

Realidad aumentada para el diseño urbano. Un estudio de caso en el proyecto del Centro Cultural Universitario en Guadalajara. México / *Augmented Reality for Urban Design. A case study in the University Cultural Centre project in Guadalajara. Mexico*

Mesa temática para presentar la ponencia: Las TIC en la arquitectura y el urbanismo. Representación, visualización y modelado de la realidad.

Alberto Peredo Pozos/Ernesto Redondo Domínguez. Maestro/.Profesor Titular de Universidad

CUAAD-UDG. Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño. COLEGIO DEPARTAMENTAL DE PROYECTOS URBANÍSTICOS. Universidad de Guadalajara. México / ETSAB-UPC. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. Laboratorio de Modelado Virtual de la Ciudad LMCV. Universidad Politécnica de Cataluña. España.

CUAAD. Extremo Calzada independencia. Nte. 5075. Huentitán El Bajo, Guadalajara, Jalisco, México
Email: mpegpau@cuaad.udg.mx.

Resumen:

La realidad aumentada es uno de los nuevos recursos que las TIC's nos ofrecen para la visualización de modelos digitales, cuya principal característica es fundir los objetos 3D con el entorno real de forma interactiva. Esta posibilidad, en el caso de los modelos urbanos, elimina la tarea de generar virtualmente entornos complejos centrando todos los esfuerzos en representar exclusivamente y la intervención concreta para evaluar sobre el terreno como se apreciaría dicha propuesta de diseño en un futuro próximo y realizar los correspondientes ajustes en la fase de proyecto. En nuestro caso nos hemos centrado en el Centro Cultural Universitario de la Universidad de Guadalajara, México, en el que hemos realizado una investigación docente sobre las experiencias y trabajos de un grupo de 24 alumnos de la Maestría en Procesos y Expresión Gráfica en la Proyección Arquitectónica Urbana celebrado los días 21 al 25 de junio de 2010.

Nuestro objetivo era evaluar la posibilidad de utilización de esta tecnología en ambientes exteriores implicándola en procesos de diseño urbano, experiencia docente hasta ahora no documentada. En segundo lugar se han utilizado aplicaciones de Realidad aumentada de bajo coste, en principio pensadas para ambientes interiores o museos, pero con las que hemos desarrollado estrategias que han demostrado que ser aptas para ambientes urbanos. Dichas aplicaciones se ejecutan sobre ordenadores portátiles convencionales con ayuda de cámaras web. El ajuste y ubicación de los modelos virtuales sobre el terreno se lleva a cabo mediante marcadores.

En tercer lugar se ha desarrollado un trabajo multidisciplinar en el que diversos diseñadores gráficos, industriales, arquitectos y urbanista, en forma conjunta han ensayado la viabilidad de esta tecnología para el desarrollo de proyectos urbanos. Para ello tomando como base la documentación el proyecto cuya realización está prevista para los próximos años 2011-12 en Guadalajara México, objetivo estratégico de la UdG, se han desarrollado diversos proyectos e intervenciones virtuales generados a partir de equipos de trabajos pluridisciplinarios de alumnos de la Maestría.

Hemos demostrado la versatilidad de esta nueva herramienta para ajustar la escala de los diferentes objetos de diseño urbano y las intervenciones puntuales al lugar concreto, posibilitando la definición precisa de los mismos y su correcta relación con el entorno, premisas fundamentales de todo proyecto. La experiencia educativa por su parte ha sido evaluada mediante una encuesta para valorar el grado de satisfacción, utilidad y aprovechamiento por parte de los alumnos, habiendo coincidido mayoritariamente todos y en forma muy satisfactoria, la experiencia.

Palabras clave: Investigación docente. Realidad aumentada, Diseño urbano.

1. Introducción:

El diseño de espacios exteriores, el de los elementos de mobiliario urbano, su señalización, etc. es una de las competencias y habilidades que ha de adquirir en su formación académica el futuro arquitecto, urbanista, diseñador industrial o gráfico. La dificultad de diseñar objetos para ser percibidos desde múltiples puntos de vista o en visiones itinerantes, hace que la definición de su escala y tamaño, de su ámbito perceptivo, una de las principales dificultades y que a pesar de disponer, los profesionales implicados de un bagaje gráfico amplio, difícilmente pueden solventar esas carencias con los apuntes del lugar o los fotomontajes en base a imágenes fijas, incluso si estas son digitales y los objetos virtuales integrados en ellos, generados desde aplicaciones de *render* hiperrealistas. Se necesitan nuevas herramientas.

La docencia de estas competencias en nuestras universidades normalmente recurre a una base de referencias bibliográficas comúnmente aceptadas, K Lynch,(1960) G. Cullen,(1961) etc, los cuales plantearon, por una parte la parametrización de la percepción de la imagen de la ciudad en base a estudios estadísticos de origen gestáltico, definiendo sus componentes básicos, además de fijar los criterios que debía regir un diseño urbano cuidado hasta el más delicado detalle. Lo que sucede es que incluso en los textos y recomendaciones de Ashihara (1982), que sí logra definir las distancias óptimas de percepción y de los ámbitos en los espacios exteriores, la mayoría de estos autores fundamentalmente trabajaron sobre obras y ciudades construidas y no tanto sobre proyectos.

Por otra parte el fotomontaje arquitectónico de larga tradición desde principio del siglo XX, apenas ha superado, con ayuda de la imagen digital la intencionalidad y los problemas de encaje perspectivo y ajustes tonales del fotomontaje tradicional cuyo máximo exponente son los trabajos de Mies de 1921 para el rascacielos en la Friedrichstrasse de Berlín, o los trabajos de El Lissitzky, en 1925 para el edificio Der Wolkënbügel dibujando encima de fotografías con técnicas gráficas convencionales.

Más adelante las propuestas utópicas y los nuevos alardes tecnológicos unidos a la estética Pop de los años 60 en Europa y Japón dieron lugar a imágenes icónicas de estos montajes fotográficos en los que el color aportaba expresividad. (Moliner, 2010). Podemos citar en esta línea los trabajos de los colectivos Team X, Archigram o Superstudio. Recientemente las nuevas propuestas de fotomontajes digitales cuyos referentes contemporáneos son los trabajos de la última década de Nouvel, S. Hall, MVRDV Herzon & de Meuron etc, rompen con las tradicionales reglas perspectivas, para en collages pseudorealistas, (Redondo, 2008), intentar transmitir más la idea poética de sus proyectos que no su precisa futura apariencia formal.

Para intentar solventar las carencias antes citadas e incrementar las habilidades de los alumnos postgrado, algunos sin duda por edad nativos digitales (Premsky, 2001) pero la mayoría, por la fuerza de los acontecimientos, usuarios expertos de la infografía y de las técnicas gráficas tradicionales, planteamos una experiencia académica que busca por una parte incrementar sus competencias en el uso de la informática gráfica en un nuevo campo, la realidad aumentada, que posibilita gracias a los nuevos programas de coste cero con la posibilidad de ejecutarlos en ordenador portátiles visualizando modelos virtuales generados por múltiples aplicaciones comerciales, solventar las limitaciones del fotomontaje tradicional, permitiendo la posibilidad desde los primeros estadios del diseño, evaluar sobre su lugar de implantación definitiva, su escala, tamaño, etc. Y todo ello eficazmente, como se exige desde la posición de quien ya está trabajando en el mundo real. Pero además se pretende que reflexione y actúe sobre un encargo concreto, es

decir que apliquen esta tecnología para expresar intenciones y propuestas, lo cual redundaría en su formación personal.

Para ello planteamos un estudio de caso de implementación de estas nuevas metodologías en la docencia de Máster en un curso de alumnos de la maestría del CUUAD-UDG, y lo desarrollamos en ambientes exteriores, una opción hasta ahora descartada en la mayoría de los casos pues la mayoría de estos programas están pensados para ambientes interiores.

El cómo superar las dificultades para llevar a cabo estas experiencias con estudiantes que antes del curso desconocían la existencia de estas tecnologías; que tienen un perfil pluridisciplinar, pues el curso estaba dirigido a arquitectos, urbanistas, diseñadores gráficos e industriales; que se han de implicar en proyectos formando equipos pluridisciplinarios, ha sido el principal reto del curso el cual ha dado resultados muy positivos, como demostraremos con datos debidamente avalados con la evaluación estadística de los alumnos.

Los resultados de esta experiencia se quieren dar a conocer a la comunidad en este foro de debate en cuya mesa 3: Las TIC en la arquitectura y el urbanismo. Representación, visualización y modelado de la realidad, consideramos encajan adecuadamente pues el objetivo fundamental de este experimento docente es mejorar las capacidades perceptivas y gráficas así como el rendimiento profesional de nuestros alumnos, que con el perfil antes descrito, en el breve tiempo de desarrollo de un curso han logrado resultados más que sorprendentes, Para ello ha sido preciso mejorar y optimizar mucho los procesos docentes en el adiestramiento gráfico, a la vez que se explota la afinidad de los mismos hacia el medio digital en combinación con su formación académica básica. Es de esa fusión de experiencia previa y de la voluntad de aprender cosas nuevas, al que nos ha permitido avanzar tanto en tan poco tiempo merced al uso de procesos interactivos e híbridos.

Una vía de aproximación en esa línea de trabajo docente es el uso de las metodologías de Realidad Aumentada en pleno desarrollo en el campo de la ingeniería, y en concreto en diseño asistido por ordenador, pero no tanto en el de la Arquitectura y sobre todo con pocas referencias en el diseño de espacios exteriores. Nuestro propósito es evaluar cómo se pueden adaptar estas nuevas metodologías de realidad virtual a la docencia de los proyectos urbanos al mismo tiempo que se buscan alternativas a las metodologías docentes aplicadas hasta la fecha.

Esta ponencia pues consta pues de cinco secciones, la primera es esta introducción propiamente dicha, en la segunda se describe el estado de la cuestión de la realidad aumentada en general haciendo especial hincapié en su aplicación al diseño arquitectónico e industrial y al diseño de espacios urbanos. En la tercera se describe el estudio de caso llevado a cabo con los estudiantes de la maestría de la UDG, la cuarta es la valoración de los resultados obtenidos hasta la fecha, para concluir en la quinta sección con las conclusiones y discusiones así como propuestas de trabajo futuro.

2. Realidad aumentada en espacios exteriores. El estado de la cuestión.

El estado de la cuestión del uso de la Realidad Aumentada en el entorno arquitectónico, en base a nuestras experiencias en diversos procesos de intervención y diseño sobre modelos urbanos, lo hemos documentado en diferentes trabajos, (Redondo, 2010). No obstante la vertiginosa evolución de los acontecimientos hace que año tras año surjan nuevas propuestas e investigaciones.

En nuestro caso la propuesta inicial de realidad aumentada para arquitectos, paisajistas y

diseñadores, lo es en tanto que la realización de los primeros bocetos y estudios del diseño de un espacio exterior con sus mobiliario y señalización, son llevados a cabo íntegramente en un entorno digital. Esto unido al desarrollo de los ordenadores personales con capacidades gráficas muy altas y bajo costo; a la proliferación y mejora de las cámaras web y a la existencia de aplicaciones gratuitas de realidad aumentada que son capaces de visionar modelos 3d creados por las plataformas CAD más habituales, permite integrar todas estas nuevas tecnologías en las estrategias de diseño desde las fases iniciales del proyecto, interactuar con ellas sobre el terreno y poder ajustar y tomar las decisiones adecuadas para su correcta inserción.

El marco de referencia tecnológico así como el concepto de realidad virtual en sentido extenso, *Virtual Reality* (VR), fue definido por Milgram, J. (1994). En ese contexto histórico la *Augmented Reality* (AR), es decir el fundir realidad y virtualidad en tiempo real, se inició con los interfaces tangibles, *Tangible User Interfaces* (TUI) y los ActiveCubes táctiles propuestos por Ichida, H. (2004). El siguiente estadio, es decir, que el usuario viera directamente fundido sobre un entorno real objetos virtuales, fue el sistema holográfico *Bubble Cosmos* de Bimber, O. y Raskar, R. (2005) y el immersivo con visores montados en gafas y *trackers* de Cakmakci, O. del mismo año, para evolucionar luego hacia dispositivos semi-immersivos con visión polarizada, con unas gafas simples, que permiten objetos virtuales sobre una pantalla de ordenador convencional, lo que se conoce como la Virtualidad Aumentada y finalizar con los entornos íntegramente virtuales desde el punto de vista táctil y visual, la *Virtual Reality*, Realidad Virtual, tales como el CAVE, *Cave Automatic Virtual Environment*, o teatro virtual creado en 1992 por la Universidad de Illinois y que está en constante evolución, en un continuo evolutivo que se define como Realidad Mezclada o *Mixed Reality*

En el ámbito arquitectónico, los principales referentes son diversos y en concreto son fundamentales los trabajos de Malawi, A. y Srinivasan, B. (2004), en ambientes interiores, y Piekarski, W. desde 2001 con su proyecto Tinmith, en exteriores, siempre por eso en un entorno AR immersivo en el que se combina visión con información SIG y modelos 3D y equipos altamente experimentales. Otras propuestas semi-immersivas que integran AR sobre unas pantallas o bancos de trabajo en el estudio de modelos urbanos son el proyecto ARTHUR, de Broll *et al.* (2004) y la *Luminous Table* de Ben Joseph *et al.* (2001) o el *Sketchanhd + Benchworks* de Seichter, H (2005), quien combina diferentes dispositivos de entrada de datos en un teatro virtual. En el contexto latinoamericano podemos citar los trabajos de Portales y Giner (2005) en los que han aplicado la Realidad aumentada a diversas manifestaciones artísticas incluidas los montajes visuales en ambientes exteriores.

También podemos destacar los proyectos de AR aplicados a la construcción y su implementación en ambientes exteriores, así en el entorno de las obras públicas e ingeniería civil donde destacamos las aportaciones de, Behzadan y Kamat (2005), que permiten reproducir mediante animaciones, la construcción de infraestructuras en ambiente exteriores usando AR, En ese mismo entorno de aplicaciones destacamos los trabajos de Schall G *et al.* (2009) para la visualización de redes de infraestructuras y servicios urbanos.

En el caso de la docencia en el ámbito arquitectónica destacaríamos los trabajos de Salles, *et al.* (2003) aplicados a objetos simples así como los de Liarakapis *et al.* (2002) y Haller, M (2004) dedicados tanto al diseño de objetos como a otras aplicaciones docentes más generales. En el contexto docente arquitectónico, concretamente para la Ideación arquitectónica asistida mediante Realidad aumentada merece la pena destacar el trabajo en Granada de de Ruiz, A *et al.* (2004) Incluso se tienen referencias de estudios sobre la utilidad de estas tecnologías desde la perspectiva de las firmas profesionales de arquitectura por parte de Xiangyu, W, Ning, Gu (2008) que demuestran el interés mayoritario de los citados profesionales por las mismas. Pero siempre aplicados al diseño de formas y objetos arquitectónicos de pequeña escala i visionándose en ambientes interiores.

A la vista de estos antecedentes hemos querido ir un paso más allá planteando una versión actualizada del fotomontaje pero en su versión 3d, interactiva, dinámica y en tiempo real, usando dispositivos convencionales tipo ordenador portátil y programas gratuitos o de coste muy bajo. Una opción perfectamente accesible si se usan aplicaciones no inmersivas de AR que toman como base, *trackers* o etiquetas de posicionamiento, dado que vamos a mostrar vistas desde puntos fijos. Esta opción de mínimos y económicamente viable por parte de la mayoría de los recién egresados, es nuestra aportación y más concretamente, el traslado de estas tecnologías de la realidad aumentada a la enseñanza del de los Proyectos y Diseño Urbano en un curso Maestría con participación de alumnos de diferentes perfiles y la elaboración de proyectos en equipos pluridisciplinarios.

Dado que la docencia de los proyectos y el diseño urbano usando realidad aumentada y en ambientes exteriores, es una experiencia no documentada pero que se puede considerar obvia si se entiende la tecnología gráfica subyacente y la tradición de los fotomontajes arquitectónicos desde que se inventó la fotografía comercial. En este caso se va un paso más adelante y en vez de generar imágenes fijas, renders de calidad e hiperrealistas, que es lo que hasta se viene realizando hasta ahora por medios digitales, se generan fotomontajes en 3d e interactivos explotando al máximo las prestaciones de los nuevos programas de realidad aumentada y de los dispositivos portátiles. Netbook y en las que se describe paso a paso el proceso de realización de un boceto de diseño urbano con un rango de verosimilitud en su ajuste formal final muy alto, recuperando la tradición experiencia y utilidad de los fotomontajes arquitectónicos pero en clave digital y combinar esta información con otras aplicaciones de CAD y modelado 3D y sobre todo su implementación en tiempo real mediante la realidad aumentada usando dispositivos móviles y aplicaciones de bajo coste.

Nuestro objetivo es demostrar la utilidad y ventajas de estos dispositivos en este tipo de docencia donde la agilidad y rapidez de respuesta permite abordar problemas de escalas muy diversas. Así podemos trabajar sobre modelos 3d simples georeferenciados a escala urbana y descender al diseño de objetos de mobiliario urbano y posicionarlos y escalarlos adecuadamente, en cualquier momento. Un proceso de realización de un boceto de diseño urbano con un rango de verosimilitud en su ajuste formal final muy alto.

3. Metodología. Estudio de caso.

A continuación describimos el estudio de caso de integración de estas tecnologías y estrategias a la docencia del Paisaje Urbano y los proyectos de Arquitectura. La metodología de estudio empleada es la habitual en la evaluación educativa desde que (Stake, 1981); la implementó. En nuestro trabajo, el caso se centra en un grupo de alumnos concretos de la Maestría en Procesos y Expresión Gráfica en la Proyección Arquitectónica Urbana, impartida en el Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño de la Universidad de Guadalajara durante los días 21 1 25 de junio de 2010; un grupo pluridisciplinar de 24 licenciados en arquitectura, urbanismo, diseño gráfico e industrial sobre los que hemos ensayado estas propuestas docentes de forma estructurada buscando una valoración cuantitativa y cualitativa de los resultados a partes iguales.

El temario desarrollado consistió en una combinación de clases teóricas y de prácticas de laboratorio en el propio centro y en el exterior del mismo, concretamente en el Centro Cultural Universitario de la Universidad de Guadalajara, México, donde se ha planteó un trabajo en equipos pluridisciplinarios en los que se integraran, licenciados de todas las áreas para desarrollar en primer lugar un modelo urbano del anteproyecto inicialmente previsto, en el que ellos debían realizar diversas aportaciones concretando el diseño de fachadas de los edificios previstos alrededor de la plaza pública central,

proponiendo además elementos de mobiliario urbano, esculturas, diseño gráfico, señalética e imagen corporativa para acabar de configurar el espacio público.

En ese sentido consideramos que con esta experiencia vamos un paso más allá de los actuales fotomontajes digitales que no han superado salvo por el color y realismo de los modelos insertados, a los fotomontajes arquitectónicos tradicionales. Aunque recientemente, merced a esa misma tecnología de la imagen digital y los metadatos EXIF es perfectamente posible deducir la estructura visual de una fotografía, su focal e insertar en él un objeto virtual de forma ágil, pero son siempre imágenes fijas, no video.

La segunda aportación es la de realizar todos estos procesos con aplicaciones informáticas libres, o *low cost* como Ar-media, BuildAr o Mister Planet, generando los modelos virtuales también sobre plataformas también gratuitas o con licencia educacional además de con la posibilidad de ser visionados en dispositivos personales tipo *Netbook*. No hemos localizado material docente en este sentido ni referencias en aplicaciones al diseño de espacios exteriores por lo que hemos debido desarrollar nuevas metodologías.

La valoración del proceso y de la experiencia docente en su conjunto la hemos llevado a cabo en base a un cuestionario que contenía preguntas relativas al grado de satisfacción del sistema, a la utilidad del mismo, la valoración global y sobre todo si el método ayudaba al alumno a mejorar las competencias y habilidades con la informática gráfica, más allá de actuales conocimientos, pues no ha que perder de vista que todos eran recién egresados, en consecuencia usuarios habituales de los ordenadores personales y de Internet 2.0.

Se valoraba además su percepción sobre su mejora en el análisis, descripción y recreación de ambientes arquitectónicos. Las respuestas de los alumnos a las diferentes preguntas se puede observar en los gráficos adjuntos. También se dejó un espacio para que se hicieran comentarios libres.

El tema central del curso es el proyecto de Centro Cultural Universitario de Guadalajara, Jalisco, México, cuyo emplazamiento se encuentra en estos momentos en plena fase de realización de las obras de urbanización básica estando más avanzado el edificio de la futura biblioteca. Del resto no existe ninguna otra definición que su volumetría y se están empezando a adjudicar los diferentes proyectos.



Plan maestro y dibujos acuarelas de Cesar Pelli, autor del plan.



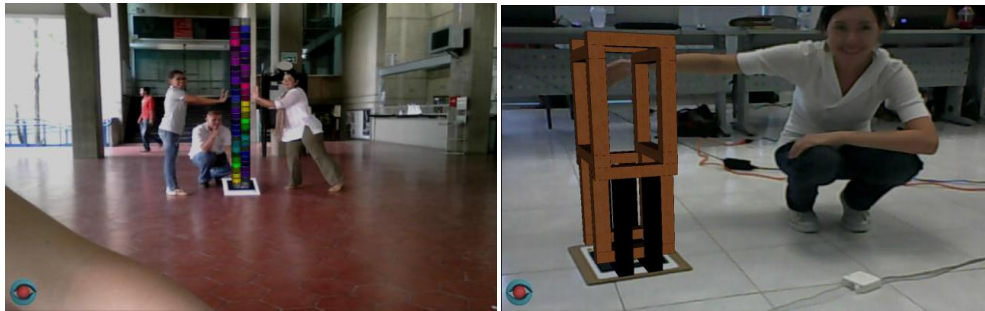
El auditorio Telmex i la biblioteca en construcción.

Para abordar proyecto que desarrollamos con un grupo de 24 alumnos, se programaron 4 clases teóricas de una hora y media y 15 horas de prácticas en el aula, repartidas en cuatro sesiones durante una semana. Como introducción a una de las sesiones se procedió a una visita comentada al lugar, momento en que los estudiantes tomaron imágenes del lugar. Con posterioridad se programó una conferencia de la Dra. Adriana Olivares que puso en su contexto político y académico el anteproyecto del Centro Cultural tras lo cual se inició un trabajo de modelado urbano rápido, completado con la inserción de imágenes urbanas seleccionadas de la misma Guadalajara.

Sobre esta base se definieron ámbitos de trabajo para cada equipo y a partir de ahí cada grupo desarrolló un proyecto de ambientación urbana que incluída el diseño de las fachas anexas a la zona, su amueblamiento urbano así como la identidad corporativa. Los objetos diseñados se visionaron mediante AR en el exterior y en vestíbulo del CUUAD para una primera evaluación tras lo cual finalizó el curso ordinario momento en el que los estudiantes ya tuvieron que actuar por su cuenta sobre el terreno del proyecto para ensayar el ajuste de los elementos en el mismo.

En esta fase se acordó centrarse en la zona del auditorio Telmex que actuó como referencia y escala para insertar en ellos los modelos virtuales compartiendo los trabajo *on line* en el foro creado a tal efecto y por *email* con los encargados del curso finalizando con la entrega y la evaluación de los trabajos vía Internet.

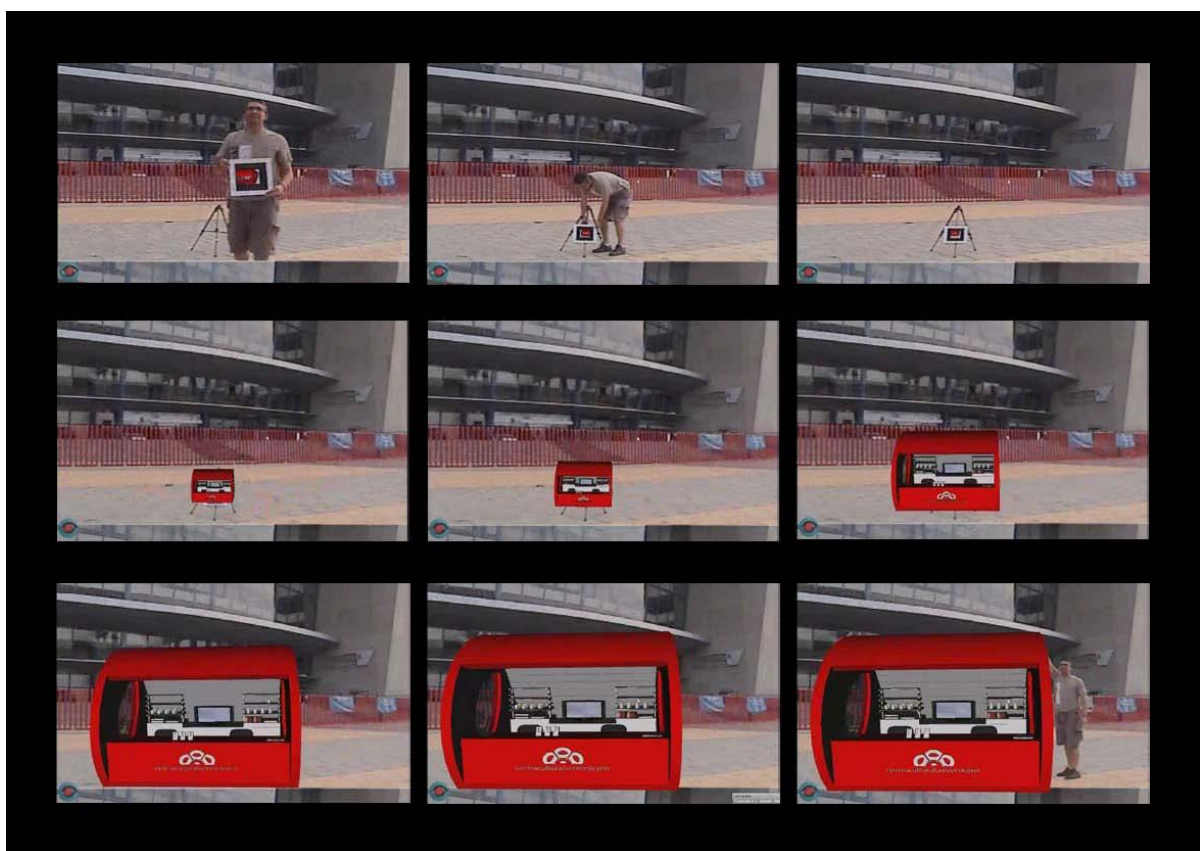
Los resultados que ilustran estas páginas son en primer lugar del diseño conjunto con los nuevos cerramientos de los edificios, proyectados por el momento tan sólo a nivel de volumetrías normativas, seguido de los ensayos de visualización de los modelos mediante AR en el propio centro, así como los primeros intentos llevados a cabo sobre el mismo lugar en el que procuró, como hemos expuesto y dado que no existen más edificios de referencia reales, que apareciera el Auditorio Telmex de Guadalajara, como referencia visual, ya que este edificio junto con la biblioteca en construcción son los hitos visuales del conjunto. Esa estrategia permite ajustar, en el caso de los modelos escultóricos y de mobiliario urbano, ajustar sus dimensiones a los ámbitos que los van a acoger, a detectar sus posibles visuales dominantes.



Diversos trabajos de los estudiantes del curso.

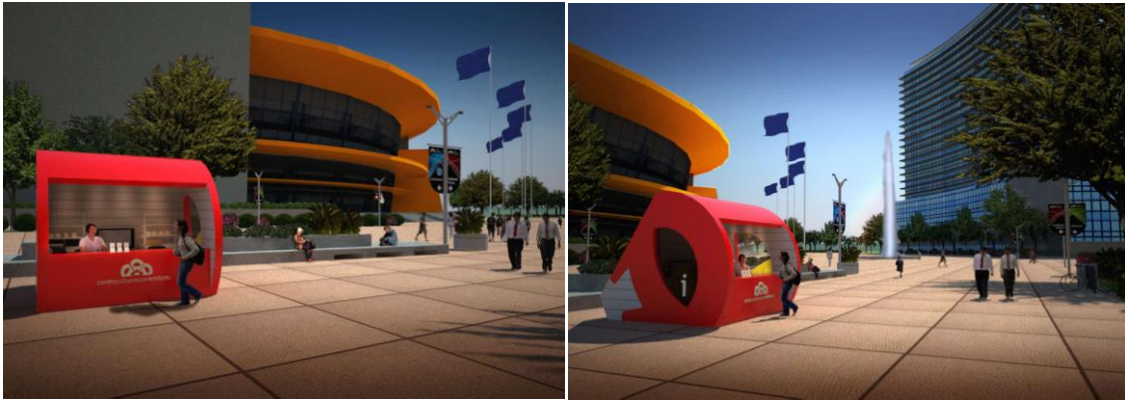
El proceso de visualización sobre el terreno se llevó a cabo mediante ordenadores personales y cámaras web con ayuda de *trackers* de posicionamiento, los cuales no están inicialmente diseñados para su observación en espacios interiores pero que hemos logrado sean perceptibles en ambientes exteriores hasta 25 metros de distancia, manteniendo su efectividad. Para obtener imágenes de video de las visiones se capturó la imagen desde una cámara video Sony Handicam CCD-TRV-138 y una tarjeta gráfica especializada en captura de video Dazzle Hollywood DV conectada a un laptop HP Pavilion dv 2125 LA.





Trabajos de Edgardo Liceaga y Natalia Correa.

Estos ensayos han permitido evaluar, por ejemplo la implantación de los posibles nuevos quioscos de información e identidad gráfica corporativa, diseñados por los propios alumnos en la primera parte del curso.



4. Evaluación del estudio.

La valoración del proceso y de la experiencia docente en su conjunto la hemos llevado a cabo en primer lugar en base al seguimiento el curso que ha sido general, con asistencia en el aula superiores al 95% así como en la fase final. La calidad y la valoración de los ejercicios finales, la ilustramos en las páginas precedentes. No obstante la valoración más objetiva la hemos llevado a cabo en base a un cuestionario que contenía preguntas relativas al grado de satisfacción del sistema, a la utilidad del mismo, la valoración global y sobre todo si el método ayudaba al alumno a mejorar las competencias y habilidades con la informática gráfica, más allá de actuales conocimientos, pues no ha que perder de vista que todos eran recién egresados y de edades muy jóvenes en definitiva casi nativos digitales en consecuencia usuarios habituales de los ordenadores personales y de Internet 2.0. y cualquier novedad en ese sentido les atrae por principio.

Se ha valorado así además de su percepción sobre su mejora en el análisis, descripción y recreación de ambientes arquitectónicos. La valoración objetiva del proceso desarrollado la hemos realizado en base a las respuestas a la encuesta anónima que se repartió entre los alumnos en las que se pedía su opinión acerca de: 1. Grado de satisfacción. 2. Utilidad. 3. Su opinión sobre la utilidad de estas nuevas metodologías respecto a su ejercicio profesional, en una escala de 1 a 5. Además se le pidieron propuestas de mejora. Las respuestas de los alumnos a las diferentes preguntas cuya cuota de participación en el cuestionario fue de 67 % se sitúan en todas las respuestas por encima de 94% en la máxima valoración.

Ha sido en la parte libre del cuestionario donde se ha detectado la especial sensibilidad de los diferentes colectivos profesionales, siendo los diseñadores gráficos los que han valorado menos bien el trabajo ya que su participación se vio supeditada al trabajo previo de los demás compañeros. También se han recogido manifestaciones pidiendo acceder al equipamiento informático del CUAD; disponer de mayor tiempo para trabajar y reunirse y sobre todo se reclamó la posibilidad de trabajar en sus proyectos de investigación personales dentro de la Maestría y que el curso y la experiencia durará mucho más.

5. Conclusiones, discusión y trabajo futuro.

Como conclusiones preliminares de nuestro trabajo, a la vista de la experiencia adquirida y como líneas de trabajo futuro debemos destacar:

En el Estudio de caso, ha quedado demostrado que los dispositivos móviles tipo laptop equipados con cámaras web y las aplicaciones de realidad aumentada de bajo coste o gratuitas son un sustituto

más que aceptable de las técnicas tradicionales del fotomontaje permitiendo la visión dinámica de los objetos sobre el lugar concreto de su futuro emplazamiento incluso si es un ambiente exterior. Que tales metodologías tienen mucho interés pedagógico, son fáciles de aprender y despiertan el interés de los alumnos, siendo además aptas para la práctica y la docencia en nuestras facultades merced a los programas y dispositivos de bajo coste.

A la vista de los resultados obtenidos, estas estrategias permiten incrementar el aprovechamiento y rendimiento académico y profesionales de los alumnos acortando periodos de desarrollo de los proyectos urbanos y potenciando su creatividad ya sea en el caso de arquitectos, urbanistas, diseñadores, etc.

Nuestro futuro trabajo consiste en avanzar en la implementación de estas metodologías pero avanzando en vías menos propedéuticas y más experimentales. En esta línea estamos desarrollando diversos Proyectos de investigación que se encuentran en estos momentos en pleno proceso de desarrollo.

Referencias Bibliográficas

Ashihara, Y. (1982) *El diseño de espacios exteriores*, Ed Gustavo Gili, 1992.

Behzadan A.H., and Kamat V.R. (2005), "Visualization of Construction Graphics in Outdoor Augmented Reality", Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference, Orlando, FL

Ben-Joseph, H. Ishii, J. Underkoffler, B. Piper y L. Yeung E. (2001) *URBAN Simulation and the Luminous Planning Table: Bridging the Gap between the Digital and the Tangible* por E. Ben-Joseph, H. Ishii, J. Underkoffler, B. Piper y L. Yeung. Journal of Planning and Education Research, (21): Cincinnati USA 196-203, 2001.

Bimber, O. y Ramesh, R. (2005) *Spatial Augmented Reality. Merging Real and Virtual Worlds*. Natick MA. Ed. Peters A.K. Natick MASS USA, . 392 p.

Broll, J., Lindt, J. Ohlenburg, M. Wittkämper, C. Yuan, T. Novotny, C. Mottram, (2004) *ARTHUR: A Collaborative Augmented Environment for Architectural Design and Urban Planning* en: International Conference on Humans and Computers (7ª, 2004.). Taiwan. Proceedings of Seventh International Conference on Humans and Computers, New Jersey USA , pp. 102-109.

Cullen, G. (1961) *The concise landscape*. Architectural Press. London.

Haller, M (2004). "Mixed Reality @ Education", in *Multimedia Applications in Education Conference, MApEC 2004*.

Ishii, H. y Ullmer, B. *Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits, and Atoms*. En: SIGCHI conference on Human factors in Computing (1997, Atlanta GA. USA). Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in Computing, Gaithersburg, Maryland, USA , pp. 234-241.

Liarokapis, F, Moukoussi, N et al. An interactive augmented reality System for Engineering Education, (2002) 3er Global Congress on Engineering education, Galsgow, UK. June.

Lynch K. (1960) *La imagen de la ciudad*, Ed- Gustavo Gili Barcelona.

Mlkawi, A. y Srinivasan, R. (2004) *Building Performance Visualization Using Augmented Reality*. En: International Conference on Computer Graphics and Vision (14º, 2004), Bory CZ Rep. Proceedings of the Fourteenth International Conference on Computer Graphics and Vision, Bory CZ. pp. 122-127.

Milgram, J. y Takemura, H. (1994) *Augmented Reality: A Class of displays on the Reality-Virtuality Continuum*.

Moliner, X. (2010) El fotomuntatge arquitectònic. El cas de Mies van der Rohe. Tesis doctoral, Universidad de Girona. España.

Piekarsky, W. y Thomas, B. (2001) *Tinmith-Metro: New Outdoor Techniques for Creating City Models with an Augmented Reality Wearable Computer*. En: 5th International Symposium on Wearable Computers (1º, 2001,) Zurich, CH , pp. 31-38.

Portales, C. y Giner, F.(2005) *Back to the 70's*. En: International conference on advanced in Computer entertainment Technology ACE 05 2005, Valencia, España) New York USA ACM. Pp 356-357.

Premsky, M. (2001). *Digital Natives, Digital Immigrants*, FMCB University Press.

Redondo, E. Y Monedero, J. (1992). Electronic Collage. *CAAD Instruction: The New Teaching of an Architect? eCAADe Conference Proceedings*. Barcelona. Ed. ETSAB- UPC; 241-250.

Redondo, E. (2008). El dibujo híbrido. Explorando los límites del Dibujo arquitectónico. *Actas XII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*. Madrid. Ed. Rabassa Díez, ETSAM, UPM; 677-684.

Redondo E. (2010). Intervenciones virtuales en un entorno urbano. La recuperación de la trama viaria del barrio judío de Girona". *ACE: Architecture, City and Environment*. 12; 77-99.

Ruiz, A., Urdiales, C. Fernandez Ruiz, J., Sandoval, F (2004) ., Ideación Arquitectónica Asistida Mediante Realidad Aumentada XIV Jornadas Telecom I+D 2004. Madrid, Málaga, Barcelona y Valencia. Ministerio de Industria, Universidad Carlos III de Madrid, Escuelas Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de Madrid y de la UPC, y de Valencia. 23, 24 y 25 de Noviembre de 2004.

Schall, G, Mendez, E. Kruijff, E. (2009) Handheld Augmented Reality for underground infrastructure visualization. *Pers. Ubiquit Comput*. N. 13 pp 281-192.

Seichter, H. y Schnabel, (2005) M.A. *Digital and Tangible Sensation: An Augmented Reality Urban Design Studio*. En: International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia (10ª, 2005,). Delhi. India. Proceedings of the 10th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, vol. 2. Delhi , pp. 193-202, 2005.

Seuchter, H. (2003) *Sketchand+ a Collaborative Augmented Reality Sketching Application*. En: International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia (8º, 2003). Proceedings of the 8th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, Bangkok, Thailand , pp. 209-222.

Seuchter, H. (2003) *Sketchand+ a Collaborative Augmented Reality Sketching Application*. En: International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia (8^o, 2003). Proceedings of the 8th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, Bangkok, Thailand , pp. 209-222.

Stake, R.E. (1981). Case study Metodology: An Epistemological Advocacy. A W.W. Welsh (ed.) Case study Methodology in Educational Evaluation. *Proceedings of the 1981 Minnesota Evaluation Conference*. Minneapolis.

Sutherland, I.E.(1968) *A Head-Mounted Three-Dimensional Display*. En: Fall Joint Computer Conference San Francisco CAL.1968, . AFISP'68 Proceedings of the Fall Joint Computer Conference, Vol. 33, Part 1. Ed. ACM New York , pp. 757-764.

Wang, X. y Dunston, P.S. (2006) *Compatibility issues in Augmented Reality systems for AEC: An experimental prototype study*. En: Automation in Construction 15 (3): Ed Elsevier. UK. pp. 314-326, 2006.

Xiangyu, W. Ning GU, L. Marchant, D. (2008)An empirical study on designers' perception of augmented reality within an architectural firm. ITcom Vol 13 pp 536-552