

CARACALLA IVD: UN TUFFO NEL PASSATO

COME NASCE UN PROGETTO DI VISITA IMMERSIVA

di Francesco Cochetti, Francesco Antinucci, Claudio Rufa, Massimiliano Forlani, Giuseppe Polegri, Juliana Fisichella

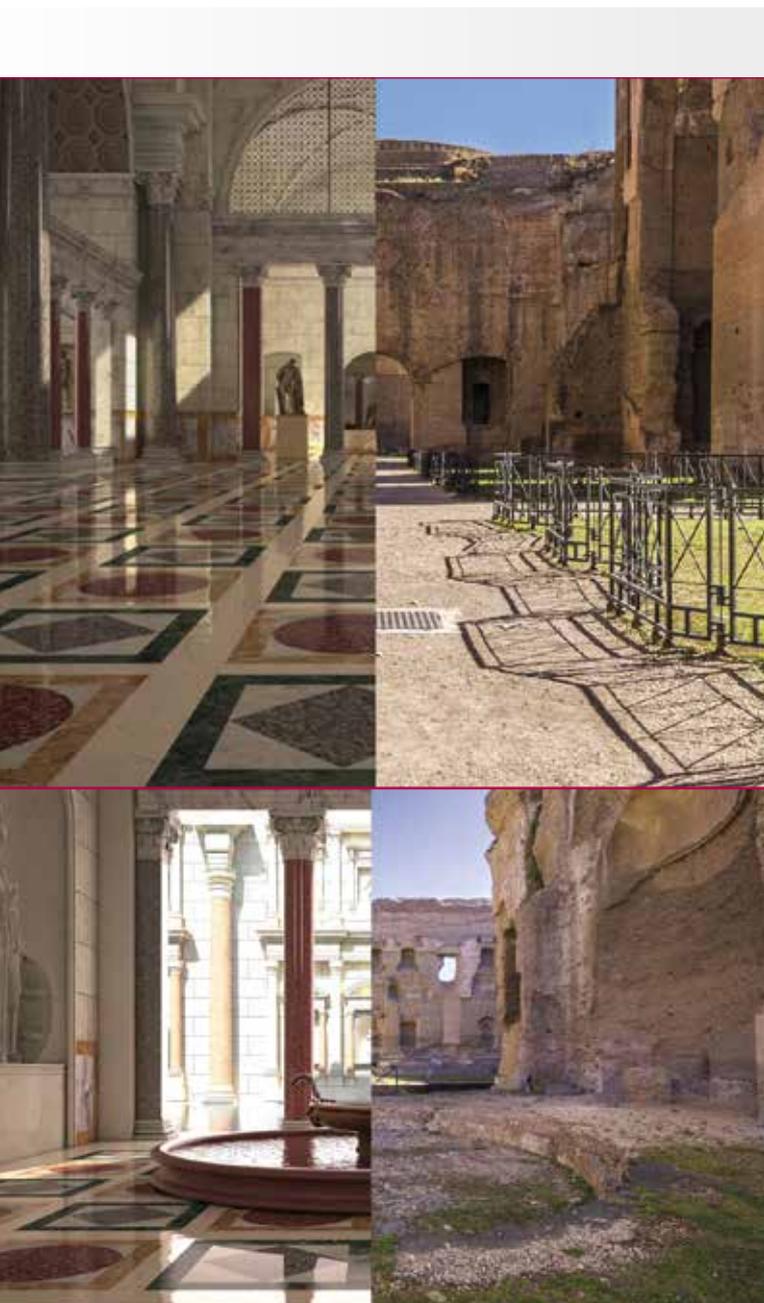


Fig. 1 e 2 - Frigidarium. Confronto tra la ricostruzione virtuale e lo stato odierno.

La tecnologia digitale arriva alle Terme di Caracalla che diventa il primo sito archeologico italiano interamente visitabile in 3D con un dispositivo portatile.

Se da un lato negli ultimi anni si è assistito al fenomeno positivo di una costante crescita di frequentatori di siti culturali, dall'altro possiamo registrare una progressiva incapacità da parte di molti di questi nuovi visitatori a comprendere a pieno i contenuti dei luoghi visitati.

Questo è dovuto principalmente al radicale cambiamento tipologico di pubblico. Alla ristretta cerchia di studiosi ed esperti, *habitué* di questi luoghi, nonché ai gruppi e alle scolaresche che li visitano con regolarità, guidati da capaci mediatori culturali, si affiancano oggi fitte schiere di nuovi visitatori, alcuni provenienti da paesi e culture lontane, altri dal territorio nazionale, quasi tutti sprovvisti di quel bagaglio di conoscenze indispensabili alla corretta lettura e interpretazione di questi siti culturali e degli oggetti in essi contenuti.

I luoghi che maggiormente mescolano insieme senso di fascinazione e di frustrazione sono i siti archeologici. Infatti lo stato frammentario di conservazione di questi luoghi e la distanza temporale creano vere e proprie barriere alla loro comprensione. È questo il caso delle Terme Severiane dette di Caracalla.

Al di là della suggestione creata dalle rovine, la comprensione reale del monumento richiede un significativo sforzo d'immaginazione. Infatti la parziale rovina dell'edificio, la spoliazione di quasi tutti gli apparati decorativi, la perdita delle funzioni originarie dei diversi ambienti rende molto complicata la ricostruzione visiva degli spazi e la comprensione del loro uso. Ogni osservatore sarà portato a crearsi una propria rappresentazione, talvolta falsata, di quello che vede ora, in base alle proprie conoscenze culturali e alla propria capacità d'immaginazione.

Ecco che la realtà virtuale aiuta a superare facilmente questa visione individuale e "romantica" dell'archeologia per restituire oggettività alla visione, creando un'immagine tangibile e unica.

Il problema che si pone a questo punto è come realizzare questo sogno con una tecnologia efficace nella resa dei contenuti, sostenibile da un punto di vista economico e non invasiva per il sito archeologico.

La qualità dei contenuti presenta un duplice risvolto: da un lato il rigore scientifico del modello ricostruito, basato su

studi approfonditi e un attento rilievo del sito archeologico, dall'altro la sua accurata restituzione grafica con una meticolosa procedura che sarà spiegata in un capitolo successivo di questo articolo.

La condizione di sostenibilità può essere garantita da un idoneo flusso di visitatori, potenziali utenti del dispositivo, in grado di rientrare in tempi ragionevoli nei costi di produzione.

Infine, l'esigenza di non interferire nel luogo archeologico con installazioni che ne altererebbero la percezione ci ha indirizzato a ricercare dispositivi leggeri e portatili, con gestione autonoma dei contenuti, che potessero accompagnare l'utente nel percorso di visita.

Partendo da queste premesse si è ipotizzata la realizzazione di uno strumento che potesse mantenere le caratteristiche di un'audioguida tradizionale, potenziandola però con un apparato visivo costituito da filmati e ricostruzioni virtuali di alcuni ambienti termali attraverso due percorsi paralleli: uno solo audio finalizzato alla descrizione della "rovina archeologica" così com'è e un secondo percorso con realtà virtuale dotato di un audio che ci illustra il monumento nel suo aspetto originario e con le sue primitive funzioni d'uso, rese evidenti dalla ricostruzione.

In Caracalla IVD si può affermare che la realtà virtuale assume il felice ruolo di mediatore tra mondo scientifico e il grande pubblico. Misurazioni e rilievi, inventariazione sistematica dei reperti, analisi delle fonti e testimonianze storiche, individuazione di sculture ed elementi architettonici asportati nel corso dei secoli: tutto questo viene restituito in immagini leggibili e facilmente comprensibili. Così il fruitore può veramente "rivivere" il monumento che non è frutto della fantasia ma ricostruzione filologica.

Il progetto è stato promosso dalla Soprintendenza Speciale di Roma e da CoopCulture, che lo ha realizzato in collaborazione con il Consiglio Nazionale delle Ricerche sotto la supervisione di Marina Piranomonte, direttrice del monumento (A cura di Francesco Cochetti).

PRINCIPI COGNITIVI E MEZZI TECNOLOGICI

La realizzazione della "guida immersiva" delle Terme di Caracalla si è basata su due cardini fondamentali, uno di natura tecnologica e uno di natura cognitiva, entrambi troppo spesso trascurati da tentativi di applicazioni multimediali e di realtà virtuale nei confronti del patrimonio archeologico. L'elemento tecnologico è costituito dalla disponibilità di un sistema "leggero" e, soprattutto, portatile di realtà virtuale sviluppato recentemente da Google e reso liberamente disponibile, il Cardboard Virtual Reality. A stretto rigore, non si tratta di un sistema di realtà virtuale vero e proprio, quanto di un sistema di visione immersiva a 360° centrata sul punto di vista dell'osservatore, ma privo di possibilità di movimenti di traslazione. Tuttavia questa limitazione si annulla quando entra in gioco la portabilità e dunque la possibilità che i movimenti di traslazione siano fisicamente eseguiti dallo stesso osservatore. È questa caratteristica che ci porta a definire il sistema come "leggero": per realizzarlo sono infatti sufficienti un normale smart phone accoppiato a un visore stereoscopico di tipo tradizionale: a separazione fisica di campo visivo.

I vantaggi di questa soluzione sono evidenti a prima vista: il costo limitatissimo (rispetto a qualunque altro sistema di realtà virtuale) e la semplicità della gestione e manutenzione.

Inoltre, la portabilità del sistema, generata dalla sua semplicità, genera conseguenze virtuose che vanno ben al di là dei fattori prevalentemente "pratici" di cui abbiamo appena parlato. Nell'utilizzare le tecnologie di ricostruzione



Fig. 3 - Spogliatoio. Confronto tra la ricostruzione virtuale e lo stato odierno.

virtuale per illustrare come era fatto un determinato sito o monumento archeologico si parte spesso dall'idea che sia sufficiente operarne, appunto, la ricostruzione e offrirla all'osservatore che liberamente vi naviga dentro. Mentre è facile che ciò strappi esclamazioni di meraviglia è un po' più difficile che contribuisca veramente a far capire al visitatore come era fatto il sito o il monumento. Il motivo è di natura cognitiva.

L'operazione da compiere per ottenere questo risultato è quella di far collimare quanto si vede nella ricostruzione con quanto si vede sul terreno. Ora, tipicamente questi apparati ricostruttivi sono collocati in determinate postazioni fisse e l'utente li esplora - più o meno immersivamente - navigandoci dentro. Non ha però di fronte contemporaneamente il luogo fisico la cui ricostruzione sta osservando. Questo significa che dovrebbe immagazzinare quanto vede nella memoria, abbandonare poi la postazione, recarsi sul luogo fisico e qui richiamare dalla memoria quanto ha visto nella ricostruzione facendolo collimare con quanto sta osservando nel luogo reale. Un'impresa cognitivamente molto difficile.

Tutto cambia, però, se l'apparato ricostruttivo può essere collocato nel medesimo luogo fisico che sta ricostruendo. Il problema della collimazione scompare: la collimazione infatti viene ottenuta fisicamente, sovrapponendo la vista ricostruita e la vista reale. Non è più richiesto alcun lavoro cognitivo: basta guardare alternativamente l'una e l'altra.

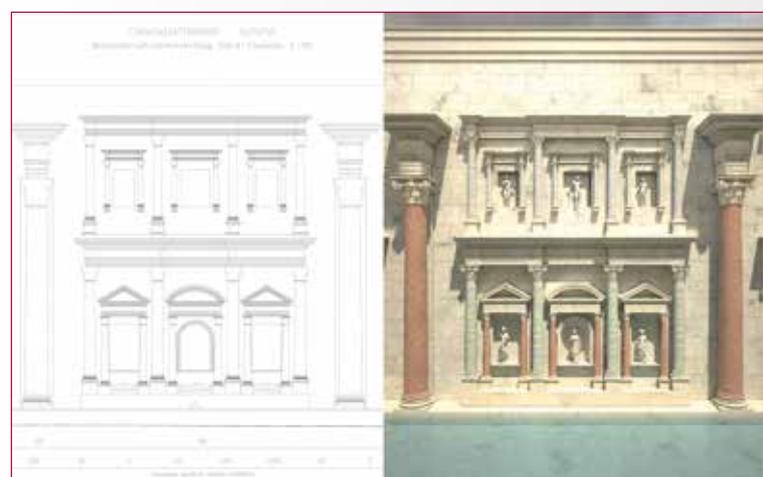


Fig. 4 - Natatio. Confronto tra ricostruzione grafica e virtuale.



Fig. 5 - Natatio. Confronto tra la ricostruzione virtuale e lo stato odierno.

Ma questo è ottenibile solo in due modi: o in ciascun punto "interessante" della struttura viene collocata una apparecchiatura fissa, o il visitatore porta con sé l'apparato ricostruttivo e lo utilizza nei vari punti.

Non è difficile intravedere quale delle sue soluzioni sia preferibile da tutti i punti di vista. È dunque cruciale poter disporre di un apparato in grado di generare viste virtuali interattive e immersive che sia portatile: esattamente quanto fa il Cardboard Virtual Reality.

Prove sperimentali effettuate allo sviluppo del primo prototipo hanno confermato come questa soluzione unisca la spettacolarità ed emozione della visione ricostruita immersiva con la chiara comprensione di come sia fatto e funzioni ciò che si sta guardando. Il problema cognitivo della collimazione scompare: è sufficiente alzare e abbassare il visore sugli occhi per avere la esatta corrispondenza tra le strutture che si vedono sul terreno e quello che erano alla loro origine. Il sistema infatti è anche dotato di auto orientamento (v. sezione sul software) che rende la collimazione completamente automatica (Paragrafo a cura di Francesco Antinucci).

SVILUPPO SOFTWARE

Tutto il sistema di visione immersiva è costruito utilizzando la piattaforma di sviluppo Google Cardboard.



Fig. 6 - Il Toro Farnese. Confronto tra la ricostruzione virtuale e lo stato odierno.

Questo sistema è stato realizzato intorno al 2014 e da allora è stato utilizzato in migliaia di applicazioni nel mondo.

Inizialmente il Software Developer Kit era limitato solo alla piattaforma Android, in seguito gli sviluppatori hanno permesso la scrittura di questo framework su altre piattaforme. Nel nostro caso è stato implementato su telefoni Android utilizzando il motore di rendering Unity3d.

Il paradigma è basato sulla visione stereoscopica di uno scenario virtuale che si orienta a seconda delle rotazioni che l'utente attua con il suo telefono. Normalmente la visione a 360° si basa sulla mappatura dello scenario virtuale all'interno di una sfera o di un cubo dove il punto di vista dell'utente è posto al centro. Ruotando a destra o sinistra, in basso o in alto, l'utente ha la percezione di trovarsi immerso in un mondo virtuale. È stato scelto un campo visivo il più possibile vicino a quello della visione umana.

La risoluzione in pixel dei mondi virtuali è stata di 24576 pixel per 24576 pixel. Questo limite è dato dalla capacità della memoria grafica presente nel dispositivo telefonico adottato. Risoluzioni maggiori saranno possibili con le prossime generazioni di telefoni.

Il principale problema da risolvere è stato allineare il mondo virtuale a quello reale senza l'ausilio di calibrazioni da parte dell'utente. Questo è stato reso necessario per semplificare al massimo l'uso dell'applicazione, infatti l'utente vede il mondo virtuale, attraverso il visore, perfettamente collimato alla realtà in maniera del tutto automatica.

Un altro grande problema da risolvere è stato la gestione delle scelte dell'utente. I paradigmi tradizionali di selezione di pulsanti all'interno di menu grafici non si possono adattare con facilità alla visione a 360°, in quanto il punto di vista non è fisso come in una applicazione 2D.

Nel caso delle visualizzazioni a 360° il riferimento per l'input dell'utente è posto obbligatoriamente al centro, quindi è l'utente a doversi orientare per portare il pulsante scelto in corrispondenza di questo punto centrale.

Le scelte quindi si effettuano in maniera perfettamente naturale in una visione continua a 360° semplicemente orientandosi verso l'icona scelta e premendo l'unico tasto di input presente nel visore.

Per il ritorno al menu precedente o per interrompere la visione di un video o di un audio si preme il pulsante e si tornerà alla visione precedente.

Il menu principale è la rappresentazione dello spazio delle Terme di Caracalla per mezzo di una mappa che simula una visione dall'alto.

L'utente, per mezzo del sistema di localizzazione del telefono, è mappato con un'icona di riferimento sulla mappa. In essa sono disegnati dei riferimenti numerici che corrispondono a segnaposto numerici fisici posti in vari punti delle Terme. La collimazione tra punti virtuali della mappa e punti fisici nello spazio delle Terme è molto precisa e non subisce nessuna interferenza (Paragrafo a cura di Claudio Rufa).

LA RICOSTRUZIONE DELLE TERME DI CARACALLA: LE TECNICHE

Il lavoro di ricostruzione virtuale di un bene archeologico può presentare diversi elementi di criticità in grado di limitare fortemente gli orizzonti operativi ed il range di scelte disponibili. Si è chiamati a rappresentare ciò che, perlomeno in parte, non esiste più. Normalmente, tra queste criticità, c'è al primo posto quella legata alla possibile scarsità, se non alla totale assenza, di informazioni certe riguardo agli oggetti da riportare in vita.

Da questo punto di vista, il lavoro di ricostruzione dei principali ambienti appartenenti alle Terme di Caracalla è indubbiamente nato sotto una buona stella. Gli esperti con cui ci siamo confrontati sin dalle fasi iniziali del nostro la-



Fig. 7 - Panoramica delle Terme di Caracalla (Foto: Cristina Annibali).

voro sono stati infatti, da una parte fonte costante di indicazioni precise e circostanziate, dall'altra così entusiasti al pensiero di poter riportare alla luce l'antico splendore delle Terme, da essere coraggiosamente disposti ad accettare la condizione dalla quale nessuna ricostruzione virtuale, per definizione, potrà mai affrancarsi: quella di dovere, in qualche misura, formulare delle ipotesi.

La modellazione tridimensionale delle Terme di Caracalla è stata incentrata sulla restituzione di 5 ambienti in particolare: le due palestre (orientale e occidentale), il *frigidarium*, la *natatio* e uno spogliatoio.

Data la complessità geometrica dei modelli, questi sono stati realizzati separatamente l'uno dall'altro, per essere quindi assemblati solo nella fase finale del lavoro di visualizzazione, denominata *rendering*.

Gli stessi ambienti presi singolarmente, sono stati costruiti per "strati" a complessità geometrica crescente. Vale a dire che sono stati dapprima modellati e mappati i volumi principali delle strutture: mura, pavimentazioni, arcate, volte, colonne, nicchie, esedre. Tali volumi, pur presentando un livello di dettaglio geometrico trascurabile (poiché caratterizzati da forme piuttosto semplici) hanno un fortissimo potere di definizione degli ambienti.

Successivamente sono stati prodotti e inseriti in scena gli elementi geometrici di medio dettaglio, come i capitelli o i cassettoni intrusi nelle volte. I primi modellati con tecniche tradizionali, i secondi ottenuti mediante una tecnica di modellazione "*Image driven*" guidata da motivi grafici bidimensionali in tonalità di grigio, denominata "*displacement mapping*". Grazie a questa tecnica, una superficie liscia è in grado di mostrare dettagli estremamente accurati solo al momento del rendering, secondo una logica squisitamente procedurale.

In termini di risultato finito, tutti gli sforzi profusi per la restituzione degli ambienti delle Terme di Caracalla sono stati esaltati dalla possibilità di ricollocare all'interno dei loro spazi originari i modelli 3D ad alto dettaglio di alcune sculture e oggetti attualmente conservati presso altri luoghi d'Italia. Parliamo del gruppo scultoreo del Supplizio di Dirce, più conosciuto come Toro Farnese, dell'Ercole Farnese, della vasca in porfido rosso del *frigidarium* (conservati presso il Museo Archeologico Nazionale di Napoli) e dell'Ercole Latino (collocato sullo scalone della Reggia di Caserta). L'acquisizione di queste forme così complesse è stata effettuata grazie a tecniche di fotogrammetria.

In sostanza, gli oggetti da "replicare" in 3D vengono fotografati da tutte le angolazioni e in condizioni di luce idonee, in modo da campionare esaurientemente tutta la loro superficie. Tutta questa mole di dati viene processata da un

software in grado di ricavarne dapprima una nuvola di punti e, in seconda battuta una *mesh* poligonale (la cui densità finale è a discrezione dell'utente) già *texturizzata* con le superfici reali dell'oggetto fotografato.

Per poter ottenere delle scene gestibili sul piano della performance, gli elementi geometricamente più complessi degli ambienti delle Terme sono stati referenziati esternamente rispetto alla scena stessa, sotto forma di oggetti "*Proxy*". Tale tecnica ha consentito di poter accorpate i diversi ambienti delle Terme di Caracalla in un unico file operante come collettore di contenuti a loro volta *storati* in altri file. Se c'è una discriminante capace di trasformare una visualizzazione piatta e indeterminata in una immagine profonda ed emozionante, questa è costituita dalla qualità dell'illuminazione della scena 3D.

Per illuminare i modelli delle Terme è stata scelta una soluzione luminosa morbida e ricca sui toni medi della luce diffusa (*high key*). È stato impiegato un sistema "*Sun and Sky*" fotometrico (quindi ad altissima intensità luminosa) mitigato dai controlli d'esposizione della macchina da presa virtuale.

Successivamente, grazie ai controlli sulla correzione del bianco della camera, è stata leggermente neutralizzata la componente del blu di cui è naturalmente carica l'emissione luminosa proveniente dal cielo, al fine di ottenere una resa calda, dolcemente virata sui toni dell'arancio.

Le immagini di output *renderizzate* dalla macchina da presa virtuale dovevano essere, per forza di cose, delle immagini pre-deformate in modo da poter rivestire senza artefatti visibili uno spazio visivo sferico completo. Proprio a causa della straordinaria estensione dell'angolo visivo, c'è stato bisogno di produrre rese ad altissima risoluzione. Queste rese sono state successivamente *splittate* in 6 quadranti distinti, necessari alla ricomposizione dell'"*environment*" originario sotto forma di *Skybox* cubico all'interno del software deputato alla gestione dell'applicazione finale (Paragrafo a cura di Massimiliano Forlani).

INTERFACCIA PER L'UTENTE

L'interfaccia per la selezione degli argomenti è improntata sul principio di massima semplicità ed evidenza: nello spazio centrale è rappresentata la pianta stilizzata del complesso termale, elaborazione tratta dalla storica tavola dell'architetto Alfredo Melani, secondo una ricostruzione ideale.

Le voci sono collegate da alcune geometrie in bianco, colore che ha la maggior visibilità sul fondo nero. La differenza di luminosità tra i caratteri, i segni geometrici e lo sfondo è uno dei fattori che maggiormente incidono sulla leggibilità



Fig. 8 - Un visitatore mentre osserva le ricostruzioni virtuali con Caracalla IVD.

agevolando la lettura delle informazioni.

Le geometrie intendono rappresentare un sistema integrato e connesso. La sintesi geometrica fa sì che l'utente sia in grado di effettuare movimenti saccadici intuitivi durante l'esplorazione della scena visiva, semplificando il movimento di vergenza. Considerando che l'informazione più importante per l'esecuzione di una saccade è la posizione verso la quale deve essere compiuto il movimento, è nella struttura circolare con tre nodi gerarchicamente rappresentati per dimensione che si è inteso trovare la migliore soluzione.

Il *lettering* che esprime le funzioni del software utilizza un font lineare "bastoni", il Trade Gothic LT Std (Adobe); tale font coniuga una disposizione condensata ma chiara con un maggiore sviluppo in verticale del corpo. Il colore # 28b6d0 è calibrato per concorrere alla migliore prestazione percettiva, al maggior grado di riconoscibilità. La cromia del *lettering* allude allegoricamente all'elemento costitutivo delle terme: l'acqua. Questo simbolo intercultuale, metaforicamente espresso anche nella circolarità delle connessioni geometriche, offre al contatto primario dell'utente con l'esperienza immersiva un elemento impressivo-ambientale di avvicinamento (Paragrafo a cura di Giuseppe Polegri).

LA GESTIONE DEL SERVIZIO

L'innovazione di un prodotto e la sua qualità si misurano non solo in termini di miglioramento tecnologico ma anche in relazione alla sua fruibilità e alla diffusione tra il pubblico. L'audio-video-guida Caracalla IVD è indubbiamente un pro-

dotto che incuriosisce per la nuova esperienza di visita che propone, ma bisogna ricordare che non tutte le categorie di pubblico sono allettate allo stesso modo da prodotti tecnologici innovativi. Una corretta gestione del servizio di noleggio è quindi un requisito indispensabile per avvicinare il pubblico al prodotto, anche quello più scettico o titubante. Una comunicazione semplice, puntuale e dettagliata su tutti i canali (call center dedicato, sito web con prenotazione e vendita online, informativa on-site) consente agli utenti di avvicinarsi al prodotto sin dal primo momento del loro arrivo nel sito archeologico o mentre navigano online, e comprenderne con facilità gli elementi innovativi, il funzionamento semplice e la corretta fruizione. L'ottimizzazione delle modalità e dei tempi di distribuzione del prodotto al pubblico e del supporto in caso di difficoltà rende il servizio di consegna e ritiro degli apparecchi veloce e funzionale. Infine, il dialogo costante tra il personale in front line e in back office garantisce un monitoraggio continuo del prodotto e un miglioramento costante del servizio.

I dati statistici sui noleggi indicano un riscontro più che positivo verso Caracalla IVD. Dall'avvio del servizio nel mese di dicembre 2016 la quantità di apparecchi noleggiati è aumentata sensibilmente e i dati evidenziano che tra un'audioguida tradizionale e l'audio-video-guida Caracalla IVD i 2/3 del pubblico preferisce provare l'esperienza di visita immersiva 3D (Paragrafo a cura di Juliana Fisichella).

ABSTRACT

In recent years, the number of visitors to archaeological areas has increased enormously and so it has become necessary to ensure that everyone can understand the ruins of the past. Information and digital technology are now playing an enormous role in disseminating knowledge, especially by means of video reconstructions and "look all around you" 3D vision.

Thanks to a special joint project by the Special Superintendence of Rome, Coopculture and the Institute of Cognitive Science and Technology of the National Research Council, this innovative technology has been put to use at the Baths of Caracalla in Rome, now the first archaeological site in Italy that can be toured entirely in 3D.

This portable technology is straightforward, using a 3D headset and cardboard virtual reality.

PAROLE CHIAVE

REALTÀ VIRTUALE; 3D; FOTOGRAMMETRIA; MODELLAZIONE 3D; RICOSTRUZIONE VIRTUALE; ARCHEOLOGIA; CARACALLA; ACCESSIBILITÀ; PORTABILITÀ; SCIENTIFICITÀ; SOSTENIBILITÀ; EMOZIONALE;

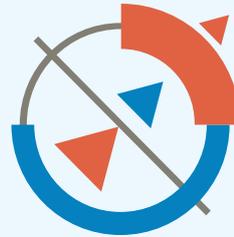
AUTORE

FRANCESCO COCHETTI
 F.COCHETTI@COOPCULTURE.IT
 COOPCULTURE
 FRANCESCO ANTINUCCI
 FRANCESCO.ANTINUCCI@ISTC.CNR.IT
 CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE (C.N.R.),
 CLAUDIO RUFÀ
 CLAUDIO.RUFÀ@EVOCA.ORG
 E.V.O.C.A.,
 MASSIMILIANO FORLANI
 MASSIMILIANO.FORLANI@EVOCA.ORG
 E.V.O.C.A
 GIUSEPPE POLEGRI
 INFO@POLEGRI.EU
 DINAMOLAB
 JULIANA FISICHELLA
 J.FISICHELLA@COOPCULTURE.IT
 COOPCULTURE



Fig. 9 - Interfaccia utente.

GEOSPATIAL WORLD FORUM



2-4 APRIL 2019 |



AMSTERDAM

Theme **#geospatial**bydefault
Empowering billions!

Co-Host

kadaster



Host



GEOSPATIAL
media + communications

www.geospatialworldforum.org

SAVE
€500*
Register before
30 October 2018