

**Realidad aumentada y Patrimonio Cultural: nuevas perspectivas para el conocimiento y la difusión del objeto cultural**

*Augmented reality and Cultural Heritage: new perspectives for the knowledge and dissemination of the cultural object*

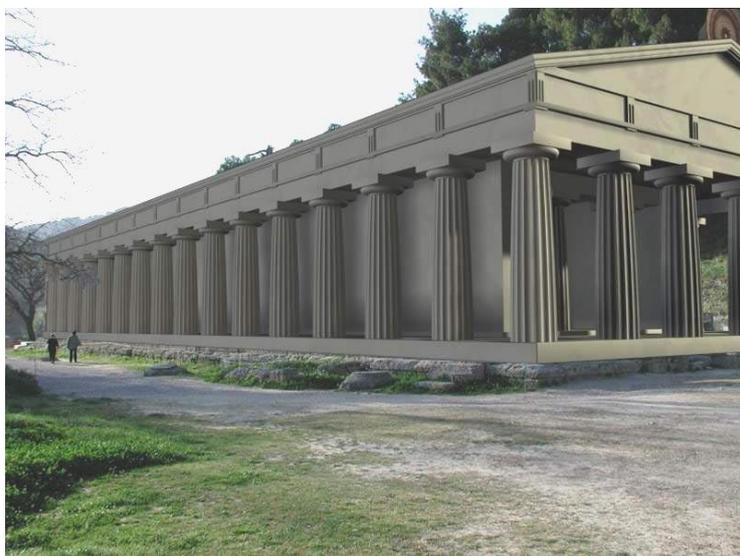


Ilustración 1. ARCHEOGUIDE. Templo de Hera en Olimpia. Imagen aumentada con la reconstrucción virtual del templo que el usuario vería a través de las gafas de Realidad Aumentada (Vlahakis et al., 2001).

**David Ruiz Torres**

Licenciado en Historia del Arte y en Historia

Máster en Historia del Arte: Conocimiento y Tutela del Patrimonio Histórico

**Resumen**

El avance en las investigaciones sobre nuevas tecnologías aplicadas al campo patrimonial ha tenido una gran acogida permitiendo obtener mejores resultados en lo que se refiere al conocimiento y difusión de los contenidos culturales. La Realidad Aumentada se ha incorporado recientemente y con gran aceptación como una herramienta capaz de ofrecer resultados satisfactorios en el Patrimonio Cultural por su carácter altamente didáctico y por su capacidad de combinar el mundo real con el mundo virtual creando entornos aumentados de gran realismo para el usuario.

**Palabras clave:** Realidad Aumentada. Patrimonio Cultural. Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs). Difusión. Reconstrucciones 3D

**Abstract**

Recent advances in investigations about new technologies applied to the heritage field have been highly successful, achieving better results for the knowledge and dissemination of cultural contents. Augmented Reality has been integrated like a useful and important tool for Cultural Heritage knowledge by its capacity to combine the real and the virtual world, creating augmented and realistic environments for the user.

**Keywords:** Augmented Reality. Cultural Heritage. Information and Communication Technologies (ICTs). Diffusion. 3D Reconstruction



### **David Ruiz Torres**

Licenciado en Historia del Arte (2008) y en Historia (2009) por la Universidad de Granada. En 2009 obtiene el Certificado de Aptitud Pedagógica por la Universidad de Granada y al año siguiente el Certificado de Aptitud en Arte y Nuevas Tecnologías: el nuevo paradigma del siglo XXI (1ª edición) de la Universidad de Granada.

Ha obtenido el título de Máster en Historia del Arte: Conocimiento y Tutela del Patrimonio Histórico por la Universidad de Granada (2011) y el Certificado en Desarrollo de Aplicaciones de Realidad Aumentada impartido en Sevilla por la Universidad Internacional de Andalucía (UNIA).

Actualmente se encuentra cursando el Máster Propio en Museología de la Universidad de Granada.

Contacta con el autor: [druiztorres@ugr.es](mailto:druiztorres@ugr.es)

## INTRODUCCIÓN

El uso de las Nuevas Tecnologías en el campo del Patrimonio Cultural representa actualmente una novedosa y eficiente herramienta para su conocimiento y puesta en valor que ha llevado al desarrollo de importantes proyectos y experiencias cuyo principal objetivo ha sido potenciar las posibilidades y la difusión del objeto cultural. En este contexto, las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs), han cobrado un protagonismo latente, unido a la rápida implantación de dispositivos multimedia de bajo coste entre la sociedad, que han propiciado un crecimiento exponencial en el tratamiento e interpretación del Patrimonio Cultural haciendo posible el acceso al objeto cultural y la variedad de lecturas sobre el mismo destinado a un amplio sector de la sociedad, especialmente el relacionado con el denominado ocio cultural.

La Realidad Aumentada ha obtenido especial relevancia en los últimos años, especialmente en su aplicación en el campo del Patrimonio Cultural, gracias a su gran atractivo y a las posibilidades que ofrece para su interpretación y puesta en valor. Se trata de una nueva tecnología derivada de la Realidad Virtual y que a diferencia de ésta, no consiste en generar entornos virtuales, sino que se caracteriza por insertar objetos o espacios virtuales en un escenario real mediante la utilización de un determinado display. De este modo, la Realidad Aumentada muestra un gran potencial en su capacidad de mejorar el espacio real que nos circunda mediante la inclusión de gráficos generados por ordenador obteniendo una imagen mejorada o enriquecida de la realidad conformando lo que se denomina “espacios aumentados”.

Disciplinas como la Arqueología o la Historia del Arte, o incluso el sector turístico dedicado al denominado ocio cultural, han visto en esta tecnología un nuevo recurso para llevar a cabo una labor de difusión y puesta en valor de los entornos patrimoniales, que se ha visto materializado en varias experiencias y proyectos que han mostrado nuevas perspectivas en la forma de interpretar y conocer nuestro Patrimonio Cultural.

### **1.- LOS PRIMEROS ENSAYOS: EL POTENCIAL DE LA REALIDAD AUMENTADA EN YACIMIENTOS ARQUEOLÓGICOS**

La labor arqueológica se centra en la reconstrucción del pasado a través de sus restos conservados pero muchas veces es difícil saber interpretar para el no erudito en la materia esos datos obtenidos mediante las excavaciones realizadas en un determinado yacimiento. Por ello esta ciencia se ha sabido nutrir de las nuevas tecnologías para hacer posible, y sobre todo “visible”, esos datos extraídos de los estudios previos con el fin de presentarlos ante la sociedad de una forma didáctica y contribuir a la difusión e interpretación de los mismos. La Realidad Aumentada no constituye una excepción, y especialmente por esa capacidad de combinar el mundo real con el virtual, que permite insertar reconstrucciones virtualmente sobre los restos arqueológicos conservados, han hecho de esta tecnología un importante aliado para el mundo de la arqueología. Por esta razón, no es de extrañar que los primeros ensayos realizados con Realidad Aumentada aplicada al campo patrimonial, hayan estado vinculados al mundo de la arqueología mostrando las ventajas y potencialidad que presenta y encontrado un amplio desarrollo a través de los proyectos e investigaciones realizados, que han hecho destacar a esta tecnología derivada de la Realidad Virtual, dentro del campo patrimonial con gran fuerza frente a otras áreas de conocimiento.

ARCHEOGUIDE<sup>1</sup> resulta ser uno de los referentes más destacados en cuanto a la aplicación de la tecnología de Realidad Aumentada al campo patrimonial y más concretamente el arqueológico. Este proyecto fue una iniciativa de la Unión Europea teniendo una implicación a nivel europeo en el que participaron varias instituciones y empresas privadas financiadoras junto con el Ministerio de Cultura Griego. Los resultados obtenidos por el equipo de investigadores que desarrollaron el proyecto durante los primeros años de la década de 2000, han tenido una gran trascendencia en el mundo académico a nivel internacional siendo referente en la utilización de la tecnología de Realidad Aumentada para sitios arqueológicos.

El proyecto ARCHEOGUIDE, una abreviación de *Augmented Reality-Based Cultural Heritage On-Site Guide*, se gestó como una investigación que pretendía explorar y poner en práctica las posibilidades de la tecnología de Realidad Aumentada en el campo del Patrimonio Cultural realizando su aplicación en yacimientos arqueológicos de Grecia. Como escenario donde realizar esta experiencia con Realidad Aumentada se eligió el sitio arqueológico de Olimpia en Grecia donde se realizaron los estudios prácticos y demostrativos, junto con la evaluación por usuarios reales.

En ARCHEOGUIDE (Vlahakis et al., 2001; Vlahakis et al., 2002), se utilizó un sistema diseñado para realizar visitas guiadas mediante el uso de dispositivos portátiles tales como un ordenador portátil, un Tablet PC y un PDA. Una de las principales aplicaciones está relacionada con la posibilidad de ver sobre las ruinas de los edificios la reconstrucción virtual en 3D de los mismos junto a información adicional de audio y texto, permitiendo al usuario tener consciencia del estado del edificio en la época de los antiguos Juegos Olímpicos y además observar la correspondencia con los restos arqueológicos que se conservan en la actualidad. Las aplicaciones de Realidad Aumentada se realizaron sobre cuatro de los edificios más importantes como fueron el Templo de Hera [Ilustración 1], el Templo de Zeus, el Philippeion y el Stadium. En el proyecto ARCHEOGUIDE se pusieron en práctica no sólo reconstrucciones virtuales de los edificios, sino que también se insertaron avatares humanos en el espacio en ruinas del *stadium* recreando de forma realista el uso para el que estaba destinado el lugar, transportando al usuario al periodo de la Antigua Grecia [Link 1]. Este método permite que de una forma instructiva y lúdica al mismo tiempo, los espacios observados cobren vida, y nos acerquen de forma fidedigna al momento histórico de su esplendor.

---

<sup>1</sup> Podemos encontrar en la web del proyecto ARCHEOGUIDE las numerosas publicaciones obtenidas del mismo además de una descripción del proyecto. En: <http://archeoguide.intranet.gr/> [consultado: 15.02.2011].



Ilustración 1. ARCHEOGUIDE. Templo de Hera en Olimpia. Imagen real (izq.) e imagen aumentada (dcha.) con la reconstrucción virtual del templo que el usuario vería a través de las gafas de Realidad Aumentada (Vlahakis et al., 2001).



Link 1

En la misma línea podemos incluir *LIFEPLUS*<sup>2</sup>, uno de los proyectos más importantes sobre Realidad Aumentada y Patrimonio Cultural que igualmente fue promovido dentro del marco de la Unión Europea y desarrollado en la Universidad de Ginebra (Suiza) a través del grupo de investigación *MIRALab* (Vlahakis et al., 2003; Papagiannakis et al., 2002). El escenario que se eligió para poner en práctica *LIFEPLUS*, fue el yacimiento arqueológico de Pompeya (Nápoles, Italia). Esta experiencia de Realidad Aumentada se basaba en insertar dentro de los escenarios reales de los restos de Pompeya, animaciones virtuales de la flora y fauna y recreaciones de escenas cotidianas de la vida romana mediante gráficos y actores virtuales en 3D. Para el diseño del contenido y animaciones virtuales se utilizaron las representaciones de los frescos y pinturas que aún se conservan en el yacimiento y se contó con la colaboración de un equipo de expertos en historia y arte romanos junto a los conservadores del yacimiento para documentar e ilustrar las representaciones. Mediante el uso de unas gafas de Realidad Aumentada o HMDs (*Head Mounted Displays*), fue posible diseñar un sistema inalámbrico capaz de determinar los gráficos 3D que se insertaban en la imagen del entorno real que en ese momento estaba visionando el usuario mostrando la imagen aumentada en el display del HMD junto a los sonidos o narración que se relacionaban con la escena [Link 2]. La

<sup>2</sup> Página Web del Proyecto *LIFEPLUS*: <http://lifepplus.miralab.unige.ch/index.html> [consultado: 11.02.2011].

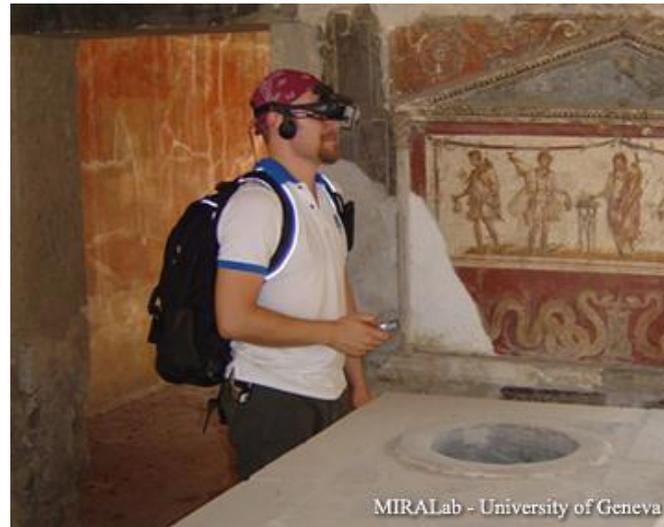
aplicación se puso en práctica en el *thermopolium* o taberna de Vetitutus Placidus de Pompeya donde se recreó una escena con un diálogo ficticio entre Vetitutus y otro personaje llamado Celer. También se recrearon escenas en otros escenarios como dos mujeres paseando por un pórtico, un niño corriendo por las estancias de una *domus*, y otras escenas domésticas y de la vida cotidiana de la antigua Pompeya [Ilustración 2] [Link 3] [Link 4].



Ilustración 2. LIFEPLUS. Recreación de un hipotético escenario de Realidad Aumentada en la taberna de Vetitutus Placidus de Pompeya (Página Web de LIFEPLUS).



Link 2



Link 3



Link 4

También relacionado con el campo de la arqueología, debemos citar el proyecto *ENAME 974*<sup>3</sup> desarrollado en el parque arqueológico de la ciudad belga de Ename. El proyecto entra dentro de los trabajos realizados conjuntamente por el Museo provincial de Ename y el *Ename Centre for Public Archaeology and Heritage Presentation* que vienen desarrollando una intensa labor en el conocimiento del pasado medieval de la ciudad. Actualmente, este recinto arqueológico donde aún perduran algunos restos de la antigua fortaleza, se constituye como un museo al aire libre donde se ha apostado por el uso de las nuevas tecnologías para dar a conocer virtualmente los edificios medievales desaparecidos y transmitir al gran público la importancia del yacimiento que ha sido estudiado tras las sucesivas excavaciones realizadas desde mediados del siglo XX. El proyecto *ENAME 947* (Pletinckx et al., 2000; Owen et al., 2005), surgió como respuesta a la dificultad de interpretar los restos arqueológicos hallados en el yacimiento ya que resultaba difícil para el público en general, reconocer estructuras específicas como casas, iglesias o talleres, a través de los restos fragmentarios de construcciones y

---

<sup>3</sup> Página Web del Proyecto *ENAME 947*: <http://www.ename974.org/Eng/pagina/index.html> [consultado: 21.02.2011].

cimientos. Así surgió *TimeScope*<sup>4</sup> (denominado en su primera versión como *Timeframe*), un sistema no intrusivo que consistía en una videocámara, un ordenador, dos monitores y una pantalla táctil que se ubicaban en unos kioscos especialmente diseñados situados en el yacimiento. La cámara capturaba la imagen de los restos, por ejemplo donde se encontraban los cimientos de la desaparecida iglesia medieval de *Saint Salvator*, y transmitía las imágenes en tiempo real a los monitores que se encontraban en el interior del kiosco. Los visitantes a través de las pantallas táctiles podían seleccionar las reconstrucciones virtuales de las sucesivas estructuras que se encontraban en ese lugar superpuestas a la imagen real actual [Ilustración 3]. Por otra parte, el visitante podía acceder a información adicional relacionada con el yacimiento a través de un menú que aparecía en las pantallas táctiles [Link 5]. De esta forma *TimeScope* ayudaba a los visitantes a comprender las estructuras laberínticas del yacimiento formadas por los cimientos de los edificios, y a visualizar cómo eran sus estructuras originales.



Ilustración 3. Kiosco que alberga la instalación *TimeScope* con la recreación virtual de la antigua iglesia sobre los cimientos conservados en el yacimiento (Owen et al., 2005, p. 133).



Link 5

En nuestro país también encontramos de forma bastante temprana, los primeros ensayos relacionados con aplicaciones de Realidad Aumentada en el campo patrimonial, dentro de proyectos relacionados con yacimientos arqueológicos de la península que mostraron

<sup>4</sup> *TimeScope* se instaló por primera vez en septiembre de 1997, siendo uno de los casos pioneros en utilizar esta aplicación de Realidad Aumentada en el campo patrimonial.

al igual que los anteriormente mencionados, las posibilidades que ofrece esta tecnología en la interpretación de los restos conservados.

Desde el grupo GRIHO<sup>5</sup> (*Grup de Recerca en Interacció Persona Ordinador i Integració de Dades*), adscrito al Departamento de Informática e Ingeniería Industrial de la Universidad de Lleida, se realizó un proyecto de visita guiada para su aplicación real en un yacimiento arqueológico basado en la tecnología de Realidad Aumentada. Este proyecto que comenzó en 2001, pretendía diseñar un concepto de visita en la que el usuario obtuviera un nivel de información personalizado y accesible desde el mismo yacimiento mediante un dispositivo portátil. Para ello se eligió un escenario real para su puesta en práctica como fue el yacimiento arqueológico de Els Vilars situado al noroeste de Arbeca en la comarca de Les Garrigues (Lleida), con la intención de acercar al público los conocimientos arqueológicos y de colaborar en la puesta en valor del yacimiento (Aguiló et al., 2001; Alonso et al., 2001; Balaguer et al., 2001).

A través de unos puntos de observación definidos en el entorno, el usuario era capaz de visionar en un determinado dispositivo portátil, como por ejemplo un TabletPC, y simultáneamente con su visión real del entorno, una reconstrucción virtual del paleopaisaje correspondiente al periodo seleccionado, o de estructuras en pie que se encuentran en el recorrido y de las que sólo se conserva una visión fragmentaria [Ilustración 4]. Así sería posible ver en el dispositivo la reconstrucción virtual tridimensional de estas estructuras según un periodo deseado o interactuar a través de los menús del sistema para obtener información de la vida cotidiana y costumbres en el interior del poblado.



Ilustración 4. Escenarios de Realidad Aumentada desde diferentes puntos de interés de la visita al yacimiento de Els Vilars en Lleida (Balaguer et al., 2001, pp. 4, 5).

En la propuesta del grupo de investigación GRIHO basada en el paradigma de Realidad Aumentada, los gráficos generados por ordenador se muestran a través del dispositivo portátil según las coordenadas de situación y orientación del usuario, correspondiéndose con la visión que tiene en ese momento del entorno real, de manera que no hay una superposición de ambos mundos sino que es el usuario el que debe realizar una comparación de las reconstrucciones virtuales con el yacimiento actual. Este planteamiento ensayado en la propuesta del grupo GRIHO arroja nuevas interpretaciones sobre la tecnología de Realidad Aumentada aplicada a entornos patrimoniales que, aunque se alejan de la definición más canónica del concepto, aportan nuevas situaciones derivadas de las necesidades que presenta el campo patrimonial y

---

<sup>5</sup>Los trabajos realizados hasta el año 2006, pueden consultarse en: <http://griho2.udl.es/castella/> [consultado: 18.02.2011]. Mientras que las investigaciones posteriores pueden encontrarse a través de la web: [http://griho.udl.cat/es/inici.html?\\_locale=es](http://griho.udl.cat/es/inici.html?_locale=es) [consultado: 18.02.2011].

que muestran nuevas perspectivas como veremos en otros proyectos a lo largo del presente artículo.

También a principios de la primera década del siglo XXI encontramos en España un ejemplo de aplicación de la tecnología de Realidad Aumentada que muestra ese estrecho vínculo con el campo arqueológico y patrimonial, dentro del Plan Director del yacimiento de Numancia (Garray, Soria). Aquí se planteó un proyecto que consistía en el diseño de un visor que colocado en los puntos de interés del yacimiento y junto a los paneles-atriles, ofrecería una reconstrucción de las estructuras de forma virtual. Así, el visitante obtendría a través del visor una imagen mejorada o aumentada de la realidad existente en el yacimiento en la cual podría observar la imagen de los restos arqueológicos complementados con su reconstrucción virtual. Este sistema proporcionaba a los visitantes una imagen menos abstracta del yacimiento y ofrecía la posibilidad de acercarse mediante su reconstrucción tridimensional, la morfología de la ciudad numantina y su evolución a través de la cultura celta y romana. El proyecto se planteó también como una alternativa a la reconstrucción de estructuras dentro del yacimiento que suponían un impacto en la visión del mismo y además requerían labores de mantenimiento suponiendo una inversión adicional. (Jimeno et al., 2006).

Aunque finalmente no se puso en práctica esta aplicación pionera de Realidad Aumentada, las posibilidades que ofrecía este visor estereoscópico fueron valoradas por la capacidad de interpretación de un yacimiento arqueológico en el que se superponen varios estratos que se corresponden con momentos históricos diferentes, además de su fácil mantenimiento y bajo coste que presentaría ventajas sobre cualquier reconstrucción *in situ*, con necesidades de mantenimiento y con gran impacto visual sobre los restos conservados. Algunos inconvenientes del visor serían su limitación para grupos de visitantes y la visión fijada que ofrece en el yacimiento, aunque podrían subsanarse con la instalación de varios visores a lo largo del recorrido.

## **2.- MIRADORES TURÍSTICOS Y REALIDAD AUMENTADA: UN NUEVO CONCEPTO DENTRO DEL OCIO CULTURAL**

El denominado ocio cultural constituye en nuestros días un elemento de gran importancia en la vida de cualquier ciudad debido al progresivo aumento de un público demandante de contenidos culturales. Fruto de este hecho, ha surgido de forma paralela una ampliación en la oferta de este tipo de contenidos en los que el Patrimonio Cultural ha encontrado innumerables medios para el conocimiento y difusión del mismo dentro de la sociedad. Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs), como ya apuntábamos anteriormente en nuestra introducción, han formado parte de ese proceso de divulgación de contenidos culturales con el surgimiento de diferentes aplicaciones para el sector turístico, en las que el desarrollo de importantes herramientas como Internet o el avance en dispositivos electrónicos, han generado un importante mercado cuyo crecimiento ha tenido un carácter exponencial en los últimos años.

Las aplicaciones que ofrece la tecnología de Realidad Aumentada para el turismo cultural han gozado de un gran desarrollo en los últimos años, por una parte debido a su gran atractivo para el público en general y por otra ligada a la evolución tecnológica que está sufriendo el campo de la telefonía móvil paralelamente, que han hecho posible que en un solo dispositivo se pueda aplicar un sistema basado en esta tecnología mediante la introducción de un software determinado.

Una de las aplicaciones de móvil más conocidas han sido las denominadas “capas de información” como *Wikitude* o *Layar*, que permiten la aparición en la pantalla de nuestro teléfono móvil de información aumentada sobre la imagen de los edificios adyacentes, indicándonos su situación e información adicional de interés. Esta aplicación ha sido puesta en práctica dentro del sector turístico para diferentes fines (guías de restaurantes, hoteles, etc.), incluyéndose la oferta de ocio cultural como una de las más demandadas. Así, es posible obtener información adicional sobre la imagen real del museo o monumento que encontramos a nuestro alrededor a través de la pantalla del teléfono móvil, y obtener los datos constructivos, historia, obras que contiene, etc., obteniendo la información oportuna de los lugares turísticos que pueden visitarse en una determinada ciudad [Link 6].



Link 6

Las aplicaciones de Realidad Aumentada en el sector del turismo cultural también han dado otras perspectivas que van más allá de los tradicionales entornos patrimoniales, ya sean monumentos, centros museísticos, exposiciones, etc., y se enfocan a otras modalidades de ocio cultural relacionadas con el denominado Patrimonio Natural con la aplicación de esta tecnología a los tradicionales miradores turísticos que se encuentran en determinados enclaves panorámicos.

A este respecto la empresa YDreams, una de las compañías internacionales pioneras en el desarrollo de tecnología y herramientas de Realidad Aumentada, diseñó un mirador virtual denominado *Virtual Sightseeing* para su instalación en sitios patrimoniales. En el año 2005 fue instalado por primera vez junto al Centro de Interpretación Medioambiental de Ponta do Sal (Lisboa) donde sigue actualmente, con la intención de ofrecer al público la posibilidad de explorar detalles únicos de la biodiversidad de la costa y lugares de interés turístico [Ilustración 5]. Así, el sistema señala puntos importantes georreferenciados sobre el paisaje, ya sea la fauna y flora costera, y la ciudadela, de modo que el usuario orienta el visor hacia el paisaje y toca los puntos que le interesan sobre la pantalla para acceder a información contextualizada en forma de texto, imágenes o vídeo. *Virtual Sightseeing*, también ha sido situado en lo alto del Panteón Nacional de Lisboa, donde ofrece a los visitantes de este lugar histórico, información adicional sobre su flora y fauna, las poblaciones de la otra orilla del río y los edificios históricos (YDreams, 2010).



Ilustración 5. *Virtual Sightseeing* instalado en Centro de Interpretación Medioambiental de Ponta do Sal (Lisboa) e imágenes del display con información aumentada que aparece sobre los diferentes puntos de interés (YDreams, 2010).

Una propuesta similar fue desarrollada dentro del Proyecto PRISMA<sup>6</sup>, fruto de la acción conjunta de la Facultad de Humanidades del Campus de San Sebastián y el Departamento de Turismo, Patrimonio y Creatividad de Visual Communication Technologies (VICOMTech), y que fue financiado por la empresa The Movie Virtual y Ereiten Kultur Zerbitzuak dentro del programa INTEK del Departamento de Industria del Gobierno del País Vasco.

El proyecto pretendía tener su aplicación dentro del campo turístico y cultural, cuyo objetivo era la utilización de las nuevas tecnologías para la promoción de entornos urbanos y culturales. Así, y al igual que el caso anterior, se trataba de implementar la tecnología de Realidad Aumentada a los tradicionales prismáticos turísticos que existen en diversos lugares de interés turístico y paisajístico, aprovechando las posibilidades que ofrece esta tecnología para conseguir una interacción mayor entre el usuario y la información que puede obtener del entorno, incrementando el interés por determinados monumentos y edificios históricos a la hora de realizar la visita de una ciudad. Otro objetivo de PRISMA era la valoración de las nuevas tecnologías en su aplicación en el sector turístico-cultural, adaptándose a diferentes perfiles de usuarios (Fritz et al., 2005).

Este prototipo tuvo como escenario de validación el monte Urgull, en un emplazamiento conocido como Batería de las Damas y desde el cual es posible tener una vista panorámica de la ciudad de San Sebastián. La idea era que los turistas o cualquier visitante, pudieran tener una visión general de la oferta cultural que la ciudad ofrece a través de información adicional como textos, imágenes, vídeos, etc. Además, en consonancia al uso turístico para el que está destinado, los contenidos multimedia se ofrecían en varios lenguajes para facilitar el acceso a dicha información.

Tanto en *Virtual Sightseeing* como en el proyecto PRISMA encontramos un prototipo basado en Realidad Aumentada que demuestra el potencial y validez de esta tecnología para la difusión turística y cultural, ya que estos miradores virtuales actúan como una guía de viajes de la ciudad destacando aquellos lugares de interés, y permitiendo realizar un acercamiento *a priori* a los mismos en función de las preferencias de cada usuario, pudiendo diseñar su propio itinerario a través de la información ofrecida. La utilización de contenidos multimedia, posibilita el acceso a varios recursos que colaboran a que el

<sup>6</sup> Página Web del Proyecto PRISMA: [www.realidadaumentada.es](http://www.realidadaumentada.es) [consultado: 27.10.2010].

usuario pueda disfrutar de la experiencia además de cumplir una labor didáctica sobre los mismos, superando lo que ofrecen los tradicionales miradores.

### **3.- REALIDAD AUMENTADA Y PATRIMONIO HISTÓRICO: INTERPRETACIÓN, DIFUSIÓN Y NUEVAS PERSPECTIVAS**

A través de las experiencias comentadas en el presente artículo se ha podido corroborar la importancia de la Realidad Aumentada durante la última década, existiendo un crecimiento exponencial en aquellas aplicaciones relacionadas con el campo patrimonial como consecuencia de una proliferación de las investigaciones y proyectos al respecto, que han puesto de manifiesto la versatilidad de esta nueva herramienta.

Concretamente, en el ámbito del Patrimonio Histórico, la Realidad Aumentada ha presentado novedades importantes, siendo una de las áreas de experimentación más fructíferas, en combinación con la utilización de las reconstrucciones virtuales tridimensionales realizadas a partir de técnicas fotogramétricas, que actualmente han encontrado en el campo de la restauración y conservación una gran aplicabilidad. Así, gracias a esta tecnología es posible observar un estado anterior de la obra, o elementos que ya han desaparecido, gracias a su copia o reconstrucción virtual.

En España encontramos el ensayo presentado por la Universidad Politécnica de Valencia en la Capilla Mayor de la Catedral, que ofrece un ejemplo paradigmático de la utilización de la Realidad Aumentada en contextos patrimoniales utilizando las reconstrucciones virtuales por técnicas fotogramétricas (Portalés 2008; Portalés et al., 2009). La experiencia, en la que colaboraron los departamentos de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría, y de Conservación y Restauración del Patrimonio Cultural de la Universidad de Valencia, consistía en una visión aumentada de la capilla mayor de la catedral de Valencia en la que se reproducía la imagen barroca de la misma con la representación de la bóveda barroca, desmontada actualmente, y el retablo de plata con temas de la Virgen que fue fundido durante la Guerra de la Independencia.

En la aplicación se utilizaban unas gafas de Realidad Aumentada o HMDs con las que un usuario era capaz de observar la bóveda barroca como estaba hasta finales del año 2005, a través de la pantalla del HMD, y además apreciar el retablo renacentista de plata que presidía la capilla mayor que había desaparecido en la Guerra de la Independencia. Esto fue posible gracias al uso de las nuevas tecnologías durante la intervención realizada en la catedral con motivo de los trabajos previos al desmonte de la bóveda barroca donde se utilizaron las citadas técnicas fotogramétricas y un escáner láser terrestre que permiten realizar modelos virtuales del original con una gran precisión. Por otra parte, en el caso del retablo renacentista, se utilizó la única fuente gráfica conocida que fue esa tablilla conservada en el archivo de la catedral, a partir de la cual se creó el modelo digital que sería utilizado en la experiencia aumentada sobre el retablo conservado actualmente [Ilustración 6].



Ilustración 6. Ensayo de Realidad Aumentada presentado por la Universidad Politécnica de Valencia en la Capilla Mayor de la Catedral. Imagen real de la capilla mayor en la actualidad (izq.) e imagen aumentada (dcha.) que se muestra en las gafas de Realidad Aumentada con los objetos virtuales añadidos (Portalés, 2009, p. 325).

En este ensayo se tuvo en cuenta el contexto patrimonial en el que se iba a realizar la experiencia, para lo que se estableció un sistema basado en el reconocimiento de rasgos naturales del entorno físico, o la utilización de un dispositivo móvil, de modo que la configuración de la aplicación no interfiriera en la morfología del lugar. También se resolvieron algunos problemas técnicos derivados de inconvenientes como la luz natural y cambiante procedente los ventanales de la bóveda, que dificultaba el proceso de reconocimiento, al igual que la complejidad geométrica del escenario del altar mayor que provocaba que la correspondencia entre la imagen real y el modelo virtual fuera inestable. Para solventar dichos inconvenientes, hubo que reducir el espacio en el que un usuario podía disfrutar de la imagen aumentada de la capilla mayor (2 m x 2 m), por lo que limitaba el ámbito de movimiento y la experiencia del usuario (Portalés, 2008).

Esta experiencia permitió “aumentar” los contenidos de un determinado objeto cultural mostrando elementos del pasado que ya han desaparecido o que se corresponden con momentos históricos diferentes, sobre la imagen real del objeto en la realidad, combinando ambas instancias históricas. Por ello podemos decir que la Realidad Aumentada también juega un papel importante en la llamada teoría de la restauración ya que la utilización de esta tecnología posibilita resolver de alguna forma aquellos problemas derivados de la cuestión planteada ya en el siglo XIX de conservar o restaurar. En ambos casos la utilización de dicha tecnología resultaría ser una opción factible y acertada, ya que en todo momento se presta especial atención al objeto cultural, además de ser un procedimiento respetuoso con la obra original al tratarse de una técnica no intrusiva y basada en los trabajos de intervenciones anteriores en el caso de la restauración, o en datos obtenidos por estudios histórico-artísticos si se optara por la conservación.

La Universidad Politécnica de Valencia, también realizó otra experiencia de Realidad Aumentada relacionada con el Patrimonio Cultural que tiene su aplicación en exteriores. Se trata de la aplicación *UrbanMix* (Portalés et al., 2005a; Portalés et al., 2010), en la que se recreaban espacios urbanos híbridos, a partir de un determinado entorno real en el que se insertan otros edificios o monumentos añadidos virtualmente en escala 1:1 que

se encuentran ubicados en contextos diferentes o se corresponden con otra época histórica. La aplicación de Realidad Aumentada consistió en realizar una evocación de la antigua universidad dentro del contexto urbano, como elemento dinamizador en la vida cotidiana de sus habitantes en la que actuaba de una forma participativa e influyente. Para ello se aumentó el entorno actual con dos edificios emblemáticos del centro histórico de Valencia como son las Torres de Serranos y el Miguelete. Así, se recreaba un escenario híbrido en el que se combinaban dos espacios urbanísticos que se encuentran distantes espacial y temporalmente. También debemos mencionar que la aplicación *UrbanMix* tuvo otra puesta en práctica en la Puerta del Sol del Madrid con motivo del *I Congreso Internacional Nuevos Materiales y Tecnologías para el Arte* celebrado en Madrid en noviembre de 2005. En este caso el entorno aumentado consistió en la creación de un escenario híbrido en el que este espacio neurálgico madrileño se aumentó con el edificio Chrysler de Nueva York [Ilustración 7] (Portalés et al., 2005b).



Ilustración 7. UrbanMix. Puerta del Sol de Madrid a través de la aplicación de Realidad Aumentada donde se introduce un edificio separado espacialmente del centro neurálgico madrileño como es el edificio Chrysler de Nueva York conformando un escenario híbrido (Portalés et al., 2005b, p. 420).

Uno de los progresos técnicos en torno a la aplicación de Realidad Aumentada, fue dar solución a los problemas de oclusión, puesto que al combinar la imagen del entorno real con los gráficos virtuales, el resultado debe ser realista ya que los edificios existentes podrían ocultar parte o todo el modelo 3D según el posicionamiento del usuario. La solución que se planteó en *UrbanMix* fue crear otro modelo virtual de los edificios reales que se encontraban en el campo de visión del usuario entre éste y el modelo virtual, siguiendo el mismo proceso que para los anteriores pero con menor nivel de detalle, de manera que el sistema tuviera también una referencia geométrica de los edificios físicos reales y así obtener una imagen aumentada correcta del conjunto.

Desde el punto de vista patrimonial, esta aplicación plantea la recreación de nuevos espacios mediante la inclusión de edificios virtuales en contextos urbanos concretos, permitiendo tomar conciencia de la magnitud de los mismos. Tomando este concepto, sería interesante poder interrelacionarlos para comparar su estética y morfología, ya que la tecnología de Realidad Aumentada permite trasladarlos *in situ*, ya sean edificios que se encuentran separados espacialmente, temporalmente, o que han desaparecido y se

puede recrear su modelo virtual tridimensional a través de estudios históricos artísticos que nos indicaran datos suficientes como para reconstruir su geometría original.

Los ensayos realizados por la Universidad Politécnica de Valencia muestran importantes perspectivas para la recuperación y conocimiento del Patrimonio Histórico, algo que ha repercutido en la elaboración de varios proyectos a nivel estatal que suponen las primeras experiencias prácticas de aplicación de la Realidad Aumentada en el contexto del Patrimonio Histórico Español.

Uno de ellos se denomina “PortableAR”, gestado dentro del programa *Románico Norte* desarrollado por la Junta de Castilla y León, en el que se utiliza la tecnología de Realidad Aumentada como recurso para la puesta en valor y promoción del Patrimonio Histórico. Éste se ha centrado en una experiencia piloto que tiene como escenario la iglesia románica de Santiago en Cezura (Palencia). El proyecto consiste en la utilización de la tecnología de Realidad Aumentada con un fin turístico y de promoción del Patrimonio a través de un dispositivo portable e intuitivo que se adapte a las necesidades de este tipo de contextos culturales. “PortableAR” está financiado por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo y los fondos FEDER, en el que colaboran el Centro Tecnológico Labein-Tecnalia, la Universidad de Deusto, y las empresas Miesa, Befesa y Virtualware, que plantea la posibilidad de hacer partícipe al público del objeto cultural a través de la utilización de las nuevas tecnologías. Este proyecto se presenta como un recurso útil que permite interactuar al usuario con las diferentes estructuras facilitando la comprensión del espacio a través de la visión de varias propuestas que se desarrollan en el Plan *Románico Norte*, y sin ningún impacto visual en el entorno patrimonial, puesto que toda la información se realiza a través de un dispositivo móvil como podría ser un Tablet PC. En los ensayos realizados hasta la fecha, la aplicación de Realidad Aumentada consta de una pantalla táctil portátil que un responsable llevará durante la visita a la iglesia donde están representados los elementos más destacados de la iglesia de Cezura que son la portada, el ábside y los capiteles interiores [Link 7]. “PortableAR” se encuentra actualmente en proceso de finalización, y tras varias experiencias previas, se está trabajando en el diseño de los guiones que deberán contener la información apropiada para las visitas, además de perfeccionar la aplicación (Románico Norte, 2010; Románico Norte, 2010b; Románico Norte, 2010c).



Link 7

Una de las aportaciones más representativas y con grandes posibilidades para la difusión de los estudios histórico-artísticos junto a las aplicaciones de Realidad Aumentada en el

campo patrimonial, han sido los trabajos realizados por el instituto *Fraunhofer IGD en Darmstadt* (Alemania), que desarrolló un sistema basado en Realidad Aumentada para visitantes de sitios arqueológicos, históricos o museos a través del concepto de “*Cultural Heritage Layer*”<sup>7</sup> (Zoellner et al., 2009). La principal idea de este sistema era la de utilizar los recursos históricos existentes en los archivos (imágenes, grabados, mapas, etc.) y superponerlos sobre la realidad a través del uso de la tecnología de Realidad Aumentada, permitiendo a los usuarios conocer de una forma realista la historia de un lugar y creando la impresión de realizar un viaje en el tiempo. Este nuevo concepto difiere de la mayoría de aplicaciones de Realidad Aumentada ya que en este caso no es necesario crear modelos virtuales tridimensionales (3D), que se insertan en el campo de visión real del usuario, sino que se utilizan recursos ya existentes y en un lenguaje bidimensional (2D) para crear una imagen entre lo digital y lo real.

Este nuevo sistema se utilizó en la aplicación “*20 Years since the Fall of the Berlin Wall*” (Zoellner et al., 2009), que pretendía revivir la larga y rica historia de Berlín en el aniversario de la caída del muro y que se exhibió en la feria CeBIT 2009 en Hannover (Alemania). Referente al Patrimonio Histórico, se realizó una guía turística de los principales monumentos de Berlín donde el usuario podía ver fotografías históricas del mismo sobre la imagen real a través de un PC ultra móvil (Ultra Mobile PC- UMPC) y observar los cambios que se habían producido en su arquitectura, además de información adicional sobre las vicisitudes del monumento en esos últimos veinte años [Ilustración 8].



Ilustración 8. “*20 Years since the Fall of the Berlin Wall*”. Aplicación de Realidad Aumentada que consiste en la superposición de fotografías o grabados históricos sobre los edificios actuales (Zoellner et al., 2009, p. 195).

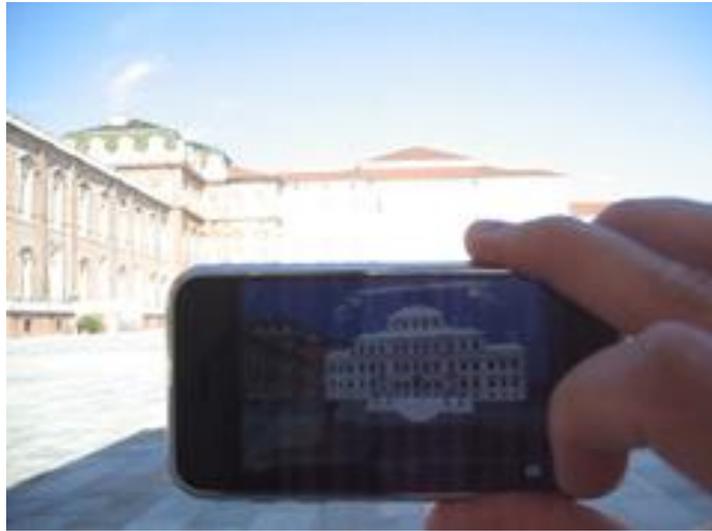
Por otra parte, dentro del proyecto de la Unión Europea denominado iTACITUS<sup>8</sup> (*Intelligent Tourism and Cultural Information through Ubiquitous Services*), también tuvo lugar la utilización de este nuevo sistema de Realidad Aumentada denominado “*Cultural Heritage Layer*” (Stricker et al., 2009; Zoellner et al., 2009). En este caso se desarrolló para el Palacio Real de Venaria, declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO, situado cerca de Turín (Italia). Para la aplicación de Realidad Aumentada se utilizaron una gran cantidad de grabados y pinturas que se encontraban en el archivo, que conformaban una vasta documentación que contenía dibujos históricos de las fachadas, de las avenidas principales y de las principales estancias del palacio, y que supusieron la base de la aplicación. El sistema utilizaba un PC ultra móvil (UMPC)<sup>9</sup> con

<sup>7</sup> Web del proyecto: <http://www.igd.fraunhofer.de/igd-a4/projects/augmented-reality-sightseeing/>

<sup>8</sup> iTACITUS era un proyecto de investigación financiado por la Unión Europea dentro del marco del programa para las tecnologías de la información y comunicación (Sixth Framework Programme) que comenzó en septiembre de 2006 y finalizó en julio 2009, y que exploraba las formas en que las nuevas tecnologías podían incidir en el fomento del turismo cultural. Página Web: <http://www.itacitus.org/>

<sup>9</sup> En 2008 se implementó este sistema en un iPhone obteniendo un rendimiento y resultados similares al dispositivo UMPC lo que representa una importante ventaja ya que el visitante podría disfrutar de la

una cámara incorporada que portaba el usuario, en cuyo display se superponían las imágenes históricas del edificio sobre la imagen actual y en tiempo real [Link 8] [Link 9].



Link 8



Link 9

La mayoría de aplicaciones que hemos comentado en el presente artículo han estado relacionadas con la puesta en valor y la difusión del Patrimonio Cultural, sin embargo, y debido a ese estado de constante experimentación en el que se encuentra la tecnología de Realidad Aumentada dentro de este campo, también podemos encontrar otro tipo de funcionalidades que muestran la versatilidad de esta nueva tecnología. En nuestro país se han realizado algunas propuestas novedosas como ha sido el empleo de la Realidad Aumentada como una herramienta para los profesionales que actúan sobre la conservación del patrimonio a través del diagnóstico de las posibilidades de intervención. Esta propuesta desarrollada en la tesis, *Realidad Aumentada Móvil para la Conservación del Patrimonio*, de José Luis Izkara, permitiría la utilización de esta tecnología, para visionar *in situ*, las propuestas de intervención y el correspondiente

---

aplicación durante su visita sin necesidad de utilizar un dispositivo proporcionado por la institución cultural correspondiente.

resultado previamente a su desarrollo (Izkara, 2010). Se trata de un Asistente Móvil personal que se desarrolla en dispositivos móviles, el cual ofrece un sistema basado una plataforma denominada RASMAP, que guía al usuario para realizar el diagnóstico de conservación de un inmueble desde la observación directa del mismo. Una de las experiencias desarrolladas en el centro histórico de Labraza (Álava), constaba de un PDA que se utilizaba como recurso de información sobre determinados elementos constructivos, opciones de accesibilidad a espacios públicos, etc. Por el entorno había repartidos varios marcadores que al ser enfocados con la cámara del PDA, ofrecía varios recursos que permitían ver las posibilidades de intervención mediante gráficos virtuales que se superponían la imagen real del inmueble.

Otra de las experiencias realizadas en este trabajo fue en Segovia, en la que a través de un PC Ultramóvil, se analizaba el impacto visual de una intervención en el Teatro Cervantes de la ciudad. Así, a través de la cámara del dispositivo y el asistente, se ofrecía una imagen aumentada del entorno del edificio con las propuestas constructivas con la intención de evaluar la incidencia y soluciones que se podían aportar [Ilustración 9].



Ilustración 9. Asistente Personal Móvil utilizando la plataforma RASMAP para analizar el impacto visual de una intervención en el Teatro Cervantes de Segovia (Izkara, 2010, p.171).

#### 4.- CONCLUSIONES

Finalmente podemos considerar que la Realidad Aumentada representa una herramienta de gran potencial para la difusión y puesta en valor del Patrimonio Cultural, ya que no sustituye la realidad sino que la enriquece de contenido, afirmándose como un recurso útil para la recuperación y conocimiento del patrimonio por su capacidad de añadir elementos a la visión real del objeto, y ofrecer diferentes lecturas.

La mayoría de aplicaciones de Realidad Aumentada citadas, cumplen una labor fundamentalmente didáctica, aunque también ofrece nuevas posibilidades que abarcan la accesibilidad, la conservación, y la restauración, transmitiendo por una parte, ese sentido lúdico-racional que se pretende en los entornos culturales, mientras que por otra es posible la difusión de los estudios e investigaciones que de otra forma quedarían dentro del marco estrictamente académico.

Los resultados y experiencias obtenidos hasta la fecha, evidencian la eficacia y aplicabilidad de esta tecnología dentro del Patrimonio Cultural, en un momento de plena eclosión de la misma dentro de estos entornos, ofreciendo grandes posibilidades como son: observar el Patrimonio Cultural con una nueva óptica, en la que prima la variedad del discurso interpretativo, y en definitiva el conocimiento y puesta en valor del mismo.

La labor más importante desde nuestra disciplina referente a la Realidad Aumentada será la de transmitir la necesidad que presentan desde nuestra perspectiva esos entornos patrimoniales, con el objetivo de que los instrumentos aportados por la ciencia nos permitan acceder a un conocimiento más amplio y diversificado.

## 5.- BIBLIOGRAFÍA

AGUILÓ, C., LORÉS, J., JUNYENT, E. (2001). "Enhanced Cultural Heritage Environments by Augmented Reality Systems". En: *Proceedings of the Seventh international Conference on Virtual Systems and Multimedia (Vsmm'01)*, (October 25 - 27, 2001). IEEE Computer Society, Washington, DC, pp. 357. En: [http://griho2.udl.es/publicacions/2001/Article\\_VSM2001.pdf](http://griho2.udl.es/publicacions/2001/Article_VSM2001.pdf) [consultado: 27.02.2011].

ALONSO, N., BALAGUER, A., BORI, S., FERRÉ, G., JUNYENT, E., LAFUENTE, A., LÓPEZ, J. B., LORÉS, J., MUÑOZ, D., SENDÍN, M., TARTERA, E. (2001). "Análisis de escenarios de futuro en realidad aumentada. Aplicación al yacimiento arqueológico de Els Vilars". En: *Interacción 2001, 2º Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador*, Salamanca, Mayo 2001. [http://griho2.udl.cat/publicacions/2001/Interaccion\\_2001\\_-\\_Realidad\\_Aumentada.pdf](http://griho2.udl.cat/publicacions/2001/Interaccion_2001_-_Realidad_Aumentada.pdf) [consultado: 25.02.2011].

BALAGUER, A., LORÉS, J. (2001). "Scenario based design of augmented reality systems applied to cultural heritage". En: *Proceedings of the First Panhellenic Conference with International participation in Human-Computer Interaction 2001 (PH-CHI 2001)*, Patras, Grecia. [http://griho2.udl.es/publicacions/2001/Vilars\\_RA.pdf](http://griho2.udl.es/publicacions/2001/Vilars_RA.pdf) [consultado: 24.02.2011].

FRITZ, F., SUSPERREGUI, A., LINAZA, M.T. (2005). "Enhancing Cultural Tourism Experiences with Augmented Reality Technologies". En: *Proc. of the 6th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Intelligent Cultural Heritage (VAST 2005)*.

IZKARA, J. L. *Realidad Aumentada Móvil para la Conservación del Patrimonio*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao, Universidad del País Vasco, 2010.

JIMENO, A., ATAURI MEZQUIDA, D. (2006). "La Realidad Aumentada Aplicada a la Interpretación de Yacimientos Arqueológicos: el Caso de Numancia". En: *Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs), Arte y Patrimonio Cultural: Aplicaciones, Desarrollo Local y Aprendizaje Informal. Primer Seminario Internacional celebrado en Donostia-San Sebastián el 5 de mayo de 2003*. Aurkene Alzua Sorzabal (coord.), San Sebastián, Universidad de Deusto, pp. 274 - 287.

OWEN, R., BUHALIS, D., PLETINCKX, D. (2005). "Visitors' Evaluations of ICTs Used in Cultural Heritage". En: *Proceedings of the VAST Conference 2005*, pp. 129 - 136, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=A1B0CBB83BE7B3F0497C8D7991F0014D?doi=10.1.1.131.4200&rep=rep1&type=pdf> [consultado: 02.03.2011].

PAPAGIANNAKIS, G., PONDER, M., MOLET, T., KSHIRSAGAR, S., CORDIER, F., MAGNENAT-THALMANN, N., THALMANN, D. (2002). "LIFEPLUS: Revival of life in ancient Pompeii". En: *Proceedings of the 8th International Conference on Virtual Systems and Multimedia (VSMM '02)*, Gyeongju, Korea, pp. 25 – 27, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.72.6656&rep=rep1&type=pdf> [consultado: 26.02.2011].

PLETINCKX, D., CALLEBAUT, D., KILLEBREW, A. E., SILBERMAN, N. A. (2000). "Virtual-Reality Heritage Presentation at Ename". En: *IEEE MultiMedia*, vol. 7, nº 2, pp. 45 – 48, <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=848427> [consultado: 29.02.2011].

PORTALÉS, C. *Entornos multimedia de realidad aumentada en el campo del arte*. Tesis doctoral dirigida por María José Martínez-De-Pisón Ramón, José Luis Lerma García. Universidad Politécnica de Valencia, 2008.

PORTALÉS, C., GINER, F., SANMARTÍN, F. (2005a). "Back to the 70's". En: *International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology (ACE'05)*, Valencia, pp. 209 - 212.

PORTALÉS, C., GINER, F., SANMARTÍN, F. (2005b). "Urbanmix". En: *Congreso Internacional Nuevos Materiales y Tecnologías para el Arte*, Madrid, Facultad de Bellas Artes, Departamento de Pintura, 2005, pp. 417 - 423.

PORTALÉS, C., LERMA, J. L., NAVARRO, S. (2010). "Augmented reality and photogrammetry: A synergy to visualize physical and virtual city environments". En: *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65, pp. 134 - 142.

PORTALÉS, C., LERMA, J. L., PÉREZ, C. (2009). "Photogrammetry and Augmented Reality for Cultural Heritage Applications". En: *The Photogrammetric Record*, vol. 24, nº 128, pp. 316 – 331, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1477-9730.2009.00549.x/pdf> [consultado: 08.03.2011].

ROMÁNICO NORTE (2010). "Proyecto PortableAR". En: <http://www.romaniconorte.org/es/contenido/index.asp?idsec=111&iddoc=5234> [consultado: 25.02.2011].

ROMÁNICO NORTE (2010b) "PortableAR: Realidad Aumentada aplicada al Románico Norte". En: <http://www.romaniconorte.org/es/contenido/index.asp?iddoc=5233> [consultado: 25.02.2011].

ROMÁNICO NORTE (2010c) "Técnicos de PortableAR realizan los primeros ensayos para poder aplicar el sistema en Cezura". En: <http://www.romaniconorte.org/es/contenido/index.asp?iddoc=5396> [consultado: 25.02.2011].

STRICKER, D., PAGANI, A., ZÖLLNER, M. (2009). "In-Situ Visualization for Cultural Heritage Sites using Novel Augmented Reality Technologies". En: *International Conference on Graphic Archeology and Cultural Heritage - Arqueológica*

2.0, Sevilla, [http://av.dfki.de/publications\\_2009/in-situ-visualization-for-cultural-heritage-sites-using-novel-augmented-reality-technologies](http://av.dfki.de/publications_2009/in-situ-visualization-for-cultural-heritage-sites-using-novel-augmented-reality-technologies) [consultado: 04.03.2011].

VLAHAKIS, V., PLIAKAS, T., DEMIRIS, A., IOANNIDIS, N. (2003). "Design and application of the LIFEPLUS augmented reality system for continuous, context-sensitive guided tours of indoor and outdoor cultural sites and museums". En: *Proceedings of the Conference on Virtual Reality, Archeology, and Cultural Heritage (VAST'03)*, pp. 151-159, <http://lifeplus.miralab.unige.ch/HTML/papers/LIFEPLUS-VAST2003-revised.pdf> [consultado: 26.02.2011].

VLAHAKIS, V., IOANNIDIS, N., KARIGIANNIS, J., TSOTROS, M., GOUNARIS, M., STRICKER, D., GLEUE, T., DAEHNE, P., ALMEIDA, L. (2002). "Archeoguide: An Augmented Reality Guide for Archaeological Sites". En: *IEEE Comput. Graph. Appl.* 22, 5, pp. 52-60, <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=01028726> [consultado: 29.02.2011].

VLAHAKIS, V., KARIGIANNIS, J., TSOTROS, M., GOUNARIS, M., ALMEIDA, L., STRICKER, D., GLEUE, T., CHRISTOU, I. T., CARLUCCI, R., AND IOANNIDIS, N. (2001). "Archeoguide: first results of an augmented reality, mobile computing system in cultural heritage sites". En *Proceedings of the 2001 Conference on Virtual Reality, Archeology, and Cultural Heritage (VAST '01)*. ACM, New York, NY, pp. 131-140, <http://archeoguide.intranet.gr/papers/publications/ARCHEOGUIDE-VAST01-1.pdf> [consultado: 29.02.2011].

YDREAMS (2010). "Mirador Virtual en Cascais". En: <http://www.ydreams.com/#/es/projects/museumslearning/virtualsightseeingcascais/> [consultado: 02.03.2011].

ZOELLNER, M., KEIL, J., DREVENSEK, T., WUEST, H. (2009). "Cultural Heritage Layers: Integrating Historic Media in Augmented Reality". En: *Proceedings of the 2009 15th international Conference on Virtual Systems and Multimedia*. IEEE Computer Society, Washington, DC, pp. 193-196, <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=05306012> [consultado: 05.03.2011].