

ACE 24

Electronic offprint

Separata electrónica

ENSEÑANZA GEOLOCALIZADA DE LOS PROYECTOS URBANOS. NUEVAS ESTRATEGIAS EDUCATIVAS CON AYUDA DE DISPOSITIVOS MÓVILES. UN ESTUDIO DE CASO DE INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

ERNEST REDONDO DOMÍNGUEZ, ALBERT SANCHEZ RIERA, DAVID
FONSECA ESCUDERO Y ISIDRO NAVARRO DELGADO



Cómo citar este artículo: REDONDO, E.; SANCHEZ, A.; FONSECA, D. y NAVARRO, I. *Enseñanza geolocalizada de los proyectos urbanos. Nuevas estrategias educativas con ayuda de dispositivos móviles. Un estudio de caso de investigación educativa* [en línea] Fecha de consulta: dd-mm-aa. En: ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y Entorno, 8 (24): 11-32, 2013. DOI: 10.5821/ace.8.24.2714. ISSN: 1886-4805.

ACE

Architecture, City, and Environment
Arquitectura, Ciudad y Entorno

C

ACE 24

Electronic offprint

Separata electrónica

GEO-ELEARNING FOR URBAN PROJECTS. NEW EDUCATIONAL STRATEGIES USING MOBILE DEVICES. A CASE STUDY OF EDUCATIONAL RESEARCH

Key words: Augmented reality; e-learning; geo-elearning; urban planning; educational research.

Abstract

This paper, which is included in a larger research framework, aims to study the implementation of a mobile Geolocation-based Augmented Reality (AR) system on Layar© platform, for educational purposes. This application allows the creation of information channels using databases that store 3D models and all kinds of multimedia content. The working methodology for this educational research was the study case. It was conducted with students of Architecture degree and Urban Planning Masters, and we were focused on the use of ICT in Urban Design, using college campuses as a central theme. The experience was called Geo-learning because, besides the use of E-Learning strategies, it incorporated student's 3d content geo-localization. This allowed its assessment on a particular site, and enabled us to demonstrate feasibility and effectiveness of this technology in educational settings.

ACE

Architecture, City, and Environment
Arquitectura, Ciudad y Entorno

C

ENSEÑANZA GEOLOCALIZADA DE LOS PROYECTOS URBANOS. NUEVAS ESTRATEGIAS EDUCATIVAS CON AYUDA DE DISPOSITIVOS MÓVILES. UN ESTUDIO DE CASO DE INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

REDONDO DOMÍNGUEZ, Ernest¹
SANCHEZ RIERA, Albert²
FONSECA ESCUDERO, David³
NAVARRO DELGADO, Isidro⁴

Remisión artículo: 23-07-2013

Remisión definitiva: 5-09-2013

Palabras clave: Realidad aumentada, aprendizaje electrónico, enseñanza geolocalizada, planificación urbana, investigación educativa.

Resumen

El presente trabajo incluido en un marco de investigación más amplio, tiene como objetivo la implementación de un sistema de navegación georeferenciado y con realidad aumentada sobre plataforma Layar® para dispositivos móviles con propósitos docentes. Dicha aplicación permite la creación de canales de información mediante bases de datos con modelos virtuales y todo tipo de contenido multimedia. La metodología de trabajo es la de un caso de estudio de investigación educativa llevada a cabo con estudiantes de Arquitectura y Planificación Urbana a nivel de máster en una materia centrada en el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación en el Diseño Urbano, usando como tema central los campus universitarios. Denominamos Geo-elearning a nuestra experiencia porque además de usar estrategias propias del E-Learning, incorpora la geo-localización de contenidos, permitiendo, sobre un emplazamiento determinado, su evaluación con propósitos docentes, lo que nos ha permitido demostrar su viabilidad y eficacia educativa.

¹ **Ernest Redondo Domínguez:** Profesor Titular de Universidad. Departament de Expressió Gràfica Arquitectònica I, EGA I Universitat Politècnica de Catalunya. UPC. Avinguda Diagonal, 649, 08028, Barcelona, España. Email de contacto: ernesto.redondo@upc.edu

² **Albert Sánchez Riera:** Profesor Ayudante. Dept. EGA II, Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona, UPC. C/. Gregorio Marañón, 44-50, CP 08028, Barcelona. España. Email de contacto: albert.sanchez.riera@upc.edu

³ **David Fonseca Escudero:** Profesor Contratado Doctor. Architecture School - La Salle, Universitat Ramon Llull. C/ Quatre Camins 2, 08022 Barcelona, España. Email de contacto: fonsi@salle.url.edu

⁴ **Isidro Navarro Delgado:** Profesor Asociado. Dept. EGA I. UPC. Avinguda Diagonal, 649, 08028, Barcelona, España. Email de contacto: isidro.navarro@upc.edu

1. Introducción

Se entiende la tecnología de la Realidad Aumentada (en adelante, RA) como un instrumento que al superponer imágenes generadas digitalmente en un espacio real puede facilitar un mayor conocimiento y una mejor interpretación de nuestro entorno, uno de los campos donde ésta pudiera resultar potencialmente más interesante es el de la representación y gestión del territorio, ya que al generarse una escena *completada* con información virtual en el mismo lugar donde el usuario se encuentra es posible, por ejemplo, visualizar propuestas de intervención de nuevos edificios y verificarlos en su emplazamiento previsto. Cabe pensar, igualmente, que las escenas generadas han de revertir necesariamente en el público o usuarios y que éstos, a su vez, requerirán de distintos tipos y niveles de información que habrá por tanto que gestionar y relacionar espacialmente a partir de sus requerimientos y consultas específicas.

En el campo de la arquitectura, el urbanismo y la edificación, y con este objetivo de *completar* nuestro entorno, sería deseable ir a la creación de un instrumento abierto, es decir, diseñado y basado en una tecnología que permita su actualización constante, que pueda combinar en sí mismo distintos niveles de información, que sirva a la gestión, a la investigación y a la consulta pública del territorio, en el que se localicen y sitúen los modelos, y que permita la carga de datos en red a distintos usuarios a la vez en tiempo real, promoviendo finalmente una gestión más eficiente y una mayor comprensión del territorio.

En este sentido sería necesario la utilización de un Sistema de Información Geográfica (en adelante, SIG), en tanto que es una herramienta integradora con capacidad de gestionar una gran cantidad de datos, espaciales y no espaciales (alfanuméricos) en forma de base de datos georeferenciada. La información, organizada por temas o capas, podría ser facilitada aisladamente o bien relacionada algebraicamente, con el fin de generar un modelo virtual adaptado a la información que requiere cada usuario. Para ello es preciso vincular la representación gráfica del objeto de estudio realizado en tres dimensiones, con una base de datos que contenga toda la información acerca de los elementos que lo conforman y que permita filtrar la información en función de distintas variables asociadas al modelo. Así, la información superpuesta generada a partir de las consultas del usuario sobre una base de datos, ha de permitir visualizar una información *filtrada* a partir de las consultas del usuario, como pudieran ser el año de construcción, número de plantas, consumos energéticos, etc. El investigar sobre el desarrollo o uso de estas herramientas es el primer objetivo general de este trabajo.

Por otro lado, la introducción en las aulas de métodos de aprendizaje 3.0 y nuevas tecnologías colaborativas, así como las nuevas formas de acceso a la información vía teléfonos o *tablets* 3G, incorporadas paulatinamente en todos los ámbitos académicos, ofrecen nuevas oportunidades docentes al proporcionar contenidos multimedia mucho más asequibles y cercanos y nuevos sistemas de representación, así como herramientas de documentación, publicación y gestión. En el marco específico de los estudios de arquitectura o urbanismo, las nuevas tecnologías como la que nos ocupa, proporcionan nuevas herramientas para la representación de las formas arquitectónicas y de modelos tridimensionales, permitiendo visualizar diversos sistemas, contenidos o capas relacionados con los proyectos, incluso a escala urbana, de manera mucho más ágil e interactiva. Además, si a estas capacidades unimos los avances tecnológicos y el desarrollo de la tecnología *Cloud computing*, la cual

permite compartir aplicaciones y servicios a través de Internet de forma ubicua y con disponibilidad del servicio y/o de la aplicación web 24h/7días/365días del año, se genera un flujo de trabajo que permite que la experiencia docente mediante RA sea un nuevo paradigma de los procesos de formación continuada y del autoaprendizaje contextual. Evaluar estas nuevas estrategias docentes y las mejoras que aportan a los procesos formativos de los futuros arquitectos y urbanistas es el segundo objetivo general de esta investigación.

En nuestro caso, con el fin de vincular la representación gráfica del objeto de estudio realizado en tres dimensiones, con una base de datos que contenga toda la información acerca de los elementos que lo conforman y que permita filtrar la información en función de distintas variables de la base para su visualización *in situ*, se hace necesaria la utilización de algún tipo de SIG que permita integrar datos de forma georeferenciada. Sin embargo, los SIG tradicionalmente orientados al estudio del territorio, no operan en el campo de la tridimensionalidad, limitando su ámbito de actuación a las dos dimensiones. El demostrar la viabilidad de esta posibilidad es una de nuestras aportaciones.

Esta necesidad implica un cambio en la metodología y las herramientas de diseño, cambio sobre el que hay poca experiencia, ya que se ha avanzado poco en la integración de todos estos datos en un SIG, así como en el método que facilite la consulta de los mismos de forma generalizada a la vez que selectiva. Otros procesos sin grandes avances son la revisión y actualización dinámica de contenidos y mucho menos aun usando la RA sobre el terreno con dispositivos móviles de telefonía e informática doméstica o de bajo coste. Una aplicación gratuita que aporta soluciones en dichas líneas es Layar©. Nacida bajo el entorno Android© en 2009 de la mano de SPRXmobile© para la información turística, de hecho se trata de una plataforma de RA que permite al usuario crear canales de información virtual, públicos, y superponerlos en su entorno en tiempo real. En nuestro caso hemos utilizado esta plataforma existente por ser compatible con todos los sistemas operativos de telefonía móvil, ya que en sus últimas versiones permite el trabajo en entorno iOS© sin problema. El registro que realiza mediante GPS, que si bien todavía es impreciso, garantiza la visualización de contenidos geolocalizados, sin problemas.

El experimento docente que llevamos a cabo para validar las anteriores explicaciones se plantea a nivel de docencia de máster en gestión y ordenación territorial en asignaturas que implican las Tecnologías de la Información y la Comunicación (en adelante, TIC) aplicadas al análisis y representación territorial en el sentido más extenso. Por dicho motivo, hemos combinado sistemas como los SIG 3D, el Modelado 3D y la Realidad Virtual Urbana. La propuesta en nuestro caso es utilizar en las asignaturas existentes los *smartphones* para incorporar modelos virtuales generados por los propios alumnos en una plataforma de RA existente y visionarlos mediante sus propios dispositivos móviles y propiciar nuevas estrategias educativas entre los alumnos de manera que éstos sean capaces de transmitir a otros participantes información adicional sobre el espacio en el que trabajan, permitiendo la visualización de sus propuestas arquitectónicas sobre un emplazamiento real y que el resto de estudiantes o usuarios evalúen y opinen sobre ella y de manera recíproca. De algún modo, el espacio real se ve *completado* con información adicional virtual superpuesta generada por cada estudiante, siendo posible en cualquier instante interactuar con la misma.

Para abordar el proceso de forma científica, hemos procedido a desarrollar un caso de estudio de investigación educativa que encajase con el temario del máster: el diseño de entornos urbanos de gran escala o impacto territorial. Por dicho motivo, se ha realizado sobre el proyecto del campus *Barcelona Knowledge Campus* (en adelante, BKC), de la Universidad de Barcelona (en adelante, UB) y la Universidad Politécnica de Cataluña (en adelante, UPC).

Se parte de la hipótesis que la visualización y consulta *in situ* de las propuestas, el acceso a información adicional, así como la interacción con contenidos virtuales adicionales, ha de servir para aumentar la capacidad de los alumnos de explicar sus propuestas de intervención. Los datos extraídos a partir de cuestionarios de usabilidad se han utilizado para completar y mejorar el canal de información previamente generado para su publicación definitiva, pudiendo servir como soporte al proyecto del campus BKC.

Los objetivos específicos del ejercicio han sido tres: por un lado, evaluar el grado de satisfacción de los estudiantes mediante la introducción de nuevas metodologías docentes, usando tecnologías de reciente aparición alternativas a las tradicionales y que ellos mismos utilizan fuera de la universidad en su vida diaria; por otro lado, se ha evaluado la posibilidad de utilización de esta tecnología en ambientes exteriores de forma ubicua y generalizada, implicándola en procesos de formación de arquitectos y urbanistas que generarán y accederán a contenidos rigurosos en un canal de información virtual dentro de la plataforma de RA de acceso abierto y gratuito de Layar®, en una experiencia docente hasta ahora no documentada; y en tercer lugar, se ha tratado de profundizar de manera original en nuevas herramientas y metodologías de enseñanza alternativas a las tradicionales, con capacidad para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes. Las bases de nuestras directrices de trabajo radican que tras la revisión de la bibliografía especializada no se han encontrado precedentes similares, así como en los resultados obtenidos en nuestros experimentos previos.

Este trabajo consta pues de las siguientes fases: una primera introducción propiamente dicha, una segunda que es el marco de referencia y estado de la cuestión, tanto del diseño urbano de campus universitarios como del uso de las tecnologías TIC 3.0 y el Geo-Elearning, donde se ha descrito el contexto docente de los experimentos. A continuación se describe el marco de referencia urbanístico y arquitectónico, seguido de la metodología empleada en el experimento educativo, tras lo cual se describen los resultados obtenidos y, finalmente, se evalúan para finalizar con las conclusiones y el trabajo pendiente más las referencias bibliográficas empleadas.

2. Marco de referencia

2.1 *El nuevo modelo de Campus Universitario urbano*

A la hora de establecer el marco de referencia de una propuesta tan transversal se impone descomponer los trabajos analizados dentro de cada ámbito o descriptor, por ello empezaremos por establecer el contexto urbanístico en el que se inscriben los sendos proyectos de Campus Universitarios. En el ejemplo a estudiar nos encontramos con una serie de instalaciones educativas consolidadas aunque ubicadas en la periferia de la ciudad sobre las que se plantea un proyecto de vertebración con el tejido urbano próximo, a la vez que se las

dota de una escala supramunicipal mediante la incorporación de ciertos equipamientos culturales a la ciudad y nuevos servicios.

Una de los retos más importantes a la hora de abordar estos proyectos supramunicipales es controlar su gran escala (Bru, 2009), siendo este aspecto uno donde los arquitectos de Barcelona han ido adquiriendo cierto prestigio (Montaner y Pérez, 2003). Por otra parte, el diseño de campus universitario ha sido objeto de estudios específicos como los de Campos (2000 y 2007), ya sea a nivel estatal como local, destacando el de la ciudad de Madrid. Similares trabajos se han escrito sobre el campus de la Universidad de Sevilla (Trillo, 2002). Sobre el modelo catalán de implantación universitaria encontramos distintos estudios, tanto a nivel general (Benedito et al, 1996) como en ámbitos específicos de la ciudad de Barcelona (Carreras, 2001), o incluso locales como en el caso concreto del campus de la UPC, que desde su inicio ha dado lugar a un profundo estudio (Roca et al, 2009). Hasta aquí hemos hablado de trabajos sobre el diseño y análisis de campus construidos en la periferia de ciudades pero incluso podemos encontrar referencias en otras propuestas de reubicación de campus en tejidos históricos, siendo uno de los mejores ejemplos las actuaciones de De Carlo (1968), cuyos trabajos en Urbino han sido la referencia para las nuevas actuaciones en campus universitarios como los de Girona, entre otros.

Los referentes a nivel internacional de intervenciones equiparables por lo que respecta a ubicación, extensión y proyecto unitarios los encontramos en el proyecto de Josep Lluís Sert para el nuevo campus de Harvard en 1950, que reorganiza la paulatina fusión que el campus iba teniendo con la ciudad de Cambridge, aunque sin el control necesario para proceder a generar un plan director común (Capitel, 2002). Otro ejemplo, aunque este es más radical por su autonomía, es el de Carlos Raúl Villanueva, quien diseñó la ciudad Universitaria de Caracas (1940-1960), donde la escala humana de la propuesta le hizo plantear una ciudad jardín universitaria a partir de la nada, combinando arquitectura y arte (Jaua, 2009).

2.2 De las tecnologías TIC 3.0 al Geo-Elearning

En la actualidad, las nuevas tecnologías TIC ligadas a los entornos Web 2.0, tales como la RA o la Geolocalización, unidas a los avances y popularización de los dispositivos móviles abren nuevas expectativas en el entorno docente, aspecto que se ha definido como el Mobile Learning (en adelante, ML) (Tsvetozar et al, 2004), un ámbito específico del E-Learning, (en adelante, EL) Gracias a este nuevo enfoque es posible diseñar actualmente actividades docentes donde se facilita la consulta de información sobre un emplazamiento determinado, se comparten datos, experiencias y contenidos que en muchos casos se han generado por los propios alumnos, lo que se conoce como Web 3.0. Estos métodos que permiten visualizar los proyectos relacionados con el lugar de manera interactiva están generando una motivación extra por parte de los estudiantes, al ser una práctica que usa dispositivos habituales en ambientes tanto concretos como generales.

Planteamientos en esta línea los encontramos en los trabajos de Sharples et al. (2000) que dio pie a integrar el GPS de los *smartphones* en la enseñanza. Santos et al. (2011) concreta esta posibilidad pero incorporando la realización de cuestionarios in situ, como estudia también Zhang et al. (2010). Así mismo se describen experiencias similares en el ámbito de la botánica

(Huang et al, 2009). Otros trabajos recientes están ahondando en la consulta de datos GIS-3D en ambientes exteriores (Bioret et al, 2010)

Por otra parte, se documentan numerosos sistemas y propuestas que vinculan información gráfica con bases de datos (Huang et al, 2001; Kwan, 2000), ampliamente utilizadas en planeamiento como ayuda a la toma de decisiones o en el campo del patrimonio histórico (Droj, 2010), como herramienta de ayuda a la interpretación y catalogación de determinados bienes. Algunas propuestas debaten sobre la correcta integración de los datos espaciales provenientes de diferentes fuentes (Belussi y Migliorini, 2011), y en su mayoría se basan en información cartografía y utilizan todo tipo de SIG convencionales. Hosse y Schilcher (2003), por ejemplo, proponen un SIG *temporal* donde la aplicación permite al usuario realizar consultas combinando varios criterios de selección, básicamente la combinación de un área geográfica con un periodo histórico concreto, devolviendo como resultado un conjunto apropiado de información gráfica, básicamente planimetría y fotografías.

Ninguno de ellos plantea, sin embargo, su utilización mediante técnicas de RA, es decir, superponiendo el modelo generado al modelo y en el emplazamiento real. Y se limitan a generar un modelo a partir de fotografías o técnicas de levantamiento con escáner láser, para incorporar estas imágenes georeferenciadas a una base de datos asociada.

La aparición de entornos virtuales como Google Earth[©] y Visual Earth[©] han hecho que el intercambio y visualización de modelos 3D geo-referenciados se realice de forma muy natural, y a pesar de sus deficiencias el éxito de estas herramientas de visualización es mayor que el de los tradicionales visualizadores 3D, basados en VRML y X3D (Breunig y Zlatanova, 2011). Y en relación a la generación de modelos urbanos en 3D, cabe citar el lenguaje City Geography Markup Language (CityGML), desarrollado por el Open Geospatial Consortium (OGC) como un estándar de codificación y que quiere ser un formato universal, basado en XML, para almacenar, representar e intercambiar modelos virtuales 3D de entornos urbanos. Se puede utilizar de forma gratuita y se ha implementado con éxito en programas nacionales de Infraestructura de Datos Espaciales en países como Alemania, Francia, Malasia, Abu Dhabi y otros donde este lenguaje ofrece una importante plataforma para la transición de 2D a datos 3D al proporcionar una forma de describir objetos tridimensionales considerando su geometría, topología, semántica y apariencia, y definiendo cinco niveles de detalle. Se pretende así, que CityGML[©] permita el empleo de modelos 3D de ciudades para la visualización y análisis en diversos ámbitos de aplicación: navegación a pie, simulaciones medio ambientales, gestión de instalaciones, gestión de datos urbanos, etc.

En relación al uso de sistemas de planeamiento urbano que utilizan la RA y que permiten la consulta a través de dispositivos móviles, como se pretende en nuestro ensayo, se han realizado diversas experiencias recientes (Anagnostou y Vlamos, 2011; Ismail y Sunar, 2009; Lonsing, 2011). En Allen et al (2011), los autores investigan sobre el uso de *smartphones* como herramienta para la participación pública en proyectos de planeamiento urbano. Por todo ello podemos concluir que no se han documentado trabajos de investigación que aborden el problema del diseño urbano, su georeferenciación, su consulta y evaluación in situ usando RA sobre dispositivos móviles de forma dinámica.

3. Contexto docente

El experimento se ha llevado con estudiantes de Arquitectura y Urbanismo, en una primera fase correspondiente al estudio de viabilidad en el marco del *Máster Universitari en Gestió i Valoració Urbana* de la *Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona* (en adelante, ETSAB) de la UPC dentro del ámbito del BKC durante el curso 2011-2012. Dentro de este programa de 60 créditos se desarrolla una asignatura optativa denominada TICS aplicadas al Análisis Territorial, donde se tratan temas relacionados con el GIS 3D, la teledetección, la modelización 3D y la RA urbana, con una carga total docente de 60 horas y una participación de 11 alumnos. Como base teórica y dado que los autores del proyecto son a la vez docentes de la ETSAB de la UPC, se utilizaron diferentes escritos de los mismos en los que han descrito y analizado de forma muy clara sus objetivos en este proyecto (Roca et al, 2004).

Figura 1. **Barcelona Knowledge Campus, BKC, Situación y emplazamiento. Proyectos estudiados**



Fuente: Elaboración propia sobre materiales del web BKC.

4. Marco de referencia urbanístico y arquitectónico

4.1. El proyecto del BKC

En relación al entorno de trabajo, éste se ha llevado a cabo sobre el campus de excelencia BKC de Barcelona, un proyecto promovido por la Universidad de Barcelona y la Universidad Politécnica de Catalunya, (ver Figura 1) consistente en una agregación de instituciones universitarias de investigación, empresariales y sociales, que establecen un marco de colaboración estratégico para convertirse en un entorno científico y tecnológico de referencia en Europa. En la actualidad el campus abarca 227 Ha, la superficie construida es superior a los 515.000 m² y acoge 16 centros docentes entre facultades y escuelas superiores, 90 departamentos universitarios, más de 15 bibliotecas y centros de recursos para el aprendizaje, dos parques científico-tecnológicos y centros de soporte especializados, así como las grandes unidades de gestión, de apoyo y de atención a la comunidad universitaria, además de sedes representativas e institucionales.

El proyecto pretende mejorar la relación entre el campus y la ciudad. Para ello apuesta por la creación de entornos didácticos, culturales, sociales y deportivos, y por una serie de mejoras en la movilidad en bicicleta entre las partes del campus. Las infraestructuras arquitectónicas más representativas que se prevén realizar y sobre las que hemos trabajado son las siguientes: el Centro de Infraestructuras Científicas para la Investigación y la Innovación Tecnológica (en adelante, CICRIT); la Residencia Universitaria; la construcción del Edificio de Doctorado del ámbito de Arquitectura, Urbanismo y Edificación; la nueva facultad de Farmacia; y la ampliación de las facultades de Derecho, Ciencias Económicas y de Bellas Artes (ver Figura 2).

Figura 2. Algunos de los proyectos más destacados del Barcelona Knowledge Campus. La ampliación Facultad de Ciencias Económicas y Facultad de Farmacia (arriba), el Parque Geológico, la ampliación de las facultades de Derecho y Bellas Artes y la nueva Residencia de estudiantes (abajo)



Fuente: Elaboración propia sobre materiales del proyecto BKC.

5. Metodología

5.1 Proceso de modelización, geolocalización y visualización in situ de los modelos virtuales

Se parte de las base que los contenidos y el entorno de trabajo son los del proyecto BKC, en concreto de los documentos planimétricos e imágenes de síntesis facilitadas por los autores del proyecto, explicado anteriormente. Además cada alumno debía disponer de un dispositivo móvil dotado con cámara, GPS y conexión 3G. Además se ha de descargar el navegador Viewer Layar®, cuya versión gratuita, que es completamente operativa limitando tan solo el número de visitas.

El proceso a seguir en cada caso resumido de forma breve, tiene como objetivo incorporar modelos virtuales generados por los alumnos en una aplicación para dispositivos móviles y visionarlos sobre el lugar. Para ello usaremos los teléfonos 3G y la RA aprovechando la conexión a Internet de los mismos, su GPS para registrar los modelos en el territorio, su brújula interna para orientarlo, su cámara posterior para el enfoque y su acelerómetro para orientar el dispositivo en formato de visión vertical u horizontal.

La ventaja de esta estrategia es que, a diferencia de un fotomontaje tradicional o un modelo virtual convencional, aquí los objetos virtuales añaden información que el usuario no puede ver con sus propios sentidos. La información virtual superpuesta a la real sobre la pantalla del teléfono móvil que actúa como marco de encuadre en el mismo lugar y de forma interactiva, puede ayudar al usuario a decidir el tamaño, la posición y la escala de sus propuestas así como escoger los puntos de vista más destacados. En nuestro caso realizaremos un fotomontaje 3D *in situ* de diferentes edificios todavía en fase de anteproyecto y evaluaremos su impacto visual.

Las fases a seguir son las siguientes: la primera es el modelado volumétrico y el diseño de las apariencias de los materiales de los edificios en una aplicación tipo Sketchup®, 3DSmax®, etc., para ello dividimos a los alumnos en diversos grupos A, B, y C. Cada grupo modelará diversos edificios con la información facilitada, de acuerdo a la numeración preestablecida y con su origen en el 0,0,0, del sistema de modelización. A continuación procederemos a exportar el modelo al formato *.obj al editor LayerModelConverter® (en adelante, LMC), donde se generará un fichero específico *.l3d al que se le asignarán las coordenadas Universal Transverse Mercator (en adelante, UTM) para geolocalizarlo, tomando como base el origen de coordenadas antes descrito para cada modelo.

En esta primera fase tenemos diversas opciones, las más importantes aparte de controlar la ruta de exportación es verificar las unidades, activar los mapas de texturas y activar el submenú que cambia todas las coordenadas Y, Z.

El editor LMC es de fácil instalación y acceso gratuito desde el siguiente enlace⁵, tras lo cual una vez importado el fichero *.obj, una serie de menús asociados nos dan diversas opciones: *Overview, materials, preview, placement*, permitiendo la revisión de los vértices aristas y caras exportadas. En segundo lugar trabajaremos la definición de los materiales y texturas que se visualizarán, así como el tamaño de las imágenes, transparencia y oclusión.

La siguiente opción nos permite previsualizar el modelo tal como se verá en nuestro teléfono móvil, en concreto es importante definir la altura del observador y el ángulo de visión para que sea equivalente al de la cámara posterior del teléfono, pues de lo contrario el fotomontaje no será verosímil. La parte más importante del proceso es la última en la que geolocalizamos el modelo en la cartografía GoogleMaps®. Para ello, usando el puntero fijaremos el punto 0,0,0, del modelo sobre una esquina concreta de su emplazamiento real sobre el plano digital, tras lo cual procederemos a orientarlo y girarlo para hacer coincidir sus fachadas con las alineaciones reales.

El resultado nos da unas coordenadas UTM de referencia y un ángulo, por ejemplo en nuestro caso: 41,388010; 2,114627, $\alpha=40$ (para el proyecto de nueva residencia de estudiantes del BKC), que introduciremos en la base de datos de la aplicación tras exportar el fichero resultante en formato *.l3d.

Previamente el docente ha solicitado a Layar® autorización para convertirse en desarrollador y disponer de un canal en ese navegador para la publicación en Layar. En este canal se

⁵ <http://public.layar.com/downloads/Layar3DModelConverter.jnlp>

publicará su información y se configurará las diversas etiquetas y opciones, por ejemplo definiendo el rango de distancia de los objetos virtuales respecto al observador, el grupo, etc. Además, se debe redirigir la aplicación hacia un servidor URL donde se depositan los datos de los modelos. Dicho servidor ha de tener soporte PHP, MySQL, Java y JSON, tras lo cual se creará la conexión entre el navegador y el visor.

Por su parte los alumnos se han de instalar el navegador de RA, Layar Player SDK© en la versión adecuada a sus dispositivos móviles, IOS©, Android©, Symbian©, etc., tras lo cual se debe localizar el canal concreto creado por el docente. En nuestro caso, el canal está ubicado dentro de la categoría de *geo-layers* de Arquitectura y Edificios, dentro de la cual aparece el canal llamado *Tesis Albert app* y que es el que se debe ejecutar.

Seguidamente procedemos a filtrar los modelos a visualizar, en nuestro experimento los alumnos de un grupo evalúan los modelos de los otros grupos, definidos como A, B y C. Tras unos segundos de espera aparece sobre la pantalla un círculo con unos puntos, GeoPOI, que son los modelos detectados, y si orientamos el teléfono hacia esos lugares podemos ver los edificios virtuales sobrepuestos a la imagen de vídeo que está capturando la cámara posterior del teléfono.

Cuando nos acercamos o enfocamos uno en concreto aparece al pie de la pantalla una etiqueta con la información de referencia del modelo y su distancia de observación, y si tocamos con el dedo dicha etiqueta se nos abre un cuestionario *iweb* que podemos responder para opinar sobre la apariencia y escala del edificio.

5.2. Diseño de los cuestionarios online y contextuales

El siguiente elemento imprescindible para completar el proceso de aprendizaje contextual in situ es el diseño de los cuestionarios que el alumno debe responder una vez ha localizado todas las propuestas generadas en el campus por los diferentes grupos, para interactuar opinando sobre ellas. El cuestionario es accesible a través de la pantalla táctil del dispositivo pulsando sobre la etiqueta descriptiva de cada edificio que aparece al pie de la pantalla. Hemos planteado dos cuestionarios diferentes.

En el caso de los que se activan frente a los edificios existentes se accede a una serie de preguntas sobre el uso de la tecnología para evaluar la usabilidad del sistema, de acuerdo con una metodología estandarizada para este tipo de experimentos. Estas respuestas personales son remitidas directamente al docente que recibe la información y puede proceder a su procesamiento (ver Figura 3)⁶.

⁶ El enlace para acceder a los cuestionarios es:
<https://docs.google.com/spreadsheets/viewform?formkey=dEFBRkZwaXIEaVJwMWc2SGNcCa2xvMFE6MA>

Figura 3. Cuestionarios Pre-Test sobre los conocimientos tecnológicos previos de los estudiantes

CUESTIONARIO REALIDAD AUMENTADA. PRACTICA MEJICO

Experiencia Docente. DEPT EGA I y II. URC.
PRE-TEST
* Necesari
Genero*
Hombre

Edad*

NUEVAS TECNOLOGIAS

¿Qué grado de interés tienes por el mundo de la informática, y los avances tecnológicos en general? *
Nada

¿Qué tecnologías usas de la siguiente lista? *
(Indica cuales con un máximo de 3)
 móvil convencional
 Camara (video-Fotos)
 MP3-MP4
 PC Desktop.
 Portatil
 Smartphone
 Tablet

¿Posees alguna de estas tecnologías? *
(indica cuñles)
 móvil
 Camara
 MP3-MP4
 PC
 Portatil
 Smartphone
 Tablet

¿Cuántas horas diarias utilizas el ordenador? *
<1

Utilizas el ordenador para... *
Estudiar

INTERNET, REDES SOCIALES Y OTRAS HERRAMIENTAS

¿Qué dispositivo utilizas para conectarte a Internet? *
(selecciona el mas habitual)
 Móvil-Smartphone
 Portatil
 PC
 Tablet
 Otros

¿Cuántas horas diarias te conectas a Internet? *
(Independientemente del dispositivo)
<1

¿Dónde te sueles conectar a Internet? *
Selecciona por orden de preferencia hasta un máximo de tres.
 casa
 Universidad
 Trabajo
 Ciber
 WiFi pública
 Móvil
 Otros

¿Que tipo de conexión utilizas habitualmente? *
 Wi-Fi
 ADSL
 3G
 TV
 Otras

¿Qué servicios de Internet utilizas habitualmente? *
Indica los mas utilizados hasta un máximo de tres
 E-Mail
 Chat
 Buscador
 Juegos
 Arquitectura
 Blogs
 Deportes
 Noticias
 Otros

¿Utilizas las redes sociales? *
No, nunca

¿Qué uso haces de las Redes Sociales? *
Profesional

APLICACIONES

¿Qué aplicaciones de Redes Sociales utilizas? *
Indica un máximo de tres
 Facebook
 Twitter
 Tuenti
 LinkedIn
 Taringa
 Myspace
 Hi5
 Orkut
 Otras

¿Qué aplicaciones para Compartir documentos utilizas? *
(fotos, videos, textos, CAD, etc.). Indica un máximo de tres
 Dropbox
 Megapupload
 Rapidshare
 yousendit
 Picasa
 Flickr
 Box
 Google DOCS
 Otras

Indica el software mas utilizado durante los últimos 6 meses. *
(selecciona las casillas de acuerdo con tu nivel de usuario: 1 Nada, 2 principiante, 3 Intermedio, 4 avanzado, 5 Experto)

	1	2	3	4	5
Sistema operativo LINUX-UNIX	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistema operativo Windows	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistema operativo Macintosh	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Procesadores de texto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hojas de calculo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bases de datos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistemas de información geograficos (SIG)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Edición gráfica (fotografía)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Diseño Asistido por Ordenador (CAD)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aplicaciones multimedia (audio, video, 3D)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Navegadores y buscadores de internet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Correo electronico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

¿Qué aplicaciones de Edición de imagen y CAD utilizas mas a menudo? *
(selecciona las casillas de acuerdo con tu frecuencia de uso: 1 Nunca, 2 alguna vez, 3 habitualmente, 4 casi siempre, 5 Siempre)

	1	2	3	4	5
Autocad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Revit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Microstation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rhino	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mdesign	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sketchup	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Adobe Photoshop	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Illustrator	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Otros	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

¿Juegas con videojuegos? *
No, nunca

PC Y PORTÁTIL

¿Tienes PC o portátil? *
SI

Marca:
Modelo:

Antigüedad
< 6 meses

¿Qué Software utilizas para desarrollar y presentar los proyectos del curso? *
(selecciona las casillas de acuerdo con tu frecuencia de uso: 1 Nunca, 2 alguna vez, 3 habitualmente, 4 casi siempre, 5 Siempre)
 Autocad
 Revit
 Microstation
 Rhinoceros
 3dsMax
 MDesign
 Sketchup
 Photoshop
 Illustrator
 Otros

MÓVILES

¿Tienes teléfono móvil? *
En caso afirmativo responde las preguntas posteriores
SI

Marca:
Modelo:
Es 3G?
SI

¿Pantalla táctil? *
SI

¿Qué opciones del teléfono móvil utilizas? *
(selecciona las casillas de acuerdo con tu frecuencia de uso: 1 Nunca, 2 alguna vez, 3 habitualmente, 4 casi siempre, 5 Siempre)

	1	2	3	4	5
Internet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
SMS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
MMS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
APPS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Musica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Videos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cámara	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Realidad Aumentada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Otros	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

¿Que tipo de contrato tienes? *
Prepago

¿Qué operador de telefonía utilizas? *
Movistar

REALIDAD AUMENTADA

¿Sabes qué es la Realidad Aumentada? *
No, nunca he oído hablar de ella

¿Cómo has conocido la RA? *
Profesor

Puntua las siguientes afirmaciones *
Valora el grado de acuerdo según la siguiente escala: 1 (totalmente Desacuerdo o nada), 5 (totalmente de acuerdo o mucho)

	1	2	3	4	5
La RA puede ser útil en mis estudios.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Puede ayudarme a mejorar las presentaciones.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Es una tecnología complicada en su aplicación.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Es una tecnología que limita al usuario final.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Puede ayudarme en la presentación de un proyecto.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Envía
Amb la tecnología de Google Docs

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Proceso de aplicación y diseño de los cuestionarios contextuales online utilizados en los experimentos



Cuestionario Edificios Grupo B

Opina sobre los edificios del grupo B
* Obligatorio

Grupo *
Indica el grupo asignado.
Grupo A

Edificio *
Indica el edificio que valoras.
Edificio B1

OPINION DE LOS RESULTADOS *
Valora el grado de acuerdo según la siguiente escala: 1 (totalmente Desacuerdo), 2 (en desacuerdo), 3 (ni de acuerdo ni en desacuerdo), 4 (de acuerdo), 5 (totalmente de acuerdo)

	1	2	3	4	5
¿ Consideras que el edificio proyectado encaja con el lugar?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
¿Su escala es la adecuada?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
¿Su volumetría es sugerente?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
¿Esta proporcionado? (relación alto, o largo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
¿Es permeable en su zona de planta baja?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
¿Consideras que pasa a ser un nuevo hito visual en la zona?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
¿El color es adecuado?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

¿Que información complementaria necesitarías para su comprensión? *

Elige la opción que consideras mas adecuada
Planos del edificio

¿Desde qué punto de vista consideras queda mas integrado en el conjunto y entorno?, márcalo en el mapa *

Elige la orientación mas adecuada en relación a tu posición con el edificio
Norte

SUGERENCIAS

Escribe algun comentario o sugerencia que nos ayude a mejorar

VALORA GLOBALMENTE EL EDIFICIO *

Puntua de 1 a 10

1

Submit

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de los edificios nuevos se procede a valorar los mismos (ver Figura 4), así como a opinar sobre el tipo de información vinculada que permite comprender el edificio, ya sean planos, memoria, o vistas del proyecto que se facilitan, además de la elección del punto de vista desde donde mejor se aprecia la integración del nuevo proyecto con la construcción existente⁷.

⁷ Estos cuestionarios pueden consultarse en:

<https://docs.google.com/spreadsheets/viewform?formkey=dEFBvNzZE9aLWNwaFhuaV1T2V5T2c6MA#gid=0>

5.4 Caso de estudio

En el desarrollo del experimento se ha seguido la metodología antes descrita (ver Figura 5). Sobre un grupo de 11 alumnos de máster con perfiles bastante diferenciados debido a que provenían de 5 nacionalidades diferentes (Iberoamericanas, Arabia Saudí y tres alumnos de España) y de ámbitos educativos diversos: arquitecto de acuerdo con el título español y arquitectos de otras nacionalidades con perfiles en los que no se incluye el urbanismo ni informática de forma obligatoria hasta planificadores con formación anglosajona.

Figura 5. Estudio de Viabilidad de la metodología de visualización in situ sobre dispositivos móviles 3G de los proyectos del BKC sobre plataforma Laya



Fuente: Elaboración propia.

Se han agrupado en tres grupos: A para los edificios existentes, B y C para los proyectos, dentro de los cuales se planteaban tres edificios específicos B1, B2 y B3 (correspondientes a Bellas Artes, EPSEB con edificio de doctorado de Arquitectura y la Residencia de Estudiantes, respectivamente) y C1, C2, y C3 (correspondientes a Económicas, Derecho y el CICRIT). Durante tres sesiones de 4 horas cada una, los alumnos desarrollaron los proyectos de los edificios asignados en grupos de dos o de forma individual en función de sus competencias informáticas. Una vez modelados fueron georeferenciados y los docentes en el aula procedieron a la exportación e incorporación a los canales correspondientes. Tras lo cual, en la última sesión se procedió a recorrer el campus localizando los diferentes edificios y a responder a los cuestionarios. Como no todos los alumnos disponían de teléfonos con conexión 3G se agruparon para que todos pudieran realizar la experiencia aunque fuera con el teléfono de un compañero (ver Figura 6).

Figura 6. Ejemplos de visualización in situ de los diferentes proyectos del BKC por parte de los alumnos del Máster Universitari en Gestió i Valoració Urbana de la ETSAB, UPC



Fuente: Elaboración propia.

6. Resultados obtenidos

6.1 Resultados en el Caso de Estudio sobre el BKC

La experiencia resultó novedosa. El total de alumnos que participaron en el experimento fue de 11. Y el 100% fue capaz de seguir el ejercicio. Se modelaron un total de 6 propuestas. Tres propuestas grupo B y tres propuestas grupo C correspondientes a los edificios codificados como B1, B2, B3, C1, C2 y C3. Los alumnos fueron capaces de seguir todos los pasos indicados en el apartado anterior, de manera que pudieron visualizar sus propuestas en el lugar donde habían sido diseñados con sus dispositivos móviles y geolocalizarlos. Si bien la precisión del registro mediante GPS resultaba insuficiente, tal y como era de esperar, la aplicación de texturas semitransparentes y la visualización a una cierta distancia del objeto permitían la recreación de una escena suficientemente verídica para poder puntuar las propuestas y evaluar el impacto de ellas en el lugar. Finalmente, el alumno debía puntuar los edificios visualizados, en el lugar donde se encontraba, valorando aspectos como la escala, el color, la ubicación, etc.

Las respuestas al cuestionario sirvieron como mecanismo de comprobación de la participación de los alumnos en el ejercicio. Paralelamente, como en el resto de actividades se realizaron cuestionarios específicos orientados a evaluar el grado de satisfacción de la actividad realizada y los contenidos del curso, y autoevaluaciones sobre el interés y utilidad de los conocimientos adquiridos, tal y como se describe en la evaluación de la usabilidad mostrada en apartados anteriores. El tiempo total de dedicación fue de cuatro sesiones de 3 horas divididas en cuatro semanas. Posteriormente, los modelos generados por los alumnos se añadieron a la base de datos. La información resumen de la *POI_Table*, cuya función y campos fueron explicados con anterioridad, se muestra en la Tabla 1 a continuación.

Tabla 1. Tabla a modo de resumen de los contenidos de la tabla *POI_Table* que alimenta el canal de información

id	attributi on	title	lat	lon	line4	line2	new	layers
2	The Location of EPSEB	EPSEB	41,383337	2,113355	EPSEB	Av. Doctor Marañón, 44-50, 08028 BARCELONA	1	0
3	The Location of ETSAB	ETSAB	41,383748	2,113709	ETSAB	Avinguda Diagonal, 649 08028 Barcelona	1	0
4	The Location of FME	FME	41,383309	2,115051	FME	Campus Diagonal Sud, Edifici U. C. Pau Gargallo, 5. 08028 Barcelona	1	0
5	The Location of ETSEIB	ETSEIB	41,384706	2,114857	ETSEIB	Avda. Diagonal 647, 08028 Barcelona	1	0
6	Belles Arts	B_Arts	41,383192	2,114503	Belles Arts	c/ Pau Gargallo, 4, 08028 Barcelona	2	3
7	Economicas	Economicas	41,386086	2,116215	Economicas	Avinguda Diagonal, 690, 08034 Barcelona	2	3
10	Industrials	Industrials	41,384231	2,114487	Industrials	Avda. Diagonal 647, 08028 Barcelona	2	3
9	Dret	Dret	41,387117	2,119964	Dret	Avda. Diagonal 684, 08034 Barcelona	2	3
8	Cicrit	Cicrit	41,383535	2,116944	Cicrit	Carrer Pau Gargalló 20-30, 08028 Barcelona	2	3
11	Nexus II	Nexus II	41,38801	2,114637	Nexus	C/ Jordi Girona, 29, 2-A (Edificio NEXUS II) 08034 Barcelona	1	0
12	B1	B1	41,381945	2,11504	Bellas Artes	Grup B. Barcelona	2	4
13	B2	B2	41,383168	2,113468	EPSEB	Grup B. Barcelona	2	4
14	B3	B3	41,38056	2,107229	Residencia	Grup B. Barcelona	2	4
15	C1	C1	41,386082	2,116231	Económicas	Grup C. Barcelona	2	5
16	C2	C2	41,387249	2,119873	Derecho	Grup C. Barcelona	2	5
17	C3	C3	41,383844	2,116767	CICRIT	Grup C. Barcelona	2	5

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, cada fila corresponde a un edificio. Los edificios generados por los alumnos tienen los identificadores del 12 al 17, con los títulos B1, B2, B3, C1, C2 y C3. El campo *new* tiene el valor 2, que permite identificarla como edificio nuevo. El valor 4 y 5 del campo *layers* indica la pertenencia a los grupos B y C respectivamente. El valor 3 en este campo indica la pertenencia al grupo A. De manera análoga se muestra a continuación (ver Tabla 2) los contenidos de la Tabla *OBJECT_Table* y *TRANSFORM_Table*, tal y como queda después de añadir los contenidos generados por los alumnos.

Tabla 2. Tabla a modo de resumen de los contenidos de las tablas *OBJECT_Table* i *TRANSFORM_Table* de la base de datos que alimenta el canal de información

Object Table					TRANSFORM_Table				
ID	poiID	full	reduced	icon	ID	poiID	rel	angle	scale
2	2	apabcn.l3d	apabcn.l3d	icon_EPSEB.jpg	2	2	0	0	1
3	3	ETSAB.l3d	ETSAB.l3d	icon_ETSAB.jpg	3	3	0	0	1
4	4	mates.l3d	mates.l3d	icon_fme.jpg	4	4	0	0	1
5	5	ingeniers.l3d	ingeniers.l3d	icon_ETSEIB.jpg	5	5	0	0	1
6	6	B_artes.l3d	B_artes.l3d	icon_BA.jpg	6	6	0	-71,1	1
7	7	economicas.l3d	economicas.l3d	icon_EC.jpg	7	7	0	19	1
8	8	cicrit.l3d	cicrit.l3d	icon_CICRIT.jpg	8	8	0	19	1
9	9	dret.l3d	dret.l3d	icon_DRET.jpg	9	9	0	19	1
10	10	ind_opacity.l3d	ind_opacity.l3d	icon_IND.jpg	10	10	0	0	1
11	11	nexus2.l3d	nexus2.l3d	icon_NEX2.jpg	11	11	0	40	1
12	12	B1.l3d	B1.l3d	icon_B.jpg	12	12	0	19	1
13	13	B2.l3d	B2.l3d	icon_B.jpg	13	13	0	17,3	1
14	14	B3.l3d	B3.l3d	icon_B.jpg	14	14	0	15,8	1
15	15	C1.l3d	C1.l3d	icon_C.jpg	15	15	0	19	1
16	16	C2.l3d	C2.l3d	icon_C.jpg	16	16	0	23,7	1
17	17	C3.l3d	C3.l3d	icon_C.jpg	17	17	0	19	1

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se observa el nombre del modelo 3D en formato l3d, así como el icono asociado a cada modelo, su escala y ángulo de rotación para su correcta visualización. Una vez completada la base de datos y configuradas los parámetros en las tablas correspondientes, los alumnos visualizaron sus propuestas, tal y como se muestra en la Figura 6 anterior, puntuando las propuestas a través de un cuestionario. Al mismo tiempo se procedió a grabar un video⁸.

⁸ El vídeo está disponible en:

<http://www.youtube.com/watch?v=fejMI59vFXE&feature=share&list=UU4iz85ePtKiWepN7PrygpgQ>

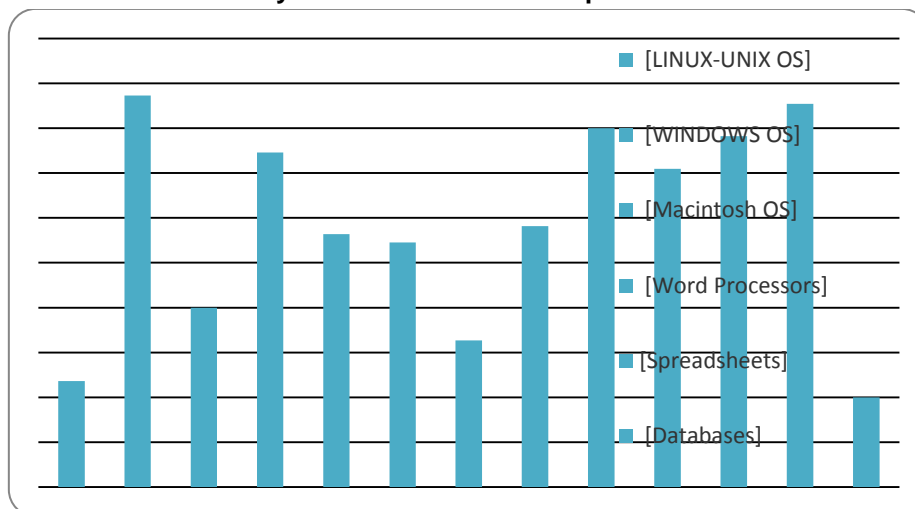
7. Evaluación

Para validar el experimento se realizó un cuestionario de usabilidad tal y como se ha detallado anteriormente, y como se ha venido haciendo con el resto de experimentos de este proyecto de I+D. Se obtuvieron un total de 11 respuestas. El cuestionario está dividido tres apartados: en relación a la formación personal y el nivel de conocimiento previo sobre la tecnología; en relación a la opinión, contenidos docentes y material del curso; y finalmente en relación a la tecnología de RA y el software utilizado.

En relación a la formación personal y el nivel de conocimiento previo sobre la tecnología cabe destacar que las aplicaciones más utilizadas y que el usuario puntuó de acuerdo a su nivel de conocimiento fueron *Email*, *internet browsers* y Software de Diseño Asistido por Ordenador (CAD), seguidas por aplicaciones de ofimática y de retoque fotográfico.

El sistema operativo más utilizado siguió siendo Windows y el menor conocimiento resultó en sistemas LINUX y RA (escala: 0=nada, 5 avanzado). Datos similares al resto de respuestas facilitados en los otros cursos TIC evaluados. Cabe destacar la puntuación en aplicaciones CAD posiblemente al tratarse de alumnos en fase final de su formación como arquitectos (ver Figura 7).

Figura 7. Resultados del curso Layar en relación a la formación personal y nivel de conocimiento previo

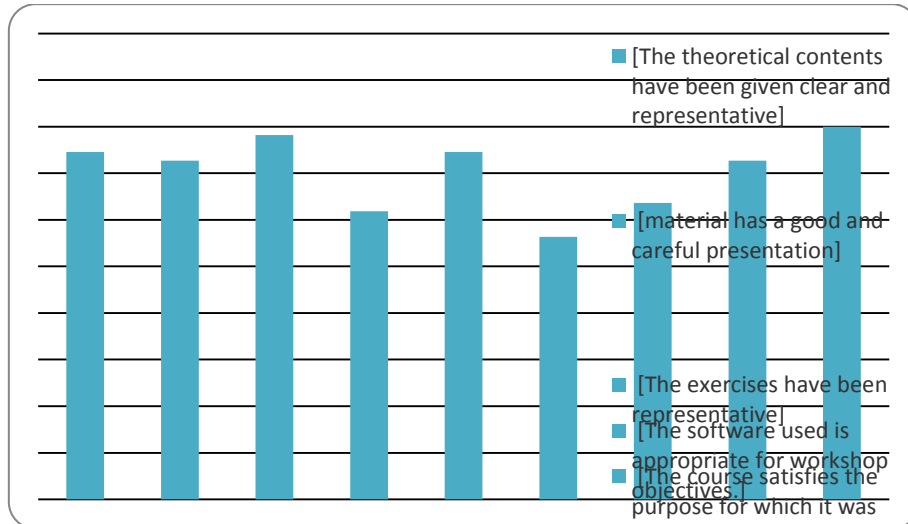


Fuente: Elaboración propia.

En relación a la opinión, contenidos docentes y material del curso, cabe indicar la elevada puntuación recibida en relación al material, representatividad y número de ejercicios, siendo la valoración final mayor de 3,50 puntos sobre 5. El software utilizado para el desarrollo del ejercicio recibió, sin embargo, la peor calificación de los cuatro experimentos realizados, probablemente por la imprecisión en el registro basado en GPS. La pregunta sobre el grado de satisfacción del curso en relación al propósito para el que fue diseñado (como herramienta de presentación de propuestas *in situ*) resultó puntuada con 4 sobre 5. La pregunta menor

valorada fue la que se refería a la posibilidad de aprender dichos contenidos de forma autónoma, con valores similares al resto de cursos (ver Figura 8).

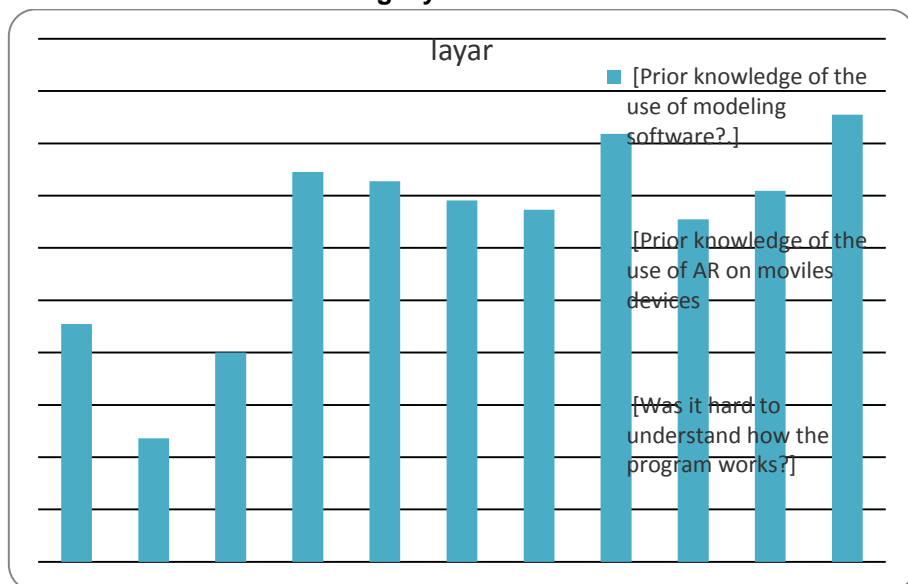
Figura 8. Resultados del curso Layar en relación a los contenidos docentes y material del curso



Fuente: Elaboración propia.

Y en relación a la tecnología de RA y el software utilizado, el 100% del alumnado encontró útil en el campo de la arquitectura y la construcción, a pesar de no tener conocimientos previos sobre las aplicaciones utilizadas (ver Figura 9).

Figura 9. Resultados obtenidos en el curso Layar en relación a la tecnología y el software utilizado



Fuente: Elaboración propia.

La valoración global del curso fue de 4,27 puntos sobre 5, la puntuación más alta de los cuatro experimentos realizados. En un análisis de correlación entre la opinión global del curso y el resto de variables, se obtiene una alta correlación (0,69) con la representatividad de los ejercicios y la calidad de la presentación. Estas variables son determinantes para el éxito de la experiencia docente, no estando tan correlacionado con el hecho de haber sido capaz de resolver los ejercicios de forma autónoma ni con el número de ejercicios planteados. La mayor correlación (0,86), sin embargo, se encontró con el uso del software apropiado, siendo ésta por tanto la variable más relevante a tener en cuenta en futuros trabajos. Las variables relacionadas con el conocimiento previo de la tecnología y del uso de distintos software y sistemas operativos no se correlacionaron significativamente con la opinión global del curso.

8. Discusión y conclusiones

8.1 *Discusión*

El primer tema que se discute es la validez de estos experimentos de investigación educativa en los que se implican las TIC en el ámbito de la Arquitectura y el Urbanismo. Desde nuestro punto de vista y sobre la base de la bibliografía científica, la representación y simulación arquitectónica asistida por ordenador es una de las disciplinas que más ha evolucionado en los últimos años y más está influyendo en la creación de las nuevas formas arquitectónicas así como en los procesos constructivos. Por lo que se impone seguir investigando en esta línea en la que las nuevas tecnologías de visualización de modelos virtuales arquitectónicos sobre dispositivos móviles son una evolución natural, vista su potencia de cálculo, prestaciones y capacidades gráficas. Por otra parte, es preciso una evaluación rigurosa de estas nuevas estrategias docentes y las mejoras que aportan a los procesos formativos de los futuros arquitectos y urbanistas y para ello es necesario llevar a cabo casos de estudio de investigación educativa donde se impliquen estas TIC y extraer las conclusiones oportunas por métodos científicos, como estamos haciendo con este trabajo en el que además ha sido preciso optimizar los procesos docentes, ensayar la viabilidad de los mismos, seleccionar las aplicaciones informáticas precisas y al alcance de los alumnos, etc.

8.2 *Conclusiones*

Hemos probado el uso de las nuevas tecnologías móviles en un programa de maestría en arquitectura como complemento de los otros experimentos llevados a cabo en curso de primer y segundo ciclo de las titulaciones antiguas y en los de grado del Espacio de Educación Superior Europeo (en adelante, EEES), y dentro de un marco mayor como el proyecto de I+D con lo que hemos completado una primera evaluación en todos los ciclos formativos de los arquitectos y urbanistas. Se ha evaluado la capacidad de representación espacial de la tecnología de la RA en modelos de distinta complejidad y nivel de realismo, optimizando los procesos de generación y visualización hasta adaptarlos a las capacidades de los teléfonos móviles 3G. Por otra parte, se ha evaluado la capacidad de ubicación espacial de la tecnología de geolocalización sobre la base de los sistemas integrados en los dispositivos de telefonía móvil.

La geolocalización, la RA y las tecnologías móviles utilizadas en el proceso de enseñanza, mejoran el rendimiento académico pues permiten acortar los tiempos de aprendizaje y respuesta por parte del alumno así como de evaluación por parte del docente, extendiendo el proceso de aprendizaje a cualquier lugar y hora. Por el contrario, la generación de modelos arquitectónicos con RA es complejo a veces y de mala calidad en la mayoría de aplicaciones, ya que es preciso simplificar las volumetrías para reducir el número de triángulos a procesar, esto se une al hecho de que para conseguir realismo a este nivel y distancias se impone sugerir esquemas lumínicos complejos que luego se aplican como texturas planas.

Esta dificultad es menor en los alumnos de nivel superior, máster o postgrado, ya que disponen de un mínimo bagaje informático, sobretodo de alcance transversal, pues tienen los conocimientos de 2D, 3D, render y tratamiento de imágenes necesarios en estos procesos. Por el contrario, si no tienen experiencia previa es mejor utilizar programas de alta usabilidad como SketchUp con plugins especiales para ellos. La geolocalización precisa de los modelos arquitectónicos que utilizan teléfonos 3G, en base a sus GPS, es pobre y sólo admisible para la visualización distante de los modelos, como mínimo a una distancia de más de 25 metros. Por todo ello podemos concluir que el uso de estas tecnologías hoy en día muy accesibles y de fácil uso, aumenta la satisfacción de los estudiantes y el interés en el contenido de los cursos, ya que se sienten muy motivados y son usuarios habituales de los dispositivos móviles.

Agradecimientos

Proyecto financiado por el VI Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica, 2008-2011, Gobierno de España. nº EDU-2012-37247/EDUC.

Bibliografía

ALLEN, M., REGENBRECHT, H. y ABBOTT, M. *Smart-phone augmented reality for public participation in urban planning*. En: Australian Computer-Human Interaction Conference (23rd, New York, USA). Proceedings. New York (USA), ACM Press, 2011, pp: 11-20.

ANAGNOSTOU, K. y VLAMOS, P. *Square AR: Using Augmented Reality for Urban Planning*. En: International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (3rd, Bournemouth, UK). Proceedings. New York, NY, IEEE, 2011, pp: 128-131.

BELUSSI, A. y MIGLIORINI, S. *A framework for integrating multi-accuracy spatial data in geographical applications*. En: Geoinformatica, 16 (3): 523–561, 2011.

BENEDITO, J. et al. *Ordenació Àrea Ciutadella, Campus. "10 anys d'arquitectura universitària a Catalunya"*. Barcelona, VCA Editors, 1996, pp: 194-237.

BIORET, N.; MOREAU, G. y SERVIERES, M. *Towards Outdoor Localization from GIS Data and 3D Content Extracted from Videos*. En: International Symposium on Industrial Electronics (Bari, Italia, ISIE 2010). Proceedings. New York, NY, IEEE, 2010, pp: 3613-3618.

BREUNIG, M. y ZLATANOVA, S. *3D geo-database research: Retrospective and future directions*. En: Computers & Geosciences, 37 (7): 791-803, 2011.

BRU, E. *Campus Universitaire, UAB (Universit  Autonome de Barcelone)*. En: COAC. Architecture catalane 2004-2009: portrait d' poque. Barcelona , ACTAR, 2009, pp: 122-123.

CAMPOS, P. *Campus – Madrid. Urbanismo y Arquitectura en las Universidades de la Comunidad de Madrid*. Madrid, Dirección General de Urbanismo y Planificación Regional de la Comunidad de Madrid, 2007. 210 p.

CAMPOS, P. *La Universidad en España. Historia, Urbanismo y Arquitectura*. Madrid, Ministerio de Fomento, 2000, 1.037 p.

CAPITEL, A. *Notas entorno al arquitecto Josep Lluís Sert, 4 Centenarios: Luis Barragán, Marcel Breuer,  rne Jacobsen, José Luis Sert* (Vol. 4). Valladolid, Universidad de Valladolid, 2002. 75 p.

CARRERAS, C. *La Universidad y la ciudad. Barcelona*. Col. Cuaderno de gestión, n 11. Barcelona, Edicions UB, 2001. 43 p.

DE CARLO, G. *Planificac one e Disegno delle Universit *. Roma, Edicione Universitarie Italiane, 1968. 318 p.

DROJ, G. *Cultural Heritage Conservation by GIS*. Nyugat-Magyarorsz gi Egyetem, Geoinformatikai Kar, Sz kesfeh rv r, University of Oradea, 2010.

HERNÁNDEZ, J., GARCÍA, L. y 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.

HOSSE, K. y SCHILCHER, M. *Temporal GIS for analysis and visualisation of cultural heritage* [en línea] Fecha de consulta: 24 de enero de 2013. Disponible en: <<http://cipa.icomos.org/index.php?id=61>>. 2003.

HUANG, B., JIANG, B. y LI, H. *An integration of GIS, virtual reality and the Internet for visualization, analysis and exploration of spatial data*. En: International Journal of Geographical Information Science, 15 (5): 439-456, 2001.

ISMAIL, A. W. y SUNAR, M. S. *Multi-user Interaction in Collaborative Augmented Reality for Urban Simulation*. En: International Conference on Machine Vision (2nd, Dubai, UAE). Proceedings. New York, NY, IEEE, 2009, pp: 309-314.

JAUJA, M.M. *La Ciudad Universitaria de Caracas. Construcción de la Utopía Moderna*. Caracas, Fundación Centro de Arquitectura, 2009. 103 p.

KWAN, M.P. *Interactive geovisualization of activity-travel patterns using three-dimensional geographical information systems: a methodological exploration with a large data set*. En: Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 8 (1-6): 185-203, 2000.

LONSING, W. *Architectural models in urban landscapes: Synthesis of markers and virtual structures*. En: IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality - Arts, Media, and Humanities (10th, Basel, Switzerland). Proceedings. New York, NY, IEEE, 2011, pp: 109-110.

MONTANER, J.M. y PEREZ, F.G. (Eds.) *Teorías de la arquitectura. Memorial Ignasi de Solà-Morales*. Barcelona, Ediciones UPC, 2003. 90 p.

ROCA, E.; FRANCO, M. y MÒDOL, D. *El projecte de l'espai viari*. Barcelona, Ed. UPC, 2004. 219 p.

ROCA, E.; LEZCANO, A. y FAYOS, R. *Campus Diagonal. Un Projecte urbà*. Barcelona, Edicions UB, 2009. 221 p.

SHAPLES, M. *The Design of Personal Mobile Technologies for Lifelong*. En: Learning, Computers and Education, 34: 177-193, 2000.

TRILLO, J.L. "Reseña de una adaptación permanente" *Universidad y ciudad. Arquitectura de la Universidad Hispalense*. Sevilla, Grupo de Investigación Proyecto y Patrimonio, Universidad de Sevilla, 2002, pp: 65-66.

TSVETOSAR, G.E. Y SMRIKAROC, A. *M-Learning - a New Stage of E-Learning*. En: International Conference on Computer Systems and Technologies, CompSysTech, 2004.

ZHANG, B.; LOOI, C-K.; SEOW, P.; CHIA, G.; WONG, L-H.; CHEN, W.; SO, H-J.; SOLOWAY, E. y NORRIS, C. *Deconstructing and reconstructing: Transforming primary science learning via a mobilized curriculum*. En: Computers & Education, 55: 1.504–1.523, 2010.