

LA REALIDAD AUMENTADA COMO ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA EN CONSTRUCCIÓN

ALAMILLO, Juan Francisco ⁽¹⁾; GARCÍA, Julián ⁽²⁾; MAGDALENA, Fernando ⁽³⁾

Departamento de Construcciones Arquitectónicas y su Control, Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid
Madrid, España
⁽²⁾ julian.garciam@upm.es

Resumen

Los conceptos teóricos que se tratan en las aulas universitarias son ilustrados frecuentemente con referencias a ejemplos reales. En el caso de las enseñanzas técnicas, estas referencias son especialmente importantes. La construcción arquitectónica no es un caso aparte. Su objeto de estudio típico, como es lógico, es el edificio. En él, el alumno puede reconocer rápidamente un determinado elemento y situarlo en su contexto real, completando de este modo la teoría que estudia en el aula. Las nuevas tecnologías pueden facilitar el contacto directo del alumno con estos edificios-ejemplo. Las técnicas de realidad aumentada permiten ampliar la información que obtenemos de la mera observación superficial de un edificio; siempre con la ayuda de sistemas de posicionamiento local, que hacen posible localizarlo y situarse con respecto a él de forma ágil. Una combinación acertada de ambas tecnologías puede ofrecer posibilidades formativas de gran interés.

La experiencia que estamos desarrollando en la actualidad pretende, empleando estas dos tecnologías, que el alumno pueda acceder mediante recursos digitales a una red de ejemplos reales y a una información ampliada básica. La comunicación que sigue detallará los objetivos de esta propuesta, todavía en desarrollo, y la metodología prevista para su implementación.

Palabras clave: Construcción arquitectónica, realidad aumentada, posicionamiento local.

Abstract

The augmented reality as a strategy of teaching in construction

Many theoretical concepts discussed in university classrooms are illustrated with references to real examples. These references are especially important in technical studies –and they are specially so in what comes to architectural construction. Its typical object of study, not surprisingly, is the building. In it, students can quickly recognize a particular item and place it in its real context, thus completing the theory studied in the classroom.

New technologies can facilitate direct contact of students with these buildings-examples. Augmented reality techniques can extend the information we collect from mere superficial observation of a building, while local positioning systems, meanwhile, make it possible to locate it and relate to it easily. A successful combination of both technologies can provide interesting learning opportunities.

The experience we are currently developing intends, by using these two technologies, that students can have access, through digital resources, to a network of real examples and a basic extended information. The following communication will detail the objectives of this proposal, still in development, and the methodology planned for its implementation.

Keywords: Architectural construction, augmented reality, local positioning.

1. Introducción

La primera referencia histórica que se conserva acerca de la profesión de aparejador se remonta a la Edad Media, concretamente a la primera mitad del siglo XV (1430). En aquella época esta profesión, como otras con las que comparte como objeto la construcción de edificios, estaba profundamente ligada al sistema de gremios. En la segunda mitad del siglo XVIII (y muy especialmente desde 1752, con la creación de la Real Academia de las Tres Nobles Artes de San Fernando) se dan los primeros

pasos para regular las profesiones y acabar con las organizaciones gremiales, un proceso que nunca acaba de cerrarse pero que, a efectos prácticos, culminaría bien avanzado el XIX. [1].

La profesión de aparejador tiene pues sus raíces en el sistema medieval de los gremios. En éstos, la transmisión del conocimiento se realizaba directamente entre maestro y aprendiz. Este modo de aprendizaje, basado en la imitación del tutor por parte del tutelado, se ha conservado en mayor o menor grado hasta hace muy poco tiempo. Contrariamente a algunas ingenierías, la mayor parte de cuyos titulados acceden desde el comienzo de su carrera profesional a empresas con un organigrama fuertemente jerarquizado, en las titulaciones relacionadas con la construcción de edificios ha sido corriente, hasta hace relativamente poco, que estudiantes de últimos cursos, o recién egresados, se incorporaran a un pequeño grupo de trabajo en el que empezaban a desarrollar las capacidades teóricas previamente obtenidas en la universidad bajo la supervisión de otro profesional de más experiencia. Gracias a esta afortunada combinación, el "oficio" práctico, que es fundamental en estas profesiones, se alcanzaba en modo paralelo a los estudios universitarios.

La realidad de la situación económica actual y los nuevos ritmos impuestos a la educación universitaria no permiten que el alumno pueda, hoy, acceder a una formación de ese tipo. Los grados actuales hacen posible que el alumno disponga ahora, en poco tiempo, de un título que le faculta para ejercer unas determinadas competencias, en todo semejantes a las de los antiguos tutelados; pero estas competencias, debido a la falta de supervisión ya mencionada, no siempre se corresponden con sus capacidades prácticas.

Esto no es algo nuevo, ya que tradicionalmente la formación universitaria se ha completado con ese segundo periodo de aprendizaje práctico. Pero sí lo es el hecho de que el salto al mercado laboral se haga sin la red que suponía la transición tutelada universidad-estudio. Entre los objetivos de los planes universitarios actuales se encuentra el de suplir esta carencia, para lo que se intenta, en la actualidad, transmitir la parte práctica del oficio dentro de la enseñanza universitaria. Esto resulta difícil, ya que el aprendizaje de la práctica profesional requiere una implicación muy activa por parte del alumno. Cuando el aprendizaje se completaba a través del ejercicio profesional tutelado la implicación era obligada, ya que la necesidad de alcanzar una solución que fuera a ejecutarse en breve resultaba insoslayable, y requería de la implicación del "aprendiz". Replicar semejantes condiciones en un aula universitaria no es, o no del todo, factible.

Es necesario reconducir esta situación. Si la enseñanza universitaria es la que debe asumir esa función de formación práctica, debe hacerlo con garantías. Sucede que las estrategias que hasta ahora han venido desarrollándose tienen un alcance limitado. Son, resumidamente, las siguientes.

2. La enseñanza práctica de la construcción arquitectónica

La actual enseñanza universitaria en el grado en Edificación (antes Arquitectura Técnica, y mucho antes Aparejadores) siempre ha incorporado enseñanzas de carácter práctico, poniendo a disposición del alumnado distintas "ayudas", de carácter obligado o voluntario en función de las diferentes escuelas, tales como:

- Talleres. Apropriados tanto para las disciplinas más prácticas como para las teóricas. En ellos, el alumno ha de participar activamente, bien en forma individual, bien en grupo, pero dentro del aula. El profesorado muestra la forma de actuar y guía al alumno en las destrezas previstas.
- Campo de prácticas. Diseñado para las asignaturas más prácticas. El alumno realiza con sus propias manos pequeños trabajos de construcción, medición, toma de datos, replanteos,...etc. Por lo general se realizan en zonas que replican la realidad de la construcción, no en aulas teóricas acondicionadas. Los contenidos suelen corresponderse con lecciones teóricas.
- Laboratorios. Propios de asignaturas de carácter técnico. Disponen de instrumental y medios materiales que permiten al alumno comprobar el comportamiento de las materias y materiales en condiciones de ensayo, así como cotejar las características exigibles normativamente a los mismos.
- Aulas-museo. Permiten poner a disposición del alumno distintos prototipos a escala natural (o próxima a esta) de sistemas constructivos con distintas soluciones. Este modelo presenta el inconveniente que su actualización a las tecnologías y normativas actuales es costosa y no siempre puede actualizarse con rapidez.

- **Prácticas en Empresa.** Permiten la integración temporal de alumnos en la empresa, de forma similar a como lo haría un trabajador contratado, permitiendo poner en práctica de los conocimientos adquiridos. Este es el formato que mejor permite reproducir la tradicional relación maestro aprendiz, siempre, como es lógico, que el responsable de la empresa sea receptivo.

Estas ayudas, y otras similares, pretenden aproximarse al modelo clásico de las enseñanzas de Medicina o de las Ciencias de la Salud, un modelo en el que las facultades se encuentran próximas a los hospitales universitarios en los que los alumnos realizan prácticas de forma obligatoria y por un tiempo fijado. Lamentablemente no es posible reproducir por completo ese modelo en el caso de la construcción arquitectónica. Las ayudas incorporadas tienen, no obstante, un impacto muy positivo en el aprendizaje del alumno del grado en Edificación. Pero presentan algunos puntos débiles que deben ser tenidos en cuenta: por un lado, exigen una dedicación al alumno, dentro de las escuelas, que no siempre es compatible con la carga lectiva del curso académico; por otro, pierden gran parte de su eficacia en la actual masificación de las escuelas, ya que requieren de grupos muy reducidos para obtener resultados satisfactorios.

En general, y salvo el caso de las prácticas en empresa, las “ayudas” mencionadas no pretenden formar al alumno en una futura realidad profesional, sino sólo completar lagunas de la parcelas de conocimiento de cada asignatura. Un laboratorio de materiales de construcción, por ejemplo, no desea formar al alumno como responsable de taller, sino poner ante sus ojos la evidencia de lo descrito en un caso de estudio teórico. En raras ocasiones se pretende que los alumnos se impliquen en la producción, por ejemplo, de los materiales a ensayar; y cuando se hace es difícil que esa implicación tenga la potencia docente que tendría si se tratara de un caso real, y no de un modelo de ensayo.

Entendemos que, para mejorar la enseñanza práctica de la construcción arquitectónica, pueden resultar interesantes las aproximaciones que posibilitan, en la actualidad, las nuevas tecnologías. Proponemos concretamente introducir la realidad aumentada en la enseñanza de la construcción arquitectónica. Creemos que puede aliviar, en alguna medida, la desconexión a la que hacemos referencia: trabajar con simuladores hace posible observar e interactuar con ejemplos reales, y permite replicar, bien es cierto que con muchas limitaciones, algunas de las condiciones antes descritas. El objetivo final, por mucho que la vía sea aparentemente sofisticada, no es otro que conseguir tutelar mejor la transición universidad - ejercicio profesional, reproduciendo, en lo posible, la antigua comunicación maestro aprendiz.

3. La realidad aumentada

Llamamos sistemas de realidad aumentada (RA) a un conjunto de técnicas que hacen posible añadir al entorno físico existente, mediante dispositivos tecnológicos, diferentes capas de datos virtuales generados por ordenador: gráficos interactivos, video, sonidos, etc. A diferencia de la conocida como “realidad virtual”, los sistemas de realidad aumentada no crean una nueva realidad, sino que superponen datos virtuales a los datos físicos que percibimos sensorialmente.

Conviene, en este punto, dejar claras algunas distinciones entre realidad aumentada y realidad virtual. Milgram y Kishino (1994) establecían un vector de doble dirección entre los entornos real y virtual, situando la realidad aumentada más cercana al plano de lo real que al de lo virtual (figura 01). Algo más tarde Klopfer (2008) trataba, en su espectro (figura 02), de matizar la distinción primaria de Milgram y Kishino, posibilitando distinguir entre realidad fuertemente aumentada y realidad ligeramente aumentada. En esta última, como es lógico, el “input” real tiene más peso que el “input” virtual.

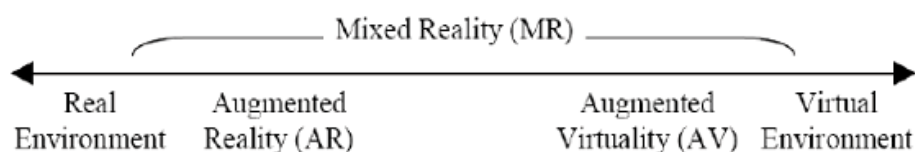


Figura 01. El “continuo de Milgram” marca las distancias entre entorno virtual y entorno real. [3]

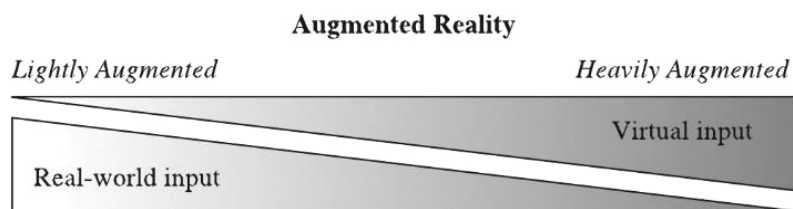


Figura 02. El espectro de Klopfer y las posibles gradaciones de la realidad aumentada. [4]

Los sistemas que van a tratarse en lo sucesivo pertenecen, salvo contadas excepciones, al ámbito de la RA “ligeramente aumentada”. Por un motivo fundamental: como se ha dicho, para agregar a la realidad una determinada capa de información es necesario que nuestro dispositivo tecnológico sea capaz de capturar una determinada realidad, procesarla y devolver, en tiempo real, esa misma realidad combinada con los nuevos datos. Los dispositivos más habituales, los teléfonos móviles de gama media, son actualmente lo suficientemente potentes como para realizar todas las operaciones citadas y ofrecer resultados de gran calidad, pero sólo en estos sistemas de realidad “ligeramente aumentada”.

Para conseguir una buena experiencia de realidad aumentada es necesario que las tres fases del proceso antes mencionadas (captura, procesamiento y respuesta) sean funcionales y coherentes entre sí. Son, básicamente, las que ya anunciaba I.E. Sutherland en un artículo seminal, publicado en 1968, “A Head-Mounted Three Dimensional Display” [4] Sitanen [5] las representaba, dándoles algún desarrollo para la captación mediante marcadores, en el gráfico reproducido como figura 03.

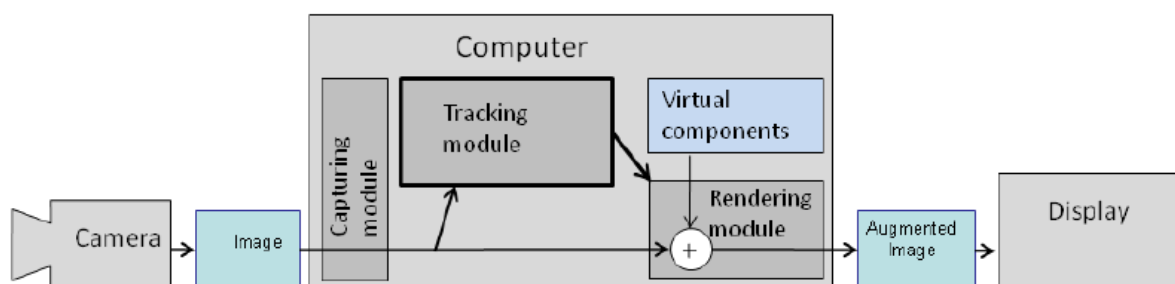


Figura 03. Tres fases diferenciadas. Simplificadamente: captura de información, procesamiento y respuesta. [6]

3.1. Captura

La primera fase del proceso necesario para cualquier experiencia de realidad aumentada es una toma de datos del entorno real. Esta toma puede ser directa, como suponían los primeros ensayos de Sutherland, que ya imaginaba unas gafas de realidad virtual que añadían una capa a la percepción ya existente (figura 04), como los proyectos tipo googleglass; o indirecta, a través de la cámara de un dispositivo. Dada la naturaleza de los dispositivos disponibles globalmente en la actualidad vamos a tratar solamente esta última opción.

Por lo general, y dado que la mayor parte de los sistemas de RA son de naturaleza visual, los datos necesarios son sólo de dos tipos: capturas de imágenes del entorno físico y valores de posicionamiento de esas imágenes. La captura de imágenes en los teléfonos actuales, dotados de cámaras de altas prestaciones, es automática; su posicionamiento, sin embargo, tiene algunas limitaciones. Dada la importancia del posicionamiento para la experiencia que pretendemos desarrollar, vamos a tratar con detalle algunas de estas limitaciones. No todas las aplicaciones de RA, sin embargo, se ven afectadas por ellas.

Los sistemas de posicionamiento global (GPS) que incorporan actualmente los dispositivos móviles permiten situar al usuario en un punto de la superficie terrestre con precisiones de entre 2 y 10 metros. Una falta de precisión que suele atenuarse mediante otros medios: sensores de gravedad, sensores geomagnéticos o acelerómetros, que permiten orientar al dispositivo en las tres direcciones del espacio y ofrecer aproximaciones mejoradas de la posición base que ofrece el GPS. Sin embargo, lo que ofrecen estos sistemas son datos sobre la posición del observador y su dispositivo, no sobre la

posición del entorno físico observado desde el mismo. Para poder disponer de datos de posicionamiento del entorno, y de su relación con el dispositivo que porta el usuario, pueden utilizarse diferentes estrategias, desde trazar levantamientos digitales y situarlos mediante técnicas de posicionamiento local (LPS o WLPS) y visión computerizada, hasta realizar, ya en la fase de proceso de datos, cruces de las imágenes recibidas con una base de datos accesible en red.

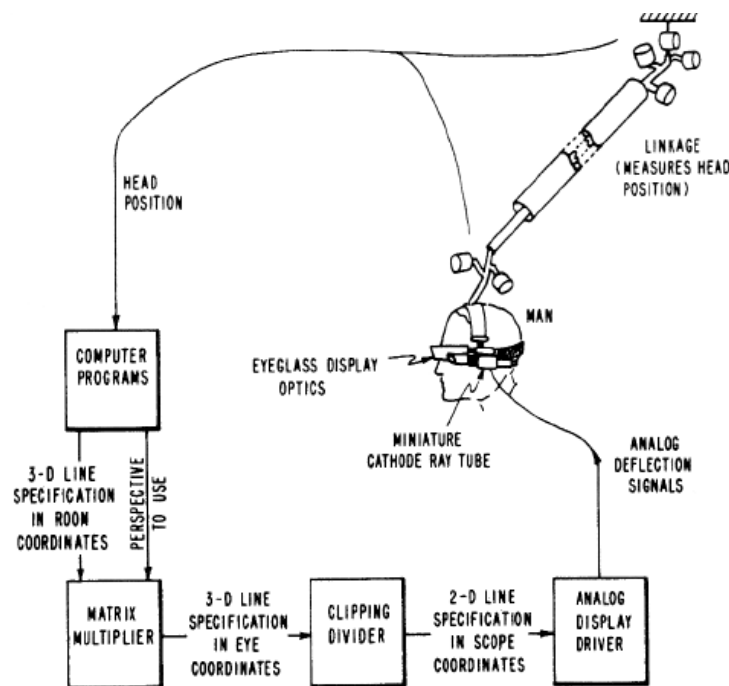


Figura 04. Esquema de funcionamiento de la visión mediante gafas de RA. [7]

En cualquier caso, los dispositivos móviles actuales necesitan, para poder posicionar un objeto con alta precisión, resolver una carencia inherente a su condición de aparatos monofocales: la captación tridimensional del espacio. Varias compañías trabajan en la resolución, a escala comercial, de estos dos problemas. Google ha abierto a desarrolladores el proyecto ATAP – Tango (www.google.com/atap/projecttango), un teléfono móvil con doble cámara capaz de mejorar la precisión de la condición tridimensional de la observación. Los sensores de Structure (www.structure.io) permiten ya, por vías similares, una captación espacial de alta precisión, aunque no es todavía apta para cualquier dispositivo de procesamiento. Prescindiendo de estas mejoras de carácter óptico, algunos desarrolladores han llegado a aproximaciones de cierta calidad simplemente empleando los sensores básicos (de gravedad y orientación) de un teléfono tipo: esta es la base de sistemas como los Gravity Aligned Feature Descriptors (GAFD, “descriptores de características alineados con la gravedad”) que permiten, mediante diferentes algoritmos, leer (esto es, interpretar) geometrías, sobre todo arquitecturas, desde su condición de objetos sometidos a la ley de la gravedad (Kurtz 2014, 161-166). Las aproximaciones que pueden realizarse desde sistemas como Metaio (www.es.metaio.com) son de este tipo.

3.2. Procesamiento

El procesado de estos datos requiere, como es lógico, de un software apropiado. La función de éste será doble: de un lado, la de lograr una conjunción suficiente de los datos de imagen y posicionamiento, esto es, la de conseguir una cierta comprensión de lo visualizado; de otro, la de integrar de forma cómoda y legible la información digital en el entorno-espejo de la realidad que nos muestra la pantalla del dispositivo.

La integrabilidad de la información es esencial en este momento del proceso. Como es lógico, si las capturas del entorno real se han realizado con vistas a un posterior solapamiento con determinada información, esta debe haber sido elaborada de forma coherente con el tipo de captura realizado. Así, una simple captación plana de imagen y posición permite el añadido de capas de RA de información plana, pero no de otro tipo: si intentáramos integrar información más compleja (una imagen tridimensional, por ejemplo) se rompería el efecto de credibilidad de la RA, la cuarta pared del

pequeño teatro en que convertimos nuestro dispositivo. Sin embargo, una captación tridimensional compleja posibilita capas de realidad aumentada más elaboradas, modelizadas también tridimensionalmente y, por ello, mucho más realistas.

Partiendo de unos datos correctos y de una información integrable y ajustada, el procesamiento para RA es, a día de hoy, relativamente sencillo, y está tan estandarizado que numerosas compañías están empezando a ofrecer productos de gran calidad y a bajo coste. La principal dificultad que tradicionalmente enfrentaban los primeros sistemas era la de permitir cierta interactividad, incluyendo una óptima rapidez de manejo, para que la experiencia pudiera desarrollarse en tiempo real. Hace relativamente pocos años esto era difícil de asegurar para los aparatos móviles comerciales, pero la potencia de los procesadores actuales permite que, incluso en softwares diseñados para sistemas de muy alta precisión, la experiencia pueda ser aceptable. Es el caso de los softwares más habituales en las aplicaciones de RA actuales, como el conocido DART (Designer's Augmented Reality Toolkit, www.ael.gatech.edu/dart) que, aunque concebido originalmente para posicionamiento de muy alta precisión, con marcadores ópticos, permite operar en condiciones de menor exigencia sin dificultad.

3.3. Respuesta

La facilidad para el procesamiento está conduciendo a una gran variedad de formatos de respuesta. La información puede llegar al usuario a través de aplicaciones de realidad aumentada tipo navegador, como Acrossair (www.acrossair.com), capaz de integrar en el recorrido información procedente de Wikipedia, Google, Flickr, Panaromio o Twitter. En ejemplos como este, la capacidad de interacción con los objetos insertados es básica; cuenta., sin embargo, con muchas ventajas, la principal de las cuales es que es accesible para cualquier dispositivo. Las propuestas que más interesan a lo relacionado con la construcción arquitectónica son las que sí permiten la integración tridimensional del objeto, como Urbasee (www.urbasee.com), en el fondo similar a Metaio pero específica para arquitectura; esta y otras aplicaciones semejantes requieren, como es lógico, de dispositivos capaces de componer información tridimensional de la realidad observada.

Para el objetivo que nos hemos marcado en nuestro proyecto bastan aplicaciones que, como Acrossair, permitan la inserción de información en formato plano. Las más interesantes son las similares a la española Geo Aumentaty (www.geo.aumentaty.com), que permiten integrar la información a agregar en un sistema de geoposicionamiento de cierta precisión, y, además, diseñar itinerarios entre los ítems que se desea visitar.

4. La enseñanza de la realidad a través de la realidad aumentada

Por descontado, existen ya numerosos intentos de utilizar la RA como complemento formativo. E. Klopfer resumía en su "Augmented Learning: Research and Design of Mobile Educational Games" la mayor parte de las iniciativas en vigor hasta entonces, poniendo el énfasis en el potencial educativo de todo tipo de plataformas, incluidas las de videojuegos. En lo esencial, el autor defiende que "las tecnologías de la información han creado un complejo panorama intelectual que sólo puede ser navegado con un nuevo conjunto de habilidades, pero también han proporcionado los medios para aprender ese proceso de navegación, y al mismo tiempo hacer avances en los sistemas educativos. Mediante el uso de las nuevas tecnologías podemos involucrar a los estudiantes en problemas profundos, significativos, realistas y pertinentes, el tipo de problemas de colaboración compleja que los defensores de una reforma en la educación han estado pidiendo a gritos desde hace muchos años." [8].

Klopfer analiza una serie de casos de juegos educativos móviles desarrollados en los últimos años, y en particular algunos relacionados con la realidad aumentada, y argumenta que el empleo del contexto del mundo real permite integrar de forma natural un gran flujo de información, creando entornos educativos e interesantes atractivos para los alumnos. Para este autor las ventajas educativas de contar con un dispositivo portátil (su ubicuidad, su sensibilidad al contexto, su conectividad, su portabilidad) permiten emplearlo en el aprendizaje no sólo en la escuela primaria y secundaria, sino también en la enseñanza universitaria. Todo ello pondría a las aplicaciones de RA en una posición privilegiada en la tecnología educativa contemporánea.

Lo cierto es que el entorno virtual, o aumentado, resulta cada vez más familiar al alumno universitario medio. Experiencia docentes ya realizadas, tales como pedir al alumno que defina constructivamente un elemento que acaba de ver antes de cruzar la puerta del aula, muestran que el alumno es poco proclive a una "observación activa" de la realidad constructiva. Los detalles han pasado ante sus ojos,

pero en realidad no los han visto. Por el contrario, estos mismos alumnos han mostrado gran interés y capacidad al realizar búsquedas de información o presentaciones con nuevas tecnologías. Parece que los alumnos se desenvuelven mejor en el mundo virtual que en el real; debemos aprovechar esta vía para transmitir información y, en lo posible, conocimiento.

Por supuesto, este mundo virtual tiene una serie de importantes carencias (tales como la ausencia de tamaño o de escala, o la de no estar sometido a idénticas leyes físicas) y transmite al alumno una engañosa sensación de control y de ausencia de dificultades. Todo esto lo hace poco apropiado para transmitir de forma plena un "oficio", como se proponía en los primeros párrafos. Sin embargo, el empleo de la RA en la enseñanza de la construcción arquitectónica puede ser un complemento más, que permita, en lo posible, completar el catálogo de ayudas prácticas.

5. La propuesta del grupo “La RA en la enseñanza de la construcción arquitectónica”

La propuesta del grupo de innovación educativa del que los autores del presente artículo formamos parte pretende emplear la RA, en su forma “ligeramente aumentada”, en la mejora de la enseñanza práctica de la construcción de un modo muy sencillo.

Se pretende crear un pequeño catálogo de información sobre edificios del entorno cercano a la zona de estudios, en este caso la Ciudad Universitaria de Madrid. Dicha información se organizará en un conjunto de fichas, ligadas cada una de ellas a una situación geográfica concreta. El formato de las fichas será tal que permita su descarga y utilización a través de un teléfono móvil convencional: se pretende que no sea una aplicación ligada a una marca. La información, que llegará al dispositivo a través de una aplicación de geoposicionamiento, será muy sencilla, consistiendo en una imagen general del edificio, una marca del punto que se debe observar, una imagen del detalle de dicho punto y una información de texto lo suficientemente breve y condensada como para poder ser leída en el momento y utilizada como guía para la observación del detalle. Dicha información se complementará con una serie de enlaces virtuales que permitan ampliar la información posteriormente, cuando el alumno se encuentre de vuelta en su lugar de estudio. Toda esta información, como puede entenderse, no es muy diferente de la que tendríamos en una visita guiada a un museo. Y esa es la intención de la aplicación que proponemos: convertir la realidad constructiva, por vía de las aplicaciones de RA, en un museo guiado.

Los detalles del sistema están aún en fase de desarrollo. En esta primera fase, el trabajo de selección de edificios, detalles y elaboración de textos será realizado por los docentes integrados en el grupo de investigación, ayudados en la labor de formateo e inserción de las fichas por un becario. El modo en que se realizará la georeferenciación está aún en estudio, dado que se pretende sea accesible desde cualquier móvil y que utilice software de dominio público. En cuanto a su ubicación física, las fichas integrarán una base de datos ubicada en el servidor del Departamento de Construcciones Arquitectónicas y su Control de la ETSEM

Una vez completada y en funcionamiento la base de datos se dará acceso a los alumnos de las diferentes asignaturas implicadas, y se les invitará a hacer uso de ella. A aquellos alumnos que demuestren más interés en su utilización se les ofrecerá la posibilidad de colaborar en la elaboración de la información ampliada, aquella a la que se accedería a través de los enlaces virtuales. Entre esta información estaría la interpretación constructiva que los alumnos hagan del detalle en cuestión, así como los comentarios al respecto hechos por el profesor. Finalizada la experiencia, entre el grupo de alumnos implicados se ha previsto hacer una prueba para evaluar la utilidad del método propuesto, así como un test en que los propios alumnos autoevalúen hasta qué punto la actividad les ha resultado beneficiosa en su aprendizaje.

* * *

La intención declarada de esta iniciativa es la de dotar al alumno de una herramienta virtual que le permita, a través de un aparato tan familiar para él como su teléfono móvil, tener información instantánea y ampliada de los aspectos constructivos de un cierto número de edificios de su entorno cercano. Se trataría, en definitiva, de una más de las múltiples "apps" que el alumno tiene disponibles.

Buscamos, con ello, poner al alumno frente a la realidad del hecho constructivo, pero utilizando las nuevas tecnologías, en concreto la realidad aumentada y la georeferenciación, como caballo de Troya para atraer al alumno hacia una actitud de "observación activa" de los elementos constructivos que tiene delante, y sobre los que estamos llamando su atención. Pretendemos, en definitiva, utilizar las herramientas del mundo virtual para atraerle hacia el mundo real.

6. Citas y Referencias bibliográficas

- [1] García Morales, M. 1990. *El aparejador en el siglo XVII*. COAATM. Madrid, España.
- [2] Milgram, P.; Kishino, F. 1994. "A taxonomy of mixed reality visual displays" *IEICE Transactions on Information Systems*, Vol E77-D, No.12 - December The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers. pp 1321-1329.
- [3] Klopfer, Eric. 2008. *Augmented Learning: Research and Design of Mobile Educational Games*. The MIT Press. Cambridge, Massachussets.
- [4] Sutherland, I.E. 1968. "A Head-Mounted Three Dimensional Display" *Proceedings of AFIPS'68*. December 9-11. ACM New York, USA. pp 757-764.
- [5] Siltanen, S. 2012. *Theory and applications of marker-based augmented reality*. VTT – Science 3. Espoo, Finland.
- [6] Ibid. 20.
- [7] Sutherland 1968, 296.
- [8] Klopfer 2008, 8.