

DOCUMENTAR, CONSERVAR I DIFONDRE EL PATRIMONI A TRAVÉS DE LES NOVES TECNOLOGIES

Anna Pagès i Vilà

Treball de Fi de Grau en Història de l'Art

Tutor: Dr. David Vivó Codina

2019-2020



Als meus pares i a la meva germana per la seva paciència infinita i pel seu suport incondicional.

A tots els amics, companys i confidents que m'han acompanyat durant aquests anys, m'han fet costat i m'han animat a esforçar-me.

A tots els professors i professionals que m'han transmès la seva estima i passió per la història de l'art i que dia rere dia m'han motivat a posar-me el llistó més alt.

RESUM

El present treball té com a objectiu l'estudi de les noves tecnologies en l'àmbit del patrimoni cultural i com aquestes poden suposar, no només una eina de comprensió per al públic, sinó també una nova manera d'entendre el que veiem. Pretén mostrar com, al segle XXI, són moltes les aplicacions de les tecnologies i la importància que tenen aquestes. També la manera en què han canviat la nostra manera d'apropar-nos al patrimoni i a les institucions museístiques. De les pàgines web a les sales immersives, la selecció de mitjans digitals explicats en aquest treball vol fer veure el gran ventall i possibilitats d'aquestes, i plantejar-les com a recurs vàlid i eficaç, i com a possible solució al problema de la comprensió que trobem majoritàriament en jaciments i ruïnes.

Paraules clau: patrimoni, noves tecnologies, TIC, digitalització, virtual

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo el estudio de las nuevas tecnologías en el ámbito del patrimonio cultural y como éstas pueden suponer, no sólo una herramienta de comprensión para el público, sino también una nueva manera de entender lo que vemos. Pretende mostrar cómo, en el siglo XXI, son muchas las aplicaciones de las tecnologías y la importancia que tienen estas. También la manera en que han cambiado nuestra manera de acercarnos al patrimonio y en las instituciones museísticas. De las páginas web a las salas inmersivas, la selección de medios digitales explicados en este trabajo quiere hacer ver el gran abanico y posibilidades de estas, y plantearlas como recurso válido y eficaz, y como posible solución al problema de la comprensión que encontramos mayoritariamente en yacimientos y ruinas.

Palabras clave: patrimonio, nuevas tecnologías, TIC, digitalización, virtual

ABSTRACT

The present paper aims to study new technologies in the field of cultural heritage and how these can not only be a tool that helps the public understand, but also a new way of understanding what we see. It seeks to show how, in the 21st century, we can use these new technologies for a lot of things, what their importance is and how they have changed the way we approach the heritage and museum institutions. From web pages to immersive rooms, the selection of digital media explained in this paper seeks to see a great variety of them and their possibilities, and to consider these media as a valid and effective resource, and as a possible solution to the problem of comprehension, which we find mostly in archaeological sites and ruins.

Keywords: heritage, new technologies, ICT, digitalization, virtual

ÍNDIX

- 6 Introducció
- 9 Dificultats en la interpretació del patrimoni
- 15 La reconstrucció virtual
- 21 Sistemes de visualització
 - 21 La realitat virtual
 - 24 La realitat augmentada
 - 28 Els models 3D
 - 32 La sala immersiva (CAVE)
 - 34 Els videojocs
- 40 Un cas d'estudi: Els temples de Bagan a Myanmar
- 54 Conclusions i consideracions finals
- 57 Referències bibliogràfiques
- 67 Annex: Suports visuals



INTRODUCCIÓ

Els processos de globalització són una característica cada vegada més present en el món contemporani. Aquests van de la mà de les noves tecnologies, que no només veiem implementades als processos econòmics sinó que durant els darrers anys també han arribat a sectors com el cultural. Amb aquest nou panorama, hi ha hagut un increment significatiu d'aplicacions tecnològiques relacionades amb les institucions culturals, són moltes les que han experimentat amb la tecnologia, beneficiant-se de les TIC. Aquest ús de les tecnologies pot anar des d'una simple aplicació a una reconstrucció virtual en 3D. És evident que, els canvis que s'han produït en el món tecnològic, són tants i de tal magnitud que, com bé expressa Veltman (2005:5) qualsevol intent de pronosticar amb precisió l'impacte de les tecnologies de la informació i la comunicació (TIC), també en l'àmbit del patrimoni cultural, seria en va.

Si entenem el patrimoni com el “conjunt de testimonis que constitueixen l’herència cultural de la societat” («patrimoni cultural | enciclopèdia.cat», 2018: §1) o com la

pròpia herència cultural del passat d’una comunitat amb la qual viu en l’actualitat i que transmet a les generacions presents i futures. El concepte no depèn dels objectes o béns sinó dels valors que la societat en general els atribueix en cada moment de la història, els quals determinen quins béns són els que cal protegir i conservar per la posteritat (Plans i Maestra, 2015:4),

i les TIC com les tecnologies de la informació i la comunicació, veiem que aquestes últimes poden actuar com una possibilitat per reinventar la manera en què veiem el patrimoni, i els llocs que el contenen, per crear noves activitats i serveis, i fer desaparèixer barreres físiques.

Pel que fa a la utilització de les TIC en l'àmbit cultural, podem parlar principalment de quatre tipus de camps diferenciats: En primer lloc s'utilitzen per a la documentació, gestió de la informació i per a la digitalització de col·leccions. La investigació de caràcter científica actualment es transmet, en la seva gran majoria a través de continguts digitalitzats. La creació de coneixement cada vegada es lliga més al món digital, ja que permet treballar de manera més ràpida i global, i localitzar informacions de manera gairebé instantània. El camp patrimonial i museològic també està començant a seguir aquesta tendència. La segona aplicació té a veure amb la restauració i la conservació, on s'han realitzat aplicacions per la preservació d'originals. Les institucions culturals, arxius i biblioteques però, tenen pendent resoldre l'interrogant de com conservar tants documents digitals amb un mètode que no quedi obsolet al cap de poc temps i que faci que s'hagin de migrar les dades a un nou programari –amb el risc de perdre informació–. En tercer lloc trobem la creació artística, que rep el nom de Net Art. I finalment la quarta manera en què s'utilitzen les TIC en l'àmbit cultural és amb un objectiu didàctic i de difusió, que serà el tema que tractaré en aquest treball.

Les TIC permeten a les institucions culturals desenvolupar nous serveis i maneres d'accedir al patrimoni i als continguts que ofereix. I fins i tot atraure a nous tipus de visitants i ampliar el ventall de públic així com el nombre de visitants en general. Sense anar més lluny, per exemple, l'experiència immersiva dedicada a l'obra de Vincent Van Gogh que va tenir lloc a Barcelona del 14 de març al 2 de juny de 2019, va comptar amb més de 30.000 visites els primers deu dies des de la inauguració (Baldrich, 2019: §4).

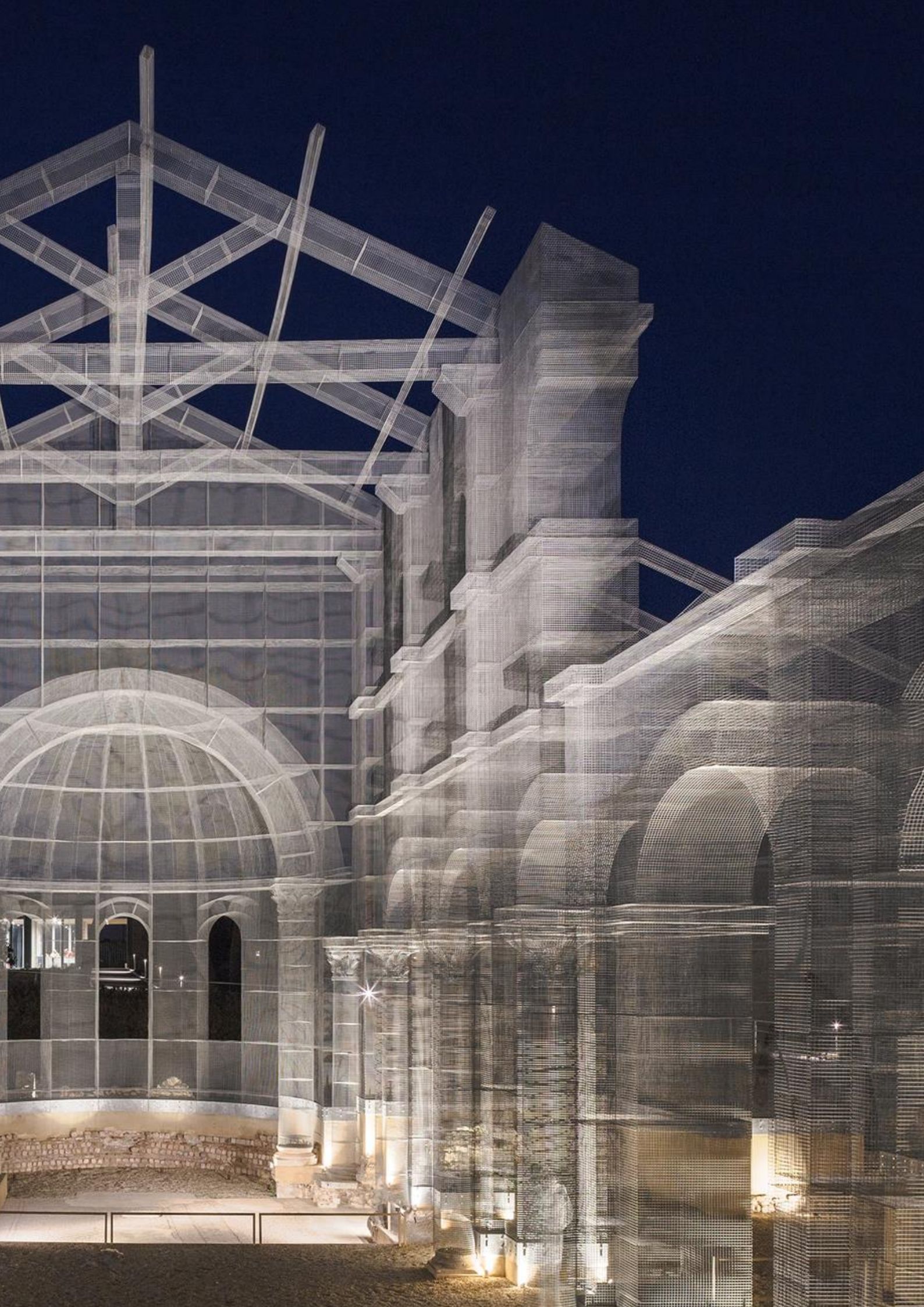
Malgrat tot cal tenir sempre en compte l'ús que en fem, que serà divers si les tecnologies són el mitjà o la finalitat en si de l'experiència. La veritable interpretació del patrimoni es produeix quan el visitant pot desplaçar-se i gaudir del bé patrimonial *in situ*. Tot i això, si que és cert que abans de desplaçar-se, una gran part dels usuaris utilitzen serveis com Internet per informar-se –que hem d'incloure dins les TIC–.

La novetat fa que aquest sigui encara un camp d'experimentació i exploració, i que per tant hi hagi risc de fracàs, per tant, com fa notar Abad et al. (2012:33), és altament aconsellable fer una avaluació continua de les aplicacions i els resultats que se n'obtenen, per obtenir informacions i conclusions que ens permetin predir què funciona i què no, i avançar sobre una base sòlida. Tot i això, la millor estratègia, segons Alzua-Sórzabal i Carreras (2012:38) és la de seguir experimentant i avaluar els resultats, tant els propis com els aliens, per generar un coneixement bàsic sobre les aplicacions de les TIC en l'àmbit cultural.

Dins del patrimoni cultural, l'auge de les noves tecnologies s'ha experimentat sobretot en l'arqueologia, on s'hi ha introduït en forma de reconstruccions virtuals, aplicacions mòbils o models tridimensionals. Em centraré específicament en aquest camp ja que és on podem visualitzar l'ús de les TIC de manera més clara.

He estructurat el treball en diverses parts. Primerament explicaré les dificultats amb què ens trobem per interpretar i presentar el patrimoni. I seguidament faré una sèrie de propostes, que explicaré a través i amb l'ajuda de projectes que s'han fet o s'estan fent, en què s'utilitzen les noves tecnologies per a la millor comprensió de l'element o elements patrimonials. Dedicaré gran part del treball a un cas d'estudi en concret, els temples de Myanmar i les diverses aplicacions tecnològiques que s'han dut a terme en aquest territori.

Amb aquest treball, vull aprofundir amb les possibilitats d'aquests nous mitjans i les aplicacions que els hi podem trobar en l'àmbit patrimonial –i en concret en l'arqueològic –, ja que, cada vegada són més presents a les diverses institucions museològiques o centres d'interpretació. Degut a la naturalesa del treball i als grans canvis que sofreixen les tecnologies amb pocs anys, he consultat principalment estudis recents de casos concrets i recursos electrònics, cosa que m'ha permès tenir una informació el màxim d'actualitzada possible.



DIFICULTATS EN LA INTERPRETACIÓ DEL PATRIMONI

Tilden al seu llibre *Interpreting our heritage* va formular la que és considerada la primera definició acadèmica del concepte *interpretació*:

La interpretación es una actividad educativa que pretende revelar significados e interrelaciones a través del uso de objetos originales, por un contacto directo con el recurso o por medios ilustrativos, no limitándose a dar una mera información de los hechos (Tilden, 2006:35).

Tot i que seguidament va complementar aquesta definició amb dues altres: “la interpretación es la revelación de una verdad superior que se oculta tras cualquier declaración de un hecho” (Tilden, 2006:35) i “la interpretación debe aprovechar la mera curiosidad para el enriquecimiento de la mente y el espíritu humanos” (Tilden, 2006:35).

La interpretació és un instrument utilitzat per apropar el visitant al patrimoni, l'utilitzem perquè facilita la presentació i l'ús social del patrimoni i pot oferir lectures i opcions per a realitzar activitats al seu entorn. Això no obstant, sempre parteix d'uns testimonis que s'han dut a terme en un lloc concret, siguin materials o immaterials, culturals o naturals. A partir d'aquests, intenta dinamitzar el patrimoni en el seu context original. És per això, que sempre es té com a objectiu la recuperació *in situ* i la màxima contextualització possible, i es rebutja la idea de l'objecte com a valor en si mateix, sense tenir en compte la seva funció o context.

La interpretació ajuda a presentar l'element o elements patrimonials de manera comprensible i atractiva, i també pot servir com a motor de gestió del patrimoni. Per aconseguir-ho, haurà de ser capaç d'atreure i mantenir l'atenció del visitant. El visitant haurà d'entendre una part de la informació i retenir-la, i aquesta informació l'habilitarà per tenir una actitud respectuosa i receptiva respecte al patrimoni (Diputació de Barcelona. Àrea de Cultura. Oficina de Patrimoni Cultural, 2006:25). A més, també és una eina molt valuosa pels mateixos professionals que la duen a terme i en fan l'estudi científic previ ja que en el procés de buscar com explicar el bé patrimonial, augmenten el grau de comprensió del jaciment arqueològic, en el nostre cas.

Aquesta idea del patrimoni com a motor de gestió apareix, aplicada a l'explotació turística del patrimoni d'un lloc concret, com a resposta de la necessitat dels territoris de destacar enfront dels altres per, d'aquesta manera, tenir més turisme. Quan es doni aquest cas hem de tenir sempre en compte que els elements patrimonials estan subjectes a la tensió entre el gaudi i la conservació, que moltes vegades poden estar renyits. Per això és molt important conscienciar als usuaris del deteriorament que poden sofrir si no se'ls visita de forma respectuosa. I serà necessari trobar un equilibri entre aquestes dues necessitats –mostrar el patrimoni al públic però alhora conservar-lo–. En aquest sentit la interpretació del patrimoni ha de servir com a eina per fomentar l'ús apropiat d'aquests espais o elements.

Aquest equilibri però, no és fàcil d'aconseguir, i fins i tot hi ha qui defensa la tecnologia (Çizel & Ajanović, 2018:133; Guttentag, 2010:637; Paquet & Viktor, 2005:7), en aquest cas concret la realitat virtual, pot usar-se com a eina de protecció agafant com a base que l'experiència que proporciona pot ser acceptada pels turistes com a substitut de la visita real de les àrees on el patrimoni sofreix sovint una perillosa degradació a causa

de les visites massives. Per Çizel & Ajanović (2018:133) les aplicacions de realitat virtual augmentarien l'accessibilitat a aquell element patrimonial però només al "món virtual". Malgrat això, els autors també accepten i reconeixen que la realitat virtual és incapaç de substituir l'experiència de viatjar i de produir-nos les emocions que tenim quan coneixem gent nova, anem a llocs nous, tastem menjar que no coneixíem... Continuen però, fent la reflexió que no hem d'oblidar les persones que per una raó o altra no poden viatjar, per les quals la realitat virtual seria una bona solució.

El principal suport d'aquest tipus d'enfocament metodològic i de gestió és el centre d'interpretació —és a dir, utilitzant les TIC—, que normalment trobem en parcs naturals, jaciments arqueològics o centres històrics entre d'altres llocs. Té com a objectiu que el visitant interactuï i descobreixi el patrimoni i per aconseguir-ho utilitza un discurs interpretatiu que mostra, en la gran majoria dels casos, a través d'elements tecnològics o audiovisuals.

Quan parlem de patrimoni hem de ser conscients que la millor manera de conservar-lo és aconseguir que les persones del territori se'l sentin seu, és a dir, que s'hi identifiquin —ja sigui perquè el veuen un element de la seva localitat, que forma part de la seva història o tradicions, etc.—. La participació de la població local serà fonamental en els plans d'interpretació, ja que és important que puguin participar en el procés de crear el missatge que es pretén transmetre al visitant i amb el qual els membres de la comunitat estiguin d'acord. És important que la població s'identifiqui amb el pla i el senti com a propi. És més, cal ser conscients que una de les formes de comunicació que dona més resultat entre els visitants és el boca-orella. Tot i que també és molt important el treball en xarxa i la publicitat conjunta entre diferents centres de la mateixa regió o lligats per una temàtica similar.

Si parlem la interpretació com a comunicació, acte que es dona entre un emissor, en aquest cas l'element patrimonial, i un receptor, en aquest cas el visitant, podríem posar l'exemple d'un jaciment arqueològic on, perquè el visitant pugui comprendre allò que està veient, cal que prèviament un arqueòleg hagi estudiat i tret conclusions del jaciment, i que un intèrpret hagi convertit l'informe arqueològic en un discurs que sigui entès pel visitant.

Seguint amb el mateix exemple. Si anem al jaciment i no tenim uns coneixements bastant fundats del lloc, el seu context i el que estem veient, la gran majoria de nosaltres no ens farem una idea del que estem veient. I és més, encara que ens indiquin que el que tenim davant és una casa, per exemple, no la podem visualitzar, perquè no sabem la forma que tenia, els materials amb què estava construïda o la manera de viure dels qui l'habitaven.

A l'hora d'interpretar el patrimoni, normalment necessitem algú que ens descodifiqui els missatges prèviament, ja que aquests tindran nivells de complexitats molt variats, i moltes vegades també un cert grau d'ambigüitat. És per això que, davant la complexitat del patrimoni, s'utilitzen diverses estratègies per a presentar-lo, com mostrar-lo a l'interior d'un edifici o pel contrari mostrar-lo in situ. També trobarem un condicionament de l'entorn, senyalització, informació interpretativa adaptada a tots els segments de públic, intervencions de preservació, etc. En la mesura que sigui possible s'intentarà mostrar el patrimoni dins el seu propi context. Dins dels recursos interpretatius hi podem trobar tant els més habituals —amb textos, mapes, gràfics,

fotografies– com els més arriscats –com audiovisuals, muntatges expositius, recreacions o realitat virtual– (Diputació de Barcelona. Àrea de Cultura. Oficina de Patrimoni Cultural, 2006:36).

El 2001 Morales va dir

Todo intento de realizar interpretación, como cualquier otra intervención de tipo social, cultural o educativa, debe tener algún propósito, alguna finalidad, pensada para que contribuya a un mayor estado de las personas y las cosas. En este oficio no realizamos acciones “porque sí”, sino que éstas van encaminadas a conseguir situaciones que redunden –por ejemplo– en la conservación del patrimonio que va a ser objeto de interpretación, en el disfrute por parte del público y su comprensión de una realidad, o -incluso- en la mejora de la imagen de la institución (Morales Miranda, 2001:8).

És a dir, la interpretació del bé patrimonial que volem dur a terme ha de tenir un propòsit clar, i hem d'orientar els nostres esforços per a aconseguir-lo. Aquest plantejament també és vàlid a l'època de la digitalització. Cal definir què volem explicar i com ho volem explicar. Per complir els nostres objectius ens seran útils els estudis de públic que incloguin investigacions sobre els coneixements, les motivacions del visitant, la lectura i la interpretació que fan del que se'ls mostra, les seves percepcions, el valor didàctic dels textos exposats o el valor pedagògic de les visites guiades (Diputació de Barcelona. Àrea de Cultura. Oficina de Patrimoni Cultural, 2006:60).

Des de fa uns anys, el museu, acostumat a ser l'única veu dominant, veu com ha de cedir protagonisme, obrir-se a la conversa i, sobretot, a escoltar als usuaris. És imprescindible prestar atenció a les opinions, suggeriments o demandes d'aquests, ja que el públic vol ser tractat de manera més directa i propera. En aquest moment ocorre un fenomen que canviarà el paradigma de les institucions culturals i que Martínez Sanz (2012:16) ha expressat de manera molt clarificadora: es passa del monòleg al diàleg. Però com s'arriba a aquest punt? Internet n'ha sigut el principal contribuïdor i, més concretament, la web 2.0, també coneguda com a web social, que posa l'accent en el desenvolupament d'aplicacions i serveis socials que promouen la participació, interacció i col·laboració de l'usuari. Aquesta web 2.0, per tant, ha modificat la manera en la qual ens comunicàvem, creant un espai on tothom pot opinar, i qualsevol usuari pot ser iniciador d'una conversa o moviment en contra o a favor de la nostra institució. Dit d'una altra manera, el poder es desplaça del museu o centre cultural a l'usuari (Carpintier, 2015:13).

Les xarxes socials es troben al centre d'aquest nou entorn visual, que permet a una gran audiència publicar continguts, compartir-los, completar-los, editar-los i participar de manera gratuïta i immediata. Per les seves característiques, les xarxes socials han revolucionat el camp de la comunicació. A més, la web 2.0 s'utilitza moltíssim a través dels dispositius mòbils, cosa que es fa que se'n pugui fer ús des de qualsevol lloc i en qualsevol moment, tant per consultar informació com per crear-ne i compartir-la (Cardona Gómez & Feliu Torruella, 2012:84).

La comunicació, per tant, “ha encontrado en el escenario digital un nuevo campo de batalla”, on gran part del seu públic, que cada vegada es va fent més gran, i on “el mensaje no entiende de límites espacio-temporales”. I aquest recurs suposa una oportunitat, més que un inconvenient, per a una expansió (Martínez Sanz, 2012:16).

Tot i que en un primer moment, la utilització de les TIC en l'àmbit cultural va ser tímida, durant els darrers anys ja podem detectar un gran ventall de museus que utilitzen tota mena d'aplicacions mòbils, codis QR, pantalles tàctils, tecnologies sensorials, la geolocalització o la realitat augmentada, entre altres tecnologies, amb la finalitat d'enriquir el procés de descobriment de les seves exposicions i activitats (Quintanilla et al., 2015:4).

Hem de tenir present però, que encara que les noves tecnologies ajudin a interpretar el patrimoni, segueixen estant en fase d'experimentació i explotació. Poc a poc es van descobrint les potencialitats d'aquestes i diverses maneres d'utilitzar-les. I tot i que també provoquen debats com el de qui té accés a les TIC o si tothom pot aprendre a utilitzar-les, és a dir, la qüestió de l'anomenada fractura digital, que exposa que la tecnologia i la revolució digital hauria generat una bretxa generacional que faria que la població d'una certa edat ja no estigui familiaritzada amb aquest tipus de tecnologia i que, en conseqüència, la tecnologia acaba sent un element d'exclusió (Busquet, Aranda, Ballano, Sánchez-Navarro, & Cinthya Uribe, 2012:188). Si, per exemple, volguéssim descarregar-nos l'*app* mòbil d'un museu, o fins i tot consultar la seva pàgina web, hauríem de tenir accés a Internet, un mòbil i saber-ho utilitzar. Tot i que el 2005, durant les conferències sobre les TIC que van tenir lloc a Zagreb, es va subratllar que el percentatge de la població que té accés a Internet varia en cada país de la Unió Europea i que la seva utilització deixaria a un sector exclòs (Aizlewood et al., 2005:103-104), actualment la major part de la població mundial ja no té aquest problema.

Les dificultats o obstacles amb què ens podem trobar per accedir al patrimoni no només venen de barreres físiques sinó que també existeixen les barreres de comprensió. La dificultat que suposa dotar d'accessibilitat universal al patrimoni, i en especial l'arqueològic, és definida per la mateixa naturalesa d'aquest: normalment el trobem situat en llocs aïllats, mal comunicats, presentant estructures parcials, incompletes, deteriorades, etc. Fet que dificulta molt la comprensió sense una interpretació adequada basada en un estudi rigorós i científic previ (Garrochena Rivas, 2017:46; Paladini et al., 2019:929).

Aquestes dificultats –que podríem anomenar històriques o tradicionals– quan parlem del patrimoni, les TIC volen superar-les i permetre a les institucions culturals desenvolupar nous serveis i maneres d'accedir al patrimoni i als continguts que ofereix el centre, i fer-ne una interpretació més accessible. I fins i tot atreure a nous tipus de visitants i ampliar el ventall de públic així com el nombre de visitants en general. Més enllà de les preguntes i del nou plantejament que susciten aquestes noves eines, es tracta d'identificar les potencialitats i capacitats de les noves tecnologies, i les noves aplicacions que podem trobar a aquestes, perquè ens ajudin a valorar el nostre patrimoni a través d'un major grau de comprensió.

Respecte a la relació entre les noves tecnologies i el patrimoni arqueològic, a vegades s'arriba a un abús quan s'utilitzen recursos tecnològics pel sol fet que són una novetat, moltes vegades ni tan sols pensant si aquests seran útils per al públic. Existeix una tendència a utilitzar cada vegada més la tecnologia mòbil en les institucions culturals i moltes vegades, sense que això suposi una millora respecte al que hi havia abans.

Un dels recursos més utilitzats pels museus i centres d'interpretació són les aplicacions mòbils, conegudes com a *apps*. Però moltes vegades la novetat es troba en el

suport i no en els continguts, fet que només fa entorpir la visita. En altres paraules, les informacions que trobem en aquest tipus d'*app* és la mateixa que hi hauria a la pàgina web o al tradicional fulletó de paper. En aquests casos, les aplicacions només s'utilitzen com un recurs informatiu, però no aporten cap valor afegit al visitant (López Benito & Santacana Mestre, 2013:10). Com ja he dit, les noves tecnologies han de suposar una millora i s'han d'adequar a la museografia en el cas d'un museu o als diversos sistemes d'interpretació que utilitzem quan decidim ofertar-les al públic.

Per altra banda, l'anomenada "museologia nòmada", descrita per F. Xavier Hernández, Tània Martínez i M^a del Carme Rojo a *Los límites de la interactividad*, com

La acumulación en un solo artefacto portable (nómada) de diversas funciones informáticas y de comunicación va a permitir una nueva relación del usuario con los museos. La tecnología nómada va a facilitar la intermediación en el interior del museo, pero también va a posibilitar mantener contacto con la institución desde el exterior. De ello se desprende una dinámica de desubicación de la museografía que puede resultar interesante. Este proceso no invalidará la generación y alcance de la museografía virtual in situ ni la de aquella que aplique realidad aumentada o nuevas experiencias multimedia (Hernández Cardona, Martínez Gil, & Rojo Ariza, 2010:590)

és un concepte interessant, que ara potser ja ens sembla d'allò més normal. Aquesta museologia nòmada, que utilitza la tecnologia portàtil per facilitar l'accés a la informació al públic, es presenta enfront de la tradicional solució a la qüestió de la interpretació en jaciments arqueològics, resolta mitjançant panells interpretatius o plafons amb informació tant gràfica com escrita. La museologia nòmada als anys vuitanta era visible només a través de les audioguies i les PDA's, que permetien al visitant un notable grau d'autonomia. Més endavant, la museologia nòmada es transformarà en ordinadors portàtils, *smartphones*, *tablets* o GPS. Aquestes eines se serviran d'una potent connexió a internet, del *bluetooth*, o dels codis QR.

Darrerament, veiem també reconstruccions virtuals i models tridimensionals de jaciments, ja sigui en l'àmbit de la recerca científica, de la divulgació o la publicació. Pel que fa a les *apps*, la geolocalització és un element cada vegada més present. A partir d'aquests recursos podem tenir dispositius amb imatges de realitat augmentada, de manera que l'usuari pugui veure el món real amb informació addicional (Echarte Ventura, 2013:41).

El cas, però, és que les noves tecnologies que s'usen en l'àmbit cultural o patrimonial haurien de ser un mitjà per aconseguir els objectius proposats, però mai una finalitat en si mateixos (Echarte Ventura, 2013:65). En tot cas, a l'hora d'utilitzar les TIC ens hem de parar a reflexionar (Garrochena Rivas, 2017:53-54):

- S'ha produït un especial enriquiment de l'experiència del visitant?
- Aquestes eines han facilitat la interpretació?
- Han servit per interpretar, per fer accessible l'espai que s'està visitant?



LA RECONSTRUCCIÓ VIRTUAL

Quan parlem de reconstrucció amb relació a béns patrimonials immediatament ens venen al cap tot un seguit de teories de la restauració, entre les quals la de Cesare Brandi i la Carta del Restauro de 1972. En aquesta es concebia la restauració com “qualsiasi intervento volto a rimettere in efficienza un prodotto dell’attività umana” (Brandi, 2000:3) però dins aquesta definició tan general, clarifica que “lo scopo del restauro sarà con ogni evidenza di ristabilire la funzionalità del prodotto, e, pertanto, la natura dell’intervento di restauro sarà esclusivamente legata alla realizzazione di questo scopo” (Brandi, 2000:3).

La teoria de Brandi és fruit de la seva activitat laboral a l’Institut del Restauro de Roma i representa un pensament comú a la necessitat de la restauració, que el 1936 es posa per escrit. Aquesta teoria tractarà diverses qüestions com el temps o l’espai de l’obra d’art. Però també el tema que ens ocupa a nosaltres, és a dir, de la reconstrucció, de la que dirà

L’intervento [...] deve limitarsi a svolgere i suggerimenti impliciti nei frammenti stessi o reperibili in testimonianze autentiche dello stato originario. [...] il restauro deve mirare al ristabilimento della unità potenziale dell’opera d’arte, purché ciò sia possibile senza commettere un falso artistico o un falso storico, e senza cancellare ogni traccia del passaggio dell’opera d’arte nel tempo (Brandi, 2000:17).

El 1972 la Carta de la Restauració va resultar ser un document de gran rellevància en molts aspectes, que va permetre reflexionar sobre la restauració i la conservació dels béns patrimonials, i va unificar les pràctiques que es feien o no en aquest àmbit. En última instància podríem dir que va establir les directrius a seguir pel que fa a la restauració –en més o menys mesura depenent del país on ens trobem–.

Actualment, ens trobem amb un cas que Brandi no havia plantejat, ni segurament, s’hauria imaginat mai: les restauracions digitals. Aquestes, pel sol fet de no treballar directament sobre el bé patrimonial i no ser invasives –és per aquest caràcter entre altres factors que permeten una adequada divulgació (Piquer-Cases, Capilla-Tamborero, & Molina-Siles, 2015:258)–, poden superar les restriccions imposades a la restauració tradicional i actuar sobre els béns culturals sense alterar-los.

En la situació tradicional, la reconstrucció literal sobre el patrimoni no està permesa, com pretenia Brandi. En el cas del nostre país, si consultem l’article 35 sobre els criteris d’intervenció de la Llei 9/1993, del 30 de setembre, del Patrimoni Cultural Català, veiem que diu (Departament de Presidència, 1993:14):

d) És prohibit de reconstruir totalment o parcialment el bé, excepte en els casos en què s’utilitzin parts originals, i de fer-hi addicions mimètiques que en falsegin l’autenticitat històrica.

I si consultem l’article 24 sobre les normes específiques d’intervenció en béns immobles i els seus entorns de protecció de la Llei 3/2013, del 18 de juny, del Patrimoni

Històric de la Comunitat de Madrid, publicada també al BOE, hi llegirem (Comunidad de Madrid, 2013:16):

b) Se admitirá la reconstrucción total o parcial, exclusivamente en los casos en los que la existencia de suficientes elementos originales así lo permita. Se prohíben las adiciones que falseen la autenticidad histórica del bien.

Però al marge de si s'ha o no de restaurar, o en quins termes s'ha de fer, el que busca Brandi és l'autenticitat del bé o element patrimonial, concepte que també hem de tenir en compte si parlem en termes digitals. Quan fem la reconstrucció virtual d'un bé patrimonial, en la majoria dels casos d'un jaciment arqueològic, serà essencial indicar quina part del producte digital és autèntica en referència al seu equivalent material i que és fruit d'una hipòtesis.

Abans d'endinsar-nos amb les reconstruccions virtuals, hem de tenir present, que aquesta és només una de les moltes solucions a les que s'ha arribat per a fer comprendre al públic les estructures i elements en general que hi havia al jaciment i que ara han desaparegut o es conserven de manera parcial. Altres mètodes per a fer comprendre al visitant la dimensió física del jaciment són les reconstruccions físiques a partir de documentació i les restes que han quedat al jaciment arqueològic com van fer amb la Stoa d'Àtal a Atenes (<http://agora.ascsa.net/id/agora/monument/stoa%20of%20attalos>) (Fig. I), les reconstruccions fetes amb la tècnica de l'arqueologia experimental com la ciutadella ibèrica de Calafell (<http://www.rutadelsibers.cat/Jaciments/La-Ciudadella-Calafell>) (Fig. II), l'arqueologia volumètrica on s'insinuen les volumetries però no es reconstrueix com es va fer al conjunt arqueològic de Santa Maria di Siponto amb les Basíliques d'època posterior (<http://www.blindeyefactory.com/gallery-view/edoardo-tresoldi/>) (Fig. III), la tècnica del *lineout* que trobem a la Vil·la romana de Rockbourne d'Anglaterra (<https://www.hampshireculture.org.uk/rockbourne-roman-villa>) (Fig. IV), o les estructures fantasma que podem veure a Carnuntum de Pertoneil, a Àustria (Fig. V) (<https://archaeology-travel.com/top-picks/ingenious-archaeological-reconstructions/>).

La reconstrucció digital d'un bé patrimonial és interessant perquè qui no és expert, no pot concebre l'element patrimonial si en veu només les restes arqueològiques. I d'aquesta manera, si la gran majoria dels visitants no entenen el que veuen, perdran l'interès, cosa que provocarà l'oblit i en conseqüència la desaparició d'aquell bé. És per això que, en aquest sentit les reconstruccions virtuals ens poden ajudar a reconstruir, reinterpretar i difondre aquell coneixement al públic. I per tant, alhora aconseguirem no perdre els documents i la informació d'aquell lloc, i en darrera instància, podrem conservar-lo.

Una altra qüestió important a l'hora de fer una reconstrucció digital, que també va lligada a l'autenticitat, és la de la transparència en el procés d'elaboració. Cal seguir una metodologia clara, transparent i científica, que pot ser la utilitzada per al desenvolupament d'una construcció arquitectònic tradicional. I el primer pas serà

sempre la documentació i recollida de dades, que inclou rastrejar les fonts documentals, fer una investigació bibliogràfica, consultar les dades de les excavacions, etc. És important també ordenar els documents segons la cronologia, ja que, com sabem, els béns patrimonials no han sigut construïts i han romàs immòbils (Haegler, Müller, & Van Gool, 2009:10; Zuk, Carpendale, & Glanzman, 2005:1-2), sinó que la gran majoria consten de diverses fases, alguns fins i tot presenten reconstruccions i canvis d'usos. Cal crear una base de dades digitals de la documentació gràfica partint dels documents arqueològics, d'aquesta manera es podrà formular una hipòtesi d'acord amb les informacions que hem trobat. Tots aquests documents posteriorment s'inclouran a la memòria del projecte (Piquer-Cases et al., 2015:264; Vico López, 2011:153).

Una última qüestió a tractar, que encara forma part d'un debat vigent amb diverses posicions (Haegler et al., 2009:2-3; Piñero, 2013:74) és el grau d'híper-realisme o abstracció amb què s'ha de representar un bé patrimonial. En un primer moment ho podem tenir claríssim: el nivell de realisme més alt possible. Hi ha qui defensa però, com (Niccolucci, 2002:4), que moltes vegades les reconstruccions virtuals utilitzades per científics tenen detalls estètics moltes vegades innecessaris, en canvi pel contrari, a vegades hi ha representacions als museus que estèticament no atrauen gaire. En definitiva, el que defensa Franco Niccolucci és que la reconstrucció virtual ha d'estar adaptada al context en què s'exposarà –si ha d'estar en un lloc amb visitants convindria que fos atractiva visualment mentre que si s'ha fet per un estudi que no ho requereix, no caldrà dedicar-hi temps–.

Però aquí hi entra un segon factor, què fem amb aquells punts que desconeixem per manca de documentació? Les reconstruccions virtuals no sols s'utilitzen per a la difusió del patrimoni o com a eina d'entreteniment (en el cas dels videojocs) sinó que també serveixen de base per a noves hipòtesis i permeten visualitzar característiques que d'altra manera serien difícils d'apreciar o fins i tot de pensar-hi. És per això que han de ser el màxim rigoroses possibles i, com ja hem esmentat en paràgrafs previs, i ha d'indicar clarament els punts d'incertesa en els models presentats (Haegler et al., 2009:1). Però al mateix temps volem que el públic al qual va dirigida la difusió d'aquell bé patrimonial tingui una experiència bona que no topi amb parts de la reconstrucció en blanc. Així que, com solucionem el conflicte entre veracitat científica i representació realista?

La Carta de Londres (2009), de l'ICOMOS tracta precisament aquest tema. S'enumeren diversos principis fonamentals per a la representació tridimensional del patrimoni cultural. Entre els diversos punts, s'especifica que (ICOMOS, 2009:5,7):

4.2 Se deben diseñar y financiar estrategias de documentación que mejoren activamente el proceso de visualización, fomentando y ayudando a estructurar una cuidadosa y meditada práctica.

4.4 Debe quedar meridionalmente claro para los usuarios que es lo que cada visualización computarizada trata de representar. Por ejemplo: una visualización exacta de los restos que se han encontrado, una restauración virtual basada en las evidencias encontradas o una reconstrucción hipotética de un determinado objeto o sitio perteneciente al patrimonio cultural. Así mismo debería quedar totalmente claro el alcance y la naturaleza de cualquier incertidumbre factual.

6.1 Todas las estrategias de visualización computarizada deben tomar en consideración su inmenso potencial para mejorar el acceso de investigadores y usuarios al patrimonio cultural, en la medida en que muchas veces este patrimonio se torna inaccesible por causas de salud, seguridad o minusvalía, por motivos económicos, políticos, medioambientales, o simplemente porque el objeto representado se ha perdido, ha sido destruido, está en peligro o disperso, o se encuentra en pleno proceso de reconstrucción o restauración.

Hem de recordar també, pel que fa a aquest últim punt, que l'ICOMOS (1990), a la Carta Internacional per a la Gestió del Patrimoni Arqueològic, feia incís en la inclusió de la participació de la població en les polítiques de conservació del patrimoni arqueològic. Aquesta participació és essencial i les polítiques han de tenir en compte l'accés als coneixements per part de la població.

Tot i aquestes directrius hi ha qui encara no veu clara aquesta qüestió. Si es fa una reconstrucció molt detallada i híper-realista, hi ha el perill que el públic doni per correcte cada petit detall, encara que la reconstrucció estigui basada en una o més hipòtesis o conjetures. Això pot portar a concepcions errònies. Posarem un exemple: si hi ha una zona en què no es sap què hi havia, moltes vegades per cobrir-ho i no deixar-ho en blanc es copia i s'enganxa un element o elements d'un altre lloc on si que sabem com era, per exemple una columna o un capitell. Aquesta estratègia crea repeticions que, donen una aparença de simplicitat que pot donar la impressió d'una tecnologia molt sofisticada, ja que veurem el mateix patró repetit moltes vegades, com si s'hagués volgut donar una uniformitat a l'espai urbà. A més, les omissions, que podem considerar una altra forma de simplificació, poden acabar no fent justícia a l'element representat. Per exemple, si no sabem els colors amb què es pintava un edifici grec, el fet de deixar-lo sense pintar, podria perpetuar una de les idees errònies més esteses pel que fa a aquesta cultura: que els edificis no estaven pintats. En aquest cas seria millor intentar especular que no ometre aquest important detall (Haegler et al., 2009:2).

Podem agafar un cas real, per fer l'exemple més visual, la reconstrucció virtual de



Fig. 1 Reconstrucció de Pompeia. Extret de (Haegler et al., 2009:6)

l'Antiga Pompeia, on s'ha hagut de fer front a zones d'incertesa perquè no han estat excavades (Haegler et al., 2009:6). Pompeia va ser una ciutat romana destruïda el 79 aC, que ha estat reconstruïda virtualment en col·laboració a molts arqueòlegs que han aportat plànols i dibuixos, cosa que ha permès ubicar els edificis i elements urbans de la ciutat. El resultat ha estat el de 1.400 milions de polígons al màxim grau de detall. El que

veiem en la reconstrucció virtual és la clara diferenciació del que és hipotètic –zones en vermell– d'allò que no (Fig. 1).

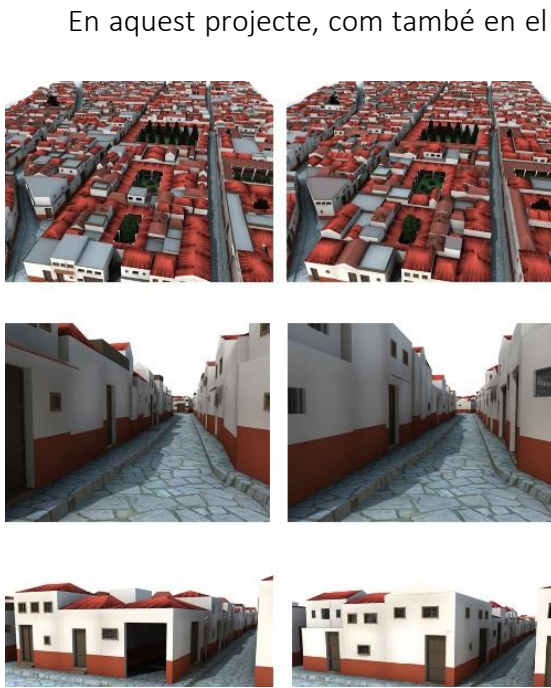


Fig. 2 Parells de fotos per mostrar que els que s'hi representa és una hipòtesi. Extret de (Haegler et al., 2009:9)

En aquest projecte, com també en el de Rome Reborn 2.0, el que es va fer a l'hora de representar hipòtesis de com eren els edificis, les façanes, la forma dels sostres, les dimensions de les portes i finestres, i els carrers, en definitiva, va ser crear parells d'imatges on es veien les subtils diferències en les edificacions. D'aquesta manera veiem que el que es manté igual en les dues representacions és allò que està estudiat mentre que el que canvia és la representació fruit d'una hipòtesi (Fig. 2). En el projecte de Rome Reborn 2.0, també es van fer diferents reconstruccions amb diversos graus de precisió per homogeneïtzar la representació dels edificis dels quals es tenia constància com eren dels que no (Dylla, Frischer, Müller, Ulmer, & Haegler, 2008:64).

La preocupació per mostrar el grau de fiabilitat de les reconstruccions és una qüestió molt present pels qui les fan i les solucions proposades varien de projecte a projecte. Aparicio Resco (2014) ens proposa donar-ho a conèixer a través d'una escala de colors, mètode utilitzat en el projecte Byzantium 1200 –en la reconstrucció del Port de Teodosi (Fig. VI)–. Es tracta de pintar cada sector de la reconstrucció virtual amb el color que li correspongui de l'escala segons el grau de reconstrucció virtual amb el color que li correspongui de l'escala segons el grau d'evidència històrica que tinguem d'aquell punt en concret, del color blau si la reconstrucció és fruit de la imaginació tenint en compte el context històric, fins al vermell si encara es conserva per complet l'estructura.



SISTEMES DE VISUALITZACIÓ

Un cop tenim aquest element patrimonial reconstruït, caldrà difondre'l a la població, tal com recomanava l'ICOMOS (1990) a la Carta Internacional per a la Gestió del Patrimoni Arqueològic, ja esmentada prèviament. Aquest caràcter obert també formarà d'altres documents publicats per aquest òrgan internacional, com la Carta internacional del turisme cultural (1999), que posa l'èmfasi també en la qüestió de la sostenibilitat. Per fer-ho, podem utilitzar diversos sistemes de visualització que tindran diferents característiques.

Hi ha moltíssimes maneres de difondre el patrimoni i, com he dit, també de visualitzar les reconstruccions virtuals, però jo em centraré amb cinc, que explicaré a continuació. Aquests seran la realitat virtual, la realitat augmentada, els models tridimensionals, les sales immersives o CAVE, i finalment els videojocs. Malgrat això, no hem d'oblidar que existeixen altres maneres de donar a conèixer el patrimoni, ja sigui amb les *apps* mòbils, els *mappings*, les visites virtuals, els vídeos en 360º, les pàgines web o els jocs seriosos.

LA REALITAT VIRTUAL

La realitat virtual és un sistema on que consisteix en crear per ordinador un entorn amb el qual l'usuari podrà interactuar. Per tant podríem dir que l'usuari té el control de l'experiència. Aquest podrà moure's, caminar, descobrir i interactuar amb l'entorn a temps real (Çizel & Ajanović, 2018:133; Olgúin Carbajal, Rivera Zárate, & Hernández Montañez, 2006:5). La realitat virtual tal com la coneixem però, no arribarà fins al 1975 quan, Myron Krueger creï el seu sistema d'interacció en dues dimensions, el *Videoplace*, que captava la silueta de l'usuari a través d'una càmera de vídeo i n'utilitzava les extremitats i el cap com a elements d'interacció (Çizel & Ajanović, 2018:132).

Si reculem una mica més en el temps, a l'any 1956, hi trobarem el precedent i sistema que podríem considerar l'origen de la futura realitat virtual, el *Sensorama* de Morton Heiling (Fig. VII). El cineasta estatunidenc va crear

“una mena de cabina unipersonal, on l'espectador havia d'asseure's i mirar cap a un visor especial semblant al periscopi d'un submarí. S'hi projectaven pel·lícules estereoscòpiques (és a dir, amb un punt de vista diferent per a cada ull, que creava l'efecte de tres dimensions) en color, d'aproximadament dos minuts de durada. Aquestes imatges anaven acompanyades d'una banda sonora, d'efectes d'aire, olors i moviment o vibració del seient de l'usuari. Aquest sistema no era controlat per un ordinador i encara menys era interactiu, tot i que ja mirava de crear una primera experiència mitjançant els estímuls humana i de desenvolupar un inici d'interfície persona-màquina” (Parés & Parés, 2010a:6).

No podem considerar el *Sensorama* un sistema de realitat virtual pel fet que tot el seu funcionament era mecànic i no per ordinador.

Després del *Sensorama* i el *Videoplace*, als anys noranta es va viure una consolidació i diversificació d'aquesta tecnologia, ampliant les seves aplicacions. Hem de tenir en compte, que els sistemes gràfics en tres dimensions han permès treballs molt més ambiciosos. Serà també durant aquests anys que la realitat virtual s'obrirà al gran públic amb els salons recreatius, a través dels videojocs. Un any més tard, el 1993, apareixerà el primer joc de realitat virtual per a ordinador, el *DOOM*.

Com hem esmentat abans, en un sistema de realitat virtual és l'usuari qui té el control, per tant pot decidir què vol veure, quan i com. Això suposaria que el sistema hagués de tenir infinites configuracions a disposició de qui l'utilitza, fet que resulta impossible. És per això que el sistema genera allò que l'usuari demana, però en el moment en què ho necessita. És a dir, és necessari que el sistema doni a temps real una resposta basant-se en allò que demana l'usuari amb els seus moviments, però sense sortir d'un conjunt de possibilitats emmagatzemades abans. Per fer-ho, ha de respondre al moment tenint en compte els estímuls que rep per part de l'usuari. Mentre que aquest, en cap cas cal que expressi explícitament en què vol, no ha d'utilitzar cap comandament o ratolí, sinó que simplement ha de fer el mateix gest que faria al món real –com moure el cap, per exemple–.

Si comparem la realitat virtual amb la tecnologia *multimèdia*, veiem que a la primera l'usuari pot crear nous escenaris i combinacions a través del que vol veure, en la segona, en canvi, el que l'usuari veu ha estat gravat prèviament i aquest no pot canviar les informacions. D'aquesta manera, podem distingir el que és i el que no és realitat virtual.

Quan parlem de la realitat virtual, el primer que ens ve al cap són les ulleres (Fig. VIII) o casc per a experimentar aquesta tecnologia però no s'utilitzen en tots els casos. Mentre que per algunes aplicacions l'aïllament que proporciona el casc està justificada en altres casos és millor fer ús de la realitat virtual a través de pantalles. Tot i que aquests tòpics encara estan molt presents en l'imaginari del conjunt de la població, la majoria de sistemes de visualització que s'utilitzen actualment no aïllen l'usuari.

La realitat virtual no només pot ser útil en termes de difusió al públic, sinó que també permet documentar, fer estudis o difondre el patrimoni a la població sense haver de desplaçar-se, intervenir o comprometre la integritat del bé patrimonial en cas que sigui fràgil, si, per exemple s'ha digitalitzat el lloc en qüestió a través de la fotogrametria o l'escanejat làser.

Són molts els sistemes de visualització que podem utilitzar per a mostrar la informació extreta d'estudis que té com resultat la realitat virtual o les reconstruccions virtuals. Alguns exemples d'aquests sistemes de visualització serien a través d'un monitor, pel que fa a la realitat virtual s'utilitza la variant anomenada *desktop VR*¹; un projector, que permetria experiències per a auditoris grans, tot i que habitualment només

¹ Vegeu Oculus. (2018, desembre 1). *Virtual Desktop | Rift, Oculus Go + Gear VR*. [Vídeo] Recuperat de <https://www.youtube.com/watch?v=62W00S6yNkA>

és un usuari qui mana; ulleres de cristall líquid o LCD²; els cascos o HMD (*headmounted displays*), que són els sistemes de visualització que s'associen comunament a la realitat virtual, basats en unes ulleres o cascs amb pantalles col·locades davant dels ulls i que aïllen l'usuari de la realitat, o en els darrers anys un mòbil amb una carcassa –com les Cardboard (Fig. IX)–; o el sistema del tipus CAVE, constituït per una sala envoltada de projeccions; sistemes del tipus dom o cúpula. El sistema *QTVR (QuickTime virtual reality)*³, basada en una imatge panoràmica de 360º, també s'usa molt tot i que no la podem englobar dins la realitat virtual, ja que encara que sí que és interactiva, no es genera en temps real. Tot i això és una molt bona eina de visualització en l'àmbit patrimonial.

Encara que moltes vegades pensem la realitat virtual com una tecnologia molt llunyana i poc accessible. En certa mesura, això era cert fins que el 2014 Google va desenvolupar les anomenades Cardboard (Google Developers, 2014, 0:58-1:28), un tipus d'ulleres de cartró especialment pensades per a que qualsevol persona amb un *smartphone* pugui experimentar la realitat virtual des de casa amb un cost considerablement baix (entre 10 i 20€). A partir de la venda d'aquestes ulleres, s'han creat moltes aplicacions adaptades a la realitat virtual, una de les darreres és *My Virtual Armenia*, sorgida de la col·laboració de l'Smithsonian Institute i el CyArk (Smith, 2018: §3), o pàgines web com RoundMe (<https://roundme.com/>) que han adaptat les panoràmiques en 360º per a poder-les veure també en realitat virtual.

Les tècniques d'anàlisi de la imatge digital utilitzades en els últims anys, ha permès oferir una visió més completa de les obres, per exemple posant en relleu les pintures que a ull nu no es perceben de manera nítida. Per altra banda, després de la investigació ha d'haver-hi la divulgació i difusió, per tal que els visitants puguin gaudir i tenir una millor experiència del patrimoni. Només aleshores, quan la població pugui entendre'l, el defensarà i el voldrà conservar. Tot i això, aquest mètode també té els seus desavantatges, com no poder-te comunicar amb els altres usuaris pel fet que les ulleres t'aïllen completament de la realitat, o no poder-te moure quan portes les ulleres posades –a la Domus Aurea experimentes la realitat augmentada assegut, i al jaciment d'Empúries o a l'Ara Pacis te les posen en llocs concrets–.

² “Aquestes ulleres tenen, en comptes de lents, unes pantalles de cristall líquid o LCD que pot quedar completament translúcid o completament opac segons convingui. El funcionament es basa en el fet que les imatges presentades al monitor o en la projecció han d'alternar les de l'ull dret i les de l'ull esquerre. L'ordinador, mitjançant un emissor d'infrarojos, avisa les ulleres quan mostra la imatge dirigida a l'ull dret i quan mostra la imatge dirigida a l'ull esquerre. En el moment en què l'ordinador presenta la de l'ull dret i avisa les ulleres, les ulleres deixen completament translúcida la pantalla dreta i completament opaca l'esquerra. D'aquesta manera, només veu la imatge l'ull dret. Quan l'ordinador mostra la imatge de l'ull esquerre i avisa les ulleres, les ulleres inverteixen l'opacitat de les pantalles, de manera que ara només veu la imatge l'ull esquerre. Alternant les imatges i les pantalles de les ulleres cent vint vegades per segon, l'usuari no percep cap mena de parpelleig i, en canvi, té la sensació que veu les imatges de manera simultània amb cada ull. D'aquesta manera el seu sistema de visió fusiona les dues imatges i, així, percep la sensació de profunditat per estereoscòpia.” (Parés & Parés, 2010a:14,15).

³ Vegeu Pinon, L. (1998). Valencia. Excursión Virtual. Recuperat de <http://whc.unesco.org/archive/websites/valencia/us/city/pgs/es.cit.gtvr.htm>

LA REALITAT AUGMENTADA

La realitat augmentada és un sistema que permet superposar continguts virtuals sobre imatges que s'han obtingut a través de la càmera del dispositiu, o sobre el propi jaciment. Les informacions afegides poden ser tant imatges o textos com figures en 3D o fins i tot un vídeo. Per tant, es combina el que és virtual amb la realitat, és a dir, s'augmenta la quantitat d'informació que percebem amb informació generada per ordinador. D'aquesta manera, els continguts que s'afegeixen, complementen les imatges que veiem a través la càmera del dispositiu i poden ajudar a l'usuari a tenir un major grau de comprensió del que està visitant, en el nostre cas un element patrimonial (Fig. X). En paraules de Raúl Reinoso:

“En [la] Realidad Aumentada el usuario puede interactuar en un entorno real complementado con información virtual, percibiendo que lo real y lo virtual coexistente. Se mantiene el contacto con la realidad y por tanto existe la posibilidad de recibir información externa sobre acciones a realizar” (Reinoso, 2013:6).

Actualment, i gràcies a l'auge dels dispositius mòbils, hi ha una major oferta d'aquest tipus de tecnologia i moltes més possibilitats en aquest camp, i tot i que aquesta tecnologia ja es coneixia des del 1960, s'ha començat a popularitzar ara (Kounavis, Kasimati, & Zamani, 2012:1; Reinoso, 2013:4).

En un inici, la realitat augmentada havia de fer ús d'un casc per poder-se visualitzar, i a causa de la capacitat limitada dels ordinadors, només es podien mostrar imatges molt senzilles en temps real. El terme “realitat augmentada” va ser utilitzat per primer cop el 1990 per Tom Claudell, que era investigador de la companyia aèria Boeing per referir-se a un sistema que permetia als enginyers de l'empresa acoblar sistemes de cablejats molt complexes. Per tant veiem que, en un inici les seves funcions estaven molt allunyades de l'àmbit patrimonial.

Durant la dècada dels anys noranta del segle passat les funcions de la realitat augmentada es varen ampliar i va començar a usar-se amb finalitats no només industrials sinó també militars encara que seguia romanent fora de l'abast del gran públic. Això, va canviar el 1999 quan Hirokazu Kato va crear ARToolkit⁴, que permetia crear aplicacions de realitat augmentada i va fer que aquesta tecnologia fos accessible a un major nombre d'investigadors.

Actualment, podríem afirmar que amb el desenvolupament dels *smartphones* i per l'auge dels dispositius mòbils en general, la realitat augmentada està vivint l'època daurada, ja que s'han desenvolupat un gran nombre d'aplicacions senzilles d'utilitzar que tenen un gran nombre de consumidors –el cas més corrent són els filtres que Instagram ha incorporat a les històries que l'usuari pot penjar–.

⁴ L'ARToolkit és una biblioteca oberta pensada per als creadors de realitat augmentada. Va ser feta amb l'objectiu de garantir la continuïtat dels models creats i per tal que les futures generacions hi puguin tenir accés.(«About ARToolkitX», s.d.; «Realidad Aumentada: ARToolkit para animación de personajes», 2003)

Una de les raons de l'èxit i gran difusió de la realitat augmentada és que no és un sistema que necessiti gaires elements tècnics per posar-la en pràctica, contràriament al que hem vist amb la realitat virtual. Només cal, doncs, que tinguem un ordinador, una *tablet*, un *smartphone* o una consola de videojocs amb càmera i un software que pugui sobreposar contingut digital sobre una imatge obtinguda amb la càmera. També necessitarem elements que activin la realitat augmentada, aquests poden ser externs – és a dir, captats per la càmera del dispositiu, com codis QR, marcadors, objectes o imatges, o punts geolocalitzats– o activats per nosaltres mateixos des del dispositiu (Ministerio de educación, 2017:155; Reinoso, 2013:9). Per tant, veiem que actualment la gran part de la població té les eines necessàries per utilitzar-la.

Des del punt de vista dels visitants, la realitat augmentada ajuda a comprendre allò que en un principi sense explicacions i panells informatius no s'entendria sigui perquè les peces estan deteriorades sigui perquè no ens fem a la idea del que estem veient. Posem per exemple el cas d'un jaciment arqueològic, Empúries, on el que ens ha arribat són els fonaments de la ciutat. Un visitant tipus no tindrà al seu imaginari com era la tipologia de cases de l'època o com eren els temples. Però la realitat augmentada ho pot solucionar.⁵

Archeoguide és un dels referents principals pel que fa a l'aplicació de la tecnologia de la realitat augmentada en l'àmbit patrimonial i més específicament, en l'arqueològic. El seu nom és l'abreviació d'Augmented Reality-Based Cultural Heritage On-Site Guide – és a dir, Guia de patrimoni cultural in situ basada en la realitat augmentada– i és un projecte creat a principis de la dècada dels 2000 a partir de la iniciativa de la Unió Europea, on també hi van participar el Ministeri de Cultura grec, diverses institucions i empreses privades, que té l'objectiu comú de proporcionar una guia electrònica *in situ* que inclogués la reconstrucció del jaciment que s'estava visitant a través de la realitat augmentada. Volia ajudar als visitants i professionals a apreciar i comprendre com era l'ara jaciment en el passat. Amb projectes com aquest, que serveix de pont entre la ciència i l'oci, es vol arribar a un públic més extens. L'*Archeoguide* té diferents modalitats, tenint en compte si l'usuari és un professional de l'àmbit o un visitant no expert, i si la seva visita ha de tenir un caire educatiu, cultural o d'investigació arqueològica (Vlahakis, Karigiannis, Tsoiros, Gounaris, & Almeida, 2001:1).

El sistema està compost per diverses parts:

En primer lloc hi ha el servidor amb la informació del lloc, un ordinador central on hi ha la base de dades. És el dipòsit principal del sistema, emmagatzema informació visual, textual i d'àudio relacionada amb el jaciment i els seus monumentals. La base de dades emmagatzema la informació per temàtiques com la posició geogràfica, el tipus d'ítem – un temple–, el nivell d'informació –general, científica, detallada...–, el tema de la informació –relacionada amb l'esport–, etc. Depenent de les preferències de l'usuari, la seva posició al jaciment i el tipus de visita que faci, obtindrà unes informacions o unes

⁵ Vegeu International Augmented Med EU Project. (2015, juny 29). *SPAIN-Empuries - Augmented Reality app at archaeological site*. [Vídeo] Recuperat de <https://www.youtube.com/watch?v=YKTdXKbN07s>

altres. La base de dades també inclourà les eines necessàries perquè els administradors del sistema puguin afegir-hi nous tipus de visites o noves informacions.

En segon lloc hi ha la unitat mòbil. Els visitants seran, cadascun d'ells, una unitat mòbil. N'hi ha de tres tipus: els que duran un ordinador, els que utilitzaran una *tablet* i els que faran la visita amb el mòbil. Aquests dispositius portàtils proporcionaran la informació emmagatzemada a la base de dades del servidor i incorporaran un sistema per identificar el que està veient l'usuari. Aquesta última informació possibilitarà que el sistema pugui fer les recreacions 3D dels monuments i elements sobre la imatge que està veient l'usuari a través del dispositiu, que obté mitjançant la càmera. El fet que el dispositiu fos portàtil, va ser una de les prioritats principals del projecte, ja que d'aquesta manera, l'usuari té mobilitat total per veure les diferents parts del jaciment amb la realitat augmentada.

En tercer lloc tenim la infraestructura de comunicació, les xarxes sense fils que permetran connectar el servidor de la base de dades amb les unitats mòbils. La xarxa haurà de cobrir tot el jaciment per tal que sigui on sigui l'usuari, li arribi la informació al

seu dispositiu mòbil. La xarxa del jaciment d'Olímpia a Grècia, on es va dur a terme aquest projecte, podia suportar fins a 50 usuaris.⁶



Fig. 3 Atletes creats en realitat augmentada competint a l'estadi. Extret de (Vlahakis et al., 2001:8)

Les reconstruccions 3D d'edificis i monuments es feien a través d'imatges o vídeos segons el dispositiu mòbil. Les reconstruccions van ser fetes a partir de les restes arqueològiques i documentals, seguint un procés científic. En el cas de l'estadi, s'inclouïa una reconstrucció dels antics Jocs Olímpics amb atletes

que hi competien. Per representar-los, es van haver de fer models virtuals d'humans amb un alt grau de realisme, tenint en compte els moviments i elements que s'utilitzaven en cada modalitat esportiva. Aquests models de persones es van crear tenint en compte descripcions històriques publicades per experts en l'antiga civilització grega i en els antics Jocs Olímpics. Es van poder representar les proves de *Diaulos* –una cursa de dues vegades l'estadi– (Fig. 3), el tir de javelina, el tir de disc, la carrera amb armadura i el salt de llargada.

Per a una experiència més realista, es van crear també panoràmiques en 360°, sobre les quals hi havia les reconstruccions en realitat augmentada. Així, l'usuari podia tenir una visió de conjunt més realista. Les reconstruccions de les panoràmiques eren d'alta qualitat tot que no rigoroses del tot ja que, per exemple, a l'Heraion (fig. 4) no mostren cap mena de policromia i hi falten tríglifs. No és rar que darrera l'aspecte atractiu de la reconstrucció hi hagin llacunes alhora de reconstruir alguns aspectes de l'edifici, en aquest cas.

⁶ Vegeu Centro de Computação Gráfica. (2018, juliol 6). *Projeto Archeoguide (2000-2002) - Vencedor de Prémios LAVAL Virtual 2002*. [Vídeo] Recuperat de <https://www.youtube.com/watch?v=38z3pASLnlk>

Aquest projecte, com he esmentat anteriorment, va ser dut a la pràctica al jaciment arqueològic d'Olímpia, a Grècia, i avaluat a través de grups heterogenis d'usuaris. En un principi es van marcar com a objectius per a la seva representació en 3D el temple d'Hera, el temple de Zeus, el Philippeion i l'Estadi (Fig. 4). Tenint en compte aquests objectius es van crear diversos itineraris que farien passar a l'usuari prop d'aquests, i en concret pel punt des d'on es pot observar millor l'edifici, i d'aquesta manera poder veure'n la reconstrucció en realitat augmentada des del millor punt. Es va comprovar també, que funcionés el sistema de localització de la posició de l'usuari. Seguidament es van introduir fotos des del punt on s'havia de situar l'usuari i des d'angles lleugerament diferents perquè el sistema pogués detectar on era l'usuari i mostrar la reconstrucció de manera correcta.



Fig. 4 Fotos comparatives de la part posterior del temple d'Hera, la primera veient només la a través de la càmera, i la segona utilitzant la realitat augmentada. Extret de (Vlahakis et al., 2001:7)

Després de seleccionar 50 usuaris de diferents edats, gèneres, nacionalitats, nivells educatius, etc. se'ls va fer un qüestionari per a recopilar la seva experiència. En general la resposta dels usuaris és que l'Archeoguide és un bon sistema i que els hi agradaria veure'l aplicat en altres jaciments, sobretot va ser entre els usuaris més joves – i més familiaritzats amb majors coneixements informàtics, més acostumats a utilitzar dispositius mòbils, *tablets* i ordinadors– on va tenir més èxit. Van agradar les reconstruccions i la realitat augmentada. Pel que fa als usuaris de major edat, es veuen aquestes tecnologies com una experiència d'oci i d'aprenentatge. Per últim, les persones de major edat, tenien ganes de provar el sistema però no es sentien còmodes, tot i això tenien curiositat.

Les crítiques van ser sobretot dels usuaris que no tenien facilitat amb l'anglès i no eren grecs, perquè els únics idiomes disponibles eren aquests dos. També es van rebre negativament les *tablets* que el poc contrast de la seva pantalla feia difícil veure el que s'hi mostrava –pensem que estaven a l'exterior un dia de sol–. Els usuaris també van valorar negativament l'alt preu a pagar per al lloguer del material i l'assegurança en cas d'accident o dany.

Tot i això, els usuaris van apreciar molt les reconstruccions realistes de la realitat augmentada tot i queixar-se del pes dels dispositius mòbils – hem de tenir en compte que l'estudi es va fer el 2001, quan els *smartphones* no eren tan lleugers ni habituals com actualment–. I finalment, les panoràmiques també van tenir molta bona rebuda. Els resultats d'aquest projecte de realitat augmentada, per tant, van ser valorats molt

positivament i el sistema va ser acceptat amb molt entusiasme pels usuaris, sobretot pels més joves.

ELS MODELS 3D

“La digitalització tridimensional és la generació d’un model informàtic tridimensional d’un objecte” així defineixen (J C Torres, Cano, Melero, España, & Moreno, 2010:51) el modelatge en tres dimensions, amb el qual podem obtenir models molt exactes de monuments històrics o jaciments arqueològics entre altres elements patrimonials. La seva evolució, com ja hem vist en els casos anteriors, també ha estat condicionada per l’evolució de les tecnologies, en aquest cas en la major part de fotogrametria i escanejat en tres dimensions.

A vegades, els dibuixos arqueològics, fets seguint un codi específic –com per exemple les plantes o les seccions–, no són comprensibles per a tothom, i queden relegats a un petit cercle d’experts en la matèria –arqueòlegs, delineants, etc.– o persones amb unes nocions bàsiques. La representació bidimensional –és a dir, un dibuix– d’un element tridimensional, sempre farà que el resultat sigui una abstracció, que passarà necessàriament per una simplificació de la realitat geomètrica de l’objecte (Tejado Sebastián, 2005:140). Respecte a aquests dibuixos, la representació digital pot servir per fer que la peça pugui ser llegida i entesa millor per un major nombre d’individus.

El modelatge 3D és un altre dels sistemes que permetrà llegir de manera més senzilla l’objecte patrimonial i tenir-ne una major comprensió tant a professionals del patrimoni com al públic menys especialitzat. Amb aquesta tecnologia podem veure l’aspecte exterior en color de l’element en qüestió. A més, pel seu format digital podem penjar-lo online i consultar-lo des del qualsevol lloc del planeta. Una de les pàgines web més rellevants pel que fa al modelatge 3D és Sketchfab, el repositori en línia més conegut en l’àmbit patrimonial tot i que també n’hi ha d’altres, com 3DHop. Sketchfab permet publicar, compartir, comprar i vendre contingut en 3D. És una plataforma utilitzada per museus tan coneguts com el Museo Archeologico Nazionale di Napoli, el British Museum, o l’Academia de Bellas Artes de San Fernando (<https://sketchfab.com/>) entre molts altres, tot i que també es pot utilitzar a títol personal. Sketchfab ha sigut la plataforma escollida pel projecte Rekrei (<https://projectmosul.org/>), que utilitzant fotografies digitals de qualsevol persona que en tingui i vulgui participar, reconstrueix elements patrimonials ja desapareguts pel motiu que sigui a partir de tècniques de fotogrametria.

Tot i que l’escàner làser ja existia cap als anys seixanta, no va tenir un vertader impacte fins que els anys noranta un dels enginyers de Cyra Technologies va desenvolupar el primer sistema portàtil d’escanejat làser en 3D⁷ que permetrà prendre les mesures de l’objecte que tinguem al davant de manera ràpida i senzilla, i més precisa

⁷ De fet, aquest enginyer de Cyra Technologies serà Ben Kacyra, el fundador del CyArk, del qual se’n parlarà a l’apartat *Un cas d’estudi: els temples de Bagan a Myanmar*.

que si ho haguéssim de fer manualment⁸. Aquesta és una de les tècniques que van permetre agilitzar el procés. Després d'agafar les mesures que necessitem, introduïrem les dades en un programa de disseny tridimensional i podrem crear un núvol de punts – *point based rendering*–, que correspondrà amb punts de la superfície de l'element que volem reproduir (Torres, Melero, Cano, Martín, & León, 2007:2). A partir d'aquesta haurem de crear una malla poligonal per després obtenir el model 3D.⁹ Com més punts hagi captat l'escàner, més rigorós serà el model –tot i que podem arribar a tenir problemes amb l'altíssima quantitat de dades que dona, perquè la major part dels softwares no son capaços de suportar-la–. Tot i això la major o menor precisió que vulguem del model dependrà de l'ús que en vulguem fer després. Seguint aquest procés, serà molt senzill afegir fragments perduts, per exemple.

La resolució dependrà de la tecnologia de l'escàner làser que utilitzem i de la distància en què s'ha processat l'objecte. A banda de l'escanejat làser, existeix una altra manera de digitalitzar els diferents elements: la fotogrametria.¹⁰

La fotogrametria è l'insieme delle tecniche di rilievo che permettono di acquisire misure su forma e posizione di un soggetto tramite l'analisi congiunta di almeno due foto che lo inquadrano da punto di vista differenti (Antinori, Blasetti, & Magnoni, 2019:81).

La fotogrametria, que segueix un procediment molt similar al ja explicat per a l'escanejat làser –també tindrem un núvol de punts que haurem de convertir en una malla poligonal–, està prenent més i més protagonisme en l'àmbit del patrimoni i sobretot de l'arqueologia. Aquesta tècnica presenta notables avantatges respecte a l'escanejat làser, com l'alt nivell de detall, els costos moderats que suposa i la portabilitat dels equips, que són càmeres (Cardenal Escarcena et al., 2010:460). A més, el software utilitzat per aquesta tècnica, principalment Agisoft Metashape (abans anomenat Photoscan) és cada vegada més precís. Actualment també hi ha *apps* que et permeten realitzar models tridimensionals –de més baixa resolució– amb el propi mòbil, cosa que fa aquesta tècnica molt més pràctica. A la plataforma Sketchfab, per exemple, comprovarem que pràcticament tots els models són resultat de la fotogrametria.

La tècnica de la fotogrametria també ha sigut utilitzada per presentar els resultats del projecte Patrimoni en 3D de la Generalitat de Catalunya (Generalitat de Catalunya, s.d.), que engloba projecte com la reconstrucció virtual de la Domus dels Mosaics a Empúries (Patrimoni Gencat, 2017), el cas d'Ullastret 3D, el de la Basílica de Sant Fructuós a Tarragona (Muñoz Melgar, Macias Solé, Teixell, Puche Fontanilles, & Fernandez Pino, 2016) o el del Vilamuseu (Marqués, 2018; «Vila Museu | El nuevo museo de la Vila Joiosa», 2016). Aquest últim utilitza models 3D impresos per, a través del tacte, arribar a

⁸ Vegeu Kacyra, B. (2011, juliol). *Ancient wonders captured in 3D*. TED Talk. [Vídeo] Recuperat de https://www.ted.com/talks/ben_kacyra_ancient_wonders_captured_in_3d minuts 1:20–2:30

⁹ Vegeu DLT Solutions. (2016, octubre 7). *Laser Scanning for As-Built Drawings*. [Vídeo] Recuperat de <https://www.youtube.com/watch?v=F7gktaMblLY>

¹⁰ Vegeu Patrimoni Gencat. (2019, gener 21). *El patrimoni en 3D: Fotogrametria*. [Vídeo] Recuperat de https://www.youtube.com/watch?v=TiNxHPd_5fQ

un sector del públic específic, aquell que té dificultats visuals. Els models tridimensionals, també poden ser un gran aliat a les aules perquè permeten als estudiants copsar detalls que haurien comprès amb molta més dificultat a través de recursos textuais.

Tot i que pugui semblar que amb la fotogrametria només podem obtenir un model digitalitzat de les restes arqueològiques o de l'objecte que fotografíem, pot ser un bon punt de partida per a una reconstrucció virtual. A la vil·la romana d'Aiano, prop de San Gimignano, es conservaven en peu només bases dels murs i elements decoratius, tot i que aquests es trobaven fora del seu context original (Ferdani, Demetrescu, Cavalieri, Pace, & Lenzi, 2020:6). Les comparacions amb altres edificis similars eren difícils perquè l'estructura arquitectònica en qüestió era molt particular, però tot i això es van extreure informació d'altres fonts com teories constructives i de proporcions que es feien servir o fragments arquitectònics que s'havien ensorrat per tenir una base sòlida sobre la qual fer el model virtual. En aquest projecte es va decidir utilitzar l'arqueologia virtual per a obtenir visió més profunditzada de com podria haver sigut el lloc a l'antiguitat a través d'un model 3D sobre el qual veure-hi reproduïdes les seves hipòtesis per analitzar la major o menor plausibilitat d'aquestes. Es va incloure un model tridimensional pintat segons la naturalesa de la reconstrucció, depenent de si l'element arquitectònic s'havia trobat intacte, fragmentat o era una hipòtesis per a una major transparència sobre el procés que s'havia seguit per arribar a aquell resultat.

Hi ha, encara, un tercer procés per obtenir models tridimensionals, que utilitzarem en el cas que hàgim de crear una reconstrucció de grans dimensions, i no només d'un objecte específic. Podem fer-ho a través del modelatge procedural, que es basa en la creació d'elements a través d'algoritmes. En el primer cas l'objecte és modulats mitjançant fórmules. S'utilitza per a representar objectes "naturals" com arbres, muntanyes o núvols... que són diferents els uns dels altres. Es pot determinar que cada arbre tingui una forma diferent. Així podem generar un bosc de manera que cada arbre sigui divers, sense haver de modelar-los un per un. Pel que fa al segon mètode explicat per (Parés & Parés, 2010a), podem utilitzar objectes de biblioteques. Hi ha biblioteques d'objectes ja premodelats com elements arquitectònics o paisatgístics d'on podem escollir l'objecte que més s'adeqüi a les nostres necessitats.

Aquests models no només serveixen a investigadors, com ja hem esmentat en altres casos (Champion, 2017:2), sinó també a visitants i persones que no es poden desplaçar fins a aquell territori sigui pel motiu que sigui (Paquet & Viktor, 2005:2). Aquest model en tres dimensions permetrà, que il·limitats usuaris puguin interactuar amb el model sense cap mena de perill de degradació de l'original (Paquet & Viktor, 2005:1).

Cada vegada més, hi ha institucions museístiques, centres d'interpretació o jaciments arqueològics que fan ús d'aquest sistema, no només per fer divulgació i per facilitar la comprensió dels elements patrimonials sinó també per a la seva conservació. De fet, els usos de la digitalització tridimensional i el modelatge 3D del patrimoni cultural són molt extensos. Torres et al. (2010:52-53) en citen alguns —hem de pensar però, que alguns d'aquests punts no són exclusius dels models tridimensionals sinó que també podem aplicar-los a altres sistemes explicats al llarg d'aquest treball—:

- Document gràfic. El model digital és un document gràfic que ens permet tenir informació de com era l'objecte en qüestió en el moment en què es va crear la seva digitalització. És de gran importància per controlar el nivell de degradació de la peça, quan es vol realitzar una intervenció i sobretot seria de gran utilitat en la reconstrucció de l'objecte en cas de desastre, accident, destrucció o malmetement. Recordem episodis com els de la *Pietà* de Miquel Àngel a la Basílica del Vaticà, a la qual el maig de 1972 Laszlo Toth va donar 12 cops de martell (Hofmann, 1972; Paquet & Viktor, 2005:1) o la destrucció el març del 2001 del Buddha de Bamiyan a Afganistan, ordenada pels Talibans (Davy, 2015; Paquet & Viktor, 2005:1).
- Difusió. Una de les aplicacions més freqüents dels models tridimensionals és la realització de visites virtuals. Es busca la comprensió del patrimoni per part del gran públic. També s'utilitza molt en casos en què l'accés a l'obra original és difícil o perillós. Els models tridimensionals permeten, com hem esmentat abans amb la plataforma Sketchfab, que el patrimoni sigui accessible a qualsevol persona, sigui on sigui aquesta. En aquest punt és interessant no només poder difondre l'estat actual de l'element patrimonial sinó també afegir els fragments que manquen (Fig. 1).
- Maquetació. A partir del model digital podem crear-ne una impressió a escala o a mida real de gran precisió. L'empresa Factum Foundation va fer dos facsímils de les estàtues Assíries dels dos toros alats (*lamasu*) de Mossul que formaven part d'un projecte per a la restauració del patrimoni cultural de la ciutat, danyats com molts altres elements patrimonials a causa de l'ocupació de l'ISIS entre 2014 i 2017. Mentre que les originals es conserven al British Museum de Londres, els facsímils els trobem als accessos d'un dels edificis de la Universitat de Mossul. La maquetació també es pot utilitzar per a fer visites a persones amb discapacitat visual parcial o total, com és el cas del Vilamuseu o el Museu Arqueològic de Nàpols.
- Anàlisi. Podem utilitzar, com ja he esmentat abans, els models 3D per controlar l'estat de degradació del bé patrimonial. O per identificar propietats de la peça. El projecte de Tejado Sebastián (2005) tenia com a objectiu utilitzar l'escanejat tridimensional en una sivella liriforme per avaluar aquestes tecnologies pel que fa al registre, conservació i difusió del patrimoni. Gràcies a voler-ne fer un model tridimensional va aconseguir "ubicar en el lugar exacto las variaciones y cambios de color, producidas por la diferente oxidación de los materiales; verdoso en la placa de bronce y más rojizo en la aguja y pasador de hierro de la hebilla." (Tejado Sebastián, 2005:143). Quan es treballa amb models 3D, l'investigador ha de pensar com va ser fet l'element en qüestió, el tipus de cobertes i murs en el cas d'una arquitectura, els materials usats... per després plasmar-ho al model. Per tant sorgeixen hipòtesis i s'analitza l'element amb un detall que d'altra manera potser no haguéssim fet.

- Restauració. La digitalització pot ser molt útil tant per registrar l'evolució del procés, com per si s'han perdut fragments, ja que aquests es podran modelar sobre el model digitalitzat. El 6 d'octubre de 2002, va caure l'escultura d'*Adam* de Tullio Lombardo al Met de Nova York i es va decidir reconstruir-la amb l'ajuda d'imatges tridimensionals de l'escultura. El dia que va caure, expliquen (Riccardelli et al., 2014:49), "this lifesize sculpture broke into twenty-eight large pieces and hundreds of smaller fragments. Fortunately, the head, face, and torso, still connected to Adam's right thigh, were relatively unscathed in the fall, but the arms, which bore the brunt of the impact, and the lower legs suffered major damage." Davant aquesta situació, es van digitalitzar cadascun dels fragments per, no només determinar on corresponien de l'estàtua, sinó també per calcular els punts on l'estàtua havia de rebre un major pes, què havia succeït a cadascun dels fragments, i decidir com tornar-la a muntar.¹¹

LA SALA IMMERSIVA (CAVE)

Una CAVE o sala immersiva és un sistema de visualització que consisteix en una habitació a les parets de les quals s'hi projecten imatges o vídeos (Yi & Li, 2017:297). Normalment les parets són pantalles de retroprojectió que envolten a l'usuari, també es poden incloure projeccions al sostre i a terra. En aquest últim cas parlarem de "six-wall o six-side CAVE"¹² (Cimatti, 2018:34). La CAVE vol aconseguir una sensació immersiva, que aconseguix amb una perspectiva centrada en l'usuari, és a dir, les projeccions es fan des del punt de vista de l'usuari de manera que, si aquest canvia el seu punt de vista, també ho faran les imatges que veurà a les parets. Per aconseguir-ho, Cruz-Neira, la dissenyadora del CAVE, va haver d'instal·lar sensors que controlessin la posició de l'usuari en tot moment (Cimatti, 2018:33-34; Cruz-Neira, Sandin, DeFanti, Kenyon, & Hart, 1992:65).

El sistema CAVE va ser dissenyat per Carolina Cruz-Neira, Daniel J. Sandin i Thomas A. DeFanti cap al 1991 al Laboratori de Visualització Electrònica (EVL) de la Universitat d'Illinois-Chicago amb motiu de la tesi doctoral de Cruz-Neira. En un primer moment es va desenvolupar per a la visualització de dades científiques (Cruz-Neira, Sandin, & DeFanti, 1993:136). El nom CAVE és l'acrònim de *CAVE Automatic Virtual Environment* però també fa referència a l'al·legoria de la caverna explicada per Plató a La República, ja que explorem temes com la realitat i la il·lusió a través del que es projecta a les pantalles, o la percepció humana (Cruz-Neira et al., 1993:135; Pardey Ducón, 2010:1).

La primera vegada que el sistema es va mostrar públicament va ser pel SIGGRAPH del 1992, una sèrie de conferències i fira on s'exhibeixen els productes i serveix de l'àmbit

¹¹ Vegeu Met, T. (2014, novembre 12). *After the Fall: The Conservation of Tullio Lombardo's «Adam»*. [Vídeo] Recuperat de <https://www.youtube.com/watch?v=3oznnP6SkSc>

¹² Vegeu Idaho National Lab. (2014, gener 14). *Computer Assisted Virtual Environment - CAVE*. [Recuperat] Recuperat de https://www.youtube.com/watch?v=M16mz8Pc_OM

de la tecnologia a escala mundial. En aquell moment la CAVE va ser introduïda com un “teatre de realitat virtual” (Electronic Visualization Laboratory, 2008,1:24) on s’hi projectava el contingut científic dels projectes seleccionats pel jurat. Aquest últim els havia seleccionat també tenint en compte que els resultats científics poguessin ser projectats i mostrats visualment a través del sistema.

La realitat virtual havia d’ajudar a accelerar les descobertes científiques i simplificar la feina als professionals de l’àmbit en qüestió. És a dir, per ser un producte atractiu, la realitat virtual, en aquest cas visualitzada a través de la sala immersiva havia de suposar un avantatge respecte als mètodes utilitzats comunament, és a dir, respecte a visualitzar els gràfics i les dades a través d’una sola pantalla.

La CAVE del SIGGRAPH del 1992 era de 10x10x10m formada per tres pantalles de retroprojectió, una projectió al sostre i una projectió a terra (Fig. XI). Les projeccions eren a color, i hi havia més d’un altaveu perquè l’àudio no sonés des de només un punt i així afavorir la qüestió immersiva. Per últim, les mans i cap de l’usuari que utilitzava la CAVE estaven monitorats a través de sensors (Cruz-Neira et al., 1993:136).

El sistema va ser dissenyat per ser multiusuari, i així fer que l’experiència virtual no hagués de ser sempre individual. Es volia que hi hagués la possibilitat de comunicació entre els usuaris que l’utilitzaven, i així aconseguir que la realitat virtual fos més efectiva. Com que qui ho controla ha de ser només una persona, moltes vegades se n’escollirà a una perquè faci de “guia”. Aquesta és la pràctica més habitual sobretot en espais museístics, on el “guia” se situarà al davant, mentre que la resta del grup es col·locarà darrere seu. A més, aquesta metodologia també serà molt útil i pràctica, ja que ens estalviarà que cada vegada que un grup vulgui utilitzar la CAVE, una persona hagi d’aprendre com funciona (Cruz-Neira et al., 1993:138).

La sala immersiva s’ha utilitzat per recrear espais on ja no podem accedir –la superfície d’un planeta llunyà–, per visualitzar espais que no existeixen –com el projecte d’un interior– o per investigacions col·laboratives amb persones que no es troben al lloc en qüestió en aquell moment (Berka et al., 2008:1). En l’àmbit militar ha tingut funcions de simulador de vol, de visualització de dades, d’entrenament i ha servit per dissenyar prototips i desenvolupar-los (Scott et al., 1977:10-11,13).

En l’àmbit patrimonial, tot i no ser el sistema de visualització més utilitzat perquè cal tenir unes determinades instal·lacions i espais on situar-la, podem trobar-ne alguns exemples. En el cas català en tenim un exemple a Ullastret, encara que la seva sala immersiva no és interactiva.

Aquesta sala va sorgir del projecte Patrimoni en Acció, de la col·laboració del Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya i l’Obra Social “La Caixa”, i es va obrir al públic el 2016 («S’obre al públic la sala immersiva de recreació en 3D de la ciutat ibèrica d’Ullastret», 2016: §8). Però abans d’instal·lar la sala immersiva es va haver de crear una reconstrucció virtual, que només es va poder realitzar seguint el màxim rigor partint de la investigació arqueològica que es porta duent a terme des de la descoberta

del jaciment (1931) però sobretot des de fa 20 anys i amb la tecnologia d'última generació. Amb aquesta voluntat de màxima precisió en la recreació del jaciment,

La reconstrucción está basada en un momento concreto de la historia de la ciudad, entorno al 250 a. C., puesto que es el período mejor conocido a nivel científico y ello permite una aproximación más ajustada a la realidad. Aunque hubiera sido interesante poder hacer una secuencia que incluyera de alguna manera fases precedentes, estas se conocen de manera muy parcial y hubiera sido muy complicado definir aspectos básicos para la restitución virtual como, por ejemplo, la propia estructura urbana del asentamiento (Codina, de Prado, Ruiz, & Sierra, 2017:247).

I és més, una sèrie d'experts anava fent el seguiment de la reconstrucció per tal de corregir les errades que hi poguessin aparèixer. Tot i això, hi ha hagut alguns moments en què es van haver de basar en models comparatius o teòrics perquè no se'n tenia informació arqueològica (Codina et al., 2017:249). En aquest cas, es va optar per una recreació virtual d'una qualitat fotorealista, que després seria la que s'adaptaria a la sala immersiva i, tot i que no estigui habilitat al museu, a les ulleres de realitat virtual HTC Vive (Codina et al., 2017:252).

La sala immersiva està inspirada en el concepte de la CAVE, en el cas d'Ullastret d'uns 10 m² i visible en tres de les quatre parets de la sala, on s'hi projecte el l'audiovisual de 6 minuts de la reconstrucció en català, castellà, anglès, francès o alemany (Fig. XII). Pel que fa a l'audiovisual,

el espectador hace un viaje onírico a la ciudad ibérica, paseando por sus calles y casas vacías. La historia está narrada por un antiguo habitante, perteneciente a las élites, que recuerda momentos dramáticos vividos en su ciudad. En este sentido, el concepto y estructura narrativa intentan alejarse del tradicional audiovisual descriptivo y de un perfil lineal que explica el yacimiento y lo contextualiza (Codina et al., 2017:252).

La sala immersiva va ser pensada per a complementar la visita al jaciment amb l'audioguia que prèviament havia fet el visitant, per mostrar de manera més il·lustrativa com era el jaciment que acabava de trepitjar. En paraules de (Codina et al., 2017:252), la sala immersiva fins a avui, ha demostrat ser

una herramienta especialmente útil para contribuir al conocimiento y la interpretación de este patrimonio.

ELS VIDEOJOCOS

Els videojocs històrics sempre han creat controvèrsia per allò que s'hi representa, com s'hi representa i la rigorositat amb què ho fa. Un videojoc, per ser considerat històric "has to begin at a clear point in the real world history and that history has to have a manifest effect on the nature of the game experience" (MacCallum-Stewart & Parsler, 2007:204). A partir d'aquesta simple definició, ens apareixen molts tipus de videojocs comercials que la compleixen, alguns de gran èxit com *Call of Duty: World War II*, *Total War: Rome 2*, *Battelfield One*, o *Assassin's Creed* (McCall, 2019:30). Tot i això, el gènere

“videojoc històric” no existeix actualment. De tota manera, hem de tenir clar que no tots els videojocs històrics presenten el mateix nivell d’informació i detallisme pel que fa a l’època que vulguin representar, ja sigui pels personatges, pels edificis i ciutats o per la vestimenta. És clar que, això es deu al fet que la història és només el punt de partida a per mostrar batalles i assassinats –la majoria d’aquests jocs consisteixen en un personatge principal controlat pel jugador, que té la missió de matar els enemics–.



Fig. 5 Captura de pantalla de l'Assassin's Creed: Origins. Extret de <https://www.ubisoft.com/es-es/game/assassins-creed-origins/>

mitologia, o representacions de cultures entre altres elements (Fig. 5). En definitiva, ens situa en un lloc i època que podem reconèixer visualment. Però moltes vegades la història que ens presenta és molt inexacte i molt lineal, i a més, moltes vegades inclouen representacions que alteren el que realment va passar. A mesura que els videojocs han anat evolucionant, han pogut anar representant una història que es presenta com a complexa i no lineal tot i que, segueix sense ser la prioritat dels dissenyadors.

Els videojocs en tres dimensions i els jocs de tiradors en tercera persona com *Call of Duty*, *Battlefield One* o *Assassin's Creed* són els que representen el passat d'una manera més fidedigna (McCall, 2019: 31). En aquests, els fets més importants de la història no són alterats però els videojocs es basen en ser interactiu, i el jugador ha de prendre decisions, pel que no podem tenir una història lineal, perquè cada jugador tindrà una experiència diferent del joc basada en les seves successives eleccions.

Més enllà del seu principal propòsit, si ens fixem en l'escenari d'aquests, veiem que la cultura i el patrimoni estan molt lligats als videojocs. La cultura ens mostra com es vestien, quines tradicions tenien, la llengua que parlaven, les creences que tenien, els edificis que construïen i el menjar que consumien els personatges hi són representats. La cultura de cada civilització està formada per elements tangibles i intangibles, i aquests segons són difícils de representar en un videojoc, tot i que es pot aconseguir, per exemple mostrant la noció de superioritat d'alguns respecte d'altres a través de la mitologia (Balela & Mundy, 2015:5).

Des del seu naixement, als anys setanta del segle passat, els videojocs cada vegada han anat agafant més força fins que avui en dia ja els trobem presents en la vida quotidiana d'una gran part de la societat (Ortiz Carmona & Leiva Aldea, 2019:2). Actualment la indústria del videojoc és una de les més potents dins la indústria de l'oci i l'entreteniment. La majoria d'ells són macro-produccions amb pressupostos

multimilionaris, el desenvolupament dels quals sol durar diversos anys i on es contracten experts en art, arquitectura i societat de l'època que estan a disposició dels dissenyadors per tal que la recreació sigui la més fidedigna possible. És per això que els resultats són molt satisfactoris.

Un dels casos paradigmàtics, i que en l'àmbit patrimonial ha tingut molt de ressò ha sigut la sèrie de videojocs *Assassin's Creed*, creada per Ubisoft Montréal. Cadascun dels videojocs, el primer publicat el 2007 i l'últim el 2018, està situat en un escenari històric diferent. La Tercera Creuada, el Renaixement Italià, Constantinoble, la Revolució Americana i Francesa, l'Egipte Ptolemaica o la Grècia clàssica són alguns d'ells.

Partint de la base que el videojoc se situa en un esdeveniment històric de gran rellevància, és evident que la representació d'aquest ha de ser-hi present, i per tant és aquí que la reconstrucció virtual hi entra. De fet, el que veiem és la reconstrucció de com eren aquestes ciutats en aquells anys, com expressa Jade Raymond, director de l'*Assassin's Creed* "You're exploring cities that still exist today – encountering infamous individuals whose names everyone knows - witnessing battles that really occurred." (citat per Balela & Mundy, 2015:8) D'aquesta sèrie de videojocs destaca la rigorositat amb què es representen els diversos elements arquitectònics que hi apareixen, i a més, dins el joc s'hi inclou una base de dades, a la qual es pot accedir a través del menú principal, que explica breument alguns dels esdeveniments històrics, personatges, monuments o obres d'art de més rellevància a mesura que s'avança en el joc. Tot i això, des del punt de vista de la comprensió, la informació donada era bastant pobre i només hi havia una única il·lustració per acompanyar el text.

És per això, que des del 20 de febrer de 2018, Ubisoft va llançar una extensió del videojoc –en aquest cas *Assassin's Creed Origins*, ambientat cap a l'any 59 aC, a l'Egipte de la dinastia Ptolemaica, durant el regnat de Cleopatra VII segons Casey (2018:5) o durant els últims anys del regnat de Ptolomeu XIII cap als anys 51-47 aC segons Politopoulos, Mol, Boom, & Ariese (2019:319) – anomenada *Discovery Tour*, present en totes les futures edicions que faria l'empresa des de llavors. Tot i que en un primer moment es va pensar com a extensió del videojoc, immediatament es va posar a la venda una versió independent anomenada *Discovery Tour: Ancient Egypt* de manera que no cal adquirir el videojoc per obtenir aquesta extensió.

El *Discovery Tour* és una modalitat en què l'usuari es troba en el mateix ambient on normalment jugaria, però sense tenir missions, ni enemics ni violència, ni límit de temps. És una extensió pensada per a explorar lliurement i sense cap obstacle l'entorn recreat pels dissenyadors alhora que poder obtenir informació sobre els monuments, personatges, etc., com ja passava a la base de dades prèvia. La informació però, en aquest cas ja no és tan breu i està complementada per més d'una il·lustració. D'aquesta manera, el *Discovery Tour* està pensada per ser una eina educativa.

Aquesta modalitat va sorgir a causa de la demanda que va arribar a l'empresa ja des del 2014, sobretot per part de professors, d'una visió de l'entorn on es situa el joc però

de manera que no s'hi hagués de jugar. És a dir, es volia contemplar detingudament l'ambient que envoltava el joc, els edificis, els personatges, etc., elements plasmats de manera molt rigorosa i sovint exacte en el cas d'aquest joc en particular, però que, fins aquell moment només podies veure mentre jugaves. El *Discovery Tour* manté la mateixa estètica en primera persona que veiem en el joc, de manera que la interactivitat es manté, ja que va ser una característica que es va concebre com a molt interessant per a mantenir l'interès de l'usuari.

Si parlem específicament de la primera versió que es va llançar, el *Discovery Tour: Ancient Egypt*, que com bé indica el nom se situa a l'antic Egipte, compta amb 75 recorreguts de diferents temàtiques creats per historiadors i egiptòlegs: arquitectura, la població, la cultura, el patrimoni, la geografia i la fauna, etc. (Ortiz Carmona & Leiva Aldea, 2019:11; Ubisoft North America, 2018,1:16-1:42) Però també hi ha alguns recorreguts que parlen del desenvolupament del videojoc, de la creació virtual dels diversos llocs o de la metodologia emprada. D'aquesta manera els usuaris també poden detectar les llibertats creatives que s'han pres els creadors –com fer les piràmides una mica més altes per tal que es vegin des de més lluny– (Ubisoft North America, 2018, 1:54). És d'aquesta manera que a poc a poc els videojocs van mostrant el seu potencial de ser una eina no només d'entreteniment sinó també educativa.

La gamma de personatges que podem escollir al *Discovery Tour* s'ha ampliat i ja no sols comptarem amb Bayek i Aya, els personatges tradicionals, sinó també amb personatges històrics com Juli César o Cleopatra VII, o fins i tot personatges del poble egipci de les diverses classes socials. Aquesta elecció condicionarà el que veurem en els recorreguts, perquè depenent del personatge escollit viurem i veurem la ciutat des d'un punt de vista o altre. A través de la multiplicació de personatges, l'empresa Ubisoft ha aconseguit mostrar discursos moltes vegades oblidats o desconeguts que, normalment no veuríem, ja que la història que normalment se'ns explica no és la d'una persona qualsevol de la comunitat sinó la dels reis i faraons (Ortiz Carmona & Leiva Aldea, 2019:14).

Seguint en el context d'Egipte, Ortiz Carmona i Leiva Aldea (2009:15) ens fan notar que les diverses figures clàssiques –i per tant, nues–, apareixen amb petxines que els hi tapen els genitals. Aquesta censura va ser bastant polèmica tot i que l'empresa va respondre ràpidament que havien concebut el *Discovery Tour* com una eina educativa i que, per tant, volien que estigués a l'abast de tots els públics (Soret, 2018). Un altre cas de polèmica va ser el de crear les aules mixtes, cosa que és un fals històric, ja que a Egipte a les classes només hi assistien els nens i nois. Ubisoft però, dins el joc marca clarament que és un fals històric, amb el missatge:

The team made the choice to show both genders attending class within the context of the game world. Even though it is historically inaccurate, the team felt it was not necessary to prioritize historical sexism over inclusive gameplay. (Soret, 2018)

Pel que fa a l'arquitectura, veiem la reconstrucció de les piràmides, la de Kheops construïda feia ja 2500 anys, per tant ja desgastades pel temps. L'interior també es va

reconstruir, seguint la hipòtesi del moment, rampes en espiral que portaven a espais que encara no eren coneguts.



Fig. 6 Interior de la piràmide de Djoser. Captura de pantalla de l'Assassin's Creed: Odyssey. Extret de (Casey, 2018:12)

Casey (2018:12), però defensa que la reconstrucció més impressionant que s'ha fet ha estat a la Piràmide escalonada de Djoser, construïda per l'arquitecte Imhotep. Aquí també han "recreated the interior of the pyramid, complete with vibrant faience tiles" (Fig. 6)¹³. De fet, la ciutat ha estat recreada

seguint, en la major part, les aquarel·les pintades per Jean-Claude Golvin, mentre que alguns elements han estat presos de la realitat, com la decoració de la tomba de Tutankamon¹⁴.

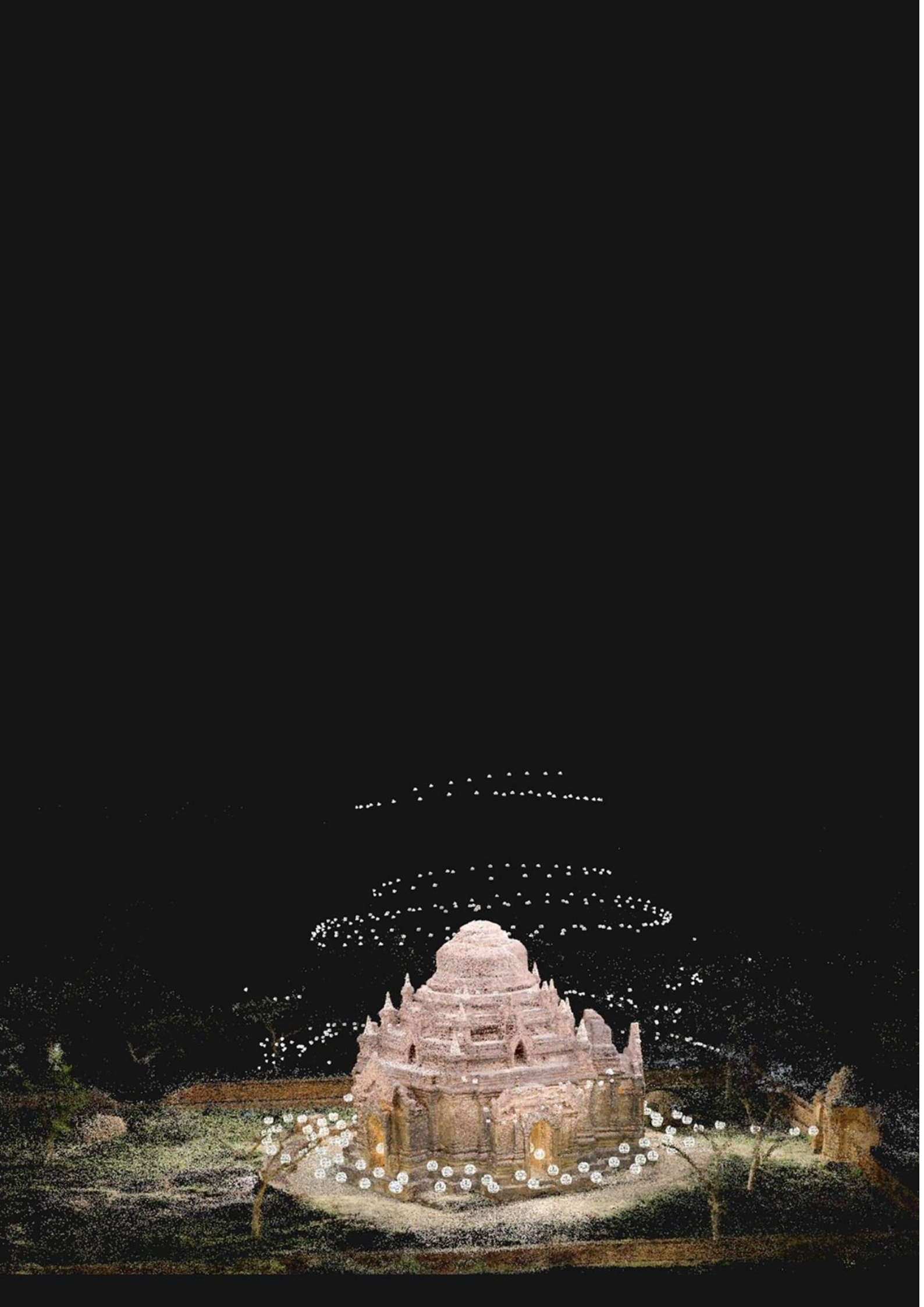
Actualment el *Discovery Tour* existeix per a dos videojocs, el de l'Antic Egipte, que acabem d'explicar, i el de la Grècia antiga durant els primers anys de la Guerra del Peloponès (431-404 aC) (Politopoulos, Mol, Boom, & Ariese, 2019:319), anomenat *Assassin's Creed: Odyssey* o *Discovery Tour: Ancient Greece* en el cas de comprar individualment el *Discovery Tour*.

Assassin's Creed, com més endavant també veurem que va succeir amb la fundació CyArk, ha pogut ajudar a recollir informació per a tornar a construir un edifici patrimonial a través de la reconstrucció virtual que n'havien fet. Parlem de la famosíssima Catedral de Notre-Dame de París, que es va incendiar el 15 d'abril del 2019 i que va afectar la coberta de l'edifici, que es va acabar ensorrant.

Dies després de la catàstrofe, va començar a pensar-se a reconstruir la catedral, i per fer-ho cal recopilar tota la informació, documents i plànols que es tenen d'aquesta immensa construcció. És aquí quan entra el videojoc *Assassin's Creed*, que per la reconstrucció virtual que en va fer a l'episodi de la sèrie *Unity* del 2014, en té un dels plànols tridimensionals més minuciosos. La reconstrucció de la catedral pel videojoc la va fer Caroline Miousse, que, com va declarar a The Verge (Webster, 2019:\$2), es va passar dos anys construint l'edifici virtualment. La Notre-Dame que apareix al videojoc no és exactament igual que la real, però aquesta estava feta a partir de documentació real, que podria servir de punt de partida per a la seva reconstrucció si finalment es decidís tornar-la a reconstruir com era abans de l'incendi del 2019 (IGN, 2019,0:14-0:54). O si més no, mentre no estigui reconstruïda, el videojoc ens permetrà visitar un edifici que actualment ja no podem veure.

¹³ Vegeu Harui. (2018, abril 1). *Inside Djoser's Step Pyramid*. [Vídeo] Recuperat de <https://www.youtube.com/watch?v=f1db2wkmU4w>

¹⁴ Vegeu ㊦㊧. (2018, març 13). *Assassin's Creed Origins Tomb Of Tutankhamun*. [Vídeo] Recuperat de <https://www.youtube.com/watch?v=H6KlMxbx2wg>



UN CAS D'ESTUDI: ELS TEMPLES DE BAGAN A MYANMAR

La zona arqueològica de Bagan, considerada des del 2019 Patrimoni de la Humanitat de l'UNESCO, està situada a la part del centre oest de Myanmar, i s'expandeix tant a la zona oriental com a l'occidental del riu Irrawadi –o Ayeyarwady en birmà–. Tot i que moltes llegendes relaten la història de la gran antiguitat de la ciutat de Bagan –també anomenada Pagan–, situant-ne el començament durant la primera dinastia britànica, és a dir, cap al 108, podem datar l'establiment de la comunitat de Bagan cap a mitjans s. IX, durant el regnat d'Anaurata (1044-1077) (Pichard, 1976:16), mentre que del s. XI al s. XIV és quan serà la capital del gran part del que avui és Myanmar (Iannone et al., 2019). Com explica (Pichard, 1976:16):

El reino de Pagan se extendía casi hasta las fronteras actuales de Birmania y debió durar dos siglos y medio, derrumbándose ante el empuje de los ejércitos mongoles de Kublai Khan, entonces amo y señor de China, que tomaron Pagan en el año 1287. La corte de Pekín se dedicó a dividir el reino en pequeños principados rivales y los últimos reyes de Pagan disponían ya únicamente de un poder nominal. Fue a partir de otras capitales (Taungu, Ava, Pegu, Mandalay) como las nuevas dinastías birmanas iban a restaurar más tarde la unidad del reino.

Sin embargo, la ciudad de Pagan nunca fue completamente abandonada. Las pinturas del templo subterráneo de Kianzittha Umin, en las que aparecen soldados mongoles, demuestran que los trabajos continuaron durante la ocupación del reino por ellos. Y hasta el siglo XVIII no sólo se siguió decorando los monumentos sino que incluso se construyeron algunos nuevos. Por lo demás, los santuarios más célebres se han conservado hasta nuestros días gracias a los monjes de los monasterios vecinos.

La zona arqueològica, com la majoria de capitals budistes que trobem a Myanmar, es troba a la regió "seca", a la zona més àrida. A prop hi ha el riu Ayeyarwady, un punt estratègic, també pel que fa a l'economia tot i que actualment Bagan és una de les zones més pobres del món. Com altres regions tropicals, Myanmar també té un clima que podríem dir que té tres estacions, l'estiu, l'hivern i la monsonica (Tse et al., 2019:1180). En aquesta zona seca, la gran majoria de la població viu de l'agricultura, però des de fa uns anys el canvi climàtic ha afectat la producció agrària a causa de pluges inesperades i irregulars. Aquests canvis meteorològics han causat que, si els agricultors veuen afectada la seva producció, l'extensió del territori dedicat a l'agricultura disminueixi, i el paisatge d'aquesta zona canviï, i per tant, que la zona perdi les condicions característiques i distintives del paisatge de la zona monumental 1 que s'havien aconseguit a través de l'agricultura (Aung & Shibata, 2019:1749). En aquest context, sorprèn no trobar estructures sofisticades per a guardar i distribuir l'aigua, i encara més si tenim en compte que d'altres capitals properes en temps contemporanis com Angkor, capital de Khmer en temps de l'Imperi –de fundació cap al s. IX– o les antigues capitals de Sri Lanka, Anuradhapura i Polonnaruwa, tenien grans reserves d'aigua i sistemes de canals molt extensos (Iannone et al., 2019:5). L'aigua ja era un problema des d'un inici, i alguns reis van construir pous, preses i canals per augmentar el subministrament d'aigua de la ciutat.

La Zona de Patrimoni Cultural de Bagan acull més de 3.800 monuments budistes (Fig. XIII). Aquests monuments podem dividir-los en stupes i temples (Aung & Shibata, 2019:1748; Mezzino et al., 2017:145; Tse et al., 2019:1181).

Les *stupas* o pagodes són construccions sense espais interiors, construïdes amb la tècnica de la maçoneria, que en alguns casos acullen una relíquia. En aquests casos les *stupas* serien reliquiariis arquitectònics, estructures monumentals utilitzades per commemorar el Buda i recordar les seves accions (Mezzino et al., 2017:145). L'accés es fa per tots els costats, obert al públic, ja que l'edifici està construït generant escales que produeixen escales. Finalment, el cos central de l'edifici té forma de campana, i aquesta està coronada per una peça de metall (Mezzino et al., 2017:145). Quan se celebren festivitats, hi ha una gran afluència de peregrins, s'hi representen obres teatrals i s'hi organitzen festivals de música i dansa tradicionals (Pichard, 1976:15).

Els temples, en canvi, tenen un espai interior per on els fidels poden circular. El cos central normalment té forma de cub, on, a l'interior s'hi col·loquen estàtues del Buda – una a cada cara del cub – entorn de les quals es passegen els practicants. Sobre aquesta estructura cúbica hi trobarem la superposició de plataformes escalonades acabades amb una torre quadrada i per una campana com les que havíem vist en les *stupas*. A més, en cadascuna de les plataformes que formen l'estructura del temple, hi trobem petites torres que s'alcen als angles d'aquestes.

Pel que fa a l'interior, els murs estan coberts de pintures de colors molt vius que il·lustren escenes de les vides anteriors de Buda (Pichard, 1976:15). Són pintures independents entre elles i moltes vegades acompanyades d'inscripcions. Però també hi trobem la presència d'escultura, ja que, com ja he esmentat, hi ha estàtues de Buda en cadascuna de les cares del cub central del temple, inserides en nínxols.

A Bagan també hi trobem altres tipologies arquitectòniques com els monestirs o construccions parcialment subterrànies.

L'àrea en qüestió és de 22.809'85 hectàrees, dividida alhora, en vuit zones de monuments que es troben tant a l'est com a l'oest del riu Ayeyarwady. A la MZ-1, és a dir, a la zona de monuments 1, hi ha més de 2.000 monuments, més de la meitat dels que hi ha a la totalitat de la Zona Patrimonial encara que la seva extensió sigui només del 18% del total (Fig. 7).

Aquestes construccions les podem datar dels segles XI i XIII, construïdes per les primeres comunitats que es van establir a la zona. En el s. XI Bagan estava governada pels comandants militars, que poc a poc van acabar-ne esdevenir els administradors civils i la noblesa. El s. XIII el seu control es va expandir gairebé fins a les actuals fronteres de Myanmar, i el s. XIV va deixar de ser un centre de poder important. Tot i això va continuar sent un lloc de pelegrinatge i d'alta importància religiosa. En aquest moment van ser altres capitals properes les que van començar a tenir el control del territori, fins que va ser conquerit pels britànics el s. XIX (Hudson, 2008:555).

La religió de Bagan és el budisme theravada i un dels elements importants de la religió és el concepte de mèrit, la creació i la transferència d'aquest. Els budistes creuen en la reencarnació, i el seu objectiu és millorar el seu karma a través de les diverses vides que viuen fins que aconseguen arribar al Nirvana. És a dir, quan ja s'acaben les reencarnacions. El karma és la combinació de les accions i pensaments d'una persona; si aquests són bons, la reencarnació tindrà lloc de manera que la vida en aquell cos serà bona (Paladini et al., 2019:930) mentre que si les accions i pensaments són negatius, la reencarnació portarà a una vida infeliç. El karma es pot millorar a través d'accions positives, com ja hem esmentat, i aquestes accions poden ser donacions a la triple gemma: el Buda, els seus ensenyaments i els monjos (CyArk i Google Arts & Culture, s.d.).

Aquestes creences van propiciar el paisatge de tantíssims temples i *stupas* que trobem a Bagan. És a partir d'aquesta voluntat de creació de mèrit que s'anirà conformant aquesta mena d'esplanada repleta d'estructures monumentals. Pierre Pichard, del 1992 al 2001 confeccionarà un inventari, encarregat per la UNESCO amb tots els monuments que trobem a la zona de Bagan arran del terratrèmol del 1975 (Stadtner, 2014:212). En aquest, els documentava, situava, els fotografiava, en feia una breu descripció i els dividia per dimensions –petit (12 m o menys), mitjà (de 12 a 25 m), gran (de 25 a 50 m) i molt gran (50 m o més)– (Hudson, 2008:556). També els classificava entre temples, *stupas* o monestirs, determinava en quina mesura havien estat restituïts o reconstruïts en el passat i feia referència a estudis previs que s'havien fet de la construcció, en el cas que n'hi haguessin. Tot i això, se'n van descobrir més un cop l'inventari ja estava acabat (Hudson, 2008:555).

De fet, molts dels temples encara reben culte actualment, tant de locals com de pelegrins nacionals i fins i tot internacionals. (Mezzino et al., 2017:145)

Tot i que les reconstruccions per part del govern militar van ser declarades per molts com a desastroses, la veritable catàstrofe va succeir el 1975, quan va tenir lloc un gran terratrèmol –de magnitud de 5'6 segons l'escala de Richter– a Bagan i moltes d'aquestes construccions van patir greus danys o fins i tot es van ensorrar. El terratrèmol va afectar molt més a les edificacions properes al riu, i mentre que els danys variaven d'una construcció a una altra, en la majoria dels casos només van quedar afectades les parts altes (Pichard, 1976:16). Tot i la importància de les destruccions, Pichard (1976:16) explica que en la majoria dels casos no van posar en risc l'estabilitat dels monuments i els únics danys irreparables van ser els causats pel despreniment de l'arrebossat de guix que sostenia pintures interiors i d'escultures exteriors, que es van trencar en fragments molt petits. Davant d'aquesta situació, el govern del país però també per les diverses agències de les Nacions Unides, França, Iugoslàvia, el Japó i Itàlia hi van destinar-hi finançament per tal de restituir algunes de les estructures malmeses i també van aportar formació per als qui hi haurien de treballar en un futur, experts i equipament. També es va ensenyar diverses tècniques que podien ser utilitzades a persones locals per tal de tenir uns professionals formats que fossin del territori, per així donar continuïtat al projecte.

El terratrèmol del 1975 però, no ha estat el primer que ha patit Bagan, ja que Myanmar es troba a l'anomenada zona sísmica "transasiàtica". "De 1904 a 1975 se registraron en el país más de 400 sacudidas sísmicas, 32 de las cuales fueron de una magnitud superior a 6" (Pichard, 1976:16) i Bagan es troba a la zona més vulnerable, per tant la zona patrimonial que estudiem se'n veu greument afectada. També és per aquesta condició que en la construcció dels monuments es va fer un gran esforç per edificar ciments molt sòlids, com descriu Pichard "ladrillos bien cocidos y unidos con precisión, muros gruesos cuyos puntos más delicados están reforzados con hiladas de piedra, bóvedas con claves de ladrillos cuidadosamente aparejados." (Pichard, 1976:16).

Com he intentat definir en aquest treball, una possible solució per a documentar les restes d'aquests edificis i fer reconstruccions hipotètiques o partint de les restes del que queda dels monuments però sense que siguin permanents ni físiques és a través de les reconstruccions virtuals, que permeten tant la modificació de les diverses hipòtesis de la reconstrucció com la no intrusió del mateix element patrimonial. A Bagan aquesta solució s'ha dut a terme de diverses maneres. En concret, s'han dut a terme diversos projectes en els darrers anys que buscaven precisament aquests objectius: documentar i conservar aquest patrimoni tan singular.

El primer dels projectes, presentat al XXIII congrés de l'ISPRS –abreviació de International Society for Photogrammetry and Remote Sensing–, es va realitzar el 2016 sota la supervisió del director de la UNESCO, el cap de cultura i amb la col·laboració i l'assessorament de l'Associació d'Arquitectes de Myanmar, el Departament d'Arqueologia, el Museu i la Biblioteca de Myanmar (Mezzino et al., 2016:945). Aquest projecte, juntament amb els que explicaré a continuació, els podríem definir com unes proves pilot d'una nova metodologia per a documentar i conservar el patrimoni cultural d'arreu. De fet, es va intentar utilitzar una metodologia que fos adequada no només pels temples que es van documentar en cadascun dels projectes sinó que es va pensar també en altres construccions amb diferents característiques, és per això que es van escollir temples que fossin de diferents tipologies pel que fa a disseny arquitectònic, forma i geometria (Mezzino et al., 2017, 2016:143).

Es va escollir documentar tres temples, entre els quals el de Phya Sa Shwe Gu. El punt de partida va ser l'inventari que havia realitzat Pierre Pichard anys abans. Hem de tenir en compte també que va ser un projecte de documentació però també de formació de professionals de territori, que no havien treballat mai amb instruments que servien per a, després de recollir la informació necessària, digitalitzar les dades. Per avançar més ràpidament, es va dividir l'equip en dos grups: un utilitzava tècniques d'Electronic Distance Meter¹⁵ mentre que l'altre treballava a partir de la fotogrametria i l'escanejat làser. També es va utilitzar mides preses a mà en la fase de la recollida d'informació.

¹⁵ Per a comprendre el seu funcionament vegeu Klein Tools. (2019, abril 4). *Laser Distance Measurer*. [Vídeo] Recuperat de https://www.youtube.com/watch?v=iGT7PnH_1o

En un segon moment, es van processar les dades obtingudes mitjançant les tècniques ja esmentades, i es va determinar l'estat de conservació i condicions en què es trobaven els temples. Finalment es van elaborar projectes de conservació tenint en compte les informacions recollides, que incloïen un informe preliminar de la conservació, esbossos i apunts fets *in-situ*, dibuixos amb mesures, un portafolis fotogràfic digital i fotografies panoràmiques (Mezzino et al., 2016:947).

Per a registrar tant l'interior dels exteriors dels diferents temples, es va utilitzar la

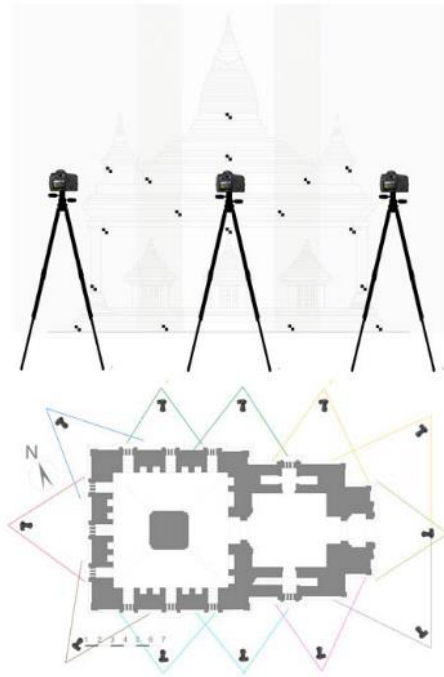


Fig. 8 Esquema de les fotografies que s'han de fer perquè siguin processades per un software de fotogrametria. Extret de (Mezzino et al., 2016:949)

moltes fotos que servien de referència a l'hora de crear els dibuixos tridimensionals, i pel mateix motiu, també es van fer fotografies panoràmiques.

Un cop obtingudes totes les dades necessàries, es van processar per obtenir tant imatges bidimensionals com tridimensionals. També es van elaborar plantes, i diverses seccions.

Les conclusions que es van extreure del projecte van ser la gran rellevància que té disposar d'unes dades de qualitat per a traçar després qualsevol pla de conservació, i els beneficis d'implicar els professionals del territori per al posterior manteniment i control d'aquests béns. L'equip

tècnica de l'Estació Total, que calcula la distància que hi ha entre l'objecte que s'està estudiant i l'instrument per obtenir així la silueta d'aquest. («What is Total station?», 2016) D'aquesta manera, es van poder resseguir els perfils dels temples en qüestió i dels principals elements que els conformaven. La tècnica de la fotogrametria va ser especialment efectiva per a aquest projecte. Va permetre generar un núvol de punts i captar elements que amb les altres tècniques eren difícils de copsar. Per generar dades i poder obtenir informació de les parts altes de les architectures, es va usar un dron, permetent així l'obtenció de fotografies aèries (Fig. 8). L'escaneig làser va tenir molt èxit pel que fa a la captació de detalls de les architectures, cosa que va resultar molt útil per a detectar esquerdes o danys de reduïdes dimensions però també els diferents relleus, formes i motius artístics de les diferents parts dels temples. (Fig. 9) Durant el procés també es van fer

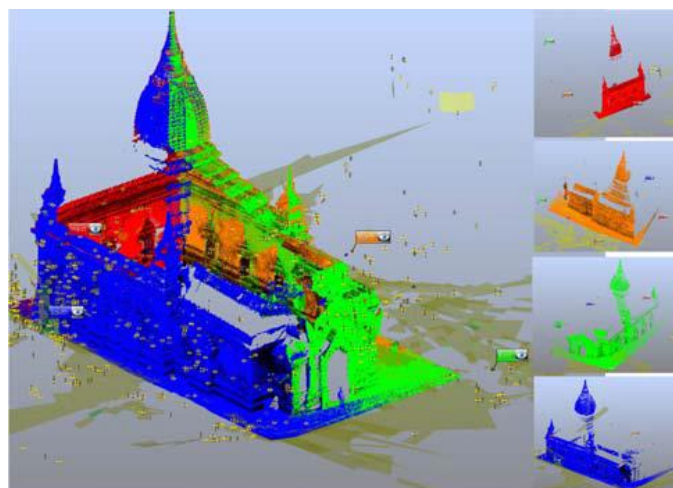


Fig. 9 Imatge que il·lustra la alineació dels diferents escàners. Extret de (Mezzino et al., 2016:949)

va detectar però que, s’haurien de corregir i fer front a alguns tipus errors que havien sorgit al llarg del projecte, i que eren motius d’imprecisió en les dades obtingudes.

Pel que fa a les informacions recollides i generades, (Mezzino et al., 2016:951) opinen que aquestes haurien de ser digitalitzades i afegides a l’inventari dels temples de Bagan, tasca que ha comptat amb una gran participació per part del Departament d’Arqueologia i el Museu Nacional (Tse et al., 2019:1181).

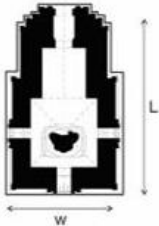
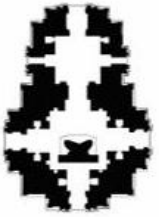
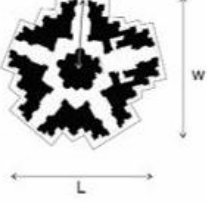

TEMPLE	YEAR	PLAN
Loka Hteik Pan	c. 1113 A.D.	
Khe Min Ga Zedi	c. 1200 A.D.	
Eim Ya Kyaung Nga Myet Hna	1242 A.D. (from epigraphy)	
Ananda Gu Hpaya Gyi	c. 1105 A.D.	

Fig. 10 Algunes informacions sobre els quatre temples estudiats en el segon *workshop* de Bagan. Extret de (Mezzino et al., 2017:146)

Aquest projecte va ser continuat posteriorment per estudiants de la Universitat de Carleton, de la Universitat Tecnològica de Mandaley i per treballadors del Departament d’Arqueologia i Biblioteca de Bagan en el context d’un *workshop* per part de la Universitat de Carleton i la Universitat Tecnològica de Yangon, que van enviar tant estudiants com membres de la facultat. També hi van participar treballadors del Departament d’Arqueologia, el Museu Nacional i la Biblioteca de la ciutat local, i professionals de la fundació CyArk. Aquest grup tan heterogeni va dur a terme un projecte de documentació de quatre temples de Bagan (Mezzino et al., 2017:143; Tse et al., 2019:1182). De fet, partien del precepte que “Heritage documentation is growing in innovation, providing dynamic opportunities for effectively responding to the alarming rate of destruction by natural events, conflicts, and negligence” (Mezzino et al., 2017:143).

A causa del curt període temporal que tenien per portar a terme aquest projecte –només dos mesos–, van utilitzar diverses tècniques de documentació, algunes basades en la imatge i d’altres que no ho eren. La informació que van poder recollir durant la seva estada a Bagan va servir per a tenir una base sòlida per al posterior control d’evolució i conservació dels quatre temples documentats, Loka Hteik

Pan, Khe Min Ge Zedi, Eim Ya Kyaung Nga Myet Hna i Ananda Gu Hpaya Gyi (Fig. 10). En el cas de Bagan especialment, aquesta documentació era de gran rellevància, ja que és una zona, com bé hem dit, molt vulnerable pel que fa a desastres naturals.

El procediment i metodologia que es va seguir va ser el mateix que s'havia utilitzat en el projecte realitzat l'any anterior. En aquest cas, però es van formar sis grups de treball en comptes de només dos. Finalment, es va entrevistar a diferents persones locals per dialogar sobre el valor del lloc i l'activitat de conservació que s'hi estava duent a terme.

A més, els dibuixos que es van fer dels edificis van ser a escala 1:50 per tal de poder-hi incloure detalls suficients per veure-hi la situació actual de conservació de les estructures d'aquestes construccions. Aquestes anàlisis seran molt importants en el –molt probable– cas d'algun futur cas de terratrèmol, ja que donaran la informació necessària per actuar de manera eficient i saber què cal prioritzar. Aquesta documentació gràfica és molt important en cas de destrucció del patrimoni perquè mostra exactament com era el monument o lloc patrimonial, i per tant, en cas de reconstrucció, aquesta no es fa partint d'una mera hipòtesi.

Posteriors a aquests, hi ha hagut d'altres *workshops* per part d'aquestes universitats que segueixen la mateixa metodologia.

La fundació CyArk té una gran importància en aquest àmbit. El fundador és un enginyer iraquí que va crear el primer sistema portàtil d'escanejat làser en 3D, Ben Kacyra. Si unim aquesta dada amb el fet que, just en els anys en què ell i la seva dona havien creat una fundació, el Buda de Bamiyan va ser bombardejat pels talibans (2001), que no estava documentat, en resulta la raonable preocupació de Kacyra per preservar el patrimoni de la humanitat.

The more I got involved in the heritage field, the more it became clear to me that we're losing the sites and stories faster than we can physically preserve them. Of course, earthquakes and all the natural phenomena, floods, tornadoes, etcetera. However, what occurred (...) was human destruction which was not only causing a significant portion of the destruction but actually, it was accelerating (...). It was more and more apparent that we're fighting a losing battle, we're losing our sites, and their stories, and basically we're losing a significant piece of our collective memory. (TEDTalk, 2011, 5:35–6:35).

És per això que el 2003 amplia l'abast de la seva fundació per a incloure-hi la preservació digital del patrimoni a escala mundial. La missió de CyArk és la de preservar monuments i altres béns materials de manera digital, i d'aquesta manera compartir-los,

The results of our work in the field are used to produce media and deriveables to be used by conservators and researchers. We also produce media for dissemination to the public free through the CyArk website (TEDTalk, 2011,3:54–4:23).

Entre els primers projectes realitzats per la fundació hi trobem Chichén Itzá (Mèxic), Rapa Nui (Illa de Pasqua), la ciutat de Babylon (Iraq), Rosslyn Chapel (Escòcia), Pompeii (Itàlia) i Mount Rushmore (Estats Units). És important notar que, tot i que podrien anar al monument concret, digitalitzar-lo i anar-se'n, sense tenir cap contacte amb la gent del territori, intenten col·laborar amb les universitats i institucions territorials, obtenint la seva ajuda per a crear el model tridimensional. Mentre que al mateix temps aquestes diverses institucions es beneficien de la tecnologia de la fundació i els documents que en resulten.

Un dels exemples de la importància d'aquesta documentació que recopilen per evitar la pèrdua dels diferents espais patrimonials va veure's el març del 2010 quan la Tomba reial de Kasubi (Uganda) va ser destruïda a causa d'un incendi provocat. A partir de les dades recopilades l'any anterior, es va poder crear un model molt exacte de la construcció (CyArk, 2013, 2:07–2:40), que, tot i no ser l'original, farà que no es perdi la memòria del lloc.

Tot i que han fet moltíssims projectes, la nineta dels seus ulls i el projecte que més èxit ha tingut ha sigut el de Bagan, amb el qual també van col·laborar amb Google Arts & Culture¹⁶. CyArk va començar el projecte juntament amb la Universitat de Carleton, ajudats també per la UNESCO i el Departament d'Arqueologia de Myanmar el 2016. En aquesta missió, CyArk (2018a, 2018b) va documentar el temple de Loka Hteik Pan i el temple Eim Ya Kyaung. La digitalització d'aquest últim va ser molt important, perquè durant el mes d'agost del mateix any, hi va haver un terratrèmol de magnitud 6'8 en l'escala de Richter («Cuatro muertos y 185 templos dañados en Bagan por el terremoto de Birmania», 2016: §1) que va afectar.

Posterior a aquesta missió, CyArk ha anat dues vegades més a Bagan. La segona amb la Universitat Carleton i la tercera de manera independent. En aquesta última es van documentar els temples Ananda Ok Kyaung, Khe Min Ga Zedi i Eim Ya Kyaung després del terratrèmol. Aquests tres temples han servit per crear un dels projectes tridimensionals per a la divulgació del públic més importants en l'àmbit patrimonial.

Es mostra un mapa amb els tres temples, i una ruta assenyalada. Una veu en off t'explica el lloc en general en un primer vídeo introductori, després del qual arriba al primer temple a través d'una aproximació mitjançant d'un dron des d'on es pot veure el paisatge a través d'un núvol de punts –i no imatges reals del lloc–. La mateixa veu explicarà cadascun dels temples a mesura que ens hi anem apropant.

En el primer temple, Ananda ok Kyaung, podrem visualitzar-hi tant l'interior com l'exterior gràcies a la realitat virtual –a través de l'ordinador amb les fletxes del teclat o el ratolí, movent físicament el mòbil o amb unes ulleres de realitat virtual, si les tenim–. Ens podrem situar en diversos punts del temple per a veure que tenim al voltant en cada

¹⁶ Fundat pel Google Cultural Institute, una associació sense ànim de lucre, el Google Arts & Culture és una biblioteca on s'hi poden trobar diversos projectes de l'àmbit artístic, històric i patrimonial. Hi participen diversos museus, fundacions i particulars. (Google, 2015)

lloc. Podrem escollir també, si volem que la veu en off ens doni informació –no només del temple sinó també de la societat, la religió i el context– en cada localització o no.

Pel que fa al segon Temple, Khe Min Ga Zedi, podem consultar diversos vídeos, fotografies i imatges panoràmiques que va fer l'equip del CyArk durant la recollida d'informació. El que es potencia en aquestes visualitzacions és el treball de camp fet per la fundació i la metodologia utilitzada. Veiem, a través dels recursos multimèdia, com documenten i quines tècniques i materials fan servir, també fotografies de les reparacions estructurals que s'han fet. A més d'aquests suports visuals, hi trobem uns paràgrafs que breument ens esclareixen què és el que estem veient. Els vídeos estan protagonitzats pels membres de la fundació que ens ensenyen les diverses tècniques utilitzades. I finalment hi ha dos vídeos, un de l'interior i l'altre de l'exterior, gravats en 360º amb els quals tenim l'oportunitat d'observar l'entorn del temple mentre els membres del CyArk estan treballant.

El tercer i últim temple que conforma el projecte és Eim Ya Kyaung, on es posa l'èmfasi en els terratrèmols que han propiciat la seva degradació, en concret els de 1975 i 2016, i es fa una comparació entre la digitalització que es va fer abans i després del terratrèmol del 2016. En aquest temple també s'hi ha inclòs una realitat virtual amb el mateix funcionament que la del primer temple, un vídeo gravat en 360º i dos vídeos que il·lustren els danys causats pel terratrèmol del 2016 en aquest edifici. I per últim, fotografies dels membres de la fundació ensenyant a estudiants d'arquitectura de la Universitat Tècnica de Yangon de Myanmar, que participaven en el projecte.¹⁷

En aquest projecte, de grans dimensions, si per una banda tenim la digitalització dels monuments amb una finalitat conservativa i d'estudi, per altra tenim la part de la difusió al públic. I aquesta passa per l'accés als temples. Alguns però no són accessibles a causa de la seva fragilitat o, per altra banda, hi ha sectors de la població que no hi poden arribar, sigui pel motiu que sigui. És per això que un grup d'experts procedents de diverses institucions van voler experimentar amb la realitat virtual per a buscar una possible solució a aquesta incompatibilitat entre accés i conservació. Però n'hi ha d'altres, com el facsímil, utilitzat a les coves de Lascaux i Chauvet al sud de França –per a conservar íntegres les fràgils coves–, de les quals hi ha defensors com Hammer (2015) i detractors com Jones (2015).

En gran part de les rèpliques fetes fins avui, un dels problemes que apareix de forma continuada és la manca d'autenticitat pel que fa a les visualitzacions, que moltes vegades no apareixen amb la mateixa il·luminació i definició que si les veiéssim en persona. Actualment però, i amb el nivell de sofisticació que tenen les tecnologies com la realitat virtual, ja es poden fer representacions amb una major rigorositat.

La fragilitat del territori de Bagan i el fet de ser una zona sísmica, com ja he comentat abans, ha fet que alguns dels temples siguin inaccessible perquè no es pot garantir la

¹⁷ Per consultar el projecte vegeu CyArk i Google Arts & Culture. (s.d.). Bagan. Recuperat de <https://artsexperiments.withgoogle.com/bagan>

seguretat dels que hi entren. Aquest és el cas del temple de Myin Pya Gu, temple que ha estat objecte d'aquest projecte de realitat virtual i d'un joc seriós d'ordinador¹⁸ per part de Paladini et al. (2019).

El temple de Myin Pya Gu va ser construït el segle XI segons l'Inventari de Monuments de Pagan de Pichard, durant els regnes dels reis Anawrahta i Sawlu. Fa 34'26 x 37'9 metres de base i 23'43 d'alçada. A la part més alta, excepcionalment, hi té una cúpula en forma de campana, característica normalment associada a les *stupas*. Està format per terrasses i només es pot entrar a la part inferior. L'absència d'escales a la part exterior ens mostra que la part alta del temple no va ser pensada perquè els fidels hi accedissin. L'edifici és circular i simètric, en una cara hi té un porxo i un vestíbul, mentre que les altres façanes aquests volums estan destinats a capelles amb escultures devocionals del Buda, situades a les parets exteriors (Fig. 11). Un passadís interior que segueix el perímetre de la construcció connecta les tres capelles i l'entrada. Aquest està decorat amb relleus en la paret interna, és a dir, la més propera al centre de l'edifici. Finalment, a cadascuna de les parets dels angles dels passadissos hi ha una finestra per tal que l'interior del temple no estigui immers en una total obscuritat.

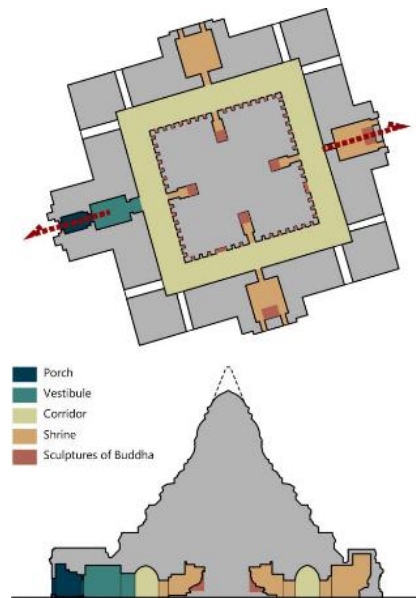


Fig. 11 Planta i alçat del temple de Myin Pya Gu. Extret de (Paladini et al., 2019:931)

Durant el procés de la realització de la realitat virtual de la fundació CyArk, un dels principals objectius era mantenir la màxima qualitat d'imatge per tal que l'usuari tingués la major sensació d'immersió i autenticitat possible i tot i que en el joc no es tenia tant en compte la qüestió immersiva, l'autenticitat si que va ser un tema important.



Fig. 12 Una participant provant el joc seriós i la realitat virtual. Extret de (Paladini et al., 2019:932)

Per avaluar els dos productes, es va agafar un grup de 13 participants, 7 dones i 6 homes d'entre 24 i 30 anys, 11 dels quals treballaven en l'àmbit de la conservació del patrimoni mentre que els altres set tenien experiència prèvia amb la realitat virtual.

La mitjana de temps que van passar els participants amb les ulleres de realitat virtual i el joc van ser de 25 minuts aproximadament. Després es va fer l'avaluació de les seves experiències a través d'un qüestionari, de l'observació de les seves reaccions, i d'un dibuix que havien de fer els participants de la percepció

¹⁸ Els jocs seriosos són aquells que han estat "diseñados expresamente con propósitos educativos" (Delatorre, Berns, Palomo-Duarte, Gervas, & Madueño, 2015:103)

de les mides del passadís en el qual estaven situats, finalment també van haver de contestar un qüestionari específic de la seva experiència com a usuaris de la realitat virtual.¹⁹

L'estudi va concloure que la realitat virtual era molt efectiva perquè resultava atractiva per als usuaris. També va permetre'ls-hi reconèixer en gran mesura els materials de la construcció real, a més de les dimensions i l'estat de conservació del temple. Per tant, es va demostrar que la realitat virtual és una eina que "can raise awareness about cultural heritage among users and actively help conservation experts in their research" (Paladini et al., 2019:936)

Des que el conjunt arqueològic va ser declarat patrimoni de la Humanitat de l'UNESCO el juny del 2019, "a large-scale conservation project has become critically important (...). While the World Heritage designation will bring welcome attention to the region, increased numbers of visitors will compound the conservation challenges" (Getty Communications, 2019:1). És per això que aquest institut de recerca i conservació de Los Angeles ha decidit comprometre's a col·laborar amb el Departament d'Arqueologia i el Museu Nacional de Myanmar a llarg termini buscar un enfocament sostenible i holístic del lloc, i gestionar-lo i conservar-lo de la millor manera possible. El projecte pretén abastar cinc àmbits diferents: la gestió del lloc, l'adaptació i reparació dels temples de cara a futures activitats sísmiques, la conservació de les decoracions d'alguns d'ells, la documentació dels diversos monuments, i la formació de professionals locals.

Aquesta col·laboració va començar el passat gener de 2020, i un dels edificis que van començar a estudiar va ser el temple de Myin Pya Gu, tancat al públic des de ja fa uns quants anys degut a la seva fragilitat. L'Institut de Conservació del Getty ja té experiències prèvies treballant amb arquitectures budistes en zones sísmiques. Durant trenta anys ha estat treballant a les Grutes Mogao a Dunhuang (Xina), on hi ha diversos temples budistes els segles IV al XIV excavats a la façana d'uns penya-segats, per exemple. S'hi ha fet, a més de la conservació de les pintures, una gran investigació bibliogràfica, una exhibició i diverses publicacions, una visita virtual²⁰.

Hem vist que els projectes i iniciatives que realitzat i s'estan realitzant són molt nombrosos perquè es concep que no podem deixar que es perdi un testimoni de la humanitat tan significatiu –i fràgil– com aquest. Però, això si, també és necessari tenir molt en compte la metodologia utilitzada per no crear falsos històrics –com va passar durant l'època de les reconstruccions entre 1995 i 2012–. És més, des que el conjunt arqueològic va ser declarat Patrimoni Mundial de la UNESCO les activitats i iniciatives al

¹⁹ Per consultar els resultats en detall de l'estudi vegeu Paladini, A., Dhanda, A., Reina Ortiz, M., Weigert, A., Nofal, E., Min, A., Gyi, M., Su, S., Balen, K. Van, Santana Quintero, M. (2019). Impact of virtual reality experience of accessibility of cultural heritage. ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLII-2/W11(2/W11), 929-936.

²⁰ Vegeu la visita accedint a Dunhuang Virtual Tour. (s.d.). Recuperat de <http://tour.dha.ac.cn/guanjing/flash/index.html>

voltant d'aquesta zona han augmentat exponencialment. Caldrà veure com avancen i si, finalment, s'arriba a una metodologia que es pugui extrapolar en altres conjunts patrimonials.



CONCLUSIONS I CONSIDERACIONS FINALS

Ara que ja hem vist algunes de les aplicacions tecnològiques en l'àmbit patrimonial que s'utilitzen en ple segle XXI, i tenint en compte que el treball hauria de tenir moltes més pàgines perquè jo només he presentat un tastet del que s'està duent a terme o s'ha dut a terme en llocs i moments concrets, m'agradaria fer algunes consideracions a manera de conclusió del treball.

L'auge de les noves tecnologies que estem vivint en el sector del patrimoni cultural des de les darreres dècades i l'aparició d'aquestes a les diverses institucions museístiques, centres d'interpretació i fins i tot arxius documentals, han plantejat els grans avantatges que suposen aquestes –és clar, en un primer moment, els inconvenients no es veuen–. I és que aquests sistemes també han posat el seu granet de sorra per millorar en aspectes com l'accessibilitat o la comprensió del patrimoni.

Però hi ha encara dues qüestions que preocupen i que no podem oblidar, una en el context dels museus i les exposicions que utilitzen aquest tipus de sistemes per a presentar i mostrar les exposicions, i la segona pel que fa a les investigacions i documentació que es genera i es digitalitza. O en altres paraules, el problema de l'obsolescència i el de la perdurabilitat de les dades digitals.

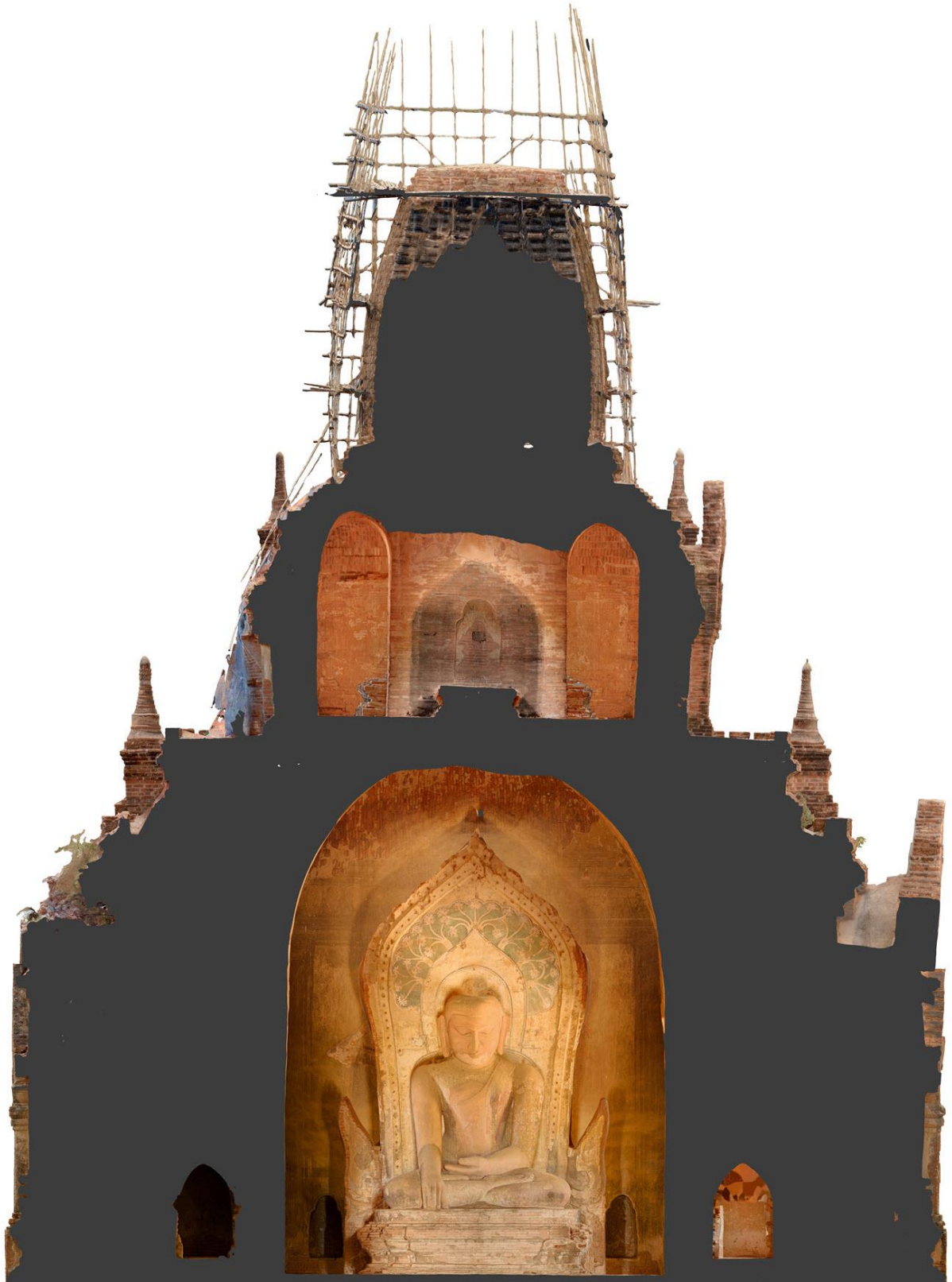
Pel que fa als àmbits museístics s'ha discutit molt sobre la utilitat o no de les tecnologies en l'àmbit museístic per a la difusió de les exposicions, sobretot argumentant que aquestes treuen lloc a les vertaderes obres d'art dels museus. A més, qui més o qui menys ha pensat amb la obsolescència programada i la rapidesa amb què es desenvolupen nous productes que fan ombra als que semblava que eren els més innovadors. Pel que fa a aquest debat, he de dir que entenc les noves tecnologies sempre com a mitjà i no com a finalitat dels museus i institucions. Recentment s'han vist molts casos en què les innovacions tecnològiques s'utilitzen d'ham per a atraure a un sector de públic més ampli que normalment no és el que acostuma a dedicar el seu temps d'oci a aquestes institucions. Tot i que en un principi això ens pot semblar positiu, si pensem més enllà del fet de tenir nous visitants als museus, centres d'interpretació o jaciments, veurem que amb el temps sempre ens anirà en detriment. El fet de tenir aquestes tecnologies com a finalitat i no com a mitjà suposarà que haurem de poder oferir instal·lacions de tecnologia punta i innovacions d'última generació que, aviat quedaran obsoletes. I en un parell d'anys –o fins i tot podrien ser mesos– allò que ens feia ser atractius ja no tindrà cap mena d'interès. Si, en canvi, fem de les tecnologies una eina per a la comprensió i que veritablement ajudin al visitant a copsar de manera més senzilla i moltes vegades, visual, allò que veu amb aquestes tecnologies, per més que quedin obsoletes i no estiguin a l'avantguarda, seguiran tenint una funció interessant més enllà de ser o no l'últim producte del mercat. En última instància, del que estem parlant aquí és d'aplicacions adequades i inadequades de les noves tecnologies. De fet, m'agradaria compartir el principi d'especificitat de (Parés & Parés, 2010a:7) que, tot i que concretament es parli de la realitat virtual, crec que és aplicable a tots els sistemes que he esmentat al llarg d'aquest treball,

La prova de foc per a aquest principi és demanar-se si allò que s'ha guionat i dissenyat es pot fer més bé sense l'RV [realitat virtual]. Si allò que hem elaborat es resol més bé

amb una pel·lícula, un text, un partit de futbol o un caixer automàtic (per posar quatre exemples), hem fallat en el procés de presa de decisions i, en conseqüència, hem mancat al principi d'especificitat.

Encara que el vessant de la difusió sigui el més conegut i el més tractat al llarg del treball, hem vist també diferents casos en què les noves tecnologies s'empren per a la conservació (o control de la conservació), per a la investigació o fins i tot per a la recuperació de béns patrimonials perduts o destruïts. Cal dir que encara que les TIC puguin ser una bona eina per confrontar, validar o rebutjar les diverses hipòtesis, encara queda pendent la qüestió de la conservació dels fitxers en un futur, fet que ens porta a parlar de l'obsolescència ja no del producte tecnològic que usem sinó dels programes i softwares. En les darreres dècades s'han utilitzat diversos formats de fitxers que ara no podem ni obrir i la migració de dades d'un programa a un altre és freqüent, i moltes vegades causar la pèrdua de dades (completament en el primer cas i parcialment en el segon) i que, és un tema pendent de solucionar el més aviat possible.

Per últim, hem de recalcar que el que és important de les noves tecnologies és decidir si les possibilitats que ofereixen i les potencialitats que tenen ens serveixen per a transmetre millor allò que volem fer entendre. I tot i que no sempre seran adequades, són una opció que tenim a l'abast i que hem de valorar i considerar.



REFERÈNCIES BIBLOGRÀFIQUES

- ABAD, M., ALZUA SORZBAL, A., CARRERAS MONFORT, C., DEL ROSARIO LLENEZA, M., GIRL FUENTETAJA, I., PUJOL TOST, L., & ROCA, B. (2012). *Evaluación TIC en el patrimonio cultural : metodologías y estudio de casos*. (C. Carreras Monfort, Ed.). Barcelona: UOC. Recuperat de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=497191>
- About ARToolkitX. (s.d.). Recuperat de <http://www.artoolkitx.org/docs/about/>
- Agora Monument Stoa of Attalos. (s.d.). Recuperat de <http://agora.ascsa.net/id/agora/monument/stoa%20of%20attalos>
- AIZLEWOOD, A., BORDEAU, J.-P., CVJETIĆANIN, B., DE HANN, J., DOODY, M., HORVAT, A., ... ZIVKOVIĆ, D. (2005). *ECulture: the European perspective : cultural policy, creative industries, information lag : proceedings from the Round Table Meeting, Zagreb, 24-27 April 2003*. (S. Dragojević, D. Dodd, B. Cvjetićanin, & C. Smithuijsen, Ed.). Zagreb: Institute for International Relations.
- ANTINORI, A., BLASETTI, A., & MAGNONI, M. L. (2019). Nuovi metodi di ricostruzione 3D applicati al patrimonio paleontologico, (Mc), 16-18.
- APARICIO RESCO, P. (2014). Reconstrucciones virtuales: la evidencia histórica. Recuperat de <https://parpatrimonioytecnologia.wordpress.com/2014/07/10/reconstrucciones-virtuales-la-escala-de-evidencia-historica/>
- ASKANEWS. (2017, gener 31). *Un'esperienza immersiva nella Domus Aurea con la realtà virtuale*. [Vídeo] Recuperat de <https://www.youtube.com/watch?v=ROi90JyKrM0>
- AUNG, M. Z. N., & SHIBATA, S. (2019). Contemporary Landscape Structure within Monumental Zone-1 at Bagan Cultural Heritage Site, Myanmar. *Heritage*, 2(2), 1748-1761. <https://doi.org/10.3390/heritage2020107>
- BALDRICH, P. (2019, abril 2). El cine Ideal se transforma en un espacio de arte digital. *Metropoli Abierta*. Recuperat de https://www.metropoliabierta.com/vivir-en-barcelona/cultura/cine-ideal-transforma-arte-digital_15409_102.html
- BALELA, M. S., & MUNDY, D. (2015). Analysing cultural heritage and its representation in video games. *DiGRA 2015 - Proceedings of the 2015 DiGRA International Conference: Diversity of Play*.
- BBC NEWS MUNDO. (2019, abril 15). Notre Dame: un voraz incendio daña gran parte de la catedral de París aunque la estructura del templo permanece en pie. Recuperat de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-47941886>
- BERGER, A. (2011). Portus Theodosiacus. Recuperat de http://www.byzantium1200.com/port_t.html
- BERKA, R., TRÁVNÍČEK, Z., HAVRAN, V., BITTNER, J., ŽÁRA, J., SLAVÍK, P., & NAVRÁTIL, J. (2008). CAVE to CAVE : Communication in Distributed Virtual Environment. *CESNET Technical Report 23/2008*, 1-11.
- BRANDI, C. (2000). *Teoria del restauro*. Piccola Biblioteca Einaudi.
- BRITISH MUSEUM. (2019). Model en 3D d'un Lamassu. [Fotografia] Recuperat de <https://sketchfab.com/3d-models/029f70ea99f845db824d68ae171d7f53>
- BUSQUET, J., ARANDA, D., BALLANO, S., SÁNCHEZ-NAVARRO, J., & CINTHYA URIBE, A. (2012). La brexa è mobile. La fractura digital generacional a Catalunya. En IEC (Ed.), *Societat Catalana 2012 / coordinat per Josep M. Masjuan* (p. 187-205). Barcelona: IEC.

- Captura de pantalla de l'Assassin's Creed: Origins. (s.d.) Recuperat de <https://www.ubisoft.com/es-es/game/assassins-creed-origins/>
- Captura de pantalla del vídeo *Ullastret c. 250 aC. Making of'*, 2016. [Fotografia] Recuperat de https://www.youtube.com/watch?v=b6AtV1JXEIc&feature=emb_title
- Cardenal Escarcena, F. J., Mata de Castro, E., Pérez García, J. L., Mozas Calveche, A. T., Fernández del Castillo, T., Delgado García, J., ... Castillo Armenteros, J. C. (2010). Técnicas fotogramétricas y de escáner láser terrestre aplicadas a la documentación y valoración del patrimonio histórico. En *Congreso Internacional sobre Catastro Unificado y Multipropósito* (p. 459-470). Jaén.
- CARDONA GÓMEZ, G., & FELIU TORRUELLA, M. (2012). Redes sociales y museo. Cambios en la interacción cultural. *Her&Mus. Heritage & Museography*, (13), 83-91. Recuperat de <https://www.raco.cat/index.php/Hermus/article/view/313410>
- CARPINTER, R. (2015). Retos del siglo XXI. ¿Como adaptar una empresa al siglo XXI?. En *Acción Cultura Española (Ed.), Anuario AC/E 2015 de cultura digital*. (p. 13-26). Recuperat de https://www.accioncultural.es/es/ebook_anuario_ac_e_cultura_digital_2015
- CASEY, C. (2018). Assassin's Creed Origins as a Digital and Pedagogical Tool 1. En *ARCE Annual Meeting* (p. 1-33).
- CENTRO DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA. (2018, juliol 6). *Projeto Archeoguide (2000-2002) - Vencedor de Prémios LAVAL Virtual 2002*. [Vídeo] Recuperat de <https://www.youtube.com/watch?v=38z3pASLnlk>
- CHAMPION, E. (2017). The role of 3D models in virtual heritage infrastructures. *Cultural Heritage Infrastructures in Digital Humanities*, 15-35.
- CIMATTI, L. (2018). *La realidad virtual en el proceso de interpretación patrimonial. Diagnóstico de implementación de una CAVE en el Teatro Argentino de La Plata*. Universidad Nacional de La Plata.
- ÇIZEL, B., & AJANOVIĆ, E. (2018). Virtual Reality for Cultural Heritage Tourism. Belgrad: Univerzitet Singidunum. <https://doi.org/10.15308/Sitcon-2018-131-134>
- CODINA, F., DE PRADO, G., RUIZ, I., & SIERRA, A. (2017). El proyecto de reconstrucción virtual de la ciudad ibérica de Ullastret. *La ciencia y el arte VI. Ciencias experimentales y conservación del patrimonio.*, 246-254.
- CODINA, F., DE PRADO, G., RUIZ, I., & SIERRA, A. (2017). The iberian town of Ullastret (Catalonia). An iron age urban agglomeration reconstructed virtually. En S. Garagnani & A. Gaucci (Ed.), *Knowledge, analysis and innovative methods for the study and the dissemination of ancient urban areas. Kainua 2017*. (p. 311-320). Bologna.
- COMPUTER GRAPHICS - ACM SIGGRAPH. (2020). Recuperat de <https://www.siggraph.org/>
- COMUNIDAD DE MADRID. Ley 3/2013, de 18 de junio, de Patrimonio Histórico de la Comunidad de Madrid, 144 Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid § (2013).
- CRAMPTON, T. (2005, abril 22). Concrete overlay for an ancient Burmese landscape. *The New York Times*. Recuperat de <https://www.nytimes.com/2005/04/22/world/asia/concrete-overlay-for-an-ancient-burmese-landscape.html>
- CRUZ-NEIRA, C., SANDIN, D. J., & DEFANTI, T. A. (1993). Surround-screen projection-based virtual reality: The design and implementation of the CAVE. *Proceedings of*

- the 20th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, SIGGRAPH 1993*, (September), 135-142.
- CRUZ-NEIRA, C., SANDIN, D. J., DEFANTI, T. A., Kenyon, R. V., & Hart, J. C. (1992). The cave-audio visual experience virtual environment. *Communication of the ACM*, 35(6), 64-72.
- Cuatro muertos y 185 templos dañados en Bagan por el terremoto de Birmania. (2016, agost 25). *La Vanguardia*. Recuperat de <https://www.lavanguardia.com/sucesos/20160825/404179370748/terremoto-birmania.html>
- CYARK i GOOGLE ARTS & CULTURE. (s.d.). Bagan. Recuperat de <https://artsexperiments.withgoogle.com/bagan>
- CYARK, visualització d'una secció creada a partir de les dades 3D d'un temple de Bagan, (s.d.). [Fotografia] Recuperat de <https://www.directionsmag.com/article/6807>
- CYARK. (2013, octubre 13). *CyArk 500 Challenge*. [Vídeo] Recuperat de <https://www.youtube.com/watch?v=07-4ySD37Fc>
- CYARK. (2018). *Bagan - Loka Hteik Pan - LiDAR - Terrestrial, Photogrammetry*. <https://doi.org/10.26301/05r8-we91>
- CYARK. (2018). *Bagan -Eim Ya Kyaung (Pre Earthquake) - LiDAR - Terrestrial, Photogrammetry*. <https://doi.org/10.26301/mn3w-xc18>
- CYARK. (s.d.). Royal Tombs at Kasubi: Ritual Burial Grounds of the Bganda Kings. Recuperat de <https://www.cyark.org/projects/royal-tombs-at-kasubi/in-depth>
- DAVY, S. (2015). Destroyed by the Taliban but now the Buddha statues have returned with 3-D light projection. *Public Radio International*. Recuperat de <https://www.pri.org/stories/2015-06-11/they-were-destroyed-taliban-now-giant-buddha-statues-bamiyan-have-returned-3-d>
- DE PRADO, G. (2017). El Museo Monográfico de Ullastret: génesis y desarrollo de un proyecto innovador. En *V Congreso Internacional de historia de la Arqueología / IV jornadas de historiografía Seha-Man. Arqueología de los Museos: 150 años de la creación del Museo Arqueológico Nacional* (p. 149-160).
- DELATORRE, P., BERNS, A., PALOMO-DUARTE, M., GERVA, P., & MADUEÑO, F. (2015). Diseño de un juego serio basado en el suspense. En *II Congreso de la sociedad española para las ciencias del videojuego* (p. 102-111). Barcelona.
- DEPARTAMENT DE LA PRESIDÈNCIA. Llei 9/1993, de 30 de setembre, del Patrimoni Cultural Català (1993).
- DIPUTACIÓ DE BARCELONA. ÀREA DE CULTURA. OFICINA DE PATRIMONI CULTURAL. (2006). *Interpretar el patrimoni: Guia bàsica*. (Diputació de Barcelona. Àrea de Presidència. Direcció de Comunicació, Ed.). Barcelona.
- DLT SOLUTIONS. (2016, octubre 7). *Laser Scanning for As-Built Drawings*. [Vídeo] Recuperat de <https://www.youtube.com/watch?v=F7gktaMbLY>
- DOWSON, T. (s.d.). Three ingenious archaeological «reconstructions». Recuperat de <https://archaeology-travel.com/top-picks/ingenious-archaeological-reconstructions/>
- Dunhuang Virtual Tour. (s.d.). Recuperat de <http://tour.dha.ac.cn/quanjing/flash/index.html>
- DYLLA, K., FRISCHER, B., MÜLLER, P., ULMERA, A., & HAEGLER, S. (2008). Rome reborn 2.0: A case study of virtual city reconstruction using procedural modeling techniques. *Computer Graphics World*, 16, 25.

- ECHARTE VENTURA, A. (2013). Museografia nòmada en espais arqueològics. El cas del Parc Arqueològic de Iesso, Museu de Guissona (La Segarra, Catalunya, Espanya). *Her&Mus. Heritage & Museography*, (13), 113-121. Recuperat de <https://www.raco.cat/index.php/Hermus/article/view/313413>
- Edoardo Tresoldi - Blind Eye Factory. (s.d.). Recuperat de <http://www.blindeyefactory.com/gallery-view/edoardo-tresoldi/>
- ELECTRONIC VISUALIZATION LABORATORY. (2008, gener 8). *SIGGRAPH Showcase 1992 and CAVE Documentation - Part 1*. [Vídeo] Recuperat de <https://www.youtube.com/watch?v=NI6DsamNsLM>
- Els bombers asseguren que l'estructura de Notre-Dame està salvada. (2019, abril 15). *VilaWeb*. Recuperat de <https://www.vilaweb.cat/noticies/fotos-i-videos-un-gran-incendi-crema-la-catedral-de-notre-dame-de-paris/>
- ESCLAPÉS, J., TEJERINA, D., BOLUFER, J., & ESQUEMBRE, M. A. (2013). Sistema de Realidad Aumentada para la musealización de yacimientos arqueológicos: Augmented Reality System for the musealization of archaeological sites. *Virtual Archaeology Review*, 4(9), 42-47.
- ESPINOSA, Á. (2019). Los toros alados asirios vuelan desde Madrid a Mosul. *El País*. Recuperat de https://elpais.com/cultura/2019/10/24/actualidad/1571928612_959146.html
- ETT SPA. (2016, octubre 28). *L'ara com'era - Un racconto in realtà aumentata del Museo dell'Ara Pacis*. [Vídeo] Recuperat de <https://www.youtube.com/watch?v=Akd5-r1gZKc>
- Factum Arte. (s.d.). Digitalización en 3D para conservación del patrimonio cultural. Recuperat de <http://www.factum-arte.com/pag/706/Digitalizaci3n-en-3D-para-conservaci3n-del-patrimonio-cultural>
- FERDANI, D., DEMETRESCU, E., CAVALIERI, M., PACE, G., & LENZI, S. (2020). 3D Modelling and Visualization in Field Archaeology . From Survey To Interpretation Of The Past Using Digital Technologies. *GROMA | documenting archaeology*, 4, 1-21. <https://doi.org/10.12977/groma26>
- GARROCHEA RIVAS, E. (2017, gener). Los nuevos retos en la gestión del patrimonio arqueológico. El uso inteligente de las TICs y la difusión accesible del patrimonio. *Tercio creciente. Revista de Estudios en Sociedad, Artes y Gestión Cultural*, (11), 45-58. <https://doi.org/10.17561/RTC.N11>
- GEIJO, S. (s.d.). La Villa Romana de Rockbourne - Viator Imperi. Recuperat de <http://viatorimperi.es/rockbourne/>
- GENERALITAT DE CATALUNYA. (s.d.). El patrimoni en 3D | Patrimoni Cultural. Recuperat de <http://patrimoni.gencat.cat/ca/histories/el-patrimoni-en-3d>
- GETTY COMMUNICATIONS. (2019). Getty and Myanmar to partner on conservation plan for Bagan. *Getty News*, p. 3.
- GOOGLE DEVELOPERS. (2014, juny 27). *Google I/O 2014 - Cardboard: VR for Android*. [Vídeo] Recuperat de <https://www.youtube.com/watch?v=DFog2gMnm44>
- GOOGLE. (2015). About the Google Cultural Institute. Recuperat de <https://www.google.com/culturalinstitute/about/>
- GUTTENTAG, D. A. (2010). Virtual reality: Applications and implications for tourism. *Tourism Management*, 31(5), 637-651. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2009.07.003>

- GUY, J. (2019). Mosul takes delivery of recreated icons. *CNN*. Recuperat de <https://edition.cnn.com/style/article/mosul-statues-unveiling-scli-intl/index.html>
- HAEGLER, S., MÜLLER, P., & VAN GOOL, L. (2009). Procedural Modeling for Digital Cultural Heritage. *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, 2009(December 2013), 1-11. <https://doi.org/10.1155/2009/852392>
- HAMMER, J. (2015, abril). Finally, the Beauty of France’s Chauvet Cave Makes its Grand Public Debut. *Cave Art. Smithsonian Magazine*. Recuperat de <https://www.smithsonianmag.com/history/france-chauvet-cave-makes-grand-debut-180954582/>
- HARUI. (2018, abril 1). *Inside Djoser’s Step Pyramid*. [Vídeo] Recuperat de <https://www.youtube.com/watch?v=f1db2wkmU4w>
- HERNÁNDEZ CARDONA, F. X., Martínez Gil, T., & Rojo Ariza, M. C. (2010). Los límites de la interactividad. En Edicions Trea (Ed.), *Manual de museografía interactiva* (p. 575-612). Guijón.
- HOFMANN, P. (1972). Pieta Damaged in Hammer Attack. *The New York Times*, 1. Recuperat de <https://www.nytimes.com/1972/05/22/archives/pieta-damaged-in-hammer-attack-assailant-with-hammer-damages-the.html>
- HRDÝ J. *Heidentor Carnuntum*, (s.d). [Fotografía] Recuperat de <https://www.pinterest.com.au/pin/288793394833679162/>
- HUDSON, B. (2008). Restoration and reconstruction of monuments at Bagan (Pagan), Myanmar (Burma), 1995-2008. *World Archaeology*, 40(4), 553-571. <https://doi.org/10.1080/00438240802453195>
- IANNONE, G., KYAW, P. P., MACRAE, S., SOE, N. C., LIN, S. T., & CHEONG, K. F. (2019). Water, Ritual, and Prosperity at the Classical Capital of Bagan, Myanmar (11th to 14th Centuries CE): Archaeological Exploration of the Tuyin-Thetso “Water Mountain” and the Nat Yekan Sacred Water Tank. *SPAJA Journal*, 3, 1-35. <https://doi.org/10.26721/spafajournal.v3i0.600>
- ICOMOS. Carta Internacional para la Gestión del Patrimonio Arqueológico (1990). <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2015.09.018>
- ICOMOS. International cultural tourism charter. Managing Tourism at Places of Heritage Significance. (1999).
- ICOMOS. La carta de Londres para la visualización computarizada del patrimonio cultural (2009). <https://doi.org/10.3109/08039488.2013.852242>
- IDAHO NATIONAL LAB. (2014, gener 14). *Computer Assisted Virtual Environment - CAVE*. [Vídeo] Recuperat de https://www.youtube.com/watch?v=M16mz8Pc_OM
- IGN. (2019, abril 16). *How Assassin’s Creed Could Help Rebuild Notre Dame*. [Vídeo] Recuperat de <https://www.youtube.com/watch?v=dQQ7DHbMI2I>
- INTERNATIONAL AUGMENTED MED EU PROJECT. (2015, juny 29). *SPAIN-Empuries - Augmented Reality app at archaeological site*. [Vídeo] Recuperat de <https://www.youtube.com/watch?v=YKTdXKbN07s>
- JONES, J. (2015, abril 15). Don’t fall for a fake: the Chauvet cave art replica is nonsense. *The Guardian*. Recuperat de <https://www.theguardian.com/artanddesign/jonathanjonesblog/2015/apr/15/chauvet-cave-art-replica-is-nonsense>
- JOY, M., Captura de pantalla de l’Assassin’s Creed: Origins, 2017. [Fotografía] Recuperat de <https://gamingcentral.in/insanely-pretty-assassins-creed-origins-screenshots-look-almost-realistic/>

- KACYRA, B. (2011, juliol). *Ancient wonders captured in 3D*. TED Talk. [Vídeo] Recuperat de https://www.ted.com/talks/ben_kacyra_ancient_wonders_captured_in_3d
- KLEIN TOOLS. (2019, abril 4). *Laser Distance Measurer*. [Vídeo] Recuperat de https://www.youtube.com/watch?v=iGT7PnH_1o
- KOUNAVIS, C. D., KASIMATI, A. E., & ZAMANI, E. D. (2012). Enhancing the tourism experience through mobile augmented reality: Challenges and prospects. *International Journal of Engineering Business Management*, 4(1), 1-6.
- La Ciutadella (Calafell) - Arqueoxarxa - La Ruta dels Ibers - Museu d'Arqueologia de Catalunya. (s.d.). Recuperat de <http://www.rutadelsibers.cat/Jaciments/La-Ciutadella-Calafell>
- LÓPEZ BENITO, V., & SANTACANA MESTRE, J. (2013). Cultura digital, museos y educación. *Her&Mus. Heritage & Museography*, (13), 8-15. Recuperat de <https://www.raco.cat/index.php/Hermus/article/view/313342>
- MACCALLUM-STEWART, E., & PARSLER, J. (2007). Controversies: Historicising the computer game. *3rd Digital Games Research Association International Conference: «Situated Play», DiGRA 2007*, 203-210.
- MACDONALD, K. (2019, abril 17). Assassin's Creed creators pledge €500,000 to Notre Dame. *The Guardian*. Recuperat de <https://www.theguardian.com/games/2019/apr/17/assassins-creed-creators-pledge-500000-notre-dame-restoration>
- Mapes presentats per Bagan per a la seva nominació a la llista del patrimoni mundial. [Fotografia]. (s.d.) Recuperat de <https://whc.unesco.org/en/list/1588/documents/>
- MARQUÉS, N. F. (2018). Sketchfab. Vilamuseu: 3D scanning and 3D printing for accessibility. Recuperat de <https://sketchfab.com/blogs/community/vilamuseu-3d-scanning-3d-printing-accessibility/>
- MARTÍNEZ SANZ, R. (2012). Nuevos retos comunicativos para los museos y centros de arte. El valor del portal web. *Boletín de Interpretación*, (26), 16-17. Recuperat de <https://boletin.interpretaciondelpatrimonio.com/index.php/boletin/article/view/284/284>
- MCCALL, J. (2019). Playing with the past: history and video games (and why it might matter). *Journal of Geek Studies*, 3(1), 29-48.
- MET, T. (2014, novembre 12). *After the Fall: The Conservation of Tullio Lombardo's «Adam»*. [Vídeo] Recuperat de <https://www.youtube.com/watch?v=3oznnP6SkSc>
- MEZZINO, D., CHAN, L., QUINTERO, M. S., ESPONDA, M., LEE, S., MIN, A., & PWINT, M. (2017). Built heritage documentation and management: an integrated conservation approach in Bagan. En *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume IV-2/W2, 2017 26th International CIPA Symposium 2017* (Vol. IV, p. 143-150). <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-2-W2-143-2017>
- MEZZINO, D., QUINTERO, M. S., PWINT, P. M., HTUT, W. T., RELLENSMANN, C., VI, C., & VI, W. G. (2016). Technical assistance for the conservation of built heritage at Bagan, Myanmar. En *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXIII ISPRS Congress* (Vol. XLI, p. 945-952). <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XLI-B5-945-2016>
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN, C. Y. D. (2017). *La Ciencia y el Arte VI. La ciencia y el arte VI. Ciencias experimentales y conservación del patrimonio*.

- MORALES, J. (2001). Los objetivos específicos en interpretación (para saber, sentir y hacer). *Boletín de Interpretación del Patrimonio*, (4), 8-9.
<https://doi.org/10.1194/jlr.M300036-JLR200>
- MUÑOZ MELGAR, A., MACIAS SOLÉ, J. M., TEIXELL, I., PUCHE FONTANILLES, J. M., & FERNANDEZ PINO, I. (2016). Basilica St. Fructuòs Tarragona, 4300033. Recuperat de <https://sketchfab.com/udg-icac/collections/basilica-st-fructuos-tarragona>
- MUSEO ARCHEOLOGICO NAZIONALE DI NAPOLI. (2016). Recuperat de <https://www.museoarcheologiconapoli.it/en/services/>
- NICCOLUCCI, F., & EUROPEAN COMMISSION. DIRECTORATE GENERAL FOR RESEARCH. Human Potential Programme. (2002). *Virtual archaeology : proceedings of the VAST Euroconference, Arezzo 24-25 November 2000*. Oxford : Archeopress.
- OCULUS. (2018, desembre 1). Virtual Desktop | Rift, Oculus Go + Gear VR. [Vídeo] Recuperat de <https://www.youtube.com/watch?v=62W00S6yNkA>
- OLGUÍN CARBAJAL, M., RIVERA ZÁRATE, I., & HERNÁNDEZ MONTAÑEZ, E. (2006). Introducción a la Realidad Virtual. *Polibits*, 33, 11-15.
- ORTIZ CARMONA, J. A., & ALDEA, LEIVA, J. M. (2019). Assassin's Creed y el cambio de paradigma . El videojuego como herramienta didáctica para las Ciencias Sociales., 1-20.
- PADDOCK, R. C. (2006, setembre 7). From Ruins to Ruined. *Los Angeles Times*. Recuperat de <https://www.latimes.com/archives/la-xpm-2006-sep-07-fg-bagan7-story.html>
- PALADINI, A., DHANDA, A., REINA ORTIZ, M., WEIGERT, A., NOFAL, E., MIN, A., GYI, ... SANTANA QUINTERO, M. (2019). Impact of virtual reality experience of accessibility of cultural heritage. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLII-2/W11(2/W11)*, 929-936.
<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W11-929-2019>
- PAQUET, E., & VIKTOR, H. L. (2005). Long-term Preservation of 3-D Cultural Heritage Data Related to Architectural Sites. En *ISPRS Workshop 3D Virtual reconstruction and Visualization of Complex Architectures*. Mestre-Venècia. Recuperat de <https://pdfs.semanticscholar.org/525f/dab0238f3992a3bb19c5c33c718ffc919951.pdf>
- PAQUET, E., & VIKTOR, H. L. (2007). Long-term Preservation of 3-D Cultural Heritage Data Related to Architectural Sites. *ISPRS Workshop 3D Virtual reconstruction and Visualization of Complex Architectures (3D-ARCH)*, (June).
- PARDEY DUCÓN, K. E. (2010). CAVE (Cave Automatic Virtual Environment), 1-9.
- PARÉS, N., & PARÉS, R. (2010). Desenvolupament d'aplicacions de realitat virtual. En *Realitat Virtual* (p. 5-39). Barcelona: UOC.
- PARÉS, N., & PARÉS, R. (2010). Fonaments tecnològics. En *Realitat Virtual* (p. 5-46). Barcelona: UOC.
- PARÉS, N., & PARÉS, R. (2010). Introducció a la realitat virtual. En *Realitat Virtual* (p. 5-16). Barcelona: UOC.
- PARÉS, N., & PARÉS, R. (2010). *Realitat virtual*. Barcelona: UOC.
- patrimoni cultural | enciclopèdia.cat. (2018). Recuperat de <https://www.enciclopedia.cat/ec-gec-0251233.xml>
- PATRIMONI GENCAT. (2017, març 17). *La Casa dels Mosaics d'Empúries*. [Vídeo] Recuperat de <https://www.youtube.com/watch?v=gvEIZvFhGU>

- PATRIMONI GENCAT. (2019, gener 21). *El patrimoni en 3D: Fotogrametria*. [Vídeo]
 Recuperat de https://www.youtube.com/watch?v=TiNxHPd_5fQ
- PICHARD, P. (1976). Pagan. Cuando las pagodas tiemblan. La antigua ciudad birmana gravemente afectada por un temblor de tierra. *El Correo de la UNESCO*, (5), 14-19.
- PICHARD, P. (1983). Progress of work for the preservation and restoration of monuments and artifacts at selected sites in Burma - (mission). *Preservation and restoration of national monuments and artifacts at selected sites*, 5, 11.
- PICHARD, P. (1987). *Conservation of monuments in Pagan: Burma - (mission). Conservation of cultural heritage of selected sites in Burma* (Vol. 9).
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- PIÑERO, L. A. (2013). Metodología de Reconstrucción Virtual de Patrimonio Arqueológico. *Virtual Archaeology Review*, 4(8), 74-79.
- PIÑON, L. (1998). Valencia. Excursión Virtual. Recuperat de
<http://whc.unesco.org/archive/websites/valencia/us/city/pgs/es.cit.qtvr.htm>
- PIQUER-CASES, J. C., Capilla-Tamborero, E., & Molina-Siles, P. (2015). La reconstrucción virtual del patrimonio arquitectónico y su aplicación metodológica. *EGA Revista de Expression Grafica Arquitectonica*, 20(25), 258-267.
<https://doi.org/10.4995/ega.2015.3674>
- PLANS I MAESTRA, J. (2015). Patrimoni cultural i tics: Noves formes d'aplicar la Gestió Cultural al territori. *Dovella: revista cultural de la Catalunya Central*, (116), 4-8.
 Recuperat de <https://www.raco.cat/index.php/Dovella/article/view/304214>
- POLITOPOULOS, A., MOL, A. A. A., BOOM, K. H. J., & ARIESE, C. E. (2019). History Is Our Playground: Action and Authenticity in Assassin's Creed: Odyssey. *Advances in Archaeological Practice*, 7(3), 317-323. <https://doi.org/10.1017/aap.2019.30>
- PUJOL TOST, L., & ECONOMOU, M. (2012). Estudio de casos. Evaluación en el Helenic Cosmos. En *Evaluación TIC en el patrimonio cultural : metodologías y estudio de casos*. Barcelona: UOC.
- QUINTANILLA, G., CARPINTIER, R., SÁNCHEZ, J., RODRÍGUEZ, M., ALCOBA GONZÁLEZ, J., JUAN GASCA, J., MANUEL JARQUE, ... CANO COCA, L. (2015). *ANUARIO AC/E 2015 DE CULTURA DIGITAL. Modelos de negocio culturales en Internet. Focus: Museo y nuevas tecnologías*. (A. C. Española, Ed.). Recuperat de
https://www.accioncultural.es/es/ebook_anuario_ac_e_cultura_digital_2015
- Realidad Aumentada: ARToolkit para animación de personajes. (2003). Recuperat de
http://www.disca.upv.es/magustim/val/pfcs_anteriors/arToolkit/ARToolkit.html
- REINOSO, R. (2013). Introducción a La Realidad Aumentada. Recuperat de
<http://www.educa.jcyl.es/crol/es/buscar?formName=simpleSearchForm&formName=simpleSearchForm&lookForType=0&searchWeb=crol&sortIndex=0&simpleSearchPattern=reinoso>
- RICCARDELLI, C., MORRIS, M., GEORGE, W., SOULTANIAN, J., BECKER, L., & STREET, R. (2014). The Treatment of Tullio Lombardo's Adam: A New Approach to the Conservation of Monumental Marble Sculpture. *Metropolitan Museum Journal*, 49.
- Roundme - Virtual Tours Made Simple. (s.d.). Recuperat de <https://roundme.com/>
- S'obre al públic la sala immersiva de recreació en 3D de la ciutat ibèrica d'Ullastret. (2016, juliol 29). *govern.cat*. Recuperat de <https://govern.cat/salaprensa/notes-premsa/294713/obre-al-public-sala-immersiva-recreacio-3-d-ciutat-iberica-ullastret>

- SCOTT, K. I., GILKEY, R. H., KENYON, R. V., VALENTINO, G., FLACH, J. M., SPENNY, C. H., & ANDERSON, T. R. (1977). Defense applications of the CAVE. En *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering* (p. 118-125).
- SHAH MARAI /APF via Getty Images (2008). *Afghan girls walk past the empty seat of the Buddha destroyed by the Taliban in Bamiyan on July 6, 2008*. [Fotografía]. Recuperat de <https://www.gettyimages.es/detail/fotograf%C3%ADa-de-noticias/afghan-girls-walk-past-the-empty-seat-of-the-fotograf%C3%ADa-de-noticias/104710165?adppopup=true>
- SKETCHFAB. (2019). Recuperat de <https://sketchfab.com/>
- SMITH, R. P. (2018, juny). This Free Virtual Reality App Drops Users in the Heart of Historic Armenia. *Smithsonian Magazine*. Recuperat de <https://www.smithsonianmag.com/smithsonian-institution/free-virtual-reality-app-drops-users-heart-historic-armenia-180969480/>
- SORET, T. [timsoret]. (2018, febrer 21). Antique statues are censored in the historical "Discovery tour" of Assassin's Creed: Origins, and some art has been redrawn to be "inclusive" instead of portraying its era and its issues accurately. Great. Better & better. [Tweet]. Recuperat de <https://twitter.com/timsoret/status/966394424782655488>
- STADTNER, D. M. (2014). Inventory of Monuments at Pagan by Pierre Pichard. *Ars Orientalis*, 33(2003), 212-214.
- STRICKER, D., PAGANI, A., & ZOELLNER, M. (2010). In-Situ Visualization for Cultural Heritage Sites using Novel Augmented Reality Technologies, 37-41.
- TEJADO SEBASTIÁN, J. (2005). Escaneado en 3D y prototipado de piezas arqueológicas: las nuevas tecnologías en el registro, conservación y difusión del Patrimonio Arqueológico. *Iberia: Revista de la Antigüedad*, (8), 135-160.
- THE GETTY CONSERVATION INSTITUTE. (2019). Wall Paintings Conservation at Mogao Grottoes (1997–2010). Recuperat de https://www.getty.edu/conservation/our_projects/field_projects/mogao/overview.html
- THE GETTY CONSERVATION INSTITUTE. (s.d.). Bagan Conservation Project. Recuperat 24 febrer 2020, de http://www.getty.edu/conservation/our_projects/field_projects/bagan/
- TILDEN, F. (2006). *La Interpretación de nuestro patrimonio / Freeman Tilden*. Pamplona: Asociación para la Interpretación del Patrimonio.
- TORRES RUIZ, D. (2011). Realidad aumentada y Patrimonio Cultural: nuevas perspectivas para el conocimiento y la difusión del objeto cultural. *erph, revista electrónica de patrimonio histórico*, (8).
- TORRES, J. C., Cano, P., Melero, J., España, M., & Moreno, J. (2010). Aplicaciones de la digitalización 3D del patrimonio TT - Applications of 3-D digitization of heritage. *Virtual archaeology review*, 1(1), 51-54.
- TORRES, J. C., MELERO, F. J., CANO, P., MARTÍN, D., & LEÓN, A. (2007). Generación automatizada de modelado 3D para difusión y documentación del patrimonio histórico. En *Informática Gráfica y Patrimonio Histórico*.
- TRESOLDI E., *Basilica di Siponto*, 2016. [Fotografía] Recuperat de <https://www.archdaily.com/903999/edoardo-tresoldis-basilica-di-siponto-awarded-the-gold-medal-for-italian-architecture>

- TSE, D., PALADINI, A., DHANDA, A., WEIGERT, A., ORTIZ, M. R., QUINTERO, M. S., ... SU, S. (2019). Conserving built heritage for posterity: a conservation approach in Bagan. En *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W15, 2019 27th CIPA International Symposium "Documenting the past for a better future"* (Vol. XLII, p. 1-5).
- UBISOFT NORTH AMERICA. (2018, febrer 20). *Assassin's Creed Origins: Discover Tour | Trailer*. [Vídeo] Recuperat de <https://www.youtube.com/watch?v=yMDdQKfv70>
- VELTMAN, H., K. (2005). DOSSIER «TIC i patrimoni». Desafiaments en les aplicacions de les TIC/TCU en el patrimoni cultural. *Digituhum*, (7).
<https://doi.org/10.7238/issn.1575-2275>
- VICO LÓPEZ, L. (2011). Metodología y criterios para la reconstrucción virtual del Patrimonio Arquitectónico romano. *Virtual Archaeology Review*, 2(3), 151.
<https://doi.org/10.4995/var.2011.4671>
- VILA MUSEU | El nuevo museo de la Vila Joiosa. (2016). Recuperat de <http://vilamuseu.es/va>
- VINCENT, M. (s.d.). Rekrei. Recuperat de <https://projectmosul.org/>
- VLAHAKIS, V., KARIGIANNIS, J., TSOTROS, M., GOUNARIS, M., & ALMEIDA, L. (2001). ARCHEOGUIDE: first results of an augmented reality , mobile computing system in cultural heritage sites. En *Conference on Virtual Reality, Archeology, and Cultural Heritage*.
- WEBSTER, A. (2019, abril 17). Building a better Paris in Assassin's Creed Unity. *The Verge*. Recuperat de <https://www.theverge.com/2014/10/31/7132587/assassins-creed-unity-paris>
- What is Total station? (2016). Recuperat de <https://www.civilsimplified.com/resources/what-is-total-station>
- YI, R., & LI, M. (2017). ScienceDirect 5D GIS virtual heritage. *Procedia Computer Science*, 111, 294-300.
- ZUK, T., CARPENDALE, S., & GLANZMAN, W. D. (2005). Visualizing temporal uncertainty in 3D virtual reconstructions. *VAST 2005: the 6th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Intelligent Cultural Heritage, incorporating 3rd Eurographics Workshop on Graphics and Cultural Heritage: ISTI-CNR Pisa, Italy, November 8-11, 2005*, 99-106. <https://doi.org/10.2312/VAST/VAST05/099-106>
- ネ口. (2018, març 13). *Assassin's Creed Origins Tomb Of Tutankhamun*. [Vídeo] Recuperat de <https://www.youtube.com/watch?v=H6KIMxbx2wg>

ANNEX: SUPORTS VISUALS



Fig. I Stoa d'Àtal a Atenes. Exemple de reconstrucció física. Extret de <http://agora.ascsa.net/id/agora/monument/stoa%20of%20attalos>



Fig. II Ciutadella ibèrica de Calafell. Exemple d'arqueologia experimental. Extret de <http://www.rutadelsibers.cat/Jaciments/La-Ciutadella-Calafell>



Fig. III Conjunt arqueològic de Santa Maria di Siponto amb les Basíliques d'època posterior. Exemple d'arquitectura volumètrica. Extret de <http://www.blindfactory.com/gallery-view/edoardo-tresoldi/>



Fig. IV Vil·la romana de Rockbourne d'Anglaterra. Exemple de *lineout*. Extret de <https://nfknowledge.org/contributions/rockbourne-roman-villa-geophysics/>



Fig. V Carnuntum de Pertone a Àustria. Exemple d'estructures fantasma. Extret de <https://archaeology-travel.com/top-picks/ingenious-archaeological-reconstructions/>

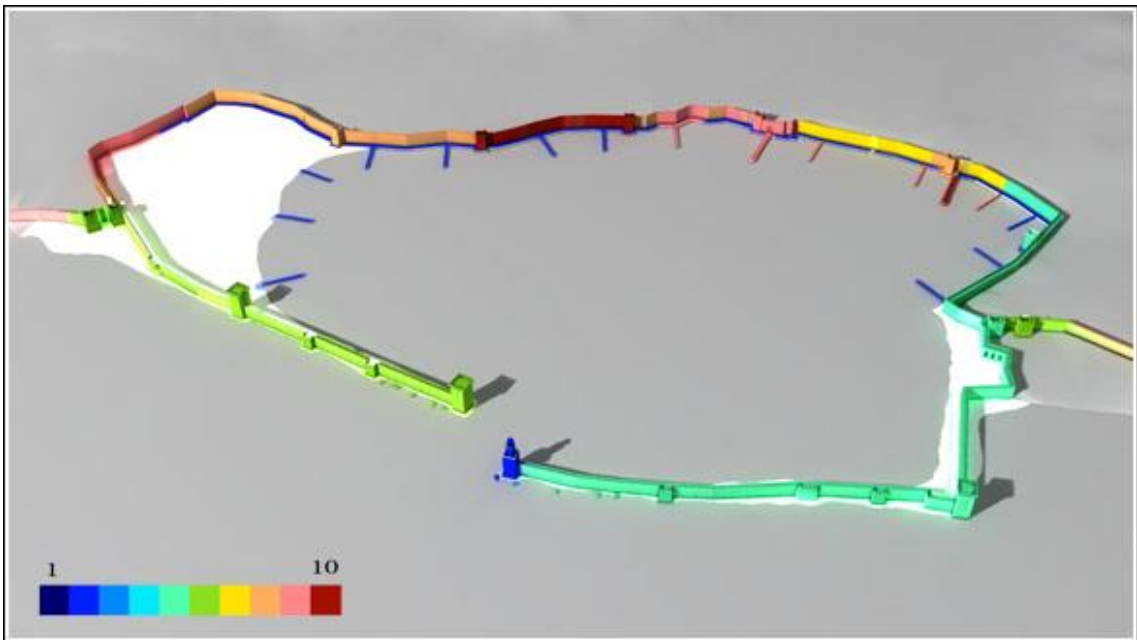


Fig. VI Port de Teodosi representat amb l'escala de colors que mostra el grau d'evidència històrica. Extret de http://www.byzantium1200.com/port_t.html



Fig. VII El Sensorama de Morton Heiling (1957). Extret de <https://www.neoteo.com/realidad-virtual-en-1957-5380/>



Fig. VIII Ulleres de realitat virtuals VR HTC Vive d'Ullastret. Extret de (Codina, de Prado, Ruiz & Sierra, 2017b:253)



Fig. IX Ulleres Cardboard de Google. Extret de <https://arvr.google.com/cardboard/>

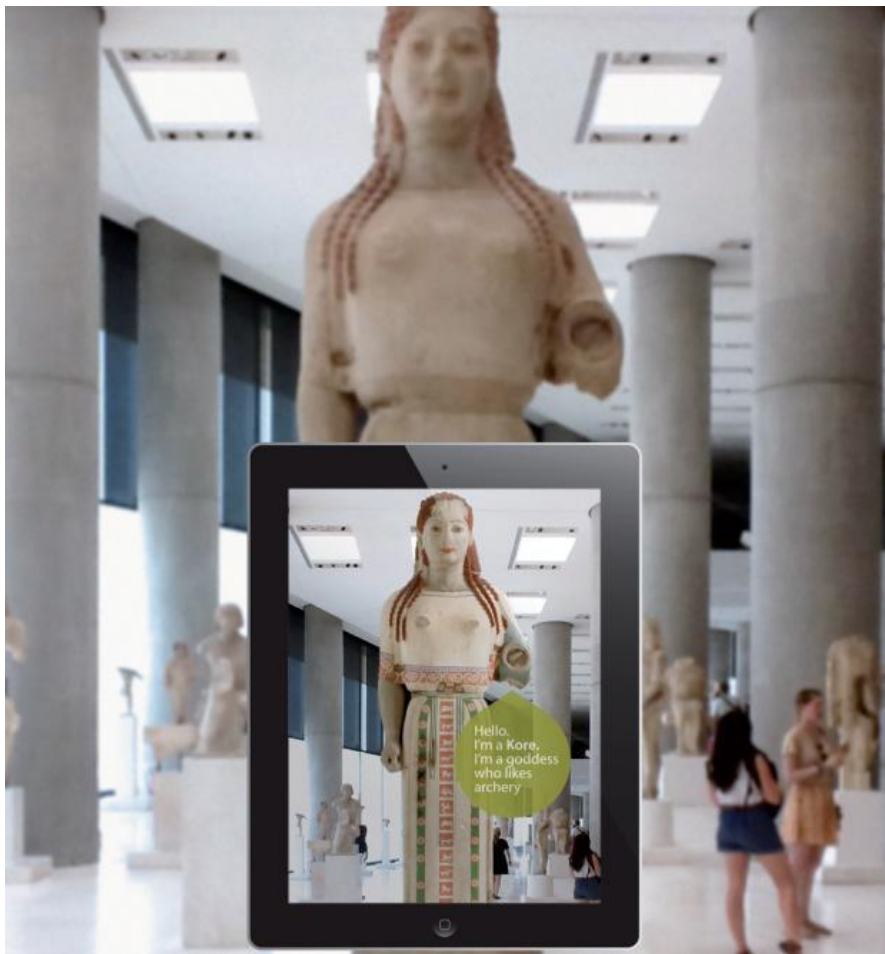


Fig. X Exemple de realitat virtual al Museu de l'Acròpolis d'Atenes. Extret de <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/news/making-museums-mobile-personalised-and-interactive-experience>

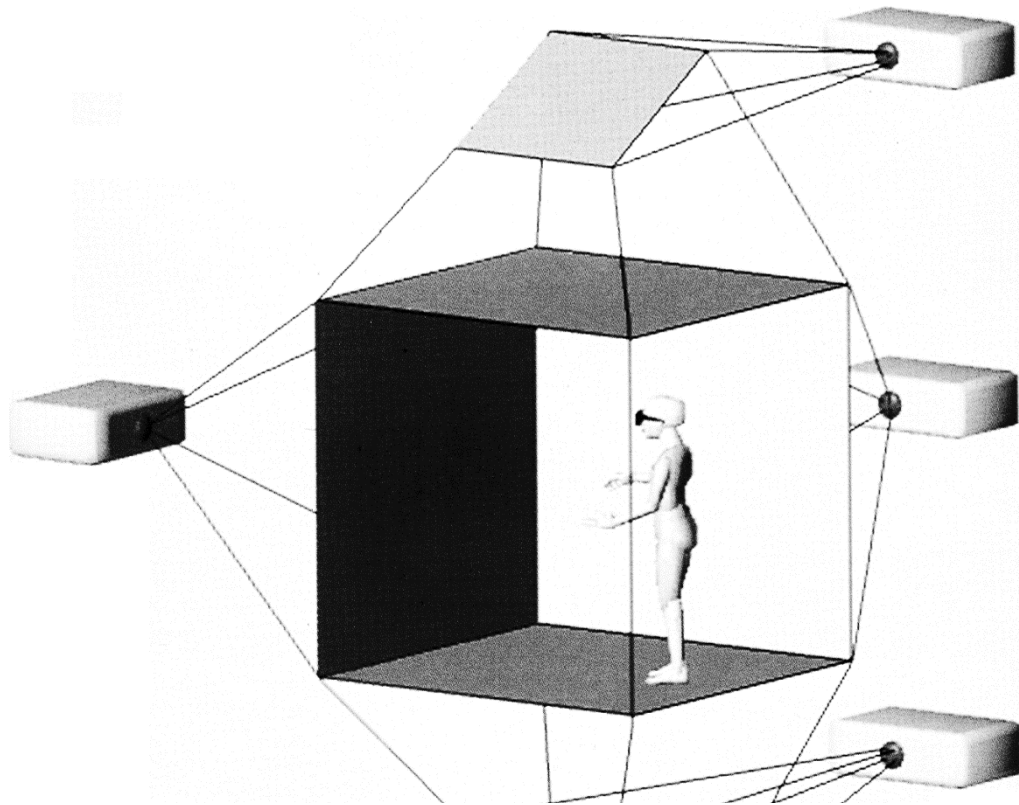


Fig. XI Esquema de la CAVE de Cruz-Neira pel Siggraph Showcase '92. Extret de (Cruz-Neira, Sandin, DeFanti, Kenyon, & Hart, 1992:66)



Fig. XII Sala immersiva d'Ullastret. Extret de (Codina, de Prado, Ruiz & Sierra, 2017a:318)



Fig. XIII Gac, R. (2011) Vistes dels temples de Bagan, Myanmar. Extret de <https://www.flickr.com/photos/pouloutos/6348138131>

A la portada: Shah Marai /APF via Getty Images, *Afghan girls walk past the empty seat of the Buddha destroyed by the Taliban in Bamiyan on July 6, 2008*, 2008. Recuperat de <https://www.gettyimages.es/detail/fotograf%C3%ADa-de-noticias/afghan-girls-walk-past-the-empty-seat-of-the-fotograf%C3%ADa-de-noticias/104710165?adppopup=true>

Al cos del treball, per ordre: British Museum, Model en 3D d'un Lamassu, 2019. Recuperat de <https://sketchfab.com/3d-models/029f70ea99f845db824d68ae171d7f53> / Edoardo Tresoldi, *Basilica di Siponto*, 2016. Recuperat de <https://www.archdaily.com/903999/edoardo-tresoldi-basilica-di-siponto-awarded-the-gold-medal-for-italian-architecture> / Jiří Hrdý, *Heidentor Carnuntum*, (s.d). Recuperat de <https://www.pinterest.com.au/pin/288793394833679162/> / Manas Joy, Captura de pantalla de l'Assassin's Creed: Origins, 2017. Recuperat de <https://gamingcentral.in/insanely-pretty-assassins-creed-origins-screenshots-look-almost-realistic/> / Captura de pantalla del vídeo *Ullastret c. 250 aC. Making of*, 2016. Recuperat de https://www.youtube.com/watch?v=b6AtV1JXEIc&feature=emb_title / CyArk, visualització d'una secció creada a partir de les dades 3D d'un temple de Bagan, (s.d.). Recuperat de <https://www.directionsmag.com/article/6807>