

DESCRIPCIÓN DE UN FRAMEWORK METODOLÓGICO PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES RELACIONADAS CON EL PATRIMONIO CULTURAL

DESCRIPTION OF A METHODOLOGICAL FRAMEWORK FOR THE DEVELOPMENT OF CULTURAL HERITAGE APPLICATIONS

Edwin Mauricio Hincapié-Montoya, Ph.D.

*Institución Universitaria Salazar y Herrera,
Medellín, Colombia
e.hincapie@iush.edu.co*

Christian Andrés Díaz-León, Ph.D(c)

*Universidad de Medellín
Medellín, Colombia
cdiaz@udem.edu.co*

(Recibido el 01-11-2013. Aprobado el 20-12-2013)

Resumen. Preservar los espacios y difundirlos es una función social que debe mantener unidos a los pueblos y que no puede dejarse a un lado por el clamor y la voz del desarrollo. Para ello la tecnología juega un papel de facilitador mediático a través del cual se puede llegar a diferentes espacios y lugares históricamente importantes, pero físicamente inaccesibles por su desaparición. En los últimos años se han desarrollado aplicaciones que buscan reactivar el patrimonio cultural y hacen uso de tecnologías como realidad virtual, realidad aumentada o juegos serios. Sin embargo, la mayoría son casos de estudio en un tema particular y el área carece de un framework metodológico, que guíe y facilite el desarrollo de este tipo de aplicaciones. En este artículo proponemos un framework metodológico conceptual, el cual busca orientar el desarrollo de aplicaciones relacionadas con la reactivación del patrimonio cultural, al tiempo que maximiza el aprendizaje de los usuarios en este tema.

Palabras clave: Framework Metodológico, Patrimonio Cultural, Realidad Virtual, Realidad Aumentada, Juegos Serios.

Abstract. Preserving and spreading spaces is a social function that should maintain together the people and cannot be less important than progress and development. Technology plays a media facilitator role allowing experiencing different spaces and places historically important but physically inaccessible for his disappearance. Recently, applications have been developed which revive cultural heritage using technologies such as virtual reality, augmented reality and serious games. However, most are case studies reporting work in a specific subject and a methodological framework to guide and facilitate the development of such applications has not been proposed. In this paper, a conceptual methodological framework which guides the development of cultural heritage applications while maximizing the users' cultural heritage learning is proposed.

Keywords: Methodological Framework, Cultural Heritage, Virtual Reality, Augmented Reality, Serious Games.

1. INTRODUCCIÓN

El patrimonio es tan importante para la sociedad como vulnerable. De él se sostiene la historia, la identidad y las características de las culturas. Un país que protege su patrimonio es un país democrático, rico e igualitario. Las nuevas generaciones deben tener la posibilidad de disfrutar y aprender sobre lo que han sido y serán en un futuro; y este viaje se logra gracias a las políticas de cuidado, divulgación y preservación del patrimonio en una Nación. Aquellos lugares que estuvieron y que fueron derruidos, es posible traerlos hoy a escena gracias a los desarrollos y aplicativos de la tecnología [1, 2].

Tecnologías como realidad virtual, realidad aumentada y juegos serios son particularmente útiles para la reactivación del patrimonio cultural [2, 10 - 12]. Estas permiten hacer tangible nuevamente espacios arquitectónicos que hoy no están disponibles debido a su desaparición física. Varias aplicaciones han sido desarrolladas, cada una reportando sus experiencias dependiendo del caso de estudio implementado y de la tecnología utilizada [1 - 3, 5]. Sin embargo, hasta el momento no existe un trabajo que se haya enfocado en tomar los resultados de estos casos reportados y condensarlos en una estructura metodológica que guíe el desarrollo de aplicaciones exitosas en este campo. Con exitosas nos referimos a que maximicen el aprendizaje del patrimonio cultural de los usuarios y la usabilidad de la aplicación [13 - 14].

Metodologías propuestas en esta área se enfocan en definir cómo se debe organizar la exhibición del patrimonio cultural (por ejemplo, por temas, ubicación geográfica u origen temporal), con el fin de maximizar el aprendizaje de los visitantes [4], categorizar las formas existentes para visualizar el patrimonio cultural [6] y para la reconstrucción tridimensional del patrimonio cultural [15].

En [6] se presenta una clasificación general de diferentes aproximaciones que pueden ser utilizadas como representación visual del patrimonio cultural. Algunas de las formas de representación visual contempladas en este trabajo son: imágenes aumentadas, modelos a escala, reconstrucciones físicas, simulaciones usando realidad virtual, videojuegos, simulaciones usando realidad aumentada. Los factores considerados por el trabajo para realizar la categorización de las aproximaciones son automatización, precisión e interactividad. Finalmente, en una prueba experimental los autores evalúan cada uno

de estos factores, teniendo en cuenta su relevancia y cómo son percibidos por personas involucradas en la conservación del patrimonio cultural.

El desarrollo de un framework tecnológico y conceptual para mejorar la experiencia de los visitantes en los museos es propuesto en [4]. Los factores considerados como importantes para mejorar la experiencia en los museos son: integración de la información general, aprendizaje informal, y relocalización en espacio y tiempo de los exhibidores.

Finalmente, en [15] se describe una guía para el desarrollo de sistemas de realidad virtual para la conservación del patrimonio cultural. Además detalla una completa metodología para la creación de exhibidores usando realidad virtual y basándose en modelos 3D de alta calidad, reconstruidos a partir de un escáner 3D y una cámara de alta definición.

Por estas razones, en este artículo se describe un framework metodológico que guía el desarrollo de aplicaciones que buscan conservar y reactivar el patrimonio cultural, maximizando métricas como usabilidad y aprendizaje del contenido en cuestión. El artículo es estructurado de la siguiente manera. En la sección 1 se describen los componentes que forman el framework metodológico propuesto, incluyendo un caso en el cual se aplica, en la sección 3 presentan los trabajos futuros y en la sección 4 las conclusiones.

2. DESCRIPCIÓN DEL FRAMEWORK METODOLÓGICO

El framework propuesto permite categorizar el tipo de aplicación que se desea desarrollar, y determinar de esta manera qué combinación de concepto tecnológico y tipo de recursos deben ser utilizados con el fin de optimizar la apropiación del patrimonio cultural. Para este propósito, este framework está compuesto por tres componentes:

- **Marco de referencia:** corresponde a la representación gráfica del framework metodológico; en él se muestran los diferentes elementos que lo componen.
- **Matriz de referencia:** refleja la interacción existente entre cada uno de los ejes que componen la representación gráfica del marco de referencia.

- **Guía de aplicación:** en esta tabla se definen las fases que componen el proceso de desarrollo del instrumento y qué pasos y herramientas deben ser tenidas en cuenta dependiendo de las características de la aplicación definidas en la matriz de referencia.

2.1. Marco de referencia

En la Figura 1 se pueden observar los tres ejes que definen las características generales que componen una aplicación de conservación del patrimonio y que pueden hacer uso de tecnologías como: realidad virtual, realidad aumentada y juegos serios. La descripción de los ejes es:

2.1.1. Tecnología

hace referencia principalmente al concepto tecnológico que será utilizado para implementar la aplicación. Básicamente se agrupan en tres conceptos: realidad virtual, realidad aumentada y juegos serios. En el siguiente framework usaremos esta descripción de dichos conceptos:

- Realidad virtual: “es un proceso que permite a uno o varios usuarios convertirse en participantes en espacios abstractos donde la máquina física y el observador no existen” [7].
- Juegos serios: “la principal característica de un Juego Serio es apoyar al jugador en el logro de objetivos de aprendizaje mientras proporciona una experiencia entretenida y divertida” [2].
- Realidad aumentada: “es una tecnología que permite al usuario ver el mundo real, con objetos virtuales superpuestos o compuestos con el mundo. Por lo tanto, la RA suplementa la realidad, en lugar de reemplazarla. Idealmente para el usuario se aparenta que los objetos virtuales y reales coexisten en el mismo espacio” [8].

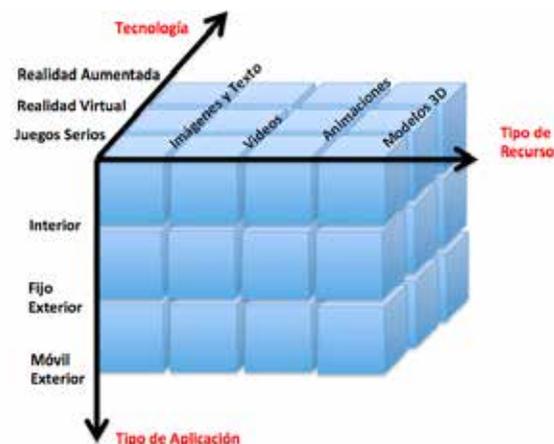


Figura 1. Descripción gráfica del marco de referencia.

Varios autores han propuesto otro tipo de categorizaciones para la tecnología, como la propuesta en [6] para la forma de visualización y en [2] para el tipo de aplicación.

2.1.2. Categoría de la aplicación

este eje hace referencia a los tipos de aplicaciones tecnológicas que pueden ser encontradas en conservación del patrimonio cultural. Varios autores proponen algunas clasificaciones, por ejemplo en [2] se definen los siguientes tipos de aplicación:

- Conciencia cultural.
- Reconstrucción histórica.
- Conciencia del patrimonio artístico, arqueológico, natural y arquitectónico.

Sin embargo, esta clasificación está orientada al objetivo que se quiere lograr con la aplicación. Debido a que el foco de nuestro framework es ofrecer una guía para el desarrollo de las aplicaciones, se propone una clasificación que tenga en cuenta las condiciones físicas a las cuales se enfrenta la aplicación. De esta manera, elementos que componen este eje son: interior, si la aplicación será desplegada en un espacio interior u exterior, si la aplicación será desplegada en un espacio exterior; y este elemento exterior es posible subdividirlo en fijo, si la experiencia tendrá lugar en un solo sitio o móvil, si comprende un recorrido.

Tabla 1
Combinaciones posibles definidas a partir del marco de referencia y que caracterizan las aplicaciones relacionadas con la reactivación y conservación del patrimonio cultural

Tipo de Aplicación	Tipo de Recurso	Tecnología
Interior	Imágenes y Texto	Realidad Virtual
Interior	Imágenes y Texto	Realidad Aumentada
Interior	Imágenes y Texto	Videojuegos Serios
Interior	Videos	Realidad Virtual
Interior	Videos	Realidad Aumentada
Interior	Videos	Videojuegos Serios
Interior	Modelos 3D	Realidad Virtual
Interior	Modelos 3D	Realidad Aumentada
Interior	Modelos 3D	Videojuegos Serios
Interior	Animaciones	Realidad Virtual
Interior	Animaciones	Realidad Aumentada
Interior	Animaciones	Videojuegos Serios
Exterior Fijo	Imágenes y Texto	Realidad Virtual
Exterior Fijo	Imágenes y Texto	Realidad Aumentada
Exterior Fijo	Imágenes y Texto	Videojuegos Serios
Exterior Fijo	Videos	Realidad Virtual
Exterior Fijo	Videos	Realidad Aumentada

Tipo de Aplicación	Tipo de Recurso	Tecnología
Exterior Fijo	Videos	Videojuegos Serios
Exterior Fijo	Modelos 3D	Realidad Virtual
Exterior Fijo	Modelos 3D	Realidad Aumentada
Exterior Fijo	Modelos 3D	Videojuegos Serios
Exterior Fijo	Animaciones	Realidad Virtual
Exterior Fijo	Animaciones	Realidad Aumentada
Exterior Fijo	Animaciones	Videojuegos Serios
Exterior Móvil	Imágenes y Texto	Realidad Virtual
Exterior Móvil	Imágenes y Texto	Realidad Aumentada
Exterior Móvil	Imágenes y Texto	Videojuegos Serios
Exterior Móvil	Videos	Realidad Virtual
Exterior Móvil	Videos	Realidad Aumentada
Exterior Móvil	Videos	Videojuegos Serios
Exterior Móvil	Modelos 3D	Realidad Virtual
Exterior Móvil	Modelos 3D	Realidad Aumentada
Exterior Móvil	Modelos 3D	Videojuegos Serios
Exterior Móvil	Animaciones	Realidad Virtual
Exterior Móvil	Animaciones	Realidad Aumentada
Exterior Móvil	Animaciones	Videojuegos Serios

2.1.3. Tipo de contenido:

finalmente toda aplicación para la conservación del patrimonio cultural requiere de diversos tipos de contenido, ya sea de realidad virtual, aumentada o un juego serio. Los contenidos que son incluidos dentro del framework son: imágenes y texto, videos, modelos 3D y animaciones. En este eje se tiene en cuenta tanto el formato, como las calidades de cada uno de estos tipos de contenido.

2.2. Matriz de referencia

Seleccionando cada una de las características que hacen parte del marco de referencia se pueden obtener varias combinaciones de aplicaciones, usando diferentes tecnologías y diferentes recursos de contenido. Dependiendo de la combinación obtenida se deben realizar diferentes pasos en el diseño, desarrollo e implementación de la aplicación.

En la Tabla 1 se pueden observar todas las combinaciones posibles definidas por el marco de referencia. A partir de estas combinaciones, el usuario se remite al cuadro metodológico que le indica qué actividades realizar con el fin de desarrollar cada parte de la aplicación.

2.2.1. Guía de uso

Una vez definida la combinación requerida para el desarrollo de la aplicación mediante el uso de las opciones presentes en la Tabla 1, se utiliza la información mostrada en la Figura 2; esta resume las actividades que deben ser desarrolladas, las herramientas que pueden ser utilizadas y los resultados que serán obtenidos dependiendo del tipo de aplicación que se desee desarrollar.

En el eje vertical, tres secciones componen la Figura 2: (i) las actividades que deben ser realizadas con el fin de desarrollar la aplicación, (ii) las herramientas que pueden ser utilizadas para llevar a cabo las actividades y (iii) los resultados obtenidos al desarrollar las actividades.

El eje horizontal describe en cuatro fases la evolución en el tiempo del proceso de desarrollo de la aplicación:

- Definición de los requerimientos del sistema: en esta fase se llevan a cabo todas las actividades en la cuales se recolecta información, y a partir de esta, se toman decisiones que van a ser el punto de partida para el diseño y desarrollo de la aplicación. Entre las decisiones

	Definición de Requisitos del Sistema	Modelación del Sistema y sus Recursos	Desarrollo	Evaluación
Actividades	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisión bibliográfica y documental relacionada con el patrimonio cultural que será activado. 2. Recorcer el patrimonio cultural seleccionado. 3. Definir el recorrido, los puntos clave, la línea de tiempo y las condiciones de iluminación. 4. Definir los recursos que serán desplegados en la aplicación, considerando la tecnología y el contenido. 5. Definir las capacidades mínimas y máximas de cómputo requeridas por el sistema para ser ejecutado correctamente. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar un diseño de experimentos tipo factorial fraccionado y superficie de respuesta para determinar la combinación de recursos, ruta histórica, puntos claves y capacidades de cómputo que optimicen la usabilidad. 2. Modelar todos los recursos (Modelos 3D, videos, fotos, audio) basado en las características definidas por el diseño e experimentos. 3. Diseñar y modelar la arquitectura del software que compone el sistema. 4. Diseñar y modelar la apariencia gráfica de la aplicación. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desarrollar cada uno de los componentes que serán cargados como recursos: audio, video, modelos 3D, animaciones. 2. Desarrollar cada una de las interfaces de usuario definidas por la aplicación. 3. Integrar la aplicación de software con los dispositivos de interacción definidos en la fase anterior, tales como componentes de realidad aumentada, dispositivos de rastreo para realidad virtual, entre otros. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Evaluar la diferencia entre el desempeño predicho y el desempeño real de la aplicación. 2. Realizar un test para evaluar la usabilidad de la aplicación. En este paso se deben definir las métricas de usabilidad y un cuestionario para evaluar la percepción del usuario. 3. Realizar un test con el propósito de evaluar el nivel de aprendizaje del patrimonio cultural por parte del usuario. 4. A partir de los experimentos determinar las modificaciones requeridas.
Herramientas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Internet, libros y documentos para realizar la recolección de datos. 2. Tablas comparativas. 3. Eventos históricos organizados en líneas de tiempo, entrevistas con expertos, fotografías de bibliotecas. 4. Herramientas para crear bocetos del contenido de la aplicación. 5. Mapeo cronológico, Mapeo tiempo-ubicación geográfica y mapeo tiempo-topografía del lugar. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Herramientas para editar y crear videos, imágenes y audio. 2. Cámara de video y fotos y micrófono. 3. Herramientas de modelado 3D: Blender, 3Dmax studio, Maya. 4. Lenguaje estadístico R 5. Herramientas para hacer bocetos de la interfaz gráfica: Caxco, prototype, invision. 6. Herramientas de modelado del Software: CASE Tools. 7. Evaluación del desempeño de los dispositivos Passmark 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Unity. 2. EON Reality. 3. INZAR. 4. D'Fusion 5. Metalo 6. Caltroom. 7. J-Mokey. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Herramientas de diseño de experimentos para definir el experimento apropiado. 2. Herramientas estadísticas tales como: estadísticas descriptiva y test de hipótesis.
Productos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diagrama con el recorrido, definiendo los puntos clave de este. En cada punto clave describiendo los recursos requeridos (tipo, calidad y número) y la tecnología usada para la interacción. 2. Documento con imágenes, mapas y otro tipo de registros históricos. 3. Revisión de los registros bibliográficos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recursos modelados usando las herramientas recomendadas. 2. Resultados de los experimentos factorial fraccionado y superficie de respuesta definiendo como cada factor afecta al desempeño de la aplicación. 3. Documentación definiendo el diseño y arquitectura del software. 4. Recursos gráficos de la interfaz de usuario modelados. 5. Diseño de la interfaz gráfica de usuario. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. El código fuente y el instalador de la aplicación desarrollada. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un documento reportando los resultados del experimento evaluando el desempeño, usabilidad y nivel de aprendizaje alcanzado por el usuario. 2. Un documento definiendo las modificaciones a ser realizadas en el software con el propósito de mejorar las métricas de usabilidad, desempeño y aprendizaje.

Retroalimentación Retroalimentación Retroalimentación

Figura 2. Descripción de las fases, actividades, herramientas y productos que hacen parte de la metodología.

- están el seleccionar qué tipo de aplicación se desarrollará y qué tecnología se usará.
- Modelación del sistema y los recursos: en esta fase se empieza con la modelación del software y de los contenidos definidos durante la primera fase, que pueden ser texto, imágenes, videos, modelos 3D y animaciones. Las calidades de estos contenidos serán definidas por las restricciones de desempeño que posean los equipos en los cuales se utilizará la aplicación. Con el fin de predecir la calidad adecuada maximizando el desempeño de la aplicación, se utilizan los diseños experimentales “factorial fraccionado” y “superficie de respuesta”.

- Desarrollo: durante esta fase se realizan tres actividades: el desarrollo del software, la integración de los contenidos al software desarrollado y finalmente la integración de los dispositivos de interacción entre el usuario y el software desarrollado.

2.2.2. Evaluación

En esta última fase, mediante el uso de varios métodos, el objetivo es evaluar aspectos de la aplicación desarrollada. En nuestro framework metodológico se ha definido que las métricas que definirán el desempeño de la aplicación son:

- Desempeño computacional: medido básicamente con el tiempo de respuesta de la aplica-

ción en milisegundos y los frames por segundo cuando se están desplegando videos, modelos 3D y animaciones.

- Usabilidad: medido con cuestionarios de percepción del usuario utilizando preguntas tipo escala Likert y tiempos de terminación de las tareas que tiene que realizar el usuario en la aplicación, medido en segundos [13].
- Nivel de aprendizaje del patrimonio cultural: para evaluar el aprendizaje relacionado con el patrimonio cultural y el alcanzado por el usuario cuando utiliza la aplicación, se propone el uso del framework Resultados de Aprendizaje Genéricos (Generic Learning Outcomes – GLO) [9]. Este framework define que los resultados de aprendizaje son producto de la experiencia de aprendizaje; son clasificados de la siguiente manera: aumento en el conocimiento y la comprensión, aumento de las habilidades, cambio en las actitudes o valores, evidencia de diversión, inspiración y creatividad y (v) evidencia de progresión o evolución.

2.3. Aplicación del framework metodológico utilizando un ejemplo

Si tenemos la necesidad de desarrollar una aplicación que permita a los ciudadanos observar edificios históricos que ya no están presentes o que hayan sido demolidos, la forma en que se utilizaría el framework conceptual propuesto para guiar el desarrollo es de la siguiente manera:

- El primer paso consiste en determinar el tipo de aplicación ideal para este contexto. En este caso, el tipo de aplicación exterior móvil, es ideal ya que habrá una ruta con varios edificios históricos que serán visualizados al usuario y será al aire libre.
- El segundo paso es seleccionar el tipo de tecnología que será utilizada. En este caso, la necesidad sobre la escena real es superponer los edificios reconstruidos virtualmente con el propósito de mantener en contexto al usuario sobre su importancia histórica y sobre su ubicación geográfica antes de la fecha de su desaparición.
- En el tercer paso se selecciona el tipo de contenido que será proyectado en la aplicación.

En este caso, podemos enfocarnos únicamente en modelos 3D, ya que se quiere solo visualizar las estructuras arquitectónicas.

- Una vez definidos los tres ejes de cubo o la combinación que se desea desarrollar, se utiliza la tabla metodológica con el fin de establecer las actividades y herramientas necesarias para desarrollar la aplicación. De igual manera, se determinan los resultados obtenidos para cada una de las fases del desarrollo. Por ejemplo, en este caso una de las actividades que caracterizan este tipo de aplicaciones es la de seleccionar la ruta del recorrido y los puntos clave donde se permitirá observar las edificaciones reconstruidas usando realidad aumentada que harán parte de este.
- Una de las actividades que debe ser realizada por todas las combinaciones del cubo es el diseño experimental, que permite predecir el desempeño del dispositivo dependiendo de las capacidades del mismo y de la calidad de los recursos utilizados. En esta actividad, el primer paso es determinar los factores que desean ser evaluados, como por ejemplo, las capacidades del dispositivo y las calidades de los modelos 3D; posteriormente los niveles, por ejemplo, la resolución mínima y máxima que será analizada; y finalmente la variable de respuesta, la cual puede ser los frames por segundo. Una vez definidos estos parámetros se puede proceder a aplicar un diseño experimental de superficie de respuesta para observar el comportamiento de la variable de respuesta dependiendo de los factores.

3. TRABAJOS FUTUROS

Como trabajo futuro se propone la implementación del framework en un caso de estudio real, con el propósito de evaluar el framework y determinar modificaciones necesarias. De igual manera, se propone determinar de qué manera los factores que componen cada uno de los ejes del cubo, afectan las métricas usadas para evaluar la aplicación, tales como aprendizaje del patrimonio cultural y usabilidad.

4. CONCLUSIONES

Este artículo propone un framework conceptual que guía el desarrollo de aplicaciones relacionadas con el patrimonio cultural. Usando 3 elementos: (i) marco de referencia, (ii) matriz de referencia y (iii) guía de aplicación, el framework determina qué actividades deben desarrollarse, qué herramientas deben utilizarse y qué resultados deben obtenerse en cada fase del desarrollo, con el fin de maximizar el aprendizaje del patrimonio cultural y la usabilidad de la aplicación.

Adicionalmente, se describe cómo se utilizaría el framework mediante su aplicación a un caso ejemplo, en este artículo la aplicación ejemplo permite a los ciudadanos observar patrimonios arquitectónicos que ya no existen físicamente.

REFERENCIAS

- [1] Noh, Zakiah, Mohd Shahrizal Sunar, and Zhigeng Pan. "A review on augmented reality for virtual heritage system." *Learning by Playing. Game-based Education System Design and Development*. Springer Berlin Heidelberg, 2009. 50-61.
- [2] M. Mortara, C. Catalano, F. Bellotti, G. Fiucci, M. Houry-Panchetti and P. Petridis. "Learning cultural heritage by serious games". *Journal of Cultural Heritage*, 2014, vol. 15, no 3, p. 318-325.
- [3] Mikovec, Zdenek, Pavel Slavik, and Jiri Zara. "Cultural heritage, user interfaces and serious games at CTU Prague.". *VSM09. IEEE 15th International Conference on Virtual Systems and Multimedia*, Viena (Austria), 9-12 Sept, 2009. DOI 10.1109/IV.2012.92
- [4] F. Windhager and E. Mayr. "Cultural heritage cube: A conceptual framework for visual exhibition exploration". *Proceedings of the 16th International IEEE Conference on Computer Society*. 11-13 July 2012, pp. 540-545. DOI 10.1109/IV.2012.92
- [5] A. Abate, G. Acampora and S. Ricciardi. "An interactive virtual guide for the art based visit of archeological sites". *Journal of Visual Languages and Computing*, vol. 22, pp. 415-425, 2011.
- [6] A. Foni, G. Papagiannakis and N. Magnat-Thalmann. "A taxonomy of visualization strategies for cultural heritage applications." *Journal on Computing and Cultural Heritage*, vol. 3(1), pp. 1-21, 2010.
- [7] Helsel, Sandra Kay, and Judith Paris Roth. "*Virtual reality: Theory, practice, and promise*". Information Today Incorporated, 1991.
- [8] H. Kaufmann: "Collaborative Augmented Reality in Education"; "Imagina Conference on Education 2003", Monaco Medixax, Monaco, pp. 51-60, 2003. Disponible en: <https://www.ims.tuwien.ac.at/publications/tuw-137414>
- [9] E. Hooper-Greenhill. "Measuring learning outcomes in museums archives and libraries: The learning impact research project (LIRP)." *International Journal of Heritage Studies*, vol. 10 (2), pp. 151-174, 2004.
- [10] M. Ott and F. Pozzi. "Towards a New Era for Cultural Heritage Education." *Journal Computers in Human Behavior*, vol. 27, no. 4, pp. 1365-1371, 2011.
- [11] Rua, H. and Alvito, P. "Living the past: 3D models, virtual reality and game engines as tools for supporting archaeology and the reconstruction of cultural heritage – the case-study of the Roman villa of Casal de Freiria" *Journal of Archaeological Science*, vol. 38, no. 12, pp. 3296-3308, 2011.
- [12] J.-G. Han and K.-W. Park and Ky.-J. Ban and E.-K. Kim. "Cultural Heritage Sites Visualization System based on Outdoor Augmented Reality" *AASRI Procedia* Vol. 4, pp. 64 – 71, 2013.
- [13] J. Abu, P. Shireen and M. Mahmud. "User Requirements for Virtual Reality in Architectural Heritage Learning." *International Journal of Interactive Digital Media*, vol. 1 (1), pp. 37-45, 2013.
- [14] L. Pujol and E. Champion. "Evaluating Presence in Cultural Heritage Projects." *International Journal of Heritage Studies*, vol. 18, no. 1, pp. 83-102, 2012.
- [15] F. Bruno, S. Bruno, G. De Sensi, M.-L. Luchi, S. Mancuso and M. Muzzupappa. "From 3D reconstruction to virtual reality: A complete methodology for digital archaeological exhibition." *Journal of Cultural Heritage*, vol. 11 (1), pp. 42-49, 2010.