

NUEVAS TECNOLOGÍAS DE VISUALIZACIÓN PARA MEJORAR LA REPRESENTACIÓN DE ARQUITECTURA EN LA EDUCACIÓN

NAVARRO DELGADO, Isidro ¹
FONSECA ESCUDERO, David ²

Remisión artículo: 20-10-2015

Remisión definitiva: 30-01-2017

Palabras Clave: Realidad aumentada; aprendizaje electrónico; enseñanza geo-localizada; planificación urbana; investigación educativa.

Resumen

El artículo presenta diversos estudios centrados en la representación del espacio tridimensional y los proyectos arquitectónicos desarrollados en el ámbito académico de los grados de Arquitectura y Arquitectura Técnica. El objetivo prioritario es el de analizar la mejora de la expresión gráfica y espacial de los estudiantes cuando en su formación son introducidos en el uso de nuevas tecnologías visuales como las de la Realidad Aumentada (RA) y la Realidad Virtual (RV). El trabajo se ha realizado a través de casos de estudio llevados a cabo en los últimos cinco años con los estudiantes de las asignaturas de Sistemas de Representación I y II de los grados previamente comentados. Los proyectos resultantes se han estudiado desde el punto de vista de la facilidad de acceso con equipos y programas al uso (accesibilidad universal) y su capacidad de generar modelos tridimensionales. Las innovaciones tecnológicas propuestas han modificado sustancialmente los métodos de trabajo en el ámbito docente y han permitido observar la fácil adaptación de los estudiantes y su atracción por estas innovaciones, lo que finalmente ha conllevado una mejora curricular.

1. Introducción

El presente estudio muestra nuevas estrategias docentes y las mejoras que aportan las nuevas tecnologías de la Realidad Aumentada (RA) y la Realidad Virtual (RV) a la capacidad de representación del espacio en la formación de los futuros arquitectos y urbanistas. Steuer, Biocca & Levy (1995), definen la RV como un medio por y mediante el cual se conecta con una serie de tecnologías con el fin de mostrar una realidad diferente en la cual se sitúa el usuario. Milgram, Takemura, Utsumi & Kishino (1995), definen a su vez la RA como una modalidad de RV, pero donde no se pierde de vista la realidad donde se sitúa el usuario, sino que la información a visualizar se superpone. En resumen, mientras entendemos que RV nos muestra

¹ Profesor ayudante del Departamento de Arquitectura Técnica y Superior La Salle, Universitat Ramon Llull. C/ Quatre Camins 2, 08022 Barcelona, España. Email de contacto: inavarro@salle.url.edu

² Profesor Titular del Departamento de Arquitectura Técnica y Superior La Salle, Universitat Ramon Llull. C/ Quatre Camins 2, 08022 Barcelona, España. Email de contacto: fonsi@salle.url.edu

una realidad de forma inmersiva aislando en mayor o menor parte al usuario de su entorno, la RA solo superpone dicha información en un dispositivo que permite situarse en dicho entorno real del usuario. El avance tecnológico exponencial de los últimos años y la aparición de nuevos dispositivos ha permitido, gracias a la disminución de los costes, que sea fácil disponer de móviles y tabletas con capacidad de procesar información multimedia (fotografías, audio, video, modelos 3D, etc.), (Glennan & Melmed, 1996).

En paralelo, los sistemas educativos 3.0 (que podríamos definir como aquellos donde el estudiante no solo es un actor pasivo sino activo a la hora de generar y gestionar contenidos), han tendido a nuevas estrategias docentes para dar cabida a las nuevas tecnologías colaborativas (Campbell *et al.*, 2006; Enache, 2012; Rubens, Kaplan, & Okamoto, 2014; Morris, 2011). En este nuevo escenario, la exploración de estrategias docentes basadas en la tecnología puede tener consecuencias especialmente positivas en las aulas de proyecto arquitectónico. Basadas en la interacción y la visualización, mediante software y hardware de última generación, estas nuevas tecnologías están haciendo posible la combinación de modelos tridimensionales en el espacio real y la visualización de entornos virtuales, ampliando la capacidad de representación del proyecto arquitectónico (Vicent, Villagrasa, Fonseca, Redondo, 2015).

Al facilitar la visión de un proyecto durante el proceso de su ideación (Milgram, & Kishino, 1994; Sanso, & Reus, 2015; Fonseca, Valls, Redondo, & Villagrasa, 2015), tanto las técnicas digitales como los métodos propuestos facilitan el derecho universal de acceso a la cultura al permitir participar en el diseño a todo tipo de público no experto en arquitectura (Donnelly, 1984). Esta participación es básica, ya que va a permitir que la información pueda llegar a todos con la máxima riqueza de matices y de esta forma entender mejor la idea que el arquitecto, o estudiante de arquitectura, pretende transmitir (Hernández, Garcia, & Ayuga, 2004). Este tipo de procesos sucede ya que con independencia de los medios, los valores de interactividad y de accesibilidad universal a través de la representaciones claras de los objetos en el proceso de diseño, deberían ser parte importante de la formación de un estudiante de arquitectura (Stephanidis, & Savidis, 2001; Fonseca, Redondo & Villagrasa, 2015). En definitiva, no podemos olvidar que la arquitectura, como parte del patrimonio cultural de la humanidad explica nuestra historia y ésta en la medida de lo posible, cuanto más cercana sea al usuario final, mejor será explicada y comprendida (Kersten, & Lindstaedt, 2012; Hall, & Zeppel, 1990).

Las técnicas de representación de la arquitectura, los procesos constructivos o el urbanismo, han evolucionado con el paso del tiempo. Desde el dibujo, el gravado, el modelado o la pintura, hasta la fotografía, el video o la infografía, se puede observar una progresión en que las sucesivas nuevas tecnologías abren nuevas expectativas, como lo hacen los dispositivos móviles y las gafas inteligentes en auge actualmente (Menzel, Keller, & Eisenblätter, 2004; Chi, Kang, & Wang, 2013; Woodward *et al.*, 2010). Pero, no podemos ni debemos olvidar que la arquitectura se percibe a través de los sentidos (especialmente, aunque no exclusivamente, el de la vista) y se representa a través de sistemas que ponen de relieve la forma con parámetros como, por ejemplo, sus medidas, las proporciones y la escala. En palabras de Rasmussen (1989): “la comprensión de la obra se obtiene a partir de la experimentación”, y es a partir de dicha afirmación donde podemos encontrar que las nuevas tecnologías nos pueden permitir complementar los sistemas tradicionales de representación. Es decir, nos van a facilitar la percepción del proyecto arquitectónico mediante otros sentidos como el tacto, e incluso el

sonido, como se puede comprobar en nuestros ejercicios iniciales que se orientaron al público con discapacidades visuales (Navarro & Fonseca, 2010; Navarro & Fonseca, 2011).

En conclusión, a lo largo de este artículo repasaremos una serie de casos de estudio docentes en los que se ha estudiado la representación arquitectónica mediante diversas tecnologías, y todo ello desde una perspectiva que pretende complementar la percepción espacial mediante otros sentidos complementarios, en concreto el tacto. Los métodos complementarios de representación van a permitir que los alumnos profundicen en las necesidades representativas de los objetos arquitectónicos con una combinación en tiempo real del trabajo con maquetas, hasta llegar a representaciones a tamaño real en espacios abiertos mediante RA. Este sistema permite el estudio, comprensión y acertada combinación de las múltiples escalas, de gran importancia en la visualización de modelos 3D de cualquier propuesta arquitectónica actual.

2. Marco de referencia

Los ejemplos de aplicación de nuevas herramientas y tecnologías en la educación arquitectónica son todavía escasos, a pesar de que su generalización sea algo imparable (Redondo, Fonseca, Sánchez, Navarro, 2014), ya que los dispositivos mejoran sus prestaciones y los programas renuevan continuamente sus posibilidades cada vez con menores costes. Por ejemplo, dispositivos como las gafas inteligentes abren el abanico de opciones para la representación y percepción de contenidos multimedia y arquitectónicos específicamente. No obstante, mientras estos recursos estén disponibles en el mercado, es necesario explorar sus aplicaciones y establecer criterios en la formación de la representación arquitectónica (Succar, 2009).

Para los proyectos presentados en este artículo, se han utilizado programas de generación de modelos tridimensionales en diversos formatos. Para configurar los contenidos en RA, se han utilizado diversos sistemas en función de los requisitos de la propuesta, pero en la mayoría de casos han sido programas accesibles en Internet de forma gratuita o con licencias de bajo coste o “demo” para estudiantes. El bajo coste en recursos es una premisa de partida en el desarrollo de las experiencias descritas, ya que los dispositivos pertenecían a los estudiantes, o puntualmente al centro como en el caso de los visores (gafas) inteligentes.

Si analizamos el entorno formativo, la Unión Europea ha establecido una serie de objetivos educativos básicos en el marco de la Estrategia Europa 2000 (ET-2020), con el objetivo de formar a los estudiantes en conocimientos que permitan una economía inteligente, inclusiva y sostenible. En dicha línea los gobiernos nacionales y regionales (como sucede en los artículos 58 y 59 de la LEC, Llei d'Educació de Catalunya, del 12/2009, 10 de julio), han establecido mecanismos que permitan ya a nivel de educación primaria como secundaria, la obligatoriedad de desarrollar a nivel adecuado las competencias necesarias para el uso de las nuevas tecnologías. Si bien estos mecanismos están establecidos, queda la duda en qué medida las competencias en tecnología y sistemas de comunicación que los alumnos pre-universitarios adquieren se adaptan a los estudios que posteriormente cursan. Como veremos en los casos de estudios que se presentan en este artículo, los autores creemos firmemente que las competencias genéricas que adquieren los alumnos pre-universitarios son pocas o demasiado

superficiales (Marquès & Sarramona, 2013), y que se pueden derivar cursos y formaciones que actualmente están situados en los grados universitarios, incluso a nivel de máster, a una edad más temprana. Esta derivación puede permitir que los alumnos lleguen al entorno universitario, no solo con competencias más específicas ligadas a la visualización, sino con conocimientos que les motive a investigar sobre dichos métodos.

Lógicamente queda un largo trecho por recorrer, e incluso fuera interesante diversificar la oferta de esta formación pre-universitaria más especializada en función del ámbito objetivo de cada alumno, permitiendo una mejor preparación para los actuales estudios de grado. En estos, se ha constado una necesidad recurrente de reducir la formación especializada para dotar a los alumnos de conocimientos básicos no suficientemente fijados en su educación anterior.

Durante la ejecución de los proyectos de estudio se analizó la eficacia de nuevas metodologías basadas en la tecnología, la facilidad en su utilización, la experiencia del usuario y otros factores como la obtención o no de resultados satisfactorios por parte de los estudiantes (Fonseca, Martí, Redondo, Navarro, Sánchez, 2014). Este tipo de evaluaciones se obtiene con encuestas de tipo test y en otros casos con cuestionarios como el BLA -Bipolar Laddering- (Pifarré, & Tomico, 2007), un tipo de estudio cualitativo que nos ha demostrado su fiabilidad, en especial para casos de trabajo con pocas muestras. Muchos factores pueden influir en estos resultados, desde el tipo de recursos (software y hardware) hasta la metodología (guías docentes, pautas temporales, pruebas de campo u otras). Generalmente, se realizaron proyectos de representación con modelos 3D de edificios o elementos arquitectónicos. El tipo de programas de modelado fueron diversos, desde sistemas más básicos como Google Sketchup, hasta otros más complejos como 3D MAX, Unity3D o Rhinoceros. Las herramientas fueron facilitadas por el centro con licencias educacionales gratuitas, o de acuerdo con los distribuidores de software. Los dispositivos de cada alumno fueron suficientes para poner en práctica los resultados, con la única condición de disponer de una conexión a Internet para consultar la base de datos a través de señal WIFI o 3G/4G, ya que algunos de estos proyectos se basaron en el posicionamiento o geo-localización del usuario y/o el modelo 3D (Sánchez, Redondo, Fonseca, 2015; Redondo, Sánchez, Fonseca, Navarro, 2014; Navarra, Van Der Molen, 2014).

Los casos presentados se llevaron a cabo en el contexto de diversas asignaturas de los grados de Arquitectura y Arquitectura Técnica de las escuelas Técnica Superior de Arquitectura La Salle (Universitat Ramon Llull) y de Barcelona (Universitat Politècnica de Catalunya). Las asignaturas objeto del estudio estaban repartidas de segundo a tercer curso (Sistemas de Representación 1 y 2). Los casos se realizaron en diferentes fases que permitieron validar, no solo su continuidad y validez científica sino cada paso de la implementación.

Para la mejora de la experiencia de los alumnos y de la representación de sus proyectos, el objetivo que se planteó y se sigue planteando es la adecuación de los contenidos de cada una de las asignaturas de la carrera relacionadas con la materia de expresión gráfica arquitectónica para su utilización en nuevas propuestas docentes. En estas asignaturas los estudiantes han ido adquiriendo competencias básicas en el uso de instrumentos informáticos para su aplicación en el resto de asignaturas del programa del grado, principalmente proyectos y urbanismo, pero también otras específicas.

Para que las propuestas arquitectónicas o urbanísticas puedan ser visualizadas de una manera clara y comprensible por los usuarios finales, en estadios previos a la ejecución, es necesario ampliar con nuevas técnicas la oferta formativa de los futuros profesionales ya que las herramientas informáticas que tradicionalmente se han empleado, como los sistemas CAD, no tienen la capacidad para representar animaciones ni para interactuar con el modelo 3D. Es necesario también integrar de forma eficiente sistemas como el BIM (Building Information Modelling) a los programas de grado referenciados, para dotar a los futuros arquitectos y urbanistas de una visión amplia de las posibilidades y estrategias de trabajo que ofrecen estas herramientas.

Cada uno de los casos de estudio que presentamos a continuación reflejan este aspecto y eso nos permitirá discutir finalmente en qué medida estos procesos son adaptables y mejoran las competencias de los estudiantes de arquitectura.

3. Casos de estudio

3.1 Caso de estudio - Diseño de exposiciones arquitectónicas para discapacitados visuales. Aplicación de tecnologías 3D y experiencia de usuario

Hipótesis

Dado que el acceso a la cultura es primordial para el progreso de cualquier sociedad, la superación de las barreras arquitectónicas, así como las de acceso a la información en los espacios de exposición cultural, constituye un tema de estudio siempre actual para técnicos y científicos (Zissermann & Tumiel, 1989; Anthopoulos & Fitsilis, 2010). El desarrollo e incorporación de la tecnología digital ha permitido incorporar grandes mejoras en la accesibilidad, tanto a la cultural como a la de los espacios físicos al permitir la eliminación de las barreras físicas en las exposiciones, como una visión más inmediata de los contenidos de los museos, ya sea a través de sus páginas web o de los sistemas multimedia incluidos en las instalaciones.

Nuestra primera hipótesis es que la tecnología digital también facilita la participación de los usuarios en el proceso de diseño al aproximar a la cultura a cualquier persona, independientemente de su edad o eventual disfunción física o psíquica. La segunda hipótesis consiste en que la participación del usuario en el proceso de diseño nos permite evaluar de forma empírica la usabilidad y accesibilidad del sistema técnico implementado y así comprobar si la transmisión de los conceptos se realiza de forma clara para cualquier tipo de visitante. Esta mejora en la participación de los usuarios en el proyecto es el factor diferencial que presentamos con este caso.

Metodología

El caso abordó el diseño de objetos y también el de los aspectos a implementar en una exposición final, es decir que incluyó tanto el diseño del espacio donde se produciría la

información como el del material a exponer. La exposición requirió la adaptación de un espacio ya construido, para mostrar material relacionado con la arquitectura. Aparte de este doble objetivo que incluía el lugar y los contenidos, la especificidad del caso la da la condición de los participantes, ya que el grupo de usuarios fueron invidentes totales o con deficiencia visual.

La investigación del caso se enmarca en diferentes fases que a continuación se definen y que permitieron controlarlo en base a los diversos grados de intervención por parte de profesionales, desarrolladores de contenidos y usuarios finales tanto con discapacidades como sin ellas:

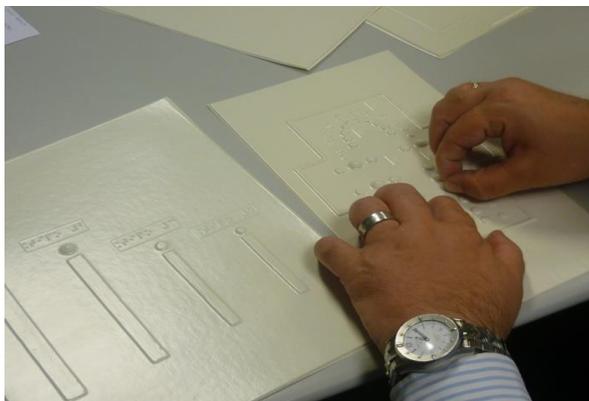
Fase 1, Definición de conceptos: Esta primera fase fue de aproximación a la realidad del nuestro grupo de usuarios objetivo: invidentes con ceguera total o parcial. Profesionales expertos en estas áreas, intervinieron para dotar de base científica a proyecto y se recogieron experiencias previas para analizar la adaptabilidad e interacción de los usuarios.

Fase 2, Desarrollo de contenidos: Generación de material de exposición con tecnología informática y de modelado tridimensional (tecnologías CAD). Como paso previo, se formó el equipo de creación de contenidos, en el que intervino personal docente y alumnos de la Facultad de Arquitectura de La Salle (Campus de Tarragona y Barcelona), de la Universidad Ramón Llull. Se estudiaron modelos de edificios existentes que se presentaron en paneles informativos de dimensiones y materiales adecuados para la correcta interpretación de los contenidos y material didáctico, por parte de los participantes.

Fase 3, Experiencia de usuario: Con los modelos generados se procedió a la visita por parte de los participantes (Figura 1). Posteriormente, mediante un test, se evaluaron los modelos y la propuesta por tres tipos de personas: unas con dificultades de visión, expertos en dicha temática, participantes sin intervención en la fase de diseño y los involucrados en las dos fases anteriores (Figura 2 y 3).

Fase 4, Análisis de resultados y propuesta metodológica: Se contrastaron los objetivos iniciales con el resultado final, por parte de los desarrolladores del proyecto y los profesionales en discapacidades. Los parámetros más importantes en la evaluación de la propuesta metodológica fueron los materiales de información y la experiencia de los participantes.

Figura 1. **Experiencia de usuario con panel gráfico de la Sagrada Familia**



Fuente: Escuela Técnica Superior de Arquitectura La Salle-URL

Figura 2. Evaluación de modelos geométricos por usuarios discapacitados



Fuente: Escuela Técnica Superior de Arquitectura La Salle-URL

Figura 3. Experiencia de usuario e implementación



Fuente: Escuela Técnica Superior de Arquitectura La Salle-URL

Conclusiones

- El proceso de generación de las geometrías con aplicaciones tecnológicas permite realizar modelos de gran complejidad formal.
- La evaluación de los prototipos por los que han participado en su diseño, ayuda a perfeccionar los modelos para la exposición.
- La geometría es interpretada con facilidad independientemente del nivel de conocimientos de la materia y la discapacidad de visión no es un factor decisivo en la comprensión de los modelos geométricos al ser substituida eficazmente por el tacto, aun cuando, la obra arquitectónica escogida es de gran complejidad. Si bien la selección de elementos singulares facilita la comprensión del conjunto, la diferencia entre los elementos geométricos escogidos no es determinante para su interpretación por los participantes.

3.2 Caso de estudio 2 - Aplicación de Realidad Aumentada para mejora de la comprensión de entornos tridimensionales.

Hipótesis

La hipótesis de trabajo es que las técnicas de Realidad Aumentada pueden ayudar en el proceso inicial de creación de proyectos y que, aplicadas durante el proceso de proyecto han de permitir una mejor percepción de la integración volumétrica de la propuesta arquitectónica en el contexto, facilitando así su comprensión. Las habilidades de control espacial que se derivan, pueden ser importantes en las decisiones formales y de implantación de las propuestas (Figura 4).

Metodología

Se trató, de explorar las ventajas de la aplicación de estas nuevas técnicas avanzadas de representación volumétrica en los ejercicios de proyecto de los estudiantes de arquitectura, para facilitar las decisiones en el proceso de diseño arquitectónico. Para ello se planteó una aplicación docente con técnicas de realidad aumentada entre alumnos que, estando en un estadio intermedio de sus estudios universitarios, tienen una práctica aún incipiente en la definición de proyectos. Para facilitar una mejor comprensión de estas nuevas técnicas, los ejercicios se plantearon como si se tratara de un curso de proyectos de la carrera. Los casos se estudiaron en diferentes escalas y tamaño mediante dos ejercicios o casos de estudio a lo largo del curso. La duración aproximada fue de 6 horas para cada uno: la implantación volumétrica de un edificio en el espacio interior de la clase con modelos arquitectónicos a escala y el fotomontaje de un proyecto en un espacio exterior del campus de la universidad.

En el primer caso, la proximidad del emplazamiento a la universidad ha facilitado el establecer una relación con el lugar. El material de trabajo se ha compuesto por una maqueta de la plaza, el ordenador portátil que cada alumno y un proyector. Se han utilizado programas de modelado sencillo y una aplicación de evaluación de RA, suficiente para hacer el ejercicio. El reconocimiento de una marca con la cámara muestra la composición resultante en una imagen proyectada sobre una pantalla de gran dimensión y de este modo se comparte el resultado con el resto de estudiantes y se debate acerca de la conveniencia del resultado de cada ejercicio. En el segundo caso, el material utilizado ha sido un ordenador portátil HP Pavillion, una cámara web externa Logitech HD y el mismo software Buildar.

El resultado capturado de la pantalla se ha mostrado posteriormente en la clase. El ejercicio consistió en situar un proyecto no construido de Mies v.d. Rohe en un espacio del campus universitario. El desnivel del lugar ha sido un requisito necesario, ya que se trata de un edificio proyectado para ser colocado en un terreno con pendiente. En ambos casos, la valoración se ha medido en función de la aproximación precisa a los valores de escala de tamaño, orientación y posición de los proyectos, sin olvidar la habilidad mostrada en el proceso del mismo por los estudiantes.

El proceso de definición del proyecto es el objetivo último, por este motivo resultan interesantes metodologías como la que se aplicaron en este caso para encontrar nuevos sistemas de representación en arquitectura que pueden evitar que el resultado de la construcción de los proyectos tenga un impacto visual diferente al previsto.

Figura 4. **Desarrollo de proyectos con RA en escala de maqueta y en exterior**



Fuente: Escuela Técnica Superior de Arquitectura La Salle-URL

Conclusiones

El resultado de la experiencia de este caso confirma la hipótesis y abre nuevas posibilidades. Si bien, la precisión del resultado es variable por la posible falta de práctica en estas técnicas, no obstante, la rapidez con la que se obtiene el resultado final, hace aumentar el interés de los estudiantes en mejorar los errores.

Esto, tiene una posible relación con su hábito en el uso de sistemas multimedia como los videojuegos, en los que el resultado de cada acción tiene un efecto inmediato a la que el usuario debe responder, sugiriendo una posible línea de trabajo futura.

3.3 *Caso de estudio 3 - Implementación de Realidad Aumentada en metodología de formación 3.0.*

Cómo hemos visto en el caso anterior, la aplicación de los conceptos de la educación 3.0 permite la representación de proyectos arquitectónicos utilizando realidad aumentada, aquí vamos a considerar ahora los recursos tecnológicos necesarios para la metodología propuesta. Este caso, se implementa una metodología de “aprendizaje 3.0”, definido como un sistema docente que incorpora el comportamiento y colaboración entre estudiantes, generando conocimiento a partir del constructivismo y nuevos entornos de trabajo, todo ello con formación localizada o informal y con acceso a los recursos de forma ubicua y en nuevos formatos de duración.

Los contenidos que presentamos son el resultado de un taller de proyectos estudio específico y aspira a convertirse en una experiencia generalizada en la formación 3.0 en la escuela de referencia. Los estudiantes participantes se encuentran ahora en su tercer año de la Licenciatura de Arquitectura y están desarrollando prácticas en el ámbito de la representación de los iconos de la arquitectura moderna.

Hipótesis

Si bien es ya incuestionable que las nuevas tecnologías permiten un mejor y mayor acercamiento al conocimiento y entendimiento del espacio ligado al proyecto arquitectónico, los programas CAD imponen resistencias a su uso universal, por la necesidad de instalación, complejidad de comandos y utilización, formatos de gran tamaño y necesidades técnicas elevadas. Por ello, se ven poco a poco sustituidas por interfaces más amigables que permiten de manera intuitiva y rápida la navegación e interacción con modelos 2D y 3D en todo tipo de tecnologías móviles, facilitando una mejor comprensión del espacio por parte del profesional al poder integrar mucho mejor "in situ" todos los conceptos. Mediante el uso de los dispositivos populares, el acceso al trabajo es más fácil, al ofrecer maneras diferentes de acceder a la información para lograr una mayor difusión.

Así mismo, las oportunidades de formación son hoy diversas. Todos los dispositivos, tienen aplicación en ella. Gracias a las intranets de que disponen la mayoría de escuelas, el enfoque puede ser on-line.

Metodología

Las principales fases del proyecto son la recopilación de archivos gráficos y documentos, creación de códigos bidimensionales, diseño de los paneles con la información y los códigos anteriormente descritos (Figura 5), presentación en la exposición pública (Figura 6), y finalmente el seguimiento de todo el proceso mediante un blog personal.

Inicialmente se han trabajado los contenidos relacionados con el proyecto a modelar y con las tecnologías a estudiar. Así mismo, los alumnos han tenido que ir documentando cada paso y material encontrado en su blog personal y en una zona común de trabajo en la Intranet de la escuela. Para el proceso de trabajo con la RA, se han generado los tutoriales adaptados a la plataforma escogida (en este caso Junaio), dado que para cada sistema habitualmente los procesos son muy diferentes.

Las siguientes fases son mucho más procedimentales: Se han generado todos los códigos bidimensionales que darán acceso rápido a los documentos realizados; se han integrado los contenidos y códigos en paneles para la composición de la figura cúbica definitiva (20cm x 20cm cada cara); se han actualizado los blogs, y finalmente se ha procedido a la realización de la exposición permanente donde tanto alumnos como profesores y visitantes han podido interactuar con las propuestas presentadas.

Los paneles diseñados en forma de cubos, contienen la localización del proyecto en Google Maps, una presentación del arquitecto, el acceso a un video del proyecto, la documentación gráfica en formato CAD o BIM, una imagen estereoscópica del proyecto y un volumen en RA que se muestra con el reconocimiento de un código específico desde el propio panel.

El profesor y los estudiantes debían evaluar el caso de estudio para sacar conclusiones de las ventajas o desventajas de la aplicación de nuevas técnicas de imagen en sus prácticas.

Figura 5. Contenidos interactivos y Realidad Aumentada



Fuente: Escuela Técnica Superior de Arquitectura La Salle-URL

Figura 6. Presentación de contenidos en exposición



Fuente: Escuela Técnica Superior de Arquitectura La Salle-URL

Conclusiones

Los aspectos evaluados del curso han sido: la habilidad con las herramientas de software, la capacidad de abstracción del volumen en RA, la precisión en tres dimensiones del resultado y de la huella en el proceso de definición del proyecto. Para este proceso, nos hemos basado en la hipótesis central de trabajo del grupo de investigación centrado en demostrar y cuantificar como el uso de las nuevas tecnologías por un lado incita la atención de los estudiantes en el proceso de aprendizaje de una manera muy práctica e intuitiva, al ser tecnologías que se utilizan a diario, y por otro lado parando especial atención en la capacidad de abstracción en 3D, ya que es una habilidad que se está formando, por lo que es necesario comprender cómo estas herramientas pueden ayudar a acelerar ese proceso.

Los resultados desiguales obtenidos (Fonseca, Martí, Redondo, Navarro, Sánchez, 2014), son debidos en parte a la posible falta de práctica en estas técnicas. Sin embargo, la velocidad con la que se obtienen los productos finales y su visualización han aumentado el interés de los alumnos en mejorar los errores cometidos. Estos resultados están posiblemente relacionados con el hábito de utilizar sistemas multimedia y de videojuegos, en el que el resultado de cada

acción tiene un efecto inmediato (una posible línea de trabajo) a los que el usuario debe responder. Dado que el proceso de definición del proyecto es el objetivo final ulterior a todos los objetivos unitarios, creemos que por este motivo las metodologías utilizadas son interesantes en su uso docente ya que permiten trabajar nuevos sistemas de representación en la arquitectura.

3.4 Caso de estudio 4 - Evaluación Docente en el uso de la Realidad Aumentada en Arquitectura mediante enfoques de análisis mixtos. Propuesta Metodológica

Hipótesis

En el presente trabajo nos propusimos definir una metodología para evaluar el modelo de enseñanza colaborativa e interactiva propuesto y explicado en los casos anteriores. El fin era alejarnos de la “típica clase magistral” para aumentar el interés del alumno, mientras asegurábamos la adquisición de las competencias y objetivos de las asignaturas de la carrera. No solo se trataba de optimizar el grado de satisfacción del alumno, sino también el del profesor. Esto se consiguió proponiendo al alumno la utilización de tecnología móvil, aplicaciones colaborativas y una metodología específica. Para nuestros propósitos, implantamos el uso de la RA y la RV por parte del alumno, para la visualización de modelos arquitectónicos 3D. Al substituir parcialmente el uso de las maquetas, este instrumento nos permitió también la exposición virtual de los trabajos mediante el uso de las redes sociales y plataformas blog (<http://blogs.salleurl.edu/>), aumentando la difusión del experimento.

Metodología

Los objetivos principales de nuestro experimento han sido principalmente dos:

- Definir una tipología de encuestas que se adapte a la implantación de todo tipo de tecnologías en el ámbito docente universitario, centrándonos de manera concreta en aquellas que permiten la interacción con modelos 2D y 3D, los cuales inciden especialmente en el ámbito arquitectónico. Todo ello desde un análisis estadístico de los resultados que se adapte a una muestra pequeña de usuarios, reduciendo los errores de sesgo típicos en investigaciones multidisciplinares que descuidan el universo de la muestra.
- Utilizar un enfoque misto de trabajo que incorpore valoraciones cualitativas de forma que el docente pueda identificar claramente las problemáticas para su solución futura.

Un aspecto fundamental en las investigaciones basadas en la opinión recabada al participante en la experimentación, radica en el correcto diseño y uso del llamado “test de usuario” o “encuesta de perfil” que es el que ha de permitir la extracción de los datos a estudiar. Un error habitual es la reducción del test a aspectos de “usabilidad” o facilidad de uso o interacción de un dispositivo físico o virtual con el usuario y según sus capacidades básicas. La dificultad de establecer formas correctamente y adaptadas al ámbito de estudio para probar, medir, evaluar

y comparar resultados cuantificables sobre la experiencia del usuario, exige la definición de métodos, métricas, procesos y herramientas para la medición que se adapten a cada experimento.

La propuesta de estudio de usabilidad se llevó diseñando encuestas que tienen como objetivo recoger datos referentes a la eficacia, eficiencia y satisfacción para cada uno de los cursos y tecnologías utilizadas. La encuesta era un cuestionario que se facilitaba a los participantes en formato digital mediante la Intranet de la escuela. Las preguntas de eficacia y eficiencia se crearon utilizando una escala tipo Likert, según la cual, a la pregunta el encuestado le asignaba una valoración numérica. El valor asignado indica el grado de acuerdo o desacuerdo con respecto a la pregunta en una escala de 5 puntos, de forma que se responde el cuestionario valorando con precisión el grado de acuerdo sobre las afirmaciones.

Hemos diseñado dos pruebas: una primera centrada en la evaluación de la tecnología (TI) y el perfil motivacional de los estudiantes, y una segunda diseñada para evaluar la aplicación de la tecnología en la construcción de la educación en Ingeniería y Arquitectura. En el diseño de la encuesta, se pretende modelar la aplicación de nuevas tecnologías en los recursos docentes universitarios. En función del perfil del usuario, podremos centrarnos en la eficiencia y la eficacia del curso, y en el nivel de satisfacción y las preferencias de los estudiantes. Los parámetros más comunes que debemos tener en cuenta en la evaluación de un nuevo enfoque en la tecnología de la enseñanza son el grado de conocimiento de las nuevas tecnologías, el uso que se hace de las redes sociales, las aplicaciones y programas conocidos, y el conocimiento de los contenidos teóricos del curso en el marco del programa.

Con los mismos parámetros definidos en el pre-test, al finalizar el experimento se vuelve a realizar un test sobre la aplicación de nuevas tecnologías y el perfil motivacional, y una segunda diseñada para evaluar la tecnología y metodologías usadas en el experimento. Con el post-test de usabilidad podemos evaluar la evolución del usuario comparándolo desde el inicio del experimento y conocer de un modo cuantitativo la valoración en el uso de la tecnología y la “gamificación” en los diferentes experimentos realizados.

Los métodos cualitativos se utilizan comúnmente en los estudios de usabilidad, que inspiraron en la psicología experimental y en las muestras de uso de paradigma hipotético-deductivo, de los usuarios que son relativamente limitados. En nuestro caso utilizaremos BLA (Bipolar Laddering Assessment), un método de trabajo ampliamente utilizado por nuestro grupo de investigación y de probada eficacia. Con dicho método, evaluaremos la opinión de los estudiantes mediante entrevistas personales. El método funciona mediante la definición de dos polos: el positivo y el negativo para definir las fortalezas y debilidades del producto.

El objetivo de una entrevista escalonado es descubrir cómo están conectados los valores personales, las consecuencias del uso y atributos del producto en la mente de una persona. El

BLA consiste en realizar tres pasos: obtención de elementos, valoración y búsqueda de soluciones.

Todo el método de análisis se integra dentro de como siempre un proyecto docente en el ámbito arquitectónico, centrado en desarrollar las habilidades necesarias para que los alumnos de arquitectura presenten sus proyectos con nuevas herramientas que aplican la tecnología de la RA. La formación se integra en el programa de una asignatura donde los alumnos han experimentado previamente con técnicas tradicionales (edición de imagen digital, modelado 3D y maquetas).

Teniendo en cuenta estos antecedentes, pueden ser capaces, al finalizar el proyecto, de realizar una comparación entre ambos métodos de representación. El grupo de trabajo estaba formado por 9 estudiantes de arquitectura y un profesor. La clase dispone de ordenadores de sobremesa, aunque los ejercicios del proyecto se realizan con los ordenadores portátiles de los propios alumnos y una cámara web de alta definición.

El proyecto se realizó en dos sesiones de 5 horas. Estas sesiones están repartidas en dos ejercicios cada una, haciendo un total de cuatro prácticas. Éstas se componían de una explicación teórica de introducción al ejercicio y metodología. En cada práctica los alumnos debieron presentar los resultados al conjunto de la clase para su discusión.

Figura 6. Presentación de contenidos en Internet



Fuente: Escuela Técnica Superior de Arquitectura La Salle-URL

Figura 7. Ejemplo de Pre/Post Test cuantitativo

Sexe	(male 1, female 2)
Age	
Do you repeat the subject?	(yes 1, no 0)
Country	
Evaluate your motivation degree using informatic tools	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)
Evaluate the methodology of the course	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)
Evaluate the practic content of the course	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)
Are you interested to know new methods of graphic architectural representation?	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)
Are you agree to use mobile devices in the educational framework?	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)
Do you think that AR/VR can be useful for your studies in general?	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)
Do you think that AR/VR can be useful for viewing your projects in 2D-3D?	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)
Do you think that AR/VR are a difficult technologies?	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)
Using mobile devices and their apps, do you think they can motivate you to follow the subject?	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)
Do you think that using new technologies you can pass the subject more easy?	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)
The time for exercises proposed is correct	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)
It has been possible to solve the proposed exercises	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)
The applications have been stable	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)
The use of the programs has been easy	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)
Supporting documentation	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)
Utility level for architectural representation	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)
Utility general level of the subject for visual representation	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)
Perceived level of learning achieved	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)
General motivation using different visual technologies	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)
Teachers support	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)
Final and global evaluation of the proposed methods	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)
What do you think about the collaborative and virtual exposition?	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)
What do you think about the immersive visualization. It is useful?	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)
Evaluate the utility of AutoCAD	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)
Evaluate the utility of REVIT	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)
Evaluate the utility of Photoshop	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)
Evaluate the utility of Illustrator	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)
Evaluate the utility of 3DSMax	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)
Evaluate the utility of A2 Panel	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)
Evaluate the utility of the immersive exposition	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)
Motivation using immersive techniques	1/Not at all/Very Bad/Not agree, 2/Not at all, 3/Not at all/Neutral, 4/Good/Agree, 5/High/Completely Agree)

Fuente: Escuela Técnica Superior de Arquitectura La Salle-URL

Figura 8: Ejemplo de BLA cualitativo

1. ELICITACIÓN DE ELEMENTOS
2. Puntuación de 0 (mínimo nivel de satisfacción) a 10:

POSITIVOS (3) – en una palabra/frase		NEGATIVOS (3) – en una palabra/frase	
1. Tecnología muy interesante, útil y novedosa, además de divertida.	9	4. La rapidez y superficialidad de los clases presenciales.	4
2. Muy buena actitud del profesor, continuando incluso después de venir vía Google +	10	5. Mala organización de la difusión de la actividad a la hora de llevarla a la práctica.	3
3. Apoyo fantástico de LSU al facilitar incluso licencias de uso de pago.	10	6.	

1. Elemento a elemento, porqué es positivo/negativo y porqué esa puntuación. Concretar aspectos muy concretos... finalmente cómo mejorar la nota.

1. Podrían haberse visto muchísimos más cursos que de verdad hubieran sido muy útiles, pero lo visto ya fue de por sí muy interesante.
2. La verdad es que la atención la considero inmejorable.
3. No pudieron ser más generosos.
4. Un poco más de tiempo hubiera sido ideal para perfeccionar lo técnico, resolver dudas y mejorar la coordinación.
5. Muy poca gente distributo de la tecnología del día de la presentación, hizo falta darle mucho más peso.

Fuente: Escuela Técnica Superior de Arquitectura La Salle-URL

Conclusiones

En el presente trabajo hemos revisado, ordenado y conceptualizado tres aspectos básicos en la investigación centrada en la docencia universitaria, a saber:

- El diseño de test para evaluar la implantación de nuevas tecnologías en la docencia universitaria, ámbito que pudiera ser extrapolable a cualquier otro ámbito docente.
- El modelo de selección de la muestra.
- El tipo de análisis a realizar en función de la misma.

El diseño adecuado de estos tres vértices de cualquier investigación, no solo debe ayudar a una más rápida, nítida y exacta extracción de datos y por consiguiente validación o no de hipótesis de trabajo, sino que además reducirá los clásicos errores de sesgos que en los trabajos con muestras de usuarios son típicamente observables en múltiples estudios científicos.

Es necesario recordar que estamos delante de un trabajo cuya principal pretensión no es la evaluación de las capacidades de un software determinado, sino de la capacidad de adaptación de los alumnos –de diversos perfiles y niveles- delante de una nueva metodología de formación. Para ello partimos de la hipótesis previa que los alumnos son usuarios habituales de tecnologías ligadas sobre todo a la comunicación. A pesar de lo cual, de forma general y sistemática, se parte de un nivel cero o muy básico en la implantación de las tecnologías a evaluar.

La propuesta la podemos analizar desde dos frentes: el docente y el del análisis de resultados. Desde el docente y comparando con cursos previos donde se utilizaron metodologías tradicionales, el rendimiento académico ha sido notablemente mayor, más si cabe teniendo en cuenta que el proyecto seleccionado se adecuó sin problemas a los objetivos definidos en la asignatura, cuando esto no es habitual y queda sobredimensionado generando un exceso de trabajo en los alumnos. El enfoque más lúdico ha permitido aumentar el interés y el seguimiento de las materias por parte del alumno, lo que directamente incide en que su progreso académico sea más rápido y satisfactorio.

Desde el punto de vista de los resultados, el enfoque mixto ha permitido observar que si bien los alumnos se quejan del tiempo, esta queja y gracias al BLA se puede ponderar como positiva, es decir, en contra de los sistemas tradicionales donde la falta de tiempo es un aspecto negativo ligado a un exceso de trabajo o un proyecto sobredimensionado, en nuestro caso, la falta de tiempo queda ligada a la motivación mostrada por el alumno.

Cuando estamos delante de tecnologías que atraen la atención del alumno, este opta por invertir un tiempo mayor en las mismas lo cual conlleva que a la larga se observa la falta de más tiempo para dominar la tecnología de forma satisfactoria o llegar todavía más lejos de las propuestas solicitadas por los docentes.

4. Discusión y conclusiones

En la actualidad, los dispositivos móviles forman parte de la actividad cotidiana de los estudiantes y a la vez son recursos con un gran potencial tecnológico. Integrar en docencia la tendencia tecnológica crea opiniones a favor y en contra respecto a la aportación de mejoras en sistemas anclados en estructuras educativas consolidadas.

La aparición de nuevas tecnologías abre nuevas posibilidades frente a la representación tradicional en las escuelas de arquitectura, la manera de describir un proyecto con nuevos formatos digitales o incluso la metodología docente que hace posible adquirir estas competencias. Es preciso validar metodologías de formación para integrar estas herramientas en las aulas frente a los sistemas de formación tradicionales.

La implementación de metodologías que incorporan nuevas tecnologías es constante en el ámbito académico de grados técnicos. La permanente actualización ha de responder a las necesidades del mercado profesional, por lo que es imperativo analizar los resultados de casos de estudio y verificar las hipótesis planteadas en la mejora del aprendizaje.

El resultado de los casos de estudio demuestran que la mejora en el aprendizaje es notable, pese a los datos que indican la dificultad de implementación por causa de los recursos necesarios o la valoración de la experiencia de usuario. Los estudiantes han demostrado una capacidad de adaptación a las metodologías suficiente por afinidad con las tecnologías empleadas y el uso que dan en otros ámbitos fuera del ambiente académico.

La interpretación de resultados mejora también gracias a un buen diseño metodológico de la evaluación. Los procesos de aprendizaje deben ser analizados con encuestas, test o métodos verificados y contrastados constantemente. Es importante demostrar que se obtienen mejoras desde la capacidad de integración de recursos en función de los contenidos y no incluir tecnologías de forma no controlada.

Las mejoras en la experiencia de usuario por parte del alumno han de quedar demostrada con los sistemas de validación adecuados. La representación de la arquitectura amplía sus posibilidades necesariamente en la medida que es posible la elaboración de nuevos formatos digitales fáciles de integrar. Los recursos están mostrando una capacidad de crear nuevos lenguajes de expresión visual inéditos.

El uso y aprendizaje de las posibilidades que ofrece la RA permite la deslocalización de la tradicional maqueta y no solo eso, sino una mayor interacción y posibilidad de cambios y modificaciones en el transcurso del proyecto. Tal y como se ha visto en los experimentos previos, queda manifiesto que el cambio educativo basado en el uso de tecnologías aporta un incremento motivacional que se vehicula como paradigma educativo en un entorno actual dominado por elevadas tasas de abandono debido a falta de interés. Lógicamente adecuar cada innovación al perfil o perfiles de los estudiantes es sin duda uno de los actuales retos, ya que cualquier innovación no es trasladable en muchos casos, ni de una clase a su contigua.

Bibliografía

ANTHOPOULOS, L. & FITSILIS, P. *From digital to ubiquitous cities: Defining a common architecture for urban development*. In Intelligent Environments (IE) (Changsha, China). Sixth International Conference, 2010. pp. 301-306.

CAMPBELL, P. H.; MILBOURNE, S.; DUGAN, L. M. & WILCOX, M. J. *A review of evidence on practices for teaching young children to use assistive technology devices*. En: Topics in Early Childhood Special Education, 26 (1): 3-13, 2006.

CHI, H. L.; KANG, S. C. & WANG, X. *Research trends and opportunities of augmented reality applications in architecture, engineering, and construction*. En: Automation in construction, 33: 116-122, 2013.

DONNELLY, J. *Cultural relativism and universal human rights*. En: Human Rights Quarterly, 400-419, 1984.

ENACHE, M. C. *Collaborative Technologies in Education*. En: Risk in Contemporary Economy, XIIIth Edition, (2012, Galati, Romania). pp. 171-176.

FONSECA, D.; MARTÍ, N.; REDONDO, E.; NAVARRO, I. y SÁNCHEZ, A. *Relationship between student profile, tool use, participation, and academic performance with the use of Augmented Reality technology for visualized architecture models*. En: Computers in Human Behavior. Ed. Elsevier, 31 (1): 434-445, 2014.

FONSECA, D.; VALLS, F.; REDONDO, E. & VILLAGRASA, S. *Informal interactions in 3D education: Citizenship participation and assessment of virtual urban proposals*. En: Computers in Human Behavior. Ed. Elsevier, 2015. Article in Press. DOI: 10.1016/j.chb.2015.05.032

FONSECA, D.; REDONDO, E. & VILLAGRASA, S. *Mixed-methods research: a new approach to evaluating the motivation and satisfaction of university students using advanced visual technologies*. En: Universal Access in the Information Society, 14 (3): 311-332, 2015.

GLENNAN, T. K. & MELMED, A. *Fostering the use of educational technology: Elements of a national strategy*. En: RAND, 1996. 124 p.

HALL, C. M. & ZEPPEL, H. *History, architecture, environment: Cultural heritage and tourism*. En: Journal of Travel Research, 29 (2): 54-55, 1990.

HERNÁNDEZ, J.; GARCIA, L. & AYUGA, F. *Assessment of the visual impact made on the landscape by new buildings: a methodology for site selection*. En: Landscape and Urban Planning, 68 (1): 15-28, 2004.

KERSTEN, T., & LINDSTAEDT, M. *Potential of automatic 3D object reconstruction from multiple images for applications in architecture, cultural heritage and archaeology*. En: International Journal of Heritage in the Digital Era, 1 (3): 399-420, 2012.

MARQUÈS, P. & SARRAMONA, J. *Competències bàsiques de l'àmbit digital, a favor de l'èxit escolar*. (2013). [En línea] 2013. Generalitat de Catalunya, Departament d'Ensenyament. [Fecha de consulta: 20 Noviembre 2015]. Disponible en: <<https://goo.gl/wHFNXX>>

MENZEL, K.; KELLER, M. & EISENBLÄTTER, K. *Context sensitive mobile devices in architecture, engineering and construction*. En: Journal of Information Technology in Construction ITcon, 9, Special issue Mobile Computing in Construction: 389-407, 2004.

MILGRAM, P. & KISHINO, F. *A taxonomy of mixed reality visual displays*. En: IEICE Transactions on Information and Systems, 77 (12): 1321-1329, 1994.

MILGRAM, P.; TAKEMURA, H.; UTSUMI, A. & KISHINO, F. *Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum*. En: Photonics for Industrial Applications, International Society for Optics and Photonics, 282-292, 1995.

MORRIS, R. D. *Web 3.0: Implications for online learning*. En: TechTrends, 55 (1): 42-46, 2011.

NAVARRA, D. & VAN DER MOLEN, P. *Una perspectiva global sobre catastros y Geo-TIC para la gobernabilidad urbana sostenible en vista del cambio climático*. ACE: Architecture, City and Environment, 8 (24): 59-72, 2014. Disponible en: <<http://hdl.handle.net/2099/14321>> DOI: <http://dx.doi.org/10.5821/ace.8.24.2716>

NAVARRO, I. & FONSECA, D. *Design of architectonic exhibits for the visually impaired. Application of 3D technologies and user experience*. En: CISCI 2010 - Novena Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática, 7to Simposium Iberoamericano en Educacion, Cibernética e Informática (Orlando, FL, EUA). 2010. Memorias, 3, pp. 281-285.

NAVARRO, I. & FONSECA, D. *Implementation of methodological processes of users experience with 3d technology and augmented reality. Case study with students of architecture and users with disabilities*. En: IMSCI 2011 - 5th International Multi-Conference on Society, Cybernetics and Informatics (Orlando, FL, EUA) 2011. Proceedings, 2, pp. 237-241.

PIFARRÉ, M. & TOMICO, O. *Bipolar laddering (BLA): a participatory subjective exploration method on user experience*. In Proceedings of the 2007 conference on Designing for User eXperiences. 2007. 2. ACM.

RASMUSSEN, S. E. *Experiencing architecture*. Editorial: MIT Press. Cambridge, MA, EUA. 1959. 245 p.

REDONDO, E.; SÁNCHEZ, A.; FONSECA, D. y NAVARRO, I. *Geo-elearning for urban projects. New educational strategies using mobile devices. A case study of educational research*. En: ACE: Architecture, City and Environment, 8 (24): 11-32, 2014. Disponible en: <<http://hdl.handle.net/2099/14323>> DOI: <http://dx.doi.org/10.5821/ace.8.24.2714>

REDONDO, E.; FONSECA, D.; SÁNCHEZ, A. & NAVARRO, I. *Mobile learning in the field of architecture and building construction. A case study analysis*. En: RUSC Universities and Knowledge Society Journal, 11 (1): 152-174, 2014.

REDONDO, E.; FONSECA, D.; GIMÉNEZ, L.; SANTANA, G. & Navarro, I. (2012). *Digital literacy for the teaching of architecture. A case study*. En: Arquiteturarevista, 8 (1): 76-87. 2012. Disponible en: <<http://revistas.unisinos.br/index.php/arquitetura/article/view/arg.2012.81.08>>

RUBENS, N.; KAPLAN, D. & OKAMOTO, T. *E-Learning 3.0: anyone, anywhere, anytime, and AI*. En: International Conference on Web-Based Learning, ICWL 2012: New Horizons in Web Based Learning, Springer Berlin Heidelberg, 171-180, 2014. Disponible en: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-43454-3_18> DOI: 10.1007/978-3-662-43454-3_18

SÁNCHEZ RIERA, A.; REDONDO, E., FONSECA, D. *Geo-located teaching using handheld augmented reality: good practices to improve the motivation and qualifications of architecture students*. En: Universal Access in the Information Society, 14 (3): 363-374, 2015.

SANSO, J. B. & REUS, P. (2015). *Pioneros de la participación colectiva en los procesos de planificación urbana. Legado Halprin*. En: ACE: Architecture, City and Environment, 10 (28): 57-76. [Fecha consulta: 20 Noviembre 2015]. Disponible en: <<http://hdl.handle.net/2099/16652>> DOI: <http://dx.doi.org/10.5821/ace.10.28.3681>

STEPHANIDIS, C. & SAVIDIS, A. *Universal access in the information society: methods, tools, and interaction technologies*. En: Universal access in the information society, 1 (1): 40-55, 2001.

STEUER, J.; BIOCCA, F., & LEVY, M. R. *Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence*. En: Communication in the age of virtual reality, 42 (4): 33-56, 1995.

SUCCAR, B. *Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders*. En: Automation in construction, 18 (3): 357-375, 2009.

VICENT, L.; VILLAGRASA, S.; FONSECA, D. & REDONDO, E. *Virtual learning scenarios for qualitative assessment in higher education 3D arts*. En: Journal of Universal Computer Science, 21 (8): 1086-1105, 2015.

WOODWARD et al. *Mixed reality for mobile construction site visualization and communication*. En: Proceedings of 10th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality (CONVR2010). (Sendai, Japón) 2010. pp. 4-5.

ZISSERMANN, L. & TUMIEL, J. *The architectural accessibility of urban facilities to the disabled: a summary of descriptive survey results*. In: Paraplegia, 27 (5): 370-371, 1989.