



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

**Arqueologia virtual:
L'aqüeducte de *Barcino* a la Plaça
Vuit de Març de Barcelona**

Treball final de grau d'Arqueologia

Curs 2017-2018

Artur López Guimet

NiUB: 16080610

Tutor: Dr. Francesc Tuset Bertran

Bloc: Arqueologia Clàssica i Tardoantiga

Facultat de Geografia i Història

Universitat de Barcelona

Resum:

El treball Final de Grau presentat a continuació mostra les aplicacions i els avantatges de les tècniques virtuals en una investigació arqueològica. L'objectiu d'aquest és generar documentació d'alta qualitat que pugui ser emprada per a diferents propòsits en el futur i per a demostrar com d'acurades poden ser aquestes tècniques. L'objecte d'estudi usat és una secció de l'aqüeducte de *Barcino* al qual encara no se li han realitzat treballs virtuals.

Els resultats d'aquest projecte estan classificats en tres mètodes diferents: un model fotogramètric de l'aqüeducte, la identificació i dibuix de vectors dels seus elements constructius i, finalment, una recreació de l'hipotètic paisatge de l'aqüeducte en època romana. Les dades obtingudes aquí poden resultar útils per a d'altres col·legues per a usar-les en futurs projectes o per a iniciatives de caire històrico-cultural.

Paraules claus: fotogrametria, recreació, arqueologia virtual, dibuix de vectors, aqüeducte.

Abstract:

The here presented Bachelor degree final project shows the applications and advantages of virtual techniques in an archaeological investigation. The objective of this approach it is to generate high-quality documentation that can be implemented for many purposes in the future and to demonstrate how accurate these techniques can be. The here studied archaeological structure is a section of Barcino's aqueduct that hasn't been virtually managed before.

The results of this project are classified in three different methods: a photogrammetric model of the aqueduct, the identification and vectored drawing of the constructive elements of it, and finally, a recreation of the aqueduct's hypothetic landscape in the Roman era. The here obtained data may be useful for other colleagues to use in future projects, and for histo-cultural outreach initiatives.

Key words: *photogrammetry, recreation, virtual archaeology, vector drawing, aqueduct.*

Índex:

1. Introducció:	1
1.1. Presentació i objectius:	1
1.2. Localització:	2
1.3. Context actual:	2
1.4. Context històric:	3
2. L'objecte d'estudi:	6
2.1 Descripció:	6
2.2. Intervencions arqueològiques:	8
2.2.1. Plaça Vuit de Març:.....	8
2.2.2. Finca Ripoll 25:	8
3. L'arqueologia virtual:	10
3.1. Definició i història:	10
3.1.1 Els Principis de Sevilla:.....	11
3.2. Propòsits i mètodes de l'arqueologia virtual:.....	12
3.2.1. Propòsits:.....	12
3.2.2. Mètodes de disseny 3D:	13
3.2.3. Dibuix per ordinador:.....	21
3.3. Comparació amb els mètodes manuals:	24
3.3.1. Avantatges:.....	24
3.3.2. Problemàtiques:.....	25
4. Metodologia del projecte:	26
4.1. Recollida d'informació i material:.....	26
4.2. Creació del model fotogramètric:	27
4.3. Dibuix dels elements constructius:	30
4.4. La recreació virtual:.....	32
5. Conclusions:	36
5.1. Resultats:	36
5.1.1. El model fotogramètric:	36
5.1.2. El dibuix vectorial:	39
5.1.3. La recreació:	46

5.2. Conclusió:	49
6. Bibliografia:	50
7. Annex:	51

1. Introducció:

1.1. Presentació i objectius:

Aquest treball final de grau tracta sobre l'aplicació de tècniques d'arqueologia virtual en la documentació del patrimoni històric moble i sobre els diferents usos que es pot donar al material resultant d'això. Per a realitzar-ho s'ha pres com a objecte d'estudi un tram de l'aqüeducte de la ciutat romana de *Barcino*, el qual encara no ha estat documentat a través del suport digital.

Com a objectius s'ha marcat realitzar tres representacions virtuals de l'aqüeducte fent ús de diversos mètodes que s'engloben dins de l'arqueologia virtual, tot i que no en són exclusius d'aquesta. La intenció és crear un model fotogramètric, un dibuix vectorial dels elements constructius i una recreació del paisatge de costa d'època romana amb l'aqüeducte com a protagonista. El resultat final és un seguit d'imatges, vídeos i metadades que complementen o, fins i tot, amplien la documentació existent sobre l'aqüeducte i que pot ser aprofitada més endavant per a futurs projectes.

Les eines emprades per a aconseguir-ho es troben dins del programari corresponent al modelatge 3D, el dibuix vectorial, la tecnologia GIS (*Geographical Information System*) i la fotogrametria. Fent-ne ús individual o combinant-les és com s'ha aconseguit el resultat final de treball que, si calgués, en futures intervencions es podria ampliar afegint-hi d'altres eines.

La raó principal de triar el jaciment de Duran i Bas 4 pel treball rau en la seva situació i singularitat les quals s'explicaran més endavant (als capítols 2 i 5) i es descriurà acuradament com és l'aqüeducte. Al tractar-se d'una estructura vertical dins d'una paret és un exemple agraït a l'hora de realitzar una tasca fotogramètrica. Una raó menor seria la seva estratigrafia, la qual és molt enrevessada i heterogènia i es planteja interessant a l'hora de fer-ne les diverses representacions virtuals.

Les dades resultants de la feina realitzada poden arribar a ser molt nombrosos i se'ls podria representar de moltes maneres, així que al llarg del treball s'hi adjunten moltes imatges però és a l'annex on hi seran les de millor qualitat i amb informació ampliada.

Per a finalitzar la presentació del treball, crec necessari dir que la feina realitzada és de caràcter pràctic en gairebé la seva totalitat i que veure i analitzar les imatges que s'hi adjunten constitueix una part important per a comprendre completament la informació i posterior anàlisi que aquí s'hi presenta.

1.2. Localització:

El tram de l'aqüeducte triat per a l'estudi es troba situat a la plaça Vuit de Març (fig. 1.1), concretament al costat est d'aquesta, al barri Gòtic de la Ciutat Vella de Barcelona. Les seves coordenades són $41^{\circ} 23'07.9''\text{N}$, $2^{\circ} 10'28.4''\text{E}$.



Fig. 1.1. Localització del jaciment dins la Plaça Vuit de Març (IGC).

Aquesta plaça es troba delimitada pel carrer de Duran i Bas pel nord, el carrer dels Capellans pel sud i pels dos costats restants s'hi poden trobar dues finques accessibles pel carrer Ripoll a l'est i la plaça de Carles Pi i Sunyer per l'oest. Tanmateix tota l'illa de cases es troba delimitada per la Via Laietana a l'est, l'avinguda de la Catedral al sud, l'avinguda del Portal de l'Àngel a l'oest i el carrer de la Fontanella al nord.

1.3. Context actual:

Les restes del tram de l'aqüeducte es troben al costat est de la Plaça Vuit de Març, dins d'una paret mitgera que va quedar al descobert durant unes obres l'any 1988 i que va permetre veure no només quatre arcs d'època romana sinó també totes les modificacions que s'havien fet a la paret al llarg dels segles (fig. 1.2). En trobar-se adossat a l'edifici, actualment no se'n pot veure el costat est a no ser que s'entri dins de la finca, la qual avui en dia conté una associació de dones i un centre excursionista.

Al seu costat dret s'hi troba un casal jove construït després del descobriment dels arcs que té una arquitectura que, tot i ser moderna, respecta l'aqüeducte fent veure com si existís un cinquè arc que continués en direcció cap a la ciutat romana.

La plaça actual es va construir de manera que es respectés l'espai de l'aqüeducte, fent que hi hagi un espai al davant que permet veure'l amb facilitat tant de prop com a mitja distància. Hi ha una placa informativa que permet els visitants saber de què es tracta i quin era el seu ús. Aquestes característiques fan que sigui un espai arqueològic adequat que, a més a més, queda totalment immers dins del paisatge urbà sense quedar-ne amagat.

Fa cosa d'uns anys es va crear l'aplicació *Barcino 3D*, la qual el mostra en diversos formats, inclòs en realitat virtual, que complementen la informació quan se'l visita.



Fig. 1.2. Imatge actual de l'aqüeducte, la plaça i el centre cívic (J. A. Benseny).

1.4. Context històric:

Més enllà del que es pugui veure a simple vista a partir de les restes adossades a la paret, les restes arqueològiques donen datacions que van des de l'època romana fins a la moderna (Mas i Ripoll 2009, 11). Amb aquesta informació s'ha pogut projectar el context històric de l'aqüeducte sobretot en el seu període de vida útil com a eina de subministrament hídic.

La ciutat romana *Iulia Augusta Faventia Paterna Barcino*, l'actual Barcelona, es va fundar al segle I dC al *mons Taber*, un pujol situat a l'actual Barri Gòtic, i des del principi ja comptava amb un subministrament d'aigua constant gràcies a dos aqüeductes que naixien a prop de Montcada i Collserola (Miró i Orengo 2010, 109-110). Aquestes estructures va estar en funcionament durant gairebé un mil·lenni fins que al segle X es va construir la catedral i es va canviar el model urbà de la zona així com el tipus de subministrament d'aigua, que es va canviar per d'altres com el Rec Comtal (Miró i Orengo 2010, 130).

Aquests canvis van afavorir un creixement extramurs que va portar a la creació del *burgus* conegut com a Vilanova dels Arcs, un nucli de població que, tot i ser als peus de la muralla, constitueix un ens independent de la ciutat (fig. 1.4.). Els edificis d'aquest *burgus* es construïen adossats a l'aqüeducte per a aprofitar que ja hi havia una part de la paret edificada (Mas i Ripoll 2009, 11-12). Mica en mica la ciutat va continuar creixent i molts trams de l'aqüeducte van desaparèixer, però d'altres es van aprofitar igual que el que es troba a la Plaça Vuit de Març; com podria ser el carrer de les Magdalenes, que està orientat seguint l'estructura romana.

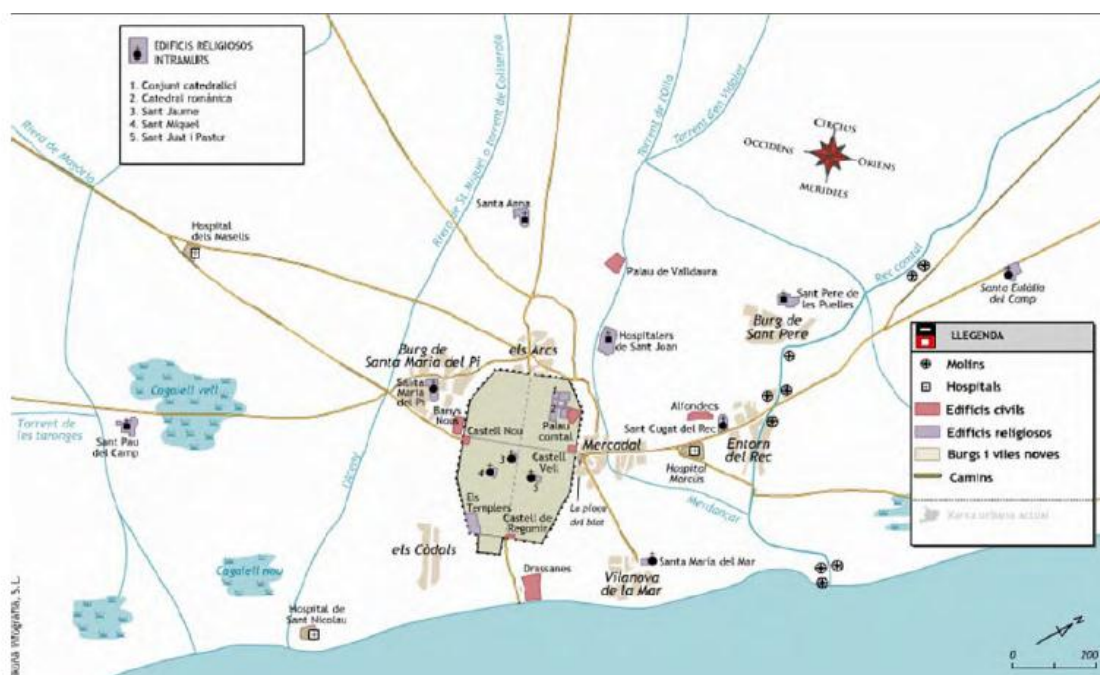


Fig. 1.4. La Barcelona del segle X i el seu entorn (Mas i Ripoll, 2009)

Hi ha diverses fonts d'època moderna i contemporània que han documentat l'existència de diversos trams de l'aqüeducte que es trobaven a la vista i formaven part del traçat urbà barceloní que es podia veure a simple vista. El tram protagonista d'aquest treball es coneixia almenys fins l'any 1832, data de la darrera font que l'esmenta (Miró i Orengo 2010, 117-118). El més probable és que les remodelacions urbanes lligades al pla Cerdà acabessin de tancar

l'aqüeducte ja que es van construir edificis més alts que ocultarien completament l'aqüeducte i aquests passaria de ser el pilar d'una casa menuda a la paret mitgera d'un bloc d'habitatges.

Es mantingué així fins que l'any 1988 es va enderrocar l'edifici situat a l'actual Plaça Vuit de Març i es van redescobrir els quatre arcs de l'aqüeducte, fet que va motivar la primera intervenció arqueològica per a documentar-lo. Posteriorment s'hi va construir un aparcament per a motos (fig. 1.4) que perduraria fins l'any 2010, moment en que s'hi van fer obres de remodelació per a construir la plaça actual.



Fig. 1.4. L'aparcament i l'aqüeducte durant el període 1988-2010 (Mas i Ripoll, 2009)

2. L'objecte d'estudi:

En aquest espai es descriu acuradament l'aqüeducte que servirà com a model al llarg de tot el treball. En els dos apartats que el conformen s'hi explica tots els aspectes que el constitueixen així com les intervencions arqueològiques que s'hi han realitzat al llarg dels anys.

2.1 Descripció:

L'objecte d'estudi d'aquest treball és un tram d'aqüeducte format per quatre arcs barrejats dins d'un gran conglomerat d'estrats i restes de diferents èpoques (fig. 2.1). La manera en com es relacionen les diferents unitats estratigràfiques és força aleatòria i irregular i dificulten molt la confecció d'una estratigrafia, però en poques ocasions es trepitgen entre ells i se'n pot fer una classificació prou clara (com es veurà més endavant a l'apartat 5.1.2). Diversos segles de remodelacions i modificacions han creat un mosaic d'unitats estratigràfiques heterogeni que, llevat de certes ocasions, es pot separar en dos espais: l'aqüeducte i el farciment dels arcs.

Centrant-se en el període romà, si es fa una visita a la plaça es pot obtenir una bona visió dels arcs i se'n poden prendre mesures i imatges fàcilment, però quan s'hi va fer la primera intervenció arqueològica es va documentar una descripció acurada d'aquests:

“Ens trobem davant del tram d'*arcuationes* més llarg documentat fins ara dels aqüeductes de *Barcino*, aproximadament 20 m, que delimiten quatre arcades. Hi ha quatre pilars, de secció quadrada, construïts amb la tècnica de l'*opus vittatum*, carreus regulars de pedra de Montjuïc units amb morter de calç i sorra. L'amplada dels pilars és d'1,70 m, i la seva alçada de 4,10 m amb el límit superior marcat per una imposta rectangular de 0,90 m d'amplada, de pedra de Montjuïc, a partir de la qual arrenquen les arcades, amb dovelles trapezoïdals de petites dimensions, també de gres de Montjuïc. Per sobre de les arcades hi ha el canal per on passava l'aigua, construït amb pedra unida amb morter de calç, segons la tècnica d'*opus vittatum*.” (Miró i Orengo, 2010: 112).



Fig. 2.1. Els quatre arcs dins la paret mitgera (J. A. Benseny)

Amb aquesta descripció hom es pot fer una idea de les dimensions de l'aqüeducte i el material que forma la majoria del conjunt, però encara manca saber què conforma la resta de la paret, la qual crea una estratigrafia barrejada i molt variada. En aquest conglomerat s'hi troben vestigis conformats sobretot per roques, maons i argamasses.

Dins d'un mateix espai reduït es pot trobar restes que no tenen res a veure amb les que tenen immediatament al costat, ja sigui de material com d'època, però que es relacionen en el fet que cadascuna tapa una part del buit dels arcs i té el seu espai dins del conjunt. Si se'n vol fer un símil el primer que es pot pensar és en un trencaclosques on cada peça (unitat estratigràfica) estaria pensada per a tapar un buit i no necessàriament s'ha de superposar a les altres, ans al contrari.

A part dels quatre arcs romans es podrien esmentar diverses unitats estratigràfiques que es veuen a simple vista i presenten singularitats: una porta rectangular tapiada de grans dimensions (2,72 metres d'alt per 1,86 d'amplada), un arc escarser una mica més alt que l'anterior, un cúmulo de maons de diferents tipus i una porta de mida comuna (2,07 metres d'alçada i 1,03 d'amplada).

Com a menció final hi ha el casal jove, un edifici mitjaner al jaciment de construcció recent dissenyat de manera que s'adapti visualment a l'aqüeducte. Es tracta d'una façana que imita un cinquè arc ja inexistent aprofitant un retall

d'aquest que es troba exempt de la resta del conjunt i deixa espai al visitant per a imaginar-se ell mateix com continuaria el traçat.

2.2. Intervencions arqueològiques:

Com s'ha dit al punt 1.4, aquest jaciment ha estat intervingut arqueològicament en diverses ocasions d'ençà que es va descobrir l'aqüeducte l'any 1988, dues de les quals estaven dedicades exclusivament a aquest. En aquest apartat s'expliquen resumidament les diferents intervencions que han aportat informació sobre l'aqüeducte efectuades tant a l'actual Plaça Vuit de Març com per la part interior de l'aqüeducte, a la finca Ripoll 25.

2.2.1. Plaça Vuit de Març:

Al costat exterior de l'aqüeducte, el que dóna a la plaça, s'hi ha realitzat dues intervencions separades per gairebé trenta anys.

L'any 1988 es va realitzar la primera intervenció quan es van descobrir els quatre arcs en enderrocar una finca al carrer Duran i Bas 12. Aquesta troballa era inesperada i va permetre documentar tot el tram i posteriorment declarar-lo com a bé d'interès nacional, protegir-lo i adaptar-lo al paisatge urbà. No es va rebaixar el subsòl ja que es tractava d'una intervenció d'urgència lligada a la construcció d'un aparcament a nivell del carrer (Granados i Puig, 1993).

Anys més tard, el 2010 i 2011, es va excavar la base de dos pilars amb motiu de l'adequació de la plaça. Es va arribar fins els fonaments i se'n documentà els diferents elements constructius i també es va trobar i documentar el pilar exempt, que es creia desaparegut. Es va voler trobar més continuïtat dels arcs però el resultat fou negatiu (Giner, 2013).

2.2.2. Finca Ripoll 25:

La finca de Ripoll 25 és un espai arqueològic que s'ha intervingut en diverses ocasions i de vegades s'ha arribat actuar per la part interior de l'aqüeducte, el qual fa de paret mitgera.

La primera troballa relacionada fou durant una intervenció de l'any 2002 on es va identificar la cara interior de dos pilars de l'aqüeducte i s'identificà la

canalització d'aquest en direcció l'avinguda de la Catedral (cartarqueologica.bcn.cat).

L'any 2007 es realitzà una altra intervenció on es documentà un pilar de l'aqüeducte parcialment seccionat en construir-se les finques que continuaria el tram en direcció la Plaça de la Catedral (Mas i Ripoll, 2007).

Poc després, el 2009, es van localitzar dos pilars separats del tram del treball, un parell de dovelles de l'arcada i una part de l'estructura de canalització. Es determinaren les dimensions de l'aqüeducte des dels fonaments fins a la coberta de l'*specus*. També es documentà els materials del canal i les seves dimensions i es feu la connexió amb diferents restes de l'aqüeducte i es projectà un tram de 25 metres amb restes d'altres jaciments (Triay i Juan, 2009).

Finalment durant els anys 2015 i 2016 es va treballar en els pilars I i II des de dins de la finca Ripoll 25 i s'hi van trobar dos forats de pal de quan es va construir (Nadal i Varas, 2016).

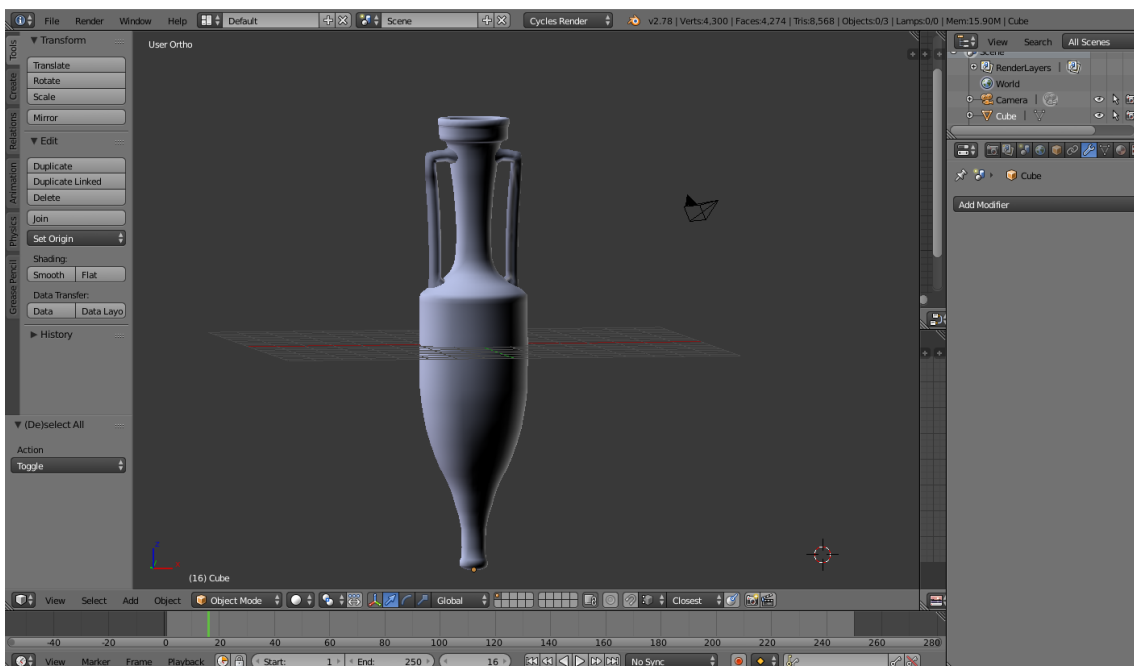
3. L'arqueologia virtual:

En aquest apartat s'explica en què consisteix la disciplina metodològica escollida per a aquest projecte. A part de la història també es farà un resum de les diferents tècniques que s'hi engloben.

3.1. Definició i història:

D'ençà els inicis de l'arqueologia han existit molts mètodes diferents per a representar i registrar les diferents troballes que apareixien als jaciments. La necessitat de recrear a partir de dibuixos, reconstruccions o imitacions, entre d'altres, ha respòs sempre a necessitats variades que depenen de les particularitats de cada jaciment.

Els mètodes s'han mantingut força estàtics durant els segles XIX i XX, però cap als anys 90 van aparèixer els primers mètodes de recreació virtual que permetrien ampliar la llista metodològica amb moltes noves disciplines. És a partir d'aquest moment que es comença a parlar d'arqueologia virtual, és a dir, tot aquell aspecte de l'arqueologia que es desenvolupa des d'un ordinador o amb l'ajuda de material tecnològic (fig. 3.1.).



3.1. Exemple d'entorn de treball en arqueologia virtual (A. López)

Al llarg de les dues dècades passades d'ençà la seva aparició, l'arqueologia virtual ha avançat a un gran ritme i la seva evolució és cada cop més ràpida i enrevessada en alguns casos. El que va començar com una eina més per a

qualsevol arqueòleg que pogués dominar un ordinador amb certa traça ara s'ha convertit en una disciplina amb espai propi que precisa de preparació específica per a cadascun dels seus apartats.

Ja entrada la segona dècada del segle XXI la disciplina virtual s'ha convertit en un pilar bàsic en la investigació arqueològica i la seva influència creix cada cop més. Si bé ara mateix es troba en harmonia amb els mètodes de representació clàssics, mica en mica es va imposant a l'hora de documentar i recrear el patrimoni històric i és qüestió de temps que agafi una rellevància cabdal en les investigacions arqueològiques.

Amb el creixement de la disciplina van arribar els òrgans reguladors, els quals s'encarreguen del bon funcionament d'aquesta i de la difusió dels projectes que es realitzen entorn de qualsevol mètode virtual en arqueologia. Aquestes entitats serien la xarxa INNOVA (*European Center for Innovation in Virtual Archaeology*) a nivell internacional i la Sociedad Española de Arqueología Virtual (SEAV) a nivell estatal.

3.1.1 Els Principis de Sevilla:

Durant vora quinze anys els mètodes virtuals no seguien cap codi comú i cada arqueòleg els aplicava segons el seu criteri, fins que l'any 2009 es va signar la *Carta de Londres*, una trobada on es van pactar certes necessitats, pràctiques i objectius en concordança amb la comunitat científica internacional.

No va ser fins el 2011, però, que es va culminar aquesta intenció amb la convenció anomenada els Principis de Sevilla, on la xarxa INNOVA va marcar directrius per a aplicar l'acordat el 2009 i, a més a més, es creava la definició actual d'arqueologia virtual i tota la metodologia associada (antrophistoria.com).

Aquests principis volen deixar per escrit i a l'abast de tothom les funcions, objectius, mètodes, normes, usos i definicions específiques que envolten la disciplina. Per a realitzar-ho es van crear nous conceptes i se'ls va donar una definició creada per i per a usuaris de l'arqueologia virtual i a partir d'allà es van cercar les problemàtiques i solucions a problemes relacionats amb aquests (*Principles of Seville*, 2011, 2).

Els apartats que s'hi van discutir i posteriorment aprovar són: definicions, objectius, interdisciplinarietat, propòsit, complementarietat, autenticitat, rigor històric, eficiència, transparència científica, entrenament i avaluació (*Principles of Seville*, 2011, 3-9). Es pot veure, per tant, que s'hi van revisar tots els aspectes de la disciplina.

És en aquesta trobada que conceptes tècnics com recreació virtual, anastilos virtual o la pròpia arqueologia virtual arriben a considerar-se d'ús oficial i comú

per a tots els membres de la comunitat científica. Es pot considerar que a partir d'aquell moment naixia l'arqueologia virtual com a disciplina individual dins de l'ample espectre arqueològic.

3.2. Propòsits i mètodes de l'arqueologia virtual:

Més enllà del que es va acordar als Principis de Sevilla, l'arqueologia virtual (i l'arqueologia en general) respon de manera diferent segons les necessitats de l'usuari o el seu propòsit.

Com s'ha dit dos apartats més amunt, l'arqueologia virtual té diversos mètodes per a aplicar-se que tant poden usar-se de manera individual o combinar-se entre ells o amb d'altres mètodes clàssics. És aquí on apareixen els propòsits i mètodes específics d'aquesta disciplina, els quals s'explicaran al llarg d'aquest apartat.

3.2.1. Propòsits:

Quan hom treballa dins del camp virtual pot trobar que un mateix model o jaciment necessita que se li realitzin diferents tipus de treballs o s'hi apliquin diversos conceptes. Els propòsits bàsics en arqueologia virtual van quedar marcats dins dels Principis de Sevilla i es transcriuen a continuació:

a) Restauració virtual:

“This involves using a virtual model to reorder available material remains in order to visually recreate something that existed in the past. Thus, virtual restoration includes virtual anastylosis.”

b) Anastilosi virtual:

“This involves restructuring existing but dismembered parts in a virtual model.”

c) Reconstrucció virtual:

“This involves using a virtual model to visually recover a building or object made by humans at a given moment in the past from available physical evidence of these buildings or objects, scientifically-reasonable comparative inferences and in general all studies carried out by archaeologists and other experts in relation to archaeological and historical science.”

d) Recreació virtual

“This involves using a virtual model to visually recover an archaeological site at a given moment in the past, including material culture (movable and immovable heritage), environment, landscape, customs, and general cultural significance.”

Aquests conceptes formen el pilar de tota la feina feta en arqueologia virtual, a partir d'aquests es pot realitzar un gran nombre de projectes, els quals depenen totalment de cada individu o entitat. Alguns exemples de coses que es poden realitzar serien els vídeos de difusió, les recreacions amb propòsits acadèmics o la reconstrucció d'un jaciment molt malmès.

3.2.2. Mètodes de disseny 3D:

El principal mètode usat en arqueologia virtual és aquell relacionat amb qualsevol eina o programa que permeti la creació d'un model en 3D d'allò que es vol representar. En aquest sots-apartat s'expliquen els dos mètodes usats per a aquest treball i al final s'hi esmenten la resta.

a) Disseny i modelatge 3D:

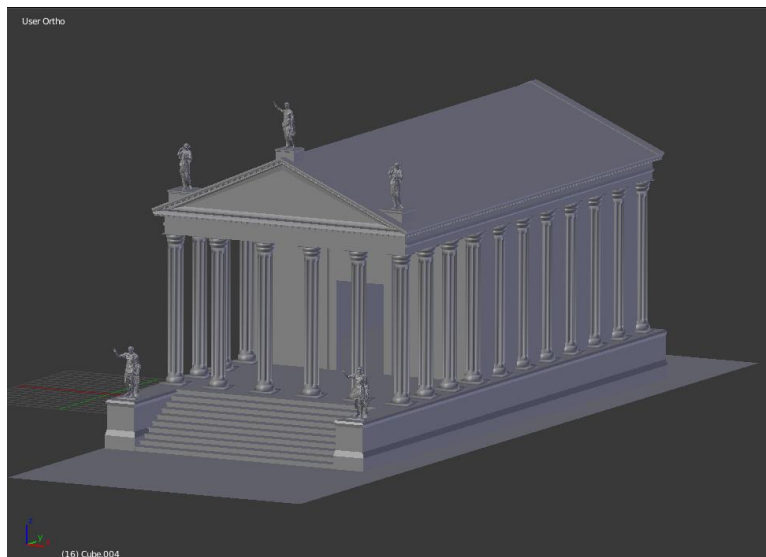
Per a realitzar el treball final de grau s'ha usat força el modelatge 3D. Aquest mètode es basa en la creació “a mà” del model que es vol recrear o reconstruir. Fent ús de programes de disseny i modelatge 3D es pretén no només crear el model desitjat, sinó que en moltes ocasions se'l vol representar de maneres diverses o afegir-li efectes que ajudin a crear imatges o vídeos que es poden usar pels diferents propòsits.

Quan es parla de modelatge 3D no només es tracta de passar una cosa del paper al 3D sinó que també es refereix a l'afegit d'altres elements que puguin ajudar a arribar al propòsit desitjat. Igual que es pot modelar qualsevol cosa a partir d'un pla, també es pot crear un paisatge ple de color a partir d'un model en “cru” (sense colors ni efectes).

Amb els programes de disseny 3D es pot crear qualsevol tipus d'objecte, ja sigui rectilini, irregular, sòlid, líquid estàtic o en moviment. Les eines de modelatge i cisellat permeten transformar qualsevol forma i modificar-ne qualsevol aspecte a partir dels seus vèrtexs, arestes o cares. Les aplicacions que es poden fer a un model són infinites.

A l'hora de crear un objecte el primer que es realitzaria és el model en “cru” (fig. 3.2.) i, quan aquest està totalment construït, aleshores se li afegiria la resta d'efectes si s'escau. És en aquest primer pas on el model obté la seva forma

final i no se sol modificar un cop acabat aquest. No és comú donar per acabat un model en aquest estat, tot i que depèn del que es vulgui aconseguir amb allò creat.



3.2. Model 3D sense textures ni entorn (A. López)

El segon pas és el de donar vida al model a partir del color, la qual cosa es pot aconseguir a partir de dos mètodes: els materials i les textures (fig. 3.3.):

Els materials són un conjunt de colors i imatges que es poden modificar de diverses maneres per a aconseguir el resultat que es desitgi. Un cop s'ha creat el material es pot assignar aquest a una o més cares del model per a pintar-la i que perdi el color gris de quan estava en cru. Aquest tipus de mètode de pintura està totalment lligat a les cares i la imatge del material omplirà tota la superfície d'aquesta en l'orientació i dimensions desitjades. L'inconvenient que es podria trobar és que cada cara repeteix la imatge de manera individual, per tant si n'hi ha dues juntes potser no es veuran amb una pintura simètrica.

El segon mètode són les textures, les quals es creen de la mateixa manera que els materials però s'apliquen al model de manera diferent. Per a aplicar-les es fa servir un seguit d'eines de pintura tals com el pinzell o l'esprai, les quals dibuixen la textura sobre el conjunt de cares de l'objecte indiferentment de la individualitat de cadascuna. Aquest mètode és usat sobretot per a pintar coses que es trobarien per sobre dels materials, com ara brutícia i molsa, entre d'altres.



Fig. 3.3. Model 3D amb textures i materials (A. López)

El darrer pas d'aquest mètode és el que es coneix com a renderitzat (fig. 3.4.), és a dir, la creació de les llums i ombres que apareixen a la imatge. Aquest procés és el que dona realisme al model i permet que els efectes de llum o partícules agafin forma.

Es realitza al final degut a que es crea en el moment de registrar el model com a imatge estàtica o vídeo, i un cop s'ha fet es considera el projecte com a acabat en el seu vessant de disseny 3D. És un pas necessari ja que el model queda millorat en tots els aspectes.

La creació del renderitzat és un procés lent i que consumeix molta potència de l'ordinador, però sense ell el modelat 3D només seria una eina de creació i no de representació ja que no es podria acostar a la realitat de manera efectiva.

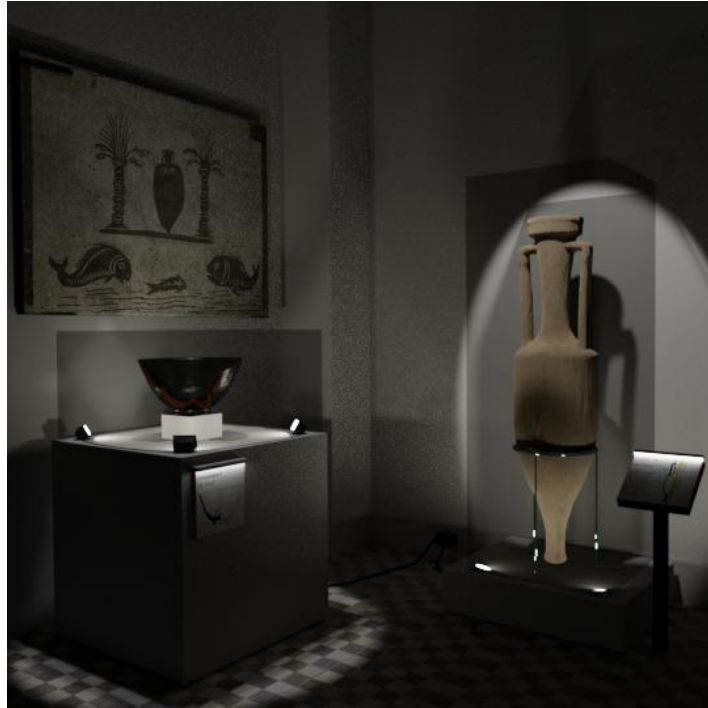


Fig. 3.4. Imatge renderitzada amb joc de llums (A. López)

Un cop s'ha finalitzat la creació del model i la seva contextualització (o no) arriba el moment de donar-li un ús. El disseny 3D és el principal mètode usat per a la difusió històrica ja que permet fer recreacions de qualsevol ambient (fig. 3.5.) i posar-li els elements desitjats sense límit.

Amb l'ús d'aquest mètode és com molts programes televisius o museus, entre d'altres, creen arxius de caràcter audiovisual per a poder transmetre informació històrica de manera senzilla i fàcil d'entendre a tots els públics. És doncs l'eina ideal per a fer difusió històrica ja que permet també afegir els models 3D a imatges reals, el que es coneix com a realitat augmentada.



3.5. Recreació virtual d'un entorn històric (P. Serrano, UBU)

b) Fotogrametria:

El segon mètode 3D usat en aquest treball, el qual ha estat clau a l'hora de realitzar-lo, ha estat la fotogrametria. Aquesta tècnica d'escanejat 3D passiu es basa en la digitalització d'objectes reals en sistemes de coordenades o, explicant-ho més senzillament, la creació d'un model 3D a partir d'imatges d'un objecte real.

Per a aconseguir un model fotogramètric s'ha de realitzar un seguit de passos que mesclen mètodes digitals amb feina de camp a l'ús, tot i que gran part del temps es passa davant l'ordinador. A continuació s'expliquen aquests passos:

El primer que s'ha de fer és aconseguir el material fotogràfic d'allò que es vol digitalitzar. Fent ús de qualsevol dispositiu fotogràfic, tot i que si és de bona qualitat el model serà millor, s'ha de fer un recull d'imatges de l'objecte o espai que interessa convertir al 3D. A diferència d'altres disciplines fotogràfiques (fotografia artística o arqueològica) les imatges no han de seguir cap angle, estètica o nombre en concret, ans al contrari, quantes més se'n faci de tots els angles millor (fig. 3.6). L'única condició imprescindible per a fer-ho és que cada imatge tingui el mateix to i llum que l'anterior i que s'han de superposar en algun tros per a que el programa pugui crear el model de manera correcta.



Fig. 3.6. Imatge fotogramètrica (A. López)

Un cop s'ha aconseguit el material fotogràfic s'introdueix dins l'ordinador per a començar el procés de digitalització. Abans, però, és possible que s'hagi de modificar algunes imatges si es troba en la situació que tenen elements que podrien interferir en el posterior model 3D, com per exemple raigs de llum (fig. 3.7.), taques o grafitos.

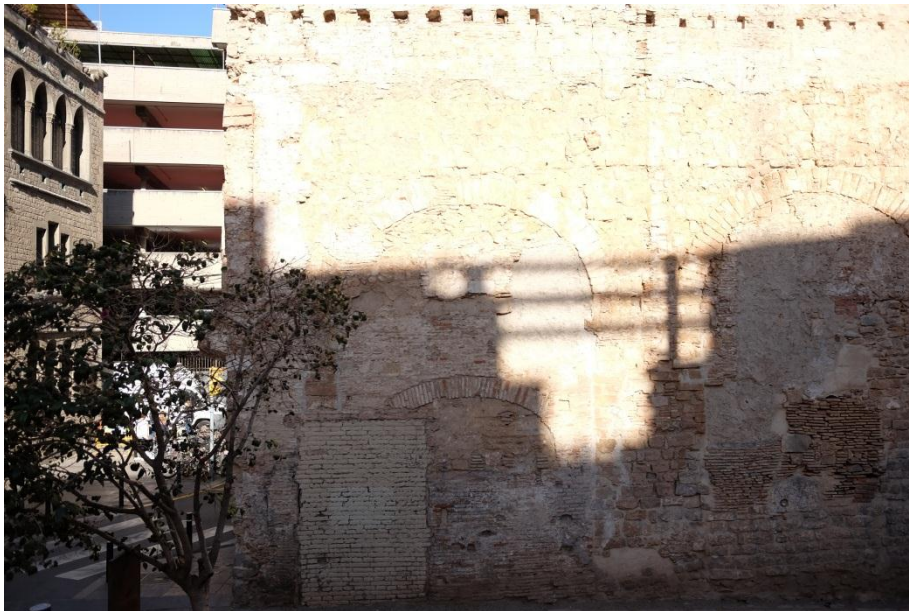


Fig. 3.7. Imatge no vàlida degut al raig de sol (J. A. Benseny)

Quan s'ha acabat de modificar les imatges és quan es pot començar a treballar per a aconseguir la digitalització del model. Aquestes s'introdueixen dins el programa el qual les alinea i dedueix des d'on s'han pres respecte el model que

volem crear. Es tracta d'un procés on el programa ajunta les imatges com si fossin un trencaclosques ja que totes es poden superposar amb d'altres, aconseguint el mateix resultat que si es possessin juntes a una paret per a fer un mural.

Un cop s'ha complert l'alineació s'inicia el procés de formació del model 3D com a tal. Amb la informació obtinguda per les imatges el programa crea un núvol de punts que es col·loquen a unes coordenades específiques seguint les fotografies i formen un cúmulo que, vist des de lluny, mostra com serà el relleu del model. Aquest núvol es podria considerar "l'esquelet" del futur objecte 3D.

El següent pas tracta sobre crear el que es coneix com a malla (*mesh*). Aquest procés connecta amb eixos els diferents punts (ara vèrtexs) per a crear un entramat de formes geomètriques buides que converteix el núvol en una xarxa (*wireframe*) de dimensions variades segons el tipus de model i la qualitat desitjada (fig. 3.8.). Un cop està fet, el programa omple totes les formes per a que tinguin cares, creant un model sòlid.

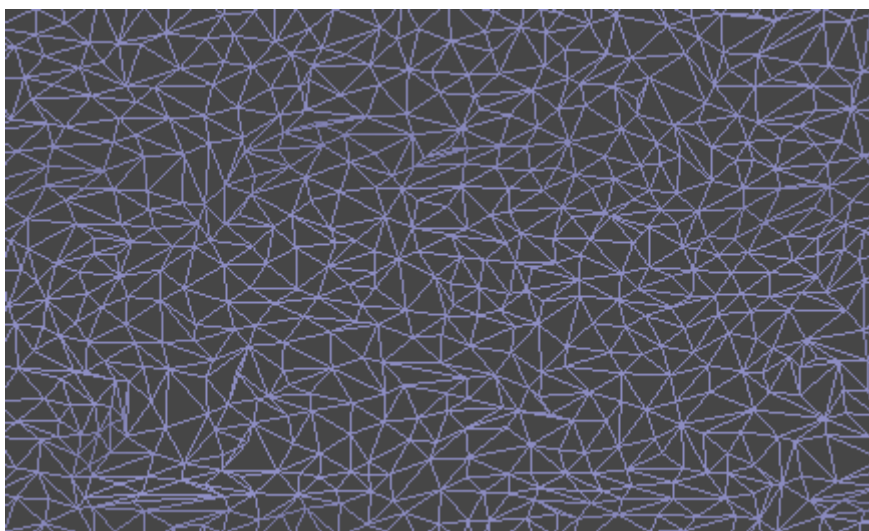


Fig. 3.8. *Wireframe* sense les cares creades (A. López)

Finalment es pot crear la textura i donar-li color al model. Com que la forma està feta a partir d'unes fotografies, el programa només ha de posar-les al seu lloc corresponent dins de la malla. Hi ha diversos tipus de textura, però els que més es fa servir en contextos arqueològics serien el genèric, de qualitat normal, i l'ortofoto, la qual no perd qualitat si s'hi fa zoom.

Amb el model ja digitalitzat arriba el moment de fer-li els retocs finals per a la seva presentació o per a donar-ho per acabat. El mateix programa permet retallar-ne parts que no interessin, posar punts amb comentaris, rotar el model i visualitzar-lo de diferents maneres. A més a més, es pot crear altres models dins del mateix arxiu (però en diferents capes o *chunks* en anglès) per a

superposar-los entre ells i ampliar, tapar o corregir-ne els que tinguin defectes o imperfeccions.

El mètode fotogramètric és força senzill d'utilitzar i, com s'ha dit més amunt, no necessita obligatòriament una càmera d'alta qualitat per a poder realitzar-se, tanmateix si no s'aconsegueix realitzar les fotografies a l'ombra o en un dia ennuvolat, les imatges poden no valdre. A més a més té inconvenients relacionats amb les capacitats de l'equip informàtic, ja que es necessita un ordinador amb una capacitat de processament alt o pel contrari la creació del model serà molt lenta.

c) Altres mètodes d'escanejat 3D:

La fotogrametria no és l'únic mètode existent per a escanejar i digitalitzar la realitat, però sí que és el més utilitzat. En aquest àmbit es pot trobar tot un seguit de mètodes, els quals es divideixen en tres tipus i s'expliquen a continuació.

1. Mètodes actius:

Escanejat làser: “es tracta d'un mètode format per tres tècniques diferents. En ells l'escàner emet un feix de làser i el sensor recull el seu “rebot” sobre la superfície. Això significa que analitza les superfícies o objecte escanejats i a partir de la informació obtinguda elabora un model digital en 3D de l'objecte o superfície”. (P. Serrano)

Les tres tècniques aplicades a l'escanejat làser serien l'estimació de temps de vol (*time-of-flight*), la triangulació i l'holografia conoscòpica.

Llum estructurada: “en els escàners fets amb aquesta tècnica de llum estructurada es projecta una imatge amb un patró determinat i el sensor interpreta les deformacions del patró sobre la superfície per a calcular la seva geometria. S'utilitza habitualment llum blanca o blava.

El principal atractiu d'aquest tipus d'escàners es la velocitat de treball que permet, ja que en comptes d'escanejar un únic punt, són capaços de treballar amb múltiples punts o el camp sencer del panorama, el qual resulta molt útil a l'hora de resoldre el problema de la deformació del moviment. Alguns sistemes existents són capaços d'escanejar objectes en moviment en temps real.” (P. Serrano)

Llum modulada: aquesta tècnica es força similar a l'anterior ja que "bàsicament es diferencia per que en aquest cas es projecta un feix de llum variable (generalment, amb un patró sinusoidal, això significa en forma de sinus, ondulat) les deformacions de la qual capta el sensor i posteriorment és interpretat per un software." (P. Serrano)

2. Mètodes volumètrics:

"Es tracta de la tomografia computeritzada, que calcula els volums a partir d'imatges 2D obtingudes mitjançant rajos X o ressonància magnètica de les seccions de l'objecte a intervals regulars. Es fa servir en la medicina i en disseny industrial avançat de precisió." (P. Serrano)

3. Mètodes passius:

En aquest apartat s'hi inclouria la fotogrametria, la qual ja ha estat explicada més amunt.

Mètodes estereotípics: "aquest mètode té moltes similituds amb la fotogrametria. S'hi fan servir dues càmeres (generalment de vídeo) separades a una distància determinada enfocant l'objecte. El volum queda determinat per les diferències entre les imatges captades per cada una de les càmeres." (P. Serrano).

Siluetes: "es basa en la captació de la forma externa d'un objecte que es produeix al contrastar-lo sobre un panell amb il·luminació uniforme. Al rotar-lo a intervals regulars, s'aconsegueix captar-ne la silueta en tot el contorn i generar la malla tridimensional.

Mitjançant l'estandardització de les dades, es simplifiquen els càlculs i el procés s'agilitza. Mètodes simplificats basats en aquest principi han pogut ser aplicats al control de fabricacions industrials en sèrie de peces de precisió." (P. Serrano)

3.2.3. Dibuix per ordinador:

El segon mètode usat en arqueologia virtual i aplicat activament en aquest treball és el dibuix digital a partir de vectors o, dit de forma planera, el dibuix per

ordinador. En arqueologia es fa servir sobretot per a representar les restes a mode de calc.

El primer que cal destacar és que, almenys per ara, aquest mètode necessita combinar-se tant amb el dibuix clàssic com amb la fotografia o el disseny 3D per a fer una feina efectiva en arqueologia. En tractar-se d'una eina usada sobretot en la còpia de material arqueològic és lògic que necessiti que la informació a imitar s'hagi recollit abans fent ús de qualsevol suport.

La principal característica que diferencia el dibuix per ordinador del mètode 3D és que es tracta de fer creacions "sobre el paper", planes, que només es poden veure des d'un angle. A la pràctica i a primera vista es podria dir que és el mateix que dibuixar a mà, però aquest mètode té certes particularitats que el fan més còmode, pràctic i efectiu (fig. 3.9.).

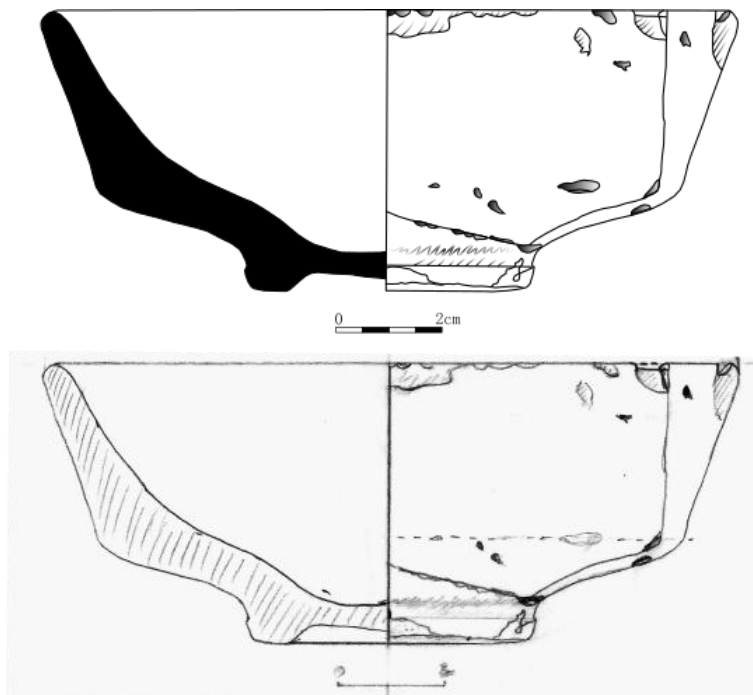


Fig. 3.9. Comparació de dibuix clàssic (a sota) i dibuix per ordinador (A. López)

En quant a material només és necessari un ordinador de gamma mitjana o fins i tot baixa i com a eina opcional es pot fer servir una tauleta gràfica per a dibuixar amb més precisió. El programa en si no consumeix massa CPU de l'ordinador però cada cop que es crea un vector l'arxiu es fa més pesant.

Per a realitzar un dibuix arqueològic a ordinador s'ha de seguir els mateixos passos que si es fes directament amb un llapis. S'agafa el model a copiar (en aquest cas segurament es posarà sota el full per a calcar-lo) i es comença a

dibuixar amb traç negre tant el contorn com les formes i característiques pròpies de l'objecte així com les seves ombres.

Així doncs, el procés inicial de dibuix amb vectors és força semblant al que es realitza en dibuix arqueològic clàssic: es fa a mà alçada (ratolí o tauleta gràfica), es fa servir un full com a límit (monitor o tauleta), i es copia un objecte ja existent. Tanmateix, fins aquí arriben les semblances entre ambdós mètodes.

La diferència més marcada respecte el dibuix a mà radica en el tipus de dibuix, és a dir, en la qualitat de les línies i formes que, en estar fetes per ordinador, sempre tindran un traç perfecte i que no "s'escapa" fora de la línia. A mida que es dibuixa va quedant una imatge neta i de la forma que es desitja de manera fàcil i, en cas d'equivocar-se, sense brutícia ni ratlles fora de lloc. Si el dibuix no és com es desitjava sempre es pot modificar fàcilment.

A més a més del traç, es pot trobar una gran varietat d'eines que permeten fer diferents tipus de línies per a representar qualsevol tipus de marca, imperfecció, mancança o continuïtat en l'objecte. Si es fes a mà també es podria fer això però, igual que s'explica al paràgraf de sobre, la mal-leabilitat de les línies és infinita i ràpida de fer.

Després de fer el dibuix base s'hi ha d'afegir les ombres i els detalls, com ara el color, que permetran donar-li a la peça un context i afegir-li informació addicional (fig. 3.10.). Els programes de dibuix virtual ofereixen una llarga llista d'eines i efectes que permeten donar-li els elements i dades que siguin necessaris segons el propòsit que es cerqui.

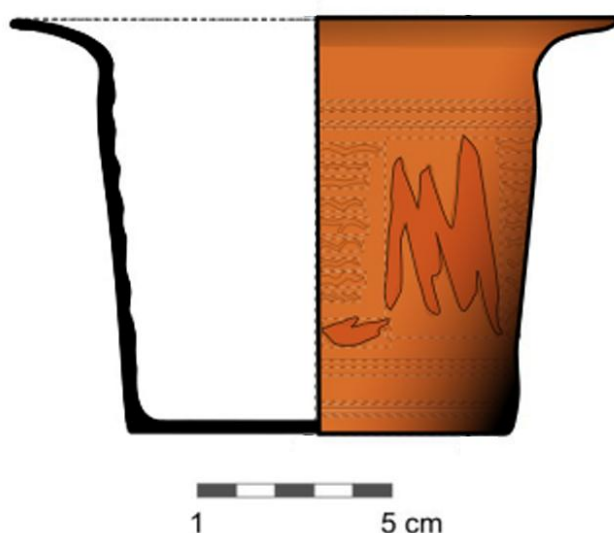


Fig. 3.10. Dibuix virtual amb colors, ombres i escala (P. Serrano, UBU)

Una característica única d'aquest mètode és la capacitat d'introduir metadades dins del dibuix i, per tant, dotar-lo d'utilitat extra dins de l'àmbit de la

documentació. Hi ha alguns programes que quan s'ha creat un vector permeten escriure-hi informació lligada a aquest per a poder consultar-la en un altre moment o classificar les diferents capes del dibuix.

3.3. Comparació amb els mètodes manuals:

Un cop s'ha explicat els diferents mètodes virtuals usats en arqueologia és menester nombrar de manera general allò que els fa més o menys efectius en comparació amb els mètodes tradicionals de representació.

3.3.1. Avantatges:

En termes generals, l'arqueologia virtual ofereix un seguit d'avantatges respecte el dibuix tradicional relacionats sobretot amb la comoditat a l'hora de fer la còpia del model i les opcions de modificar-lo.

La primera diferència és la capacitat no tan sols de fer correccions en cas d'error sinó que el programari permet esborrar, modificar o copiar qualsevol part del traç, fent que no sigui necessari eliminar-ne un tros i tornar a fer-lo. Aquesta característica permet també fer un model inicial no tant detallat i mica en mica afegir-li els diferents elements que li donin detall o realisme.

Un altre punt fort de l'arqueologia virtual és la velocitat amb la que es pot realitzar el model. Si bé el primer cop que s'enceta un projecte es pot trigar degut a que s'ha de descobrir com fer-ho segons les limitacions tècniques (apartat 3.3.2.), un cop se sap modelar o dibuixar l'objecte desitjat es pot realitzar en molt poc temps o copiar-lo d'un projecte anterior. En la mateixa línia en cas de necessitar diversos models iguals o semblants, només se n'ha de fer una còpia i fer les modificacions si s'escau.

Tal i com s'ha comentat en diverses ocasions a l'apartat 3.2., el programari virtual ofereix una gran quantitat d'eines per afegir detalls i pintar els models que, tot i que també es podria aconseguir amb mètodes tradicionals, s'apliquen amb molta més facilitat i amb una qualitat superior. Aquesta automatització permet estalviar temps i fa que els projectes a gran escala no es facin tediosos a curt termini.

Finalment es troba el tipus de projectes que es poden realitzar amb mètodes virtuals, els quals són més nombrosos i variats. Tot i que amb dibuixos a mà es poden fer vídeos i posar-li so, el programari permet fer efectes visuals molt difícils d'aconseguir de manera manual, fet que permet mostrar tot tipus de material audiovisual amb diferents propòsits i objectius.

Resumint, l'arqueologia virtual permet realitzar el mateix que amb els mètodes clàssics però amb velocitat i qualitat superiors en la majoria d'aspectes i amb un resultat final més vistós. L'ús de l'ordinador permet que una sola persona realitzi feina que d'altre manera necessitaria més gent o una gran quantitat de temps. El punt més destacat, però, és la possibilitat de veure el model per tots els angles com si se'l tingués a les mans.

3.3.2. Problemàtiques:

Totes les disciplines tenen defectes i l'arqueologia virtual no és cap excepció. Si bé els mètodes de suport informàtic presenten un gran ventall d'avantatges i característiques positives, també compta amb diverses problemàtiques que tant poden ser ocasionals com intrínseques en ells.

La primera és la quantitat d'informació i conceptes propis que s'ha de saber per a poder realitzar qualsevol projecte virtual. Una persona sense coneixement del programari no seria capaç de realitzar gran cosa sense l'ajuda d'algú que el conegui i li expliqui que és cada cosa. Això pot passar amb qualsevol estudi, però en aquest cas es tracta d'una disciplina que no es treballa gaire dins dels estudis d'arqueologia i s'acaba el grau sense estar-ne familiaritzat. És per això que si algú s'hi vol interessar, ha de cercar una formació específica o trobar la informació pel seu compte.

La segona problemàtica es troba en les limitacions tècniques del programari. Una mateixa eina pot servir per a fer moltes coses diferents, però quan s'usa en alguns contextos o es combina amb d'altres eines es poden trobar problemes i efectes no desitjats. Amb un ordinador és poden fer moltes coses però les seves aplicacions no són infinites.

Com s'ha comentat a l'apartat anterior, si bé la creació d'un model virtual és ràpida i fàcil fins i tot, el primer cop que es fa un projecte, aquest presenta la seva pròpia idiosincràsia de modelatge o dibuix que necessita un mètode únic. Per algú que coneix a la perfecció el programari no hi hauria problema, però per a un iniciat o qui no tingui tanta experiència es passaria una bona estona intentant trobar la manera de realitzar-ho.

La darrera problemàtica i la que limita més el mètode és l'equip necessari per a realitzar un projecte virtual. El programari necessita un equip informàtic amb una potència elevada per a funcionar correctament, sinó es pot quedar travat o directament no iniciar cap procés. A més a més se li ha de sumar qualsevol aparell o material necessari per a treballar fora de l'ordinador. Això fa que augmenti força els diners que s'han de destinar per a un correcte funcionament d'un espai adequat per a l'arqueologia virtual.

En resum, l'arqueologia virtual és una disciplina que costa de dominar si la formació no és adequada i aquest fet pot afectar greument al temps que es triga en fer els projectes. A aquest problema se li afegeix el fet es pot arribar a necessitar molts recursos econòmics si es pretén tenir tot el material adequat per a aquesta disciplina.

4. Metodologia del projecte:

A partir d'aquest capítol comença la part més pràctica del treball final i en la que es recullen totes les dades generades a partir de la feina de camp i la creació dels models virtuals.

Al llarg dels diferents apartats s'hi expliquen els passos realitzats per a fer aquest projecte d'arqueologia virtual, el qual ha barrejat totes les tècniques tot i tenir una metodologia força diferent tal i com s'ha explicat al capítol anterior.

Les imatges definitives no es troben dins d'aquest capítol tot i que se les esmenta i referencia ja que es troben al darrer capítol que està dedicat als resultats finals.

4.1. Recollida d'informació i material:

El primer pas a realitzar va ser el de recollir el màxim d'informació sobre l'objecte d'estudi, ja es tracti de material bibliogràfic per a la part escrita del treball com de qualsevol font necessària per a crear el model.

Per a aconseguir la bibliografia que parlés de l'aqüeducte de *Barcino* es va recórrer a la carta arqueològica de Barcelona, a la qual s'hi registren totes les intervencions efectuades a aquesta ciutat (apartat 2.2.). Allà es va trobar les memòries arqueològiques i d'altres materials útils, els quals, units a documents aportats per la doctora Gisela Ripoll, se'n va poder extreure tota la informació necessària pel redactat.

Al tractar-se d'un treball eminentment pràctic no n'hi ha prou amb la bibliografia per a realitzar-lo i en aquest cas es necessita material de caràcter visual per a poder crear un model en format virtual. Com que es volia fer un model fotogramètric, era necessari realitzar una visita a l'aqüeducte per a fer-ne un recull d'imatges i així tenir també un nombre important de material fotogràfic per a posteriorment identificar i representar els seus elements constructius.

El primer recull d'imatges es va realitzar el mes de novembre de 2017 amb motiu d'un curs per a l'aprenentatge de de la fotogrametria. En aquesta sessió es van poder realitzar cinquanta imatges que servien per a realitzar els primers models.

Més endavant es veuria que era necessari un nombre major d'imatges i es va decidir fer una altra sessió fotogràfica. Així doncs, un cop consensuat amb el tutor, el dia 22 de març de 2018 es va anar fins l'aqüeducte i, amb l'ajuda i direcció del professor Josep Antoni Benseny, es van recollir noranta-quatre imatges que captaven tant els quatre arcs de la plaça com la cantonada on es veu el gruix de l'estructura. En total es van realitzar cent quaranta-quatre fotografies.

A diferència del primer intent d'obtenir les imatges, aquest cop es disposava d'estris especialitzats en la presa fotogràfica. Així com, abans, les imatges es preniën des de l'alçada del terra, en aquesta ocasió es disposava d'una vara extensible per a arribar als nivells superiors i una tauleta per a visualitzar la imatge abans de prendre-la tot i tenir la càmera dos metres amunt. La qualitat de les imatges va millorar força i es va considerar que ja n'hi havia prou com per a poder realitzar el model fotogramètric.

Un cop fet el recull d'imatges aquestes es van passar de la càmera a l'ordinador, en alguns casos es van reorientar i finalment es van classificar segons el seu ús dins del treball (fotogrametria o dibuix). Amb això el material fotogràfic ja estava preparat per a poder realitzar la feina d'ordinador.

4.2. Creació del model fotogramètric:

El primer pas que es va realitzar va ser la creació del model fotogramètric de l'estat actual de l'aqüeducte ja que a partir d'aquest es treballaria en les altres parts del projecte.

Fent ús de les imatges obtingudes en aquell moment (de recull propi) es va realitzar el primer intent (fig. 4.1) el mes de novembre de 2017. El model obtingut no va servir de gaire ja que presentava una qualitat relativament baixa degut a que no es veia una imatge definida, li mancaven parts i alguns elements com els rajos de llum "l'embrutaven", fent que no fos útil.



Fig. 4.1. Primer model fotogramètric de baixa qualitat (A. López)

Per a entendre el perquè va passar això val a dir que en aquell moment no es disposava dels recursos informàtics adequats (es va trigar tres dies en generar el model) ni de la totalitat dels coneixements sobre aquest àmbit dels quals es disposaria uns mesos més tard. Es va usar un programari gratuït (3DF Zephyr) que no presenta prou qualitat per a aquest tipus de projectes i limita les imatges a utilitzar a cinquanta, fent que potser no es trobi prou informació a l'hora de crear el model. A aquest fet se li ha d'afegir que es va crear en un context d'aprenentatge de les tècniques fotogramètriques i que, per tant, es desconeixien algunes estratègies per a millorar la qualitat.

A partir d'aquest primer intent es va voler encarar el projecte d'una manera més professional així que es va optar per l'actualització de l'equip informàtic tant en programari com en maquinari. Durant dos mesos, doncs, no es va poder realitzar cap avenç significatiu ja que, tal i com s'ha dit a l'apartat 3.3.2., es necessiten uns recursos econòmics elevats per a poder tenir un equip on s'hi treballi amb comoditat i rapidesa. Un cop millorat l'equip informàtic, es va obtenir una versió estàndard del programa Agisoft Photoscan per a poder crear models de qualitat. Així doncs, el gener de 2018 es va poder començar a treballar en un model de qualitat que es pogués fer servir per a aquest projecte.

Tot i tenir un equip millor, igualment es van pensar diverses maneres de poder aconseguir un model útil i es va decidir provar de reduir l'àrea a recrear i es va treballar només en un dels arcs de l'aqüeducte. Es va trigar vint-i-cinc hores però el resultat va ser un model de bona qualitat (fig. 4.2.) que més endavant es decidiria que no se'n faria ús ja que no s'hi representava tot l'espai arqueològic. Tot i això, durant la realització d'aquest model es va poder avançar en com es podria encarar la posterior recreació virtual del model així com en maneres de reduir el temps de generació del model.



Fig. 4.2. Model fotogramètric del tercer arc (A. López)

Pel mes de maig encara mancava un model que s'adaptés adequadament a les exigències i necessitats del treball, fet que va resultar en la segona presa de fotos realitzada pel professor J. A. Benseny amb l'objectiu de millorar la qualitat del material usat. Amb les imatges obtingudes es va poder realitzar un tercer model (fig. 4.3) que, tot i no ser definitiu, es faria servir per a poder avançar en tots els àmbits del projecte. Els problemes d'aquest es trobaven novament en la seva qualitat d'imatge (bona però no suficient) i els elements que embrutaven la imatge però, en tractar-se d'un model no destinat a la presentació, la seva qualitat era suficient. El temps de generació d'aquest fou de divuit hores.



Fig. 4.3. Model fotogramètric de qualitat però amb rajos de llum (A. López)

Encara no s'havia aconseguit cap resultat d'alta qualitat però era necessari dedicar els esforços en altres parts del projecte i aquest fet es va deixar de banda durant un temps. Finalment el mes de maig es va realitzar un darrer model (fig. 5.1) el qual ja es consideraria com a la culminació de la part fotogramètrica del treball ja que presenta una bona qualitat de detall i no té cap element que l'embruti. El seu ús s'ha limitat a mostrar quin és el resultat màxim que es pot aconseguir amb un equip informàtic no professional.

El procés de creació del model fotogramètric ha estat la part més complicada i accidentada del projecte. El fet de necessitar-ne un resultat de qualitat per a poder realitzar qualsevol altra aspecte del treball ha provocat una avenç lent que ha endarrerit la feina fins als darrers cinc mesos. Tot i així, ara que es disposa de material, equip i coneixement necessaris es podria reduir considerablement el temps de generació del model, el qual en menys de vint-i-quatre hores podria estar acabat.

4.3. Dibuix dels elements constructius:

La segona part del treball fou la identificació i representació dels diferents elements constructius de l'aqüeducte en un format en dues dimensions. Fent ús de programari orientat cap al dibuix es va plantejar l'objectiu de realitzar una imatge on s'hi pogués encabir el màxim d'informació possible en un format visual fàcil d'entendre.

Els primers intents de fer aquest dibuix virtual es van realitzar el mes d'abril de 2018, moment en que es va adquirir l'equip i material necessaris per a realitzar-ho. En aquest cas no es tractava d'un problema de potència sinó de la necessitat de poder realitzar un traç precís i el més manual possible, així que es va recórrer a una tauleta gràfica per a dibuixar més còmodament.

En aquell moment es feia servir el programa lliure Inkscape i una imatge del model fotogramètric de baixa qualitat i es va arribar a realitzar gran part del dibuix (fig. 4.4). S'hauria continuat d'aquesta manera però es va arribar a la conclusió que el millor seria realitzar-ho amb el programa lliure QGIS el qual, a part de tenir un estil de dibuix més adient, permet incloure metadades associades a cada element constructiu.



Fig. 4.4. Esbós realitzat amb Inkscape (A. López)

De la mateixa manera que amb el model fotogramètric, es va optar per a fer-ho de la manera més professional possible. En tractar-se d'un procés de calcat és necessari tenir una imatge de gran qualitat per a poder copiar-la, així que es va decidir realitzar una ortofoto del model fotogramètric. Aquest pas es va haver d'encetar al maig ja que no es va poder realitzar fins que la fotogrametria estigués feta. En aquest moment es va trobar un problema inesperat ja que la versió usada del programa Agisoft Photoscan no incloïa l'eina per a poder realitzar una ortofoto i, per tant, s'hauria de recórrer a imatges de qualitat baixa. Aquest fet provocava que no es pogués dibuixar de manera precisa (com es pot veure a la fig. 4.4) i s'hagués de consultar constantment les fotografies.

En dues ocasions es va intentar fer l'ortofoto amb l'equip informàtic de la facultat de Geografia i Història de la Universitat de Barcelona, però diversos problemes tant tècnics com logístics van impedir realitzar-la. En veient que el temps s'escurçava i no s'avançava en el dibuix, es va optar per fer ús d'una ortofoto aportada pel professor Benseny, el qual va realitzar-la amb les mateixes imatges recollides al març.

Un cop aconseguit el model a copiar es va començar a fer el dibuix (fig. 4.5.), procés que s'allargaria dues setmanes ja que es va necessitar un temps d'investigació per a diferenciar els diferents elements constructius i determinar-ne l'ordre cronològic de construcció. Un cop feta es va haver de corregir algunes parts que ja s'havien dibuixat anteriorment a ull nu i això va fer que el procés de dibuixat s'allargués més que si s'hagués fet des de zero.

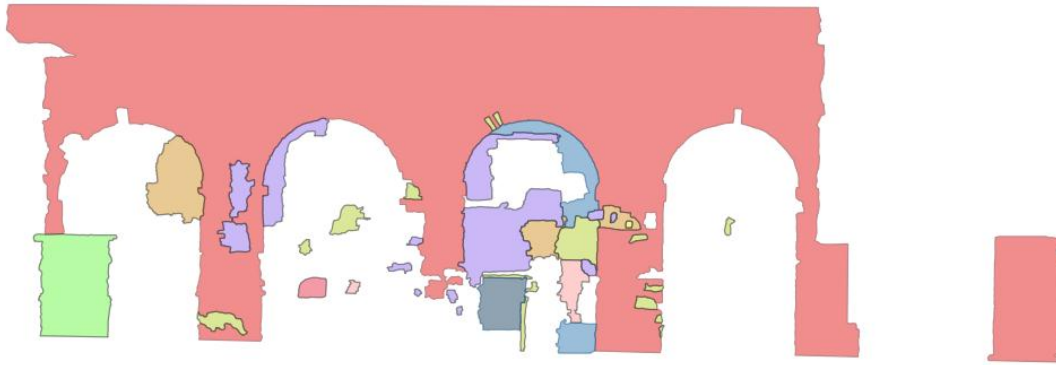


Fig. 4.5. Primer esbós amb QGIS (A. López)

El resultat final (fig. 5.2 i 5.3 de l'apartat 5.1.2) és un dibuix molt més clar i precís que l'anterior on, a més a més, s'hi ha afegit metadades relacionades amb cadascun dels elements constructius, els quals es poden diferenciar pel color que se'ls ha assignat. Per a obtenir-ne la informació de les metadades s'hauria de consultar-la fent ús del mateix programa QGIS.

Si bé aquest pas no ha estat especialment difícil, necessita força hores de feina per a poder-se realitzar i es pot arribar fàcilment a una situació tediosa i repetitiva. El canvi sobtat de programa va provocar uns dies de retard degut al temps d'adaptació a les noves eines i conceptes. Igual que amb el model fotogramètric, actualment el mateix volum de feina es podria realitzar de forma més ràpida i efectiva.

4.4. La recreació virtual:

La darrera part del treball tracta sobre usar el model fotogramètric per a fer una recreació de l'ambient de l'aqüeducte en algun moment dins del període romà. Aquesta recreació no té altre objectiu que crear una imatge per a la difusió d'aquest projecte i veure com es poden combinar diferents mètodes de treball virtual.

Tot i tractar-se del darrer aspecte a realitzar per a aquest projecte les primeres idees sobre ell van aparèixer a finals del mes de gener, aprofitant que s'havia creat el model fotogramètric del tercer arc. Fent ús d'aquest model i el programa Blender es va poder realitzar un paisatge de caràcter simple (fig. 4.6) on s'hi pot veure l'aqüeducte enmig d'un espai que no s'assembla gens al paisatge del Pla de Barcelona de cap època. Tot i no ser un model vàlid més endavant s'aprofitarien diverses idees que van aparèixer mentre s'hi treballava.



Fig. 4.6. Recreació del 3r arc multiplicat (A. López)

No es va reprendre el treball en la recreació fins a mitjans del mes de maig amb motiu de la quasi finalització de la resta de models i mètodes. Mentre s'ultimaven els detalls del dibuix dels elements constructius es treballava en una imatge semblant a la feta anteriorment però amb el model fotogramètric de l'aqüeducte sencer de bona qualitat.

Com que en aquell moment encara no es tenia el model definitiu es va optar per a treballar la perspectiva i l'estructura del paisatge final per a posteriorment afegir-hi el model real. En aquest cas es va optar per treure el màxim possible de parts del model no corresponents a l'estructura original i va quedar un model on es veia més part de l'esquelet modelat amb Blender que del model fotogramètric. El resultat fou una imatge més treballada en quant a l'aqüeducte (fig. 4.7) que més endavant es convertiria en la recreació.



Fig. 4.7. Model inicial de la recreació final (A. López)

Finalment durant les dues darreres setmanes de maig es va procedir a fer la recreació en el terme estricte de la paraula ja que es disposava del material necessari. Es va importar el model fotogramètric final a Blender, se li va crear un esquelet més llarg i detallat i es va treballar per a que el paisatge fos semblant al de la costa de Barcelona en època romana. El primer resultat (fig. 4.8.) va ser una imatge on es veu l'aqüeducte en direcció la ciutat amb una vila i camps de blat al darrere, però li mancava el fons i el mar, aspectes que trigarien dos dies en solucionar-se.



Fig. 4.8. Model inicial del paisatge a recrear (A. López)

Al llarg d'aquests dos dies es va treballar activament en que el paisatge fos el més creïble possible. Se li va afegir el cel i el mar i es van crear els diferents elements que decorarien la imatge sempre respectant el rigor històric dins del possible. Cal destacar que tots els elements llevat del cel han estat modelats personalment, amb la dedicació de temps que això comporta, per així millorar l'aprenentatge i la tècnica de modelatge 3D. El resultat (fig. 4.9) mostra un paisatge molt diferent a l'anterior on se li ha afegit un turó amb arbres, dues calçades imitant el *Cardo* i el *Decumanus* de *Barcino*, un camí de xiprers i un mil·liari. Aquest model es podria haver considerat definitiu però finalment es va optar per afegir-li més detalls per a dotar-lo de major rigor històric.



Fig. 4.9. Recreació en estat avançat (A. López)

El darrer model de la recreació (fig. 5.4 de l'apartat 5.1.3) es realitzaria els següents dies i es basaria en millorar la vila romana i posar la línia de costa prou allunyada com per a que *Barcino* quedés entre l'aqüeducte i el mar. Amb aquesta imatge es va donar la part pràctica del treball per acabada i es va procedir a acabar la part escrita.

En total es va trigar vora una setmana en realitzar aquesta part del treball però, tal i com passava amb els altres mètodes, s'ha de tenir en compte que formava part d'un procés d'aprenentatge i millora de coneixements previs. Actualment el mateix model no trigaria més d'unes poques hores en estar realitzat ja que tots els dubtes que s'hi van generar han estat esvaïts.

5. Conclusions:

5.1. Resultats:

Aquest apartat recull el material creat durant la realització d'aquest projecte d'una manera adequada per a poder analitzar-lo de manera còmoda. A diferència de la resta del treball, les imatges es mostren en formats de mida gran i amb informació ampliada i, fins i tot poden ser versions millorades de les mostrades en apartats anteriors. Cada subapartat compta amb una explicació i la imatge tot al final.

5.1.1. El model fotogramètric:

Sobre el model fotogramètric no es considera necessari donar massa detalls per escrit degut a que tota la informació es pot veure en el model que es mostra a sota (fig. 5.1.). El que sí que se'n pot extreure està relacionat amb els usos d'aquesta tècnica dins de l'arqueologia i els problemes que s'hi ha presentat.

El model creat és exactament el mateix que s'ensenyava a la figura 4.3., però en aquest cas se li ha retirat qualsevol element que pogués embrutar la textura i s'ha invertit més temps en la creació del model. El que s'hi pot veure, doncs, és una imatge frontal de l'actual paret est de la Plaça Vuit de Març, on està situat el tram de l'aqüeducte.

Tal i com s'explicava a l'apartat 4.2., la creació del model fotogramètric ha estat el procés més lent i accidentat del projecte. El fet de no disposar sempre d'un bon equip informàtic ni de les eines adequades ha propiciat la necessitat de cercar alternatives. En aquest punt l'ajuda tant del doctor Tuset com del professor Benseny ha estat molt útil ja que van permetre l'ús dels equips informàtics tant de la facultat com propis per a poder avançar en el treball.

El resultat doncs, és un model fotogramètric acabat amb el màxim de qualitat possible que va permetre un ordinador personal no orientat a aquest tipus de tasca. De totes maneres tenir un bon equip informàtic no és l'única manera de poder aconseguir un bon model ja que també és important prendre unes bones fotografies per a generar-lo. En aquest cas els estris aportats pel professor Benseny varen resultar molt útils ja que permetien prendre les imatges dels punts alts que d'altra manera s'haurien pres des del terra i el resultat final seria de més baixa qualitat (com va passar amb el primer model).

Ja s'ha explicat el mètode usat per a prendre les fotografies i el procés de creació, així que no hi ha gaire més a exposar en aquest apartat més enllà de la imatge mostrada a continuació.

La principal pregunta que apareixia a l'hora de prendre les fotografies era si existeixen d'altres mètodes més còmodes que també servirien per al mateix propòsit. Pensant-hi una estona l'única manera que s'ha trobat és l'ús de drons amb càmera fotogràfica que permetin fer acostaments a llocs específics i a qualsevol alçada, però això augmentaria molt el pressupost de fer una intervenció. Tanmateix en aquest cas els mètodes manuals han funcionat molt bé al tractar-se d'una paret recta on el fotògraf no ha de prendre masses angles diferents.

Realitzant aquest projecte s'ha arribat a la conclusió que els mètodes fotogramètrics són accessibles a tothom que tingui qualsevol tipus de càmera a mà. Òbviament quant millors siguin les eines emprades millor serà el resultat però es tracta d'un mètode relativament fàcil de dominar si es disposa d'un mínim d'aprenentatge i un equip bàsic.

Finalment dir que el resultat fotogramètric d'aquest projecte està obert a ser accessible a qui vulgui usar-lo en futurs projectes relacionats d'acord amb un dels objectius plantejats al primer capítol.

Fig. 5.1. Model fotogramètric (A. López):



5.1.2. El dibuix vectorial:

El resultat final del dibuix vectorial són dues imatges, la primera (fig. 5.2.) on es mostra l'ortofoto del model fotogramètric amb el dibuix a sobre per a veure els elements constructius, i la segona (fig. 5.3.) on només hi ha el dibuix. A totes dues se'ls ha afegit una llegenda i una escala en forma de barra.

En quant a les conclusions que se'n poden extreure destaca en gran mesura l'enrevesament de l'estratigrafia, especialment als arcs segon i tercer, i les relacions entre les unitats estratigràfiques (UE) que s'hi poden veure. Mentre es realitzava el dibuix s'aprofitava també per a trobar connexions entre els diferents elements constructius i mirar de dotar-los de certa cronologia o almenys determinar quins serien més antics que d'altres.

El primer punt destacable és que el tram de l'aqüeducte no s'ha conservat d'una sola peça ja que hi ha parts d'aquest que han estat totalment substituïdes o s'hi ha fet forats i s'han tapat posteriorment. No hi ha cap pilar que es conservi íntegrament i els més afectats són el primer (gairebé desaparegut per complet), el tercer (substituït de la meitat cap a baix) i el cinquè (retallat en gran part). Des d'aquest angle no es pot saber fins on arribava el tram en quant a alçada ja que el ciment i la pintura de l'edifici modern tapen la part superior de l'aqüeducte i el seu *specus*.

a) Primer arc:

El primer arc presenta una estratigrafia força senzilla d'identificar ja que les transicions d'un element a l'altre són clares, a més a més és on s'hi troben algunes estructures importants per a entendre l'evolució de l'edifici.

El que més destaca a simple vista és una gran porta rectangular (color verd clar) tapiada amb maons fets en fàbrica i pintats de color blanc i amb la marca del que podria haver estat un cartell. Es podria considerar una de les UE més modernes ja que tant els maons com la pintura són d'època contemporània i de factura del segle XX, per tant estaria força a prop del moment del descobriment de l'aqüeducte.

El segon element destacable és un arc escarser el qual probablement era una finestra que arriba una mica més amunt que la porta abans esmentada, fent que es situï tant amunt com la meitat de l'arc romà. Aquest es trobaria dins d'una UE (color lila) basada en maons fins pintats i de vegades barrejats amb carreus que ocupa gran part dels arcs i podria pertànyer a l'edat moderna pel tipus de maons. Per la part superior de l'arcada hi ha una capa de ciment (blau cel).

Aquest darrer element de maons i carreus també es troba a la part superior de l'arc romà, on fins i tot substitueix algunes dovelles en dues ocasions.

A la mateixa part superior s'hi troba una UE de ciment gris (taronja) que també es pot trobar a la resta d'arcs i que en aquest cas tapa un bon espai i uns forats que podrien coincidir amb els suports de les bigues del segon pis de l'edifici.

A sobre de la porta es troba una UE formada per una argamassa blanca (groc fluix) emprada per a tapar multitud d'elements al llarg dels quatre arcs. Més endavant se'n dóna més informació.

Finalment tocant a la volta hi ha una UE (blau) formada per roques i argamassa marró del qual no se n'ha pogut determinar l'estil arquitectònic o la cronologia i se l'ha anomenat conglomerat rocós. D'aquest element també n'hi ha constància a la resta d'arcs.

b) Segon arc:

El segon arc presenta una estratigrafia molt més enrevessada que l'anterior, s'hi barregen els diferents elements i n'apareixen de nous. En aquest cas no s'hi troben estructures de gran mida però les que hi ha són força singulars.

A la part superior de l'arcada s'hi troben els mateixos elements que al primer arc (ciment, maons i conglomerat) més o menys a la mateixa alçada i se li ha de sumar una presència superior d'argamassa, però cap a la meitat s'acaben les semblances.

Just enmig de l'arc hi ha un element que s'ha considerat com a tap fet amb els mateixos maons que es troben a tots els arcs, però aquests estan col·locats de manera més caòtica, amb menys argamassa i sense pintura. Entre aquest i un altre pedaç del mateix tipus s'hi troba una roca trapezoïdal (rosa fort) amb un costat corb que presenta una marca amb forma d'anell d'ús desconegut.

Enganxat a l'UE anterior hi ha set totxos rosats d'època contemporània (rosa fluix) tapant un altre forat. Estan relacionats amb un altre grup d'aquests situat al tercer arc.

A la meitat i part inferior s'hi troba una UE força gran de carreus (verd fort) posats en filera i units per una argamassa blanca que recorda a l'anteriorment esmentada. Aquest element talla un tros del tercer pilar de l'aqüeducte i acaba al tercer arc.

Finalment a la base de l'arc hi ha una UE no definida (blau fort) formada per petites roques banyades en argamassa que no es troba enlloc més de l'aqüeducte.

c) Tercer arc:

Aquest arc és el més barrejat i caòtic i a més a més presenta el nombre més alt d'elements diferents dels quatre arcs. L'element majoritari és el de maons i carreus però amb prou feines en cobreix la meitat.

Començant per la part superior s'hi troba una distribució semblant a la dels primers dos arcs, però aquí se li afegeix un retall de l'UE de carreus. L'espai tapat amb ciment sembla fet de manera deliberada ja que la seva forma és estranyament poc natural per a un forat a una paret. Hi manquen dues dovelles que s'han substituït per argamassa.

A l'espai del mig només s'hi pot destacar una capa d'argamassa blanca força gran comparada amb la resta d'aquest element. Per aquesta zona comença el grup de totxos rosats que crea un tap que es va fent més estret a mida que baixa fins gairebé el terra.

Per la part inferior és on aquest arc destaca més ja que s'hi troba una porta de mida normal (blau marí) tapiada amb totxos cuits força moderns i disposats amb un mètode del segle XX. No es pot saber de quan és la porta en sí però hi ha parts que estan tapades amb l'argamassa blanca, deixant especular que es podrien tractar d'elements coetanis o de períodes propers.

Just a la part inferior de la porta s'hi troba un espai rectangular format per dos elements: una capa despresada de pintura blanca (rosa cridaner) i el que sembla el ciment (bordeus) que va quedar a la vista en caure la primera. Aquest rectangle va ser creat a sobre dels totxos de la porta i abans que l'argamassa basant-se en la relació dels diferents elements.

Dins del quart pilar es troba una retall tapat amb argamassa on es troba una roca quadrada (groc) amb els angles arrodonits que sobresurt de la paret. Es podria tractar d'un suport de biga.

d) Quart arc:

El darrer arc torna a la senzillesa del primer on cada UE es diferencia clarament de la resta. El tipus d'elements que s'hi troben són els mateixos que ja s'han vist a la resta llevat de dos que en són singulars.

Per la part superior hi ha una gran capa de ciment que ocupa gairebé tota la volta només interrompuda per dos retalls d'argamassa a la dreta i al mig, on hi manquen també dues dovelles no tapades. A sobre de l'arc hi ha restes de forats de biga tapats amb argamassa.

Just a sota del ciment hi ha una de les UE singulars de l'arc i és que s'hi troba una paret mixta de carreus i maons (marró) semblant a la que s'ha vist a la resta d'arcs però aquí la distribució és menys caòtica i segueix un estil específic. Es podria considerar com a la part inferior de la paret d'un segon pis que no coincidiria amb les bigues del primer arc ni la biga del tercer. El més interessant és que a la part dreta es troba una capa de pintura blanca que podria relacionar-se amb la que es troba a la porta del tercer arc.

A la part del mig i la inferior de l'arc es troben tres UE que ocupen tot l'espai. Una n'és la de carreus i argamassa per l'esquerra, per la dreta hi ha el conglomerat i al centre hi ha una UE singular format per carreus de dimensions mitjana amb les fileres separades per teules planes (turquesa). Aquest darrer element no es troba enlloc més i tampoc correspon a una estructura específica, més aviat tapa un forat.

e) Conclusions:

Per a finalitzar aquest apartat cal fer una darrera valoració del que s'ha extret dels diferents elements constructius de l'aqüeducte. Tot i no tractar-se d'una investigació en profunditat la informació generada és extensa.

A l'apartat 1.2 s'ha explicat que al llarg dels segles s'ha aprofitat l'aqüeducte per a construir-hi diferents tipus d'edificis, però no es coneix del cert el seu ús. La disposició dels elements i l'enrevessament de l'estratigrafia fa que es necessiti una gran dedicació per a aconseguir trobar relacions clares entre ells i aquesta tasca es trobava fora de l'objectiu del present treball.

Fent un anàlisi superficial s'han trobat diverses relacions i connexions entre unitats estratigràfiques que permeten extreure'n algunes conclusions. L'aqüeducte no ha resistit d'una peça el pas dels segles, així es veu sobretot en el tercer pilar, i això indica que en el moment de la construcció dels elements que el retallen ja hi havia un edifici prou alt i sòlid com per a modificar un pilar i no esfondrar l'estructura romana. Així doncs les unitats estratigràfiques de carreus i argamassa i el de maons i carreus serien de l'època en que l'edifici ja estava força avançat i amb certa alçada, sobretot en el cas del segon element, com per exemple l'edat mitjana.

La porta i l'arc de maons del primer arc estan superposats i tenen una alçada semblant, fet que es podria interpretar com que es tractava d'un espai amb tràfic constant i potser de vehicles de gran mida com carros o cotxes, potser es tractava de l'estable i posteriorment un garatge. Aquestes dues estructures junt amb la porta del tercer arc indiquen la connexió amb l'edifici que hi ha just al costat, el qual es va excavar en una ocasió i es va determinar que es va construir entre els segles XVI i XVII (Juan, 2009).

Poca informació s'ha pogut extreure de la resta d'elements més enllà de com estan formats, però n'hi ha que, tal i com ja s'ha dit, indiquen la presència de més d'un pis en diferents períodes. Del primer arc es pot projectar un pis que es trobaria just a l'inici de l'arcada a una alçada aproximada de quatre metres. De la biga de pedra i els carreus i maons del quart arc es pot creure que hi havia un segon pis posteriorment construït a aproximadament 3,5 metres d'alçada. Els forats de biga tapats amb argamassa del quart arc indiquen que el tercer pis es trobaria just a sobre dels quatre arcs.

Sobre la cronologia general dels elements es troben restes que van des del segle I aC fins al segle XX, on possiblement es va pintar la porta gran i es va usar l'argamassa per a fer una darrera reparació. Entremig es troba l'arc escarser i el seu estil arquitectònic, el qual es podria situar vora el segle XVIII degut al tipus de material i la connexió amb l'edifici del carrer Duran i Bas 16. No s'ha pogut dotar de cronologia a la resta d'UE ja que per a això caldria un estudi específic d'aquest aspecte per a treure'n totes les dades de manera acurada.

Tota aquesta informació s'ha recollit dins de l'arxiu del mateix dibuix en forma de metadades, per tal que si algú volgués informar-se'n només ha de descarregar el programa lliure QGIS i mirar dins de cada UE per a obtenir tot el que s'ha explicat més amunt. Igual que amb el model fotogramètric, aquesta informació queda a disposició de qui la vulgui fer servir o ampliar en un futur.

Figura 5.2. Dibuix dels elements sobre l'ortofoto (A. López):



Llegenda

Porta de totxos petita	Maons i carreus petits	Conglomerat rocós no definit
Carreus amb argamassa	Biga de pedra	Totxos rosats
Mur mixte de totxos i carreus	Roques i argamassa	Porta gran de totxos pintats
Carreus amb maons travessats	Material caigut	Ciment
Pintura blanca	Argamassa	Aqüeducte
Interior d'arc de maons	Roca marcada	

Figura 5.3. Dibuix dels elements sense ortofoto (A. López):



Llegenda

 Porta de totxos petita	 Maons i carreus petits	 Conglomerat rocós no definit
 Carreus amb argamassa	 Biga de pedra	 Totxos rosats
 Mur mixte de totxos i carreus	 Roques i argamassa	 Porta gran de totxos pintats
 Carreus amb maons travessats	 Material caigut	 Ciment
 Pintura blanca	 Argamassa	 Aqüeducte
 Interior d'arc de maons	 Roca marcada	

5.1.3. La recreació:

Finalment es presenten els resultats de la recreació virtual de l'aqüeducte emmarcat pel paisatge de la *Barcino* romana. Com que no es tracta d'un projecte d'investigació no s'ha generat nova informació històrica destacable però, tal i com s'ha explicat a l'apartat 4.4, s'hi ha generat molts dubtes que han necessitat ésser esvaïts a base de cercar informació històrica i tècnica.

El paisatge de la *Barcino* romana no era igual que el de la Barcelona actual i aquest fet ha marcat en gran mesura la manera de procedir. S'han comparat línies de costa, s'ha cercat localitzacions reals d'alguns elements que s'hi representen, s'ha procurat no afegir detalls anacrònics i s'ha consultat diverses fonts per a contrastar l'autenticitat de cada model que s'hi afegia. Tots aquests aspectes, però, no van renyits amb la improvisació artística a l'hora d'afegir-hi alguns elements.

Parlant estrictament del resultat final, la imatge que es mostra més endavant representa el paisatge de costa que, després de molts canvis i recerca bibliogràfica, s'ha considerat que té prou autenticitat històrica i lògica com per a considerar-se apta per a aquest projecte. Una gran ajuda ha estat el model de *Barcino 3D*, un projecte de l'ajuntament on s'hi mostra una recreació en 3D de tota la ciutat romana.

Per a iniciar la descripció cal dir que l'angle de la càmera no és casual sinó que ve influenciat pel model fotogramètric. Al tractar-se del tram de l'aqüeducte que mira cap al sud i que aquest és el protagonista i per tant havia de quedar en primer pla, l'angle va quedar decidit gairebé des del principi. Aquest fet en part ha ajudat ja que així es descartava la idea titànica de fer que sortís *Barcino* a la imatge creada, fet que hauria allargat considerablement el procés de creació de la imatge.

El primer element que es pot veure a la imatge és el model fotogramètric del tram de l'aqüeducte estudiat col·locat en un esquelet que imita la resta de l'estructura (pintat de color groc a la imatge). Aquesta figura no està detallada ja que es tracta d'una anastilosi on el que és realment important és el model real, així que se l'ha mantinguda llisa i sense *specus*. Acompanyant l'aqüeducte en primer pla hi ha una calçada que, especulativament, es convertiria en el *Cardo Maximus* de la ciutat i amb ell hi ha un mil·liari que ha estat esculpit manualment.

Els forats creats al model fotogramètric s'han generat seguint el dibuix dels elements constructius creats anteriorment i si se'n fa la comparativa es veu que les parts extrems no coincideixen del tot entre tots dos. Això es deu a que el model 3D està fet a partir de triangles que no necessàriament respecten les diferències entre materials i de vegades s'ha hagut de retallar trossos de l'aqüeducte per a esborrar altres unitats estratigràfiques.

Just al darrere de l'aqüeducte es troba una vil·la de caràcter més aviat humil envoltada d'un muret, i a l'interior compta amb tres estructures d'habitatge, un estable, un *impluvium* i un magatzem. Se li han afegit detalls com heures, àmfores i un carro que la contextualitzen dins d'un espai de comerç constant, possiblement amb la ciutat. Aquesta es troba envoltada de camps de blat i dos camins que anirien un cap a la ciutat i l'altre en direcció Collserola, just al darrere té una caseta d'eines.

El modelatge d'aquest espai agrícola és el que ha patit la majoria de canvis en la darrera modificació computacional ja que el model inicial de la vil·la semblava de joguina i no s'havia tocat d'ençà la seva creació al principi dels treballs de recreació (fig. 4.8.).

D'altra banda, el terreny en el que es basa la imatge no és real sinó que està modelat a mà i basat en com podria ser en aquella època. La idea inicial era aconseguir un model de terreny real extret a partir de les dades geogràfiques, geològiques i hidrològiques que es poden aconseguir als webs de les diferents institucions estatals que s'hi dediquen. A partir d'això es volia usar el programa QGIS per a crear el model i després adaptar-lo als criteris de l'època romana, sobretot en quant a la línia de costa, la qual estava més enrere que actualment. Tanmateix per un problema tècnic, no es va poder aconseguir. Finalment es va optar per a modelar-lo manualment i fer-lo el més aproximat a la realitat possible.

El resultat final és un terreny força pla (no en va s'anomena pla de Barcelona) amb un petit turó amb arbres al fons per a donar-li sensació de relleu i un lloc on s'acabi l'horitzó ja que l'angle de la càmera l'allarga de manera considerable. Per a donar profunditat a l'horitzó se li van afegir dos vaixells que s'allunyen al mar Mediterrània.

Per a no deixar buit l'espai entre la vil·la i el mar es va optar per a afegir-li una altra calçada que aquest cop anava de sud a nord seguint el *Decumanus Maximus* de la ciutat i que seguiria en direcció *Baetulo*, la qual no hi apareix degut al turó abans esmentat. Una filera de xiprers ressegueix el camí indicant que s'acosta la ciutat i entremig de dos arbres es troba un petit altar de carretera. Coincidint amb l'aproximació a la ciutat hi ha una petita necròpolis.

Com ja s'ha esmentat abans, s'ha realitzat una recreació virtual de l'aqüeducte no basada completament en la realitat però que s'hi ha treballat de valent per a dotar-la de realisme. S'ha prioritzat que l'aqüeducte quedés com a protagonista en detriment de poder realitzar una imatge espectacular amb una ciutat modelada des de zero, ja que això es trobava fora de l'objectiu del projecte.

Finalment, a la següent pàgina es mostra la imatge final de la recreació del tram de l'aqüeducte on es mostra de manera visual tot el que s'ha explicat en aquest apartat.

Figura 5.4. Recreació de l'aqüeducte en època romana (A. López):



5.2. Conclusió:

Arribats al darrer tram d'aquest treball és menester fer una síntesi de tot allò que s'ha treballat i aconseguit durant la realització d'aquest projecte. Es pot afirmar que s'han complert tots els objectius marcats per a aquest treball final de grau: s'han realitzat els tres models virtuals que es proposaven per a l'aqüeducte de *Barcino* situat a la Plaça Vuit de Març, i la informació que s'hi ha generat queda a disposició de qui la necessiti en futurs projectes.

La primera part, la fotogrametria de l'aqüeducte, es pot considerar un èxit tot i els obstacles trobats ja que el model fotogramètric que s'ha realitzat ha complert amb els estàndards necessaris per al seu ús en documentació. A això se li ha d'afegir que s'ha seguit el procediment marcat en aquest tipus d'intervencions fent ús del material adequat i implicant més d'un agent per a un resultat de nivell alt. En un context d'excavació, aquest tipus de material podria arribar a ser cabdal a l'hora d'entendre millor el jaciment.

El resultat final del dibuix virtual dels elements constructius de l'aqüeducte ha donat peu a un estudi estratigràfic en un jaciment molt heterogeni i amb una gran quantitat de factors a tenir en compte. En futures intervencions, aquestes dades es podrien aprofitar per a iniciar un altre dibuix, aquest cop orientat a crear una estratigrafia amb més detalls.

La recreació virtual de l'aqüeducte, per la seva banda, es mostra com a culminació d'aquest projecte degut a que dins seu s'hi ha introduït informació i material generats tant amb modelatge 3D com amb les altres dues tècniques explicades. Això es pot veure en que s'hi ha afegit el model generat amb mètodes fotogramètrics, retallat amb eines de modelatge 3D i seguint la pauta creada a partir del dibuix dels elements constructius. A tot això se li ha d'afegir la recerca històrica que s'ha dut a terme per a dotar la recreació del rigor històric que un treball arqueològic requereix. A més a més, el resultat final queda registrat per a un futur ús en un context de difusió o, si s'escau, investigació.

La conclusió que se'n pot extreure del conjunt del treball és que aquestes tres tècniques tant diferents poden ser totalment compatibles i complementàries. El seu ús combinat permet ampliar l'àmbit de treball d'un mateix objecte d'estudi cap a diferents aspectes d'aquest i mostrar-los d'una manera gràfica, entenedora i atractiva. Amb aquests mètodes s'ha creat un conjunt de dades importants per a la documentació i difusió de l'aqüeducte de *Barcino* que s'adeqüen al futur de la professió, tal i com es veu en la creixent demanda de material audiovisual als museus o l'aparició d'aplicacions com *Barcino 3D*.

6. Bibliografia:

Mas, C.; Ripoll, G., 2007, *Intervenció arqueològica al carrer de Ripoll 25, carrer dels Capellans 10-16*, Barcelona.

Miró, C.; Orengo, H. A., 2010, Quarhis, Època II, Núm. 6, *El cicle de l'aigua a Bàrcino. Una reflexió entorn de les noves dades arqueològiques*, pp. 108-133.

Giner, D., 2013, Codex, *Memòria de la intervenció arqueològica de la plaça dels Peixos, carrer dels Capellans i plaça d'Isidre Nonell*, Barcelona.

Triay, V.; Juan, LL., 2009, *Memòria de la intervenció arqueològica preventiva efectuada a la finca Ripoll 25, capellans 10-16. Districte de Ciutat Vella, Barcelona*.

Nadal, E.; Varas, O., 2016, *Intervenció arqueològica al carrer de Ripoll 25/ Plaça Vuit de Març*, Barcelona.

Nadal, E., 2009, *Intervenció arqueològica al carrer de Ripoll 25 - carrer dels Capellans, 10-16*, Barcelona.

Granados, J.O.; Puig, F., 1993, *Intervencions a Barcino (1982-1989). Barcelona. Aqüeducte romà, Anuari d'intervencions arqueològiques a Catalunya. Època romana i antiguitat tardana. Campanyes 1982-1989*, Barcelona, pp. 108.

Juan LL., 2009, *Memòria de la intervenció arqueològica al carrer Duran i Bas, 16 (Barcelona)*, Barcelona.

2011, *Principles of Seville, International Principles of Virtual Archaeology*, Sevilla.

Webgrafia:

<https://www.antrophistoria.com/2017/04/la-arqueologia-virtual-y-los-principios.html>

www.londoncharter.org

<http://cartaarqueologica.bcn.cat/>

<http://ajuntament.barcelona.cat/arqueologiabarcelona/pla-barcino/barcino3d/>

7. Annex:

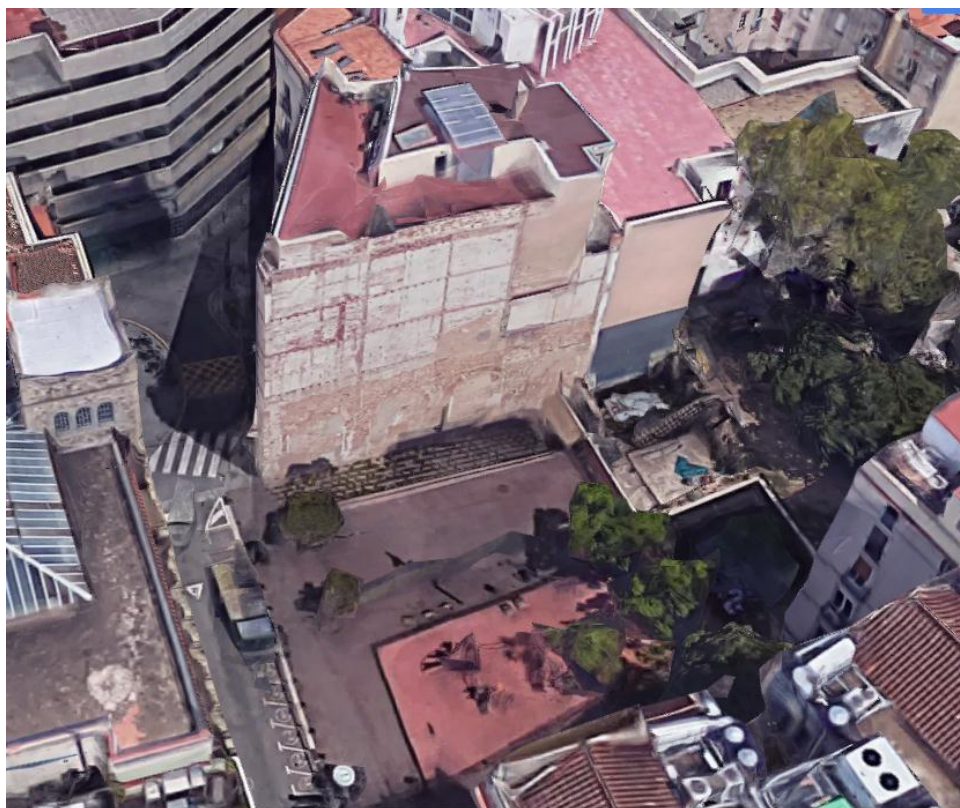


Fig. 7.1. Entorn actual del tram de l'aqüeducte (Google Maps)



Fig. 7.2. Cantonada de l'aqüeducte (J.A. Benseny)



Fig. 7.3. Casal jove amb arcs ficticis (J.A. Benseny)



Fig. 7.4. Arcs 3 i 4 (A. López)



Fig. 7.5. Arcs 1 i 2 (J. A. Benseny)



Fig. 7.6. Roca marcada (A. López)



Fig. 7.7. Suport de biga del tercer pilar (A. López)



Fig. 7.8. Porta petita (A. López)



Fig. 7.9. Totxos rosats (A. López)



Fig. 7.10. Porta gran i arc modern (A. López)



Fig. 7.11. Farciment de l'arc modern (A. López)

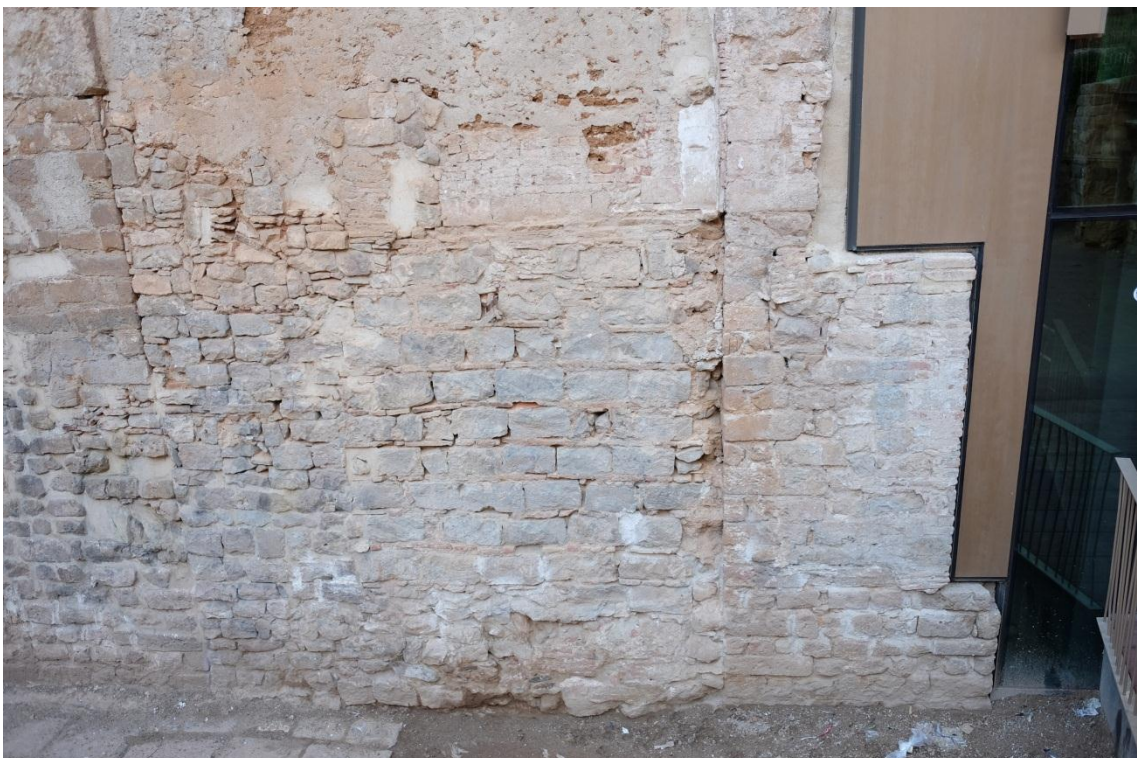


Fig. 7.12. Carreus travessats per teules (J. A. Benseny)



Fig. 7.13. Primer buidatge del 3r arc (A. López)

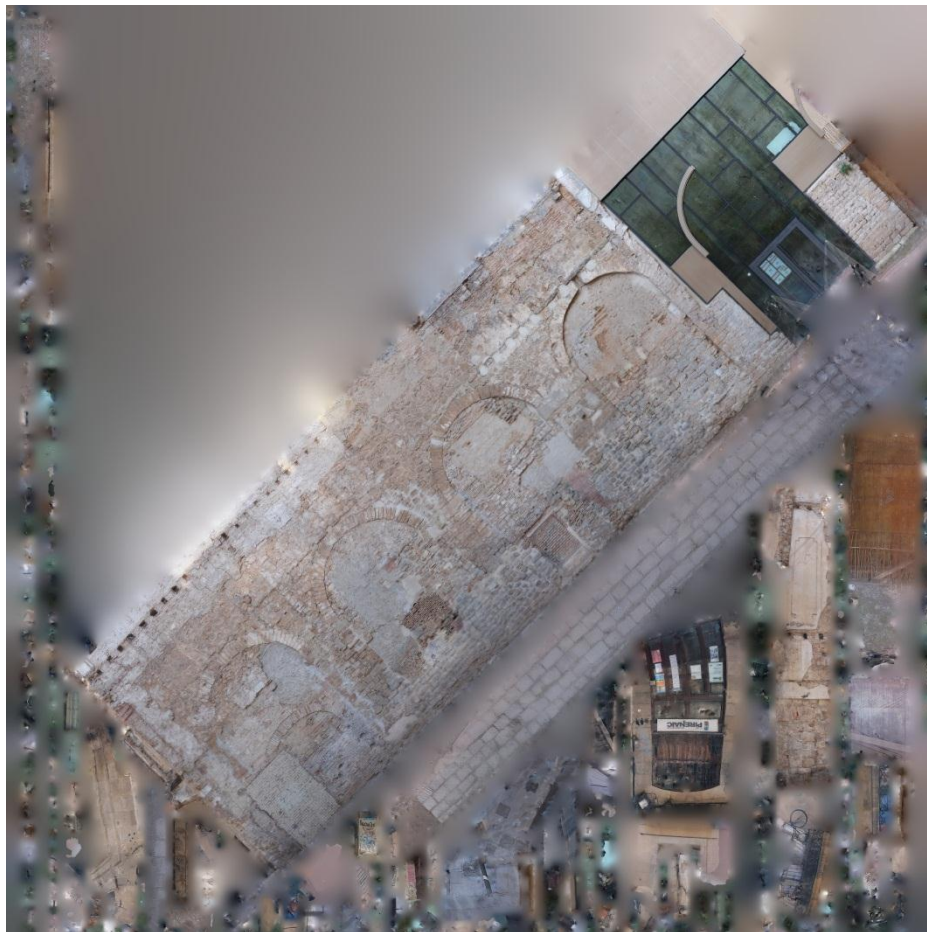


Fig. 7.14. Textura del model fotogramètric (A. López)



Fig. 7.15. Modelatge del primer intent de recreació (A. López)



Fig. 7.16. Recreació amb la línia de costa massa a prop (A. López)