

- II. Recintes: aquest apartat, conté un camp per assignar-li un codi i fa referència a la interpretació de la funció de l'espai d'ús (espai de producció, d'habitació, estabulació, emmagatzematge, entre d'altres) i conté un camp lliure per poder descriure el recinte.

Tenint en compte que una estructura pot tenir més d'un recinte, s'ha de marcar si el recinte és el recinte principal de l'estructura, i hi ha d'haver la possibilitat de poder descriure els altres recintes.

- III. Delimitadors: hi ha dos tipus d'elements delimitadors, els elements geològics i els elements constructius (com pot ser un mur). Els delimitadors, s'anotaran en una fitxa d'inventari de cada lloc arqueològic, donat que cada delimitador pot estar relacionat amb més d'una estructura. En cas de ser un element constructiu, s'hi recolliran les variables sobre el sistema constructiu, el material constructiu, la sedimentació, i les dimensions dels murs, i les dimensions màximes i mínimes de cada bloc que forma part de l'element constructiu. En cas de ser un element geològic, s'anotará de quin tipus és (un bloc erràtic, un bloc natural gran, una cornisa...).
- IV. Ocupacions: tota estructura té com a mínim una ocupació. En cas de poder apreciar-ne més d'una (sigui perquè s'aprecien fases constructives en l'arquitectura o bé a partir de les fases i nivells d'un sondeig), s'haurà de diferenciar per un codi diferent i contindrà les variables de com s'ha identificat l'ocupació (quin tipus de datació s'ha fet: C14, material associat...), a quin període pertany i una descripció. També contindrà una relació de quins elements (delimitadors o recintes) formen part de l'ocupació determinada. S'ha de tenir en compte que aquesta informació és molt difícil concretar-la in situ quan s'està documentant el Lloc Arqueològic, ja que en la majoria de casos és necessari fer anàlisis, sondeigs o datacions per determinar si hi ha més d'una ocupació.

E. Registre fotogràfic

El registre de fotografies consisteix en un llistat de totes les fotografies realitzades indicant el número de fotografia, la càmera, el codi de lloc arqueològic, el codi d'estructura, la direcció en que s'ha realitzat la fotografia, la descripció de l'element fotografiat, i l'autoria i la data de realització.

En aquest cas totes les fotografies que es facin s'han d'anotar, incloent les errònies o les que no siguin arqueològiques, per tal d'evitar errors posteriors.

F. Inventari de Plànols

En tots els llocs arqueològics localitzats, s'han de realitzar, si és possible, dibuixos detallats de la planta, o bé un aixecament topogràfic. Les planimetries s'han de realitzar sobre paper mil·límetrat. A cada plànol se li ha d'assignar un número consecutiu al de l'últim plànol dibuixat. A la fitxa del registre de plànols s'ha d'anotar a què remet cada

plànol i les seves característiques (si és una planta o una secció) i l'autor/s i/o autora/es així com la data de realització.

G. Cartografia:

Durant els treballs de camp a una zona determinada s'han d'utilitzar mapes a escala 1:25.000 o superior, per a que serveixin d'ajuda en la planificació de les jornades de treball. S'hi ha de representar les zones prospectades per a poder anar establint estratègies de prospecció i saber en tot moment quines zones han estat prospectades. A més, han de servir d'ajuda a l'hora d'omplir les fitxes de lloc arqueològic per tal de poder fer descripcions més detallades sobre la situació de l'element localitzat.

7.1.2. ELS SONDEIGS:

Els sondeigs s'han de realitzar quan, durant la documentació d'un lloc arqueològic, es consideri rellevant la realització d'una cala per tal de conèixer aspectes que a nivell superficial no es poden identificar. Les motivacions per a realitzar sondeigs poden ser les següents:

1. La voluntat d'avaluar la potencialitat d'un determinat lloc arqueològic per a intervencions futures més intensives dirigides a incrementar la informació del mateix, fonamentalment excavacions en extensió. En relació a aquest punt, interessa documentar la potència de la sedimentació, la seriació estratigràfica i la característica dels dipòsits en el subsòl.
2. Obtenir mostres d'artefactes que aportin indicis sobre el tipus d'ocupació i/o ocupacions que conté un determinat lloc arqueològic. Aquestes han de permetre definir hipòtesis sobre el significat de la localitat en la vida social pretèrita i, si es dóna el cas, la seva variació al llarg del temps.
3. Obtenir materials que permetin datar de forma més precisa el jaciment. Per a això s'ha de recórrer a la recollida de materials orgànics degudament contextualitzats que permetin datar àmbits d'ocupació arqueològics.

Per poder contextualitzar la seqüència estratigràfica els sondeigs s'hauran de realitzar en la mesura del possible tocant a un mur d'una estructura. Així es podrà establir quins estrats són els fonaments d'aquesta, quins formen part del seu ús i quins del seu abandonament. Les dimensions per norma general seran de 50cm X 50 cm, a excepció dels casos en que per qüestions logístiques i del propi desenvolupament del sondeig s'hagin d'ampliar. El fet que tinguin una dimensió reduïda respon a poder minimitzar al màxim l'impacte de l'actuació sobre el lloc arqueològic, per preservar-lo de possibles futures intervencions en extensió. El sondeig s'haurà de realitzar fins arribar a nivells de la roca mare o bé nivells on hi hagi sedimentació geològica.

El sondeig s'ha de documentar a partir d'una llibreta de camp, una fitxa de sondeig i un registre gràfic format per fotografies i dibuixos de les plantes i els perfils de la cala.

La documentació ha d'incloure:

1. Les motivacions específiques de la intervenció.
2. L'emplaçament del sondeig i les seves dimensions.
3. El desenvolupament de l'excavació tenint en compte les característiques de cadascun dels nivells (sedimentològica, presència o no d'elements estructurals, presència o no d'artefactes, presència o no d'elements mobles arqueològics, gruixària, etc.), les actuacions realitzades (recollida de mostres, etc.), incidències diverses, hipòtesis plantejades, etc.
4. Les fitxes de sondeig, nivell i estrat on constaran totes les característiques mètriques, les característiques del sediment, etc.

7.1.3. CROQUIS I TOPOGRAFIES:

En la proposta actual de protocol de recollida de dades i d'acord amb la base de dades espacial, la documentació gràfica dels llocs arqueològics pren una importància cabdal. La representació gràfica dels diversos nivells dels elements arqueològics (lloc arqueològic, estructura, recintes i delimitadors) és la base per tal d'organitzar la informació. La informació alfanumèrica està vinculada directament a la geometria vectorial que representa gràficament la dimensió espacial de la materialitat arqueològica.

Això implica que la realització dels croquis a escala vol dir que no només s'ha de realitzar un dibuix per acompanyar la informació documentada amb les fitxes, sinó que s'han de realitzar pensant en el procés de georeferenciació, digitalització i entrada de dades a la base dades espacial. És a dir, s'haurà d'utilitzar el croquis a escala com a eina de documentació i registre de tots els elements d'un Lloc Arqueològic, associant a cada element el seu codi identificador, per tal que en el procés de digitalització no hi hagi errors amb els codis i pugui haver-hi una pèrdua d'informació.

Un croquis a escala és un dibuix detallat de la planta del lloc arqueològic, realitzat partir d'eixos cartesianes que marquen la X i la Y, i des d'on es van marcant punts de referència amb què es va representant cada pedra dels murs i elements rellevants que conformen el lloc arqueològic. Per marcar els eixos cartesianes, s'estableix un eix transversal fix a tot el lloc arqueològic o estructura concreta amb un cinta mètrica. Amb una cinta mètrica extensible es van prenent mesures per tal d'anar traçant el dibuix en un paper mil·limetrat, on prèviament s'haurà decidit l'escala utilitzada (a poder ser 1:10, 1:20,

1:25, 1:50 o 1:100). Per tant es necessiten dues prospectors/es per a realitzar aquesta tasca, una persona dibuixant i l'altra donant les mesures amb la cinta mètrica extensible.

Per tal de poder facilitar el procés de georeferenciació i digitalització s'hauran de seguir els següents passos quan es dibuixin els croquis:

1. Establir punts de control amb un GPS diferencial: és necessari establir com a mínim quatre punts de control amb GPS diferencial, en els quals es pugui fer una correcció diferencial que redueixi l'error de posicionament a pocs mil·límetres. Aquests punts que s'han de marcar al paper mil·limetrat del croquis a escala, serviran per poder georeferenciar el croquis una vegada sigui escanejat, i a partir d'aquí ja es podrà començar a digitalitzar.
2. Establir punts GPS de cada Estructura: aquests punts serviran per poder identificar cada estructura. En el cas que no es pugui utilitzar un GPS Diferencial, aquests punts serviran de guia per localitzar en una ortofotografia el lloc arqueològic.
3. Anotació dels Codis identificadors: al croquis s'han d'anotar els codis de cada estructura, recintes i delimitadors per tal que en el moment de la digitalització es puguin anar introduint els codis de forma més ràpida i fiable.
4. Anotació de les dades de referència: cada full mil·limetrat ha de recollir el número de plànol, el codi del lloc arqueològic dibuixat, l'autoria del croquis, la data de realització i també l'escala a què s'ha dibuixat i l'orientació del dibuix marcant el Nord.

ÍNDIX DE FIGURES

Figura 1. Disseny Conceptual de la Base de Dades Espacial	9
Figura 2. Disseny Conceptual del Nivell d'Estructura	12
Figura 3. Exemple de Taula Ràster.....	15
Figura 4. Actualització de la funció <i>trigger</i>	16
Figura 5. Delimitadors d'un croquis.....	19
Figura 6. Diagrama de Flux de Lloc Arqueològic.....	20
Figura 7. Croquis de Lloc Arqueològic	21
Figura 8. Diagrama de Flux Delimitadors	22
Figura 9. Delimitadors.....	23
Figura 10. Diagrama de Flux de Recintes	25
Figura 11. Geoprocessament del recinte	25
Figura 12. Interfície mòdul de digitalització	42
Figura 13. Interfície mòdul d'entrada de dades	43
Figura 14. Creació de la barra d'eines	44
Figura 15. Càrrega de capes	45
Figura 16. Zoom al Lloc Arqueològic.....	45
Figura 17. Formulari d'introducció del codi de Lloc Arqueològic.....	45
Figura 18. Activació de les eines de digitalitzaciórelació Recintes-Delimitadors.....	46
Figura 19. Formulari de relació Recintes-Delimitadors.....	46
Figura 20. Creació de la geometria de recinte	48
Figura 21. Connexió a la base de dades de digitalització des de la base de dades arqueològica	49

Figura 22. Introducció de les dades	50
Figura 23. Modificació i visualització de les dades	51
Figura 24. Mapa de relació Lloc Arqueològic - Croquis	61
Figura 25. Tipus de Llocs Arqueològics	63