ACE 12

Electronic offprint

Separata electrónica

INTERVENCIONES VIRTUALES EN UN ENTORNO URBANO. LA RECUPERACIÓN DE LA TRAMA VIARIA DEL “CALL”, BARRIO JUDÍO DE GIRONA

ERNEST REDONDO DOMÍNGUEZ

ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y Entorno [en línea]. 2010, Año 4, núm. 12 Febrero. P. 77-99

ISSN: [1886-4805](https://doi.org/10.18866/1886-4805)

Website access: http://www-cpsv.upc.es/ace/Articles_n10/Articles_pdf/ACE_12_SA_14.pdf

UPCommons Access: <http://hdl.handle.net/2099/8554>

ACE

Architecture, City, and Environment
Arquitectura, Ciudad y Entorno

C

VIRTUAL INTERVENTIONS IN AN URBAN ENVIRONMENT. RECOVERY OF THE ROAD PLOT OF THE "CALL", JEWISH NEIGHBORHOOD OF GIRONA.

Key words: Girona-jewish quartier, 3d city models, architectural digital sketch-SBIM, Augmented Reality-Architectural applications.

Abstract

The Call of Gerona, its Jewish quarter, is one of the most important monumental sites in Catalonia, characterized by its narrow streets. Moreover, the city has a special geographic information system, the Municipal Territorial Analysis Unit (UMAT), which contains digitally mapping the entire city with it.

On the environment and area information, we develop an applied research founded first in a work of analysis and study of bibliographical sources, cartographic and historical development in historic urban area and, secondly, in the application of modern techniques of representation SBIM (Sketch Based Interface and Modeling) and AR (Augmented Reality). Fusing all these records is launched the hypothesis that it is possible to extend the existing lanes trace through the cataloguing and mapping of two new medieval alleys.

INTERVENCIONES VIRTUALES EN UN ENTORNO URBANO. LA RECUPERACIÓN DE LA TRAMA VIARIA DEL “CALL”, BARRIO JUDÍO DE GIRONA.

REDONDO DOMÍNGUEZ, Ernest¹

Remisión inicial: 22-7-2009

Remisión definitiva: 11-1-2010

Palabras Clave: Call-Barrio Judío de Girona, modelos urbanos 3D, bocetos arquitectónicos digitales, realidad aumentada.

Resumen

El *Call* de Girona, su barrio judío, es uno de los conjuntos monumentales más importantes de Cataluña, caracterizado por sus estrechas callejuelas. Por otra parte, la ciudad dispone de un extraordinario sistema de información geográfica, la Unidad Municipal de Análisis Territorial (UMAT), donde se recoge digitalmente toda la cartografía urbana de la misma.

Figura 1. El Centro histórico de Girona y el “Call”

Fuente: Web del Ayuntamiento de Girona.

Tomando como entorno esta zona e información, se propone el desarrollo de una investigación aplicada fundada primero en un trabajo de análisis y estudio de las fuentes bibliográficas, cartográficas e históricas en materia de desarrollo histórico-urbano de la zona y, en segundo lugar, en la aplicación de las modernas técnicas de representación SBIM (*Sketch Based Interface and Modeling*) y AR, (*Augmented Reality*).

¹ **Ernest Redondo:** Profesor Titular de Universidad. Departament de Expressió Gràfica Arquitectònica I, Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, España.
Email de contacte: ernesto.redondo@upc.edu

Fundiendo todos estos registros se lanza la hipótesis de que es posible ampliar la traza de callejuelas actualmente existentes mediante la catalogación y levantamiento de dos nuevos callejones, los situados en los puntos 1 y 2.

Figura 2. Localización de los futuros callejones 1 y 2

Fuente: Cartografía de base Web del Ayuntamiento de Girona.

1. Introducción

Cuando se plantea la realización de una investigación dentro del ámbito del área de conocimiento de Expresión Gráfica Arquitectónica (EGA) y, sobre todo, cuando se quiere incidir en las aplicaciones informáticas, hay que tener en cuenta que en el campo de la infografía, por mucho interés que se ponga, hay que reconocer que casi siempre tendrá que ser una investigación aplicada, pues no se dispone de suficientes conocimientos informáticos a nivel puntero como para proponer auténticos avances. A eso se dedican los informáticos.

En el otro extremo, el terreno seguro es el de la investigación historiográfica o del levantamiento y análisis arquitectónico, según una metodología ampliamente contrastada en la que lo básico es encontrar un tema-edificio original con posibilidad de documentarse. No obstante se considera que existe un ámbito intermedio en el que se puede aportar algo nuevo, original y útil a la comunidad científica informática a la vez que se hacen aportaciones desde el punto de vista arquitectónico o urbanístico a la propia área de conocimiento.

En ese contexto se presenta este trabajo de investigación original, a modo de una primera aproximación a una investigación más profunda y de mayor alcance, que en su vertiente histórico urbanística aporta la catalogación y documentación gráfica de dos nuevas callejuelas en el “Call” de Girona, de gran interés y de las que no existe ninguna referencia en la cartografía oficial del municipio y tan solo alguna alusión, en tanto que posibles pasos en el planeamiento urbano, pero con evidentes imprecisiones en su definición geométrica y ámbito.

Una de ellas está en la actualidad totalmente oculta bajo un edificio deshabitado y la otra es apenas apreciable desde alguna ventana superior, permaneciendo como un patinejo de ventilación desde hace muchos años. Ambas no obstante son recuperables y mejorarían, de

hacerse practicables, la comunicación del núcleo histórico estudiado aportando interés y más carisma a la zona, pues, salvo pequeñas intervenciones, se encuentran en un estado muy próximo al original, lo cual además añade un alto valor simbólico a su apertura al tener que demoler parte del muro que rodeaba el gueto en 1492.

Figura 3. Los callejones a recuperar en su estado actual

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, la investigación aplicada en el área de la informática gráfica arquitectónica ha sufrido en los últimos años un gran salto cualitativo y en esta línea se proponen dos nuevos avances, primero ensayar la integración de las técnicas SBIM en un entorno urbano y en un proceso de documentación y proyección arquitectónica, respaldados por otras investigaciones propias ya publicadas y en las que se hace un detenido análisis del estado de la cuestión², en la integración de los bocetos digitales en la labor docente y profesional del arquitecto.

En esta misma línea de trabajo se hace una propuesta original de aplicación de Realidad Aumentada en su versión de bajo coste, en el quehacer diario del arquitecto planificador. No se duda que estas tecnologías, dentro de poco, estarán a nuestra disposición desde terminales de telefonía móvil mediante los códigos QR (*Quick Reference*) o similares, por eso parece interesante experimentar con ellas para evaluar sus aplicaciones al ámbito de trabajo, razón de ser de la investigación aplicada en el área EGA.

2. Marco de referencia histórico

2.1 Antecedentes históricos

Los antecedentes de la trama urbana de buena parte del actual caso histórico de Girona, caracterizado por sus estrechas y empinadas callejuelas, hay que buscarlos en el núcleo fundacional de la ciudad, Gerunda³. A partir de un eje fundacional, la vía Heraclea, con posterioridad vía Augusta, que discurría en sentido Norte/Sur y un foro ubicado en las actuales escaleras de la catedral, se desarrolla una trama teórica ortogonal de callejuelas que conforma unas manzanas de 36x71 pies. Esta trama se adapta a la topografía y a los salientes rocosos, de manera que su original forma regular se distorsiona levemente.

² Ver: Redondo, E. *Hacia un dibujo híbrido*. XII Congreso EGA, Madrid, 2008 y Redondo, E. *Digital sketches, bocetos digitales*, 2009. Disponible en: <<http://upcommons.upc.edu>>.

³ Ver monografía núm. 8 del Fórum a la Plaça de la Catedral, col. La Història Urbana de Girona, de los autores Canal, E., Canal, J. y Nolla, J.M., 2008, pp 159 -160.

En primer plano de la figura 4, se muestra como esa trama teórica, coincide bastante con las callejuelas objeto del estudio así como con las otras de características parecidas; Cundaró y Sant Llorenç en sentido Este/Oeste, y con la calle principal La Força y sus paralelas por el lado montaña, que llevan el nombre del Dr. Oliva y calle Claveria.

2.2 El Call o barrio judío

El barrio judío de Girona, tal y como es conocido actualmente, es el resultado de una serie de transformaciones urbanas, paralelas a las vicisitudes de la comunidad hebrea local, que se establece en Girona el siglo IX cuando una serie de familias judías procedentes del resto de Europa se asientan en la ciudad. A partir de esas fechas la comunidad crece y se expansiona hasta el momento de su máximo esplendor en 1270, cuando ocupaba buena parte del actual casco histórico de la ciudad a ambos lados de la calle de la Força. Tras lo cual, como en el resto de España, empieza el declive de Sefarat, que finaliza con la expulsión en 1492 por orden del rey Fernando el Católico.

La documentación consultada⁴ y los trabajos de los especialistas recogidos en el primer volumen de la Historia Urbana de Girona, *Els Jueus i la Ciutat de Girona*, ilustran esta presencia y, en concreto, aportan una serie de planos en los que se interpretan gráficamente diferentes estudios realizados por los autores así como los datos de algunas excavaciones arqueológicas, ver en figura 4 los Planos centrales, y donde ya se hace una primera alusión a los callejones 1 y 2. La Clausura o cierre del Call se inicia en 1391 tras el asalto al mismo por la población vecina. En sucesivos años, 1412 y 1415, se procede al cierre de las sinagogas existentes y a la concentración de la población en 1418 en el recinto actualmente conservado de forma parcial, con la orden de tapiar toda abertura a la calle de la Força, entonces llamada calle Mayor. Con posterioridad, nuevas órdenes facilitaron un cierto alivio a la clausura por el lado montaña, ampliándose el ámbito hasta la calle Clavería, por encima del solar de los HH Maristas. Esa clausura todavía se observa en la parte superior del callejón 1.

En su interior quedó en 1456 la última sinagoga, dónde actualmente se ubica el centro Bonastruch Sa Porta. No obstante, los datos más precisos nos los aportan los autores antes citados cuando al referirse a la calle 1, dicen que en 1492 era una calle sin salida y, respecto a la calle 2, recogen la cita “*A nord d’aquest casals hi havia un carrer que baixaba fins l carrer de la Força, Al capdamunt un portal tancaba i recloïa dins el Call*” (Mirambell, JM, 1978, pp. 34), al referirse a un documento notarial de 1330.

⁴ Ver monografías núm. 1 *Els Jueus i la Ciutat de Girona*, colección Historia Urbana de Girona, de los autores Canal, J. Canal E. Nolla, J M y Sagrera, J. 1995, y num 7. La Forma Urbana del Call de Girona, de los mismos autores, 2006

Figura 4. Plano de la Gerunda, 300 DC. De la clausura del Call, s. XIV, Emplazamiento de última sinagoga en 1434 y reconstrucción de la Estima de 1535.

Fuente: Historia Urbana de Girona. Reconstrucción cartográfica de la ciudad. Vol. 1, 6, 7 y 8. 1995-2008. Ajuntament Girona.

2.2 La Estima de 1535

Pocos años después de la expulsión, en 1535, el rey mandó realizar la Estima, un documento notarial en el que para poder cobrar rendas y tributos a los habitantes de Girona, con el fin de reparar los daños de las inundaciones del año anterior, manda levantar acta de todos los bienes inmuebles con sus usos, habitantes, límites y superficie, sobre los que fijará los tributos. Este documento ha permitido deducir a los historiadores, Canal, J., Canal, E. y Nolla, J. antes citados, una planimetría aproximada del estado de la ciudad en esa fecha y representarla en una plano informático vinculado a un Sistema de Información Geográfica actualizado a medida que avanzan en sus estudios.⁵

De la consulta de esa información se concluye que apenas pasados 40 años de la expulsión, ver en figura 4 el plano inferior derecha, el callejón número 1 está perfectamente documentado, aunque se representa abierto en sus dos extremos contrariamente a lo manifestado antes. Por otra parte, el callejón número 2 pierde su traza justo cuando llega dónde ha sido detectado, mostrándose por el contrario su prolongación hacia el callejón de Sant Llorenç. Sin duda, se dispone documento muy importante que hace una lectura estricta de todas las fuentes documentales, pero sorprenden las disparidades que presenta frente a los otros trabajos del mismo equipo.

2.3 La cartografía histórica

La base de esta investigación es la excelente publicación del Colegio Oficial de Arquitectos de Cataluña, Demarcación de Girona de 1992, coordinada por Castells, R., Catllar, B. y Riera, J., en la que se recoge toda la cartografía antigua disponible de la ciudad de Girona, reproducida de los originales que se encuentran en diferentes archivos de España y el resto de Europa.

⁵ Ver Web Ayuntamiento de Girona, UMAT, Historia Urbana de Girona, Reconstrucción cartográfica: Girona 1535.

Merced a esa síntesis documental es posible seguir la traza de las calles objeto de estudio a lo largo de los siglos XVII hasta nuestros días en diferentes planos.

Los primeros indicios cartográficos de estas calles han sido detectados en el plano de 1667, (ver en figura 5 el plano superior izquierdo y siguientes, en el que se ve la traza del callejón 1 practicable en su tramo inferior y el 2, tal como lo ha sido estudiado en el presente trabajo. Esta circunstancia se da en los siguiente planos de 1694 y de 1712, así como otro datado en la parte final del siglo XVIII. Todos ellos son de origen militar, la mayoría elaborados por el ejército francés salvo el último y, a pesar de lo angosto de esas callejuelas, su localización es clara. En el plano de 1870, por el contrario, ha desaparecido cualquier referencia, incluso al callejón de Sant Llorenç, no así al de Cundaró pues sin duda daba más importancia a otros lugares de la ciudad.

Es interesante observar el plano de 1887, el último en el que se descubre algún indicio del callejón 1, ver en figura 5 el plano inferior derecho. En él se muestra un proyecto de alineación de la calle de la Força que no debió consolidarse hasta unos pocos años más tarde, cuando Rafael Masó construyó la casa Ribas Crehuet en 1927. Mientras tanto, en la cartografía oficial del periodo comprendido entre 1921 y 1929, ver en figura 5 el plano inferior centrado, no se recoge ningún indicio.

**Figura 5. Detalles de cartografía histórica:
la zona del Call en los años 1667, 1694, 1712, 1870 y 1887**

Fuente: Castells, R., Catllar, B. y Riera, J. *Atlas Girona Ciutat s. XVII a s. XX*. Girona, COAC, 1992.

2.4 La intervención de Rafael Masó, arquitecto en la casa Ribas-Crehuet

Rafael Masó recibe el año 1927 el encargo de realizar un proyecto de viviendas de alquiler de parte del industrial Ribas-Crehuet. Este destacado arquitecto “Noucentista”, hasta la fecha se había especializado en proyectos residenciales de escala menor, experimenta en este encargo el aprovechamiento de un solar con una sola fachada para lo cual debe practicar una gran abertura en forma de patio de ventilación al terreno rocoso posterior.

Por esas mismas fechas Masó era concejal del Ayuntamiento y se documenta⁶ que el mismo facilitó la venta de este callejón y toda la propiedad de la parte posterior hasta la Calle Doctor Oliva i Prats a la propiedad, pues permanecía en un estado lamentable convertido en vertedero. Este aspecto se puede constatar al observar la documentación⁷ del proyecto desde los primeros bocetos y comprobar como no se detecta ninguna traza ni de la calle 1 ni de la 2 que se ubican junto al solar y dentro de la misma propiedad. Tan sólo en la forma de la planta del edificio se aprecia una hendidura muy profunda perpendicular a la calle de la Força para facilitar la ventilación de una finca vecina, siguiendo la traza del antiguo callejón d'Hernandez⁸, pero cerrándolo apenas ha dado servicio de luz a esa finca, ver figura 6.

En la planta baja se observa una puerta de salida a ese espacio y la realidad construida se asemeja mucho al plano de Masó, más incluso que el levantamiento catastral y la cartografía del Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) vigente, aunque por otro lado en el proyecto no se reflejan los escalones que hay que salvar dentro de la vivienda para salir al callejón ni los exteriores. En la realidad, el callejón queda reducido en este pasaje a apenas 1 metro de paso libre, frente a los casi dos de la cartografía oficial. Sin duda alguna eso demuestra que el arquitecto realizó un ajustado levantamiento del solar, sorprendiendo por el contrario que no se percatase ni documentase la calle 2, tal vez porque permanecía escondida dentro de una vivienda sobre la que no se actuaba.

En motivo de las obras de restauración de la cubierta y piso superior de la finca el año 1994, de nuevo según la propiedad, el Ayuntamiento de Girona impuso como condición para la concesión de la licencia de obras el recuperar las servidumbres de paso de la finca como así se recogen en el planeamiento vigente. Por el interés arquitectónico del edificio y su perfecto estado de conservación, se duda que llegue a ser expropiado o permitir un paso a través de su planta baja, ya que el ámbito real es de por sí muy angosto.

⁶ La propiedad representada por M. Duran, arquitecto y representante de la familia Ribas Crehuet. 2009.

⁷ Documentación original Arxliu històric COAC, Girona, reproducida por diferentes autores, Tarrús, J. y Comadira, N. en Masó, R. *Arquitecte Noucentista*. Ed. COAC, 1996 y 2007.

⁸ Birulés J. *Guía d'Arquitectura de Girona, Àrea Urbana*. Ed. COAC, 2008, pp. 33.

Figura 6. Planos y boceto de la fachada de la casa Ribas-Crehuet en 1927. R. Masó arq.

Fuente: Arxiu Històric COAC, Demarcació Girona.

3. Marco de referencia urbanístico y planeamiento urbano

3.1 El Plan Especial del “Barri vell”, casco antiguo de Girona en 1982

Este Plan Especial elaborado en paralelo a la revisión del Plan General de la Ciudad, fue el auténtico artífice de la recuperación del casco histórico de la ciudad. De entre muchas actuaciones estableció los criterios de catalogación y conservación de sus edificios guiándose por el criterio de que su principal valor era su conjunto y extensión, y que era preciso revitalizarlo a base de adecuar sus infraestructuras ubicando en él polos de interés cultural como la Universidad de Girona.

Este plan ha generado muchos documentos interesantes como la localización de los edificios y áreas de especial protección y los itinerarios a potenciar. En la documentación adjunta, ver en figura 7 la parte derecha, ya se recoge una primera propuesta de ocupación del solar de los HH Maristas y, como en la cartografía de base que se levantó *ex profeso* para la ocasión, se detecta la existencia del ámbito del callejón 1, que se representa sorprendentemente abierto por sus dos extremos.

Lo interesante de esta propuesta inicial es que, aparte de constatar la existencia de un paso, se plantea la prolongación de este callejón por el patio del antiguo colegio siguiendo la traza del camino original hasta la puerta de la antigua muralla en la calle Clavería. También se representa la prolongación de la subida de la calle Dr. Oliva i Prat bajo el mismo criterio hasta una nueva puerta de la muralla carolingia. Por el contrario, no hace alusión alguna a la calle 2.

Otra documentación interesante son las fichas de cada una de las manzanas del Plan del *Barri Vell*, en concreto la zona de estudio del presente trabajo se ubica en la *Illla* 223, de la que los servicios técnicos municipales han elaborado un levantamiento de las fachadas a la Calle la Força y de las fincas, ver en figura 7 la parte izquierda. En esta documentación de 1982, contrariamente a la antes citada, sí se indica la traza del callejón 1 como paso cortado con una forma muy parecida a la realidad, pero lo adscribe a otra finca. Además, se incluye una alzado de la Casa Ribas Crehuet en el que se representa una abertura-puerta en la planta baja. La calle 2 no aparece indicada.

Figura 7. Fuses, J., Viader, J. Pla A. Cervera B. *Plan Especial del Barri Vell. Girona, 1982*

Fuente: UMAT, Ajuntament de Girona.

3.2 Planeamiento urbanístico vigente. Plan general de ordenación urbana de 2002. PGOU

El Plan General de Ordenación Urbana de 2002 y su texto refundido de 2006, ver figura 8, se refieren a la zona con la calificación tipo 7 o de Protección, y remite al Plan especial del *Barri Vell* antes citado. En su definición gráfica se indican dos servidumbres, pues los solares son plenamente edificables, incluso se dibuja el epígrafe 7 dentro de su ámbito, lo cual quiere decir que su traza podría ser ocupada por una construcción dentro de los parámetros del Plan General pero que habría que dejar un paso libre a través de ella tal como manifestó la propiedad; aunque a propósito de la restauración de la fachada posterior de la casa Ribas Crehuat el año 2008, el Ayuntamiento no exigió ninguna actuación al respecto.

Figura 8. **Plan General de Ordenación Urbana, Girona, 2006**

Fuente: UMAT, Ajuntament de Girona.

3.3 Modificación puntual del Plan especial de 2008 en la manzana 229

Recientemente ha sido presentada una modificación puntual del PGOU, un Plan Especial que incide en la zona de estudio. Concretamente, en marzo de 2007 se inició la tramitación administrativa para la creación de un paso elevado sobre las viviendas de la Subida a la calle Doctor Oliva i Prat así como la construcción de un ascensor en la esquina con la Calle la Força, de manera que pudiera accederse al solar del antiguo Colegio de los HH Maristas donde estaba previsto desarrollar en breve plazo un equipamiento cultural vinculado a la Universidad de Girona y cuyo principal acceso sería ese sistema, ver figura 9.

Esta propuesta recupera parte de la inicial, anteriormente citada, al hablar del Plan Especial del Barri Vell y, en buena medida, ha de ser el aval para la recuperación de los callejones vecinos 1 y 2 para permitir acceder al casco histórico desde arriba, momento en el que el mejor acceso al Museo Judío y al *Call* serán los citados callejones.

Figura 9. **Modificación puntual P.E. Barri Vell Illa 229. Accesos al solar HH Maristas. 2008**

Fuente: UMAT, Ajuntament de Girona.

4. Investigación aplicada

4.1 El modelo urbano digital

A la hora de abordar la generación y, posteriormente, la visualización dinámica de un entorno urbano digital, se plantean diversas alternativas en función del origen o metodología por la que se genera. La tendencia actual es dejar de lado los modelos extensos generados con aplicaciones tipo CAD y 3DS Max® o similares por su elevado coste de realización⁹, para pasar a modelos generados automáticamente mediante fotografías tomadas en movimiento combinadas con barridos de láser aéreo o terrestre, habiéndose establecido diferentes protocolos para coordinar y aprovechar estos levantamientos a nivel mundial como es el Estándar GML del *Open Geospatial Consortium*¹⁰, unido a otros protocolos de gestión del territorio como es el LandXML. Puede corroborarse esta afirmación en base a anteriores trabajos realizados, como el modelo digital del *Fòrum Barcelona 2004* o el del *Parc Tecnològic de Cerdanyola del Vallès 2003*.¹¹

En segundo lugar, la finalidad de este trabajo es evaluar la agilidad e interacción entre el ordenador y el usuario, y en ese sentido Google Earth®, con sus modelos 3D incorporados, o Microsoft Live Search® y Virtual Earth 3D®, son la referencia mundial en simulación digital urbana además de ser fáciles de manipular. No obstante, en entornos reducidos no se han demostrado viables por el momento, optándose entonces por el Street-View® o sistemas de navegación similares generados a partir de fotografías con las que se producen unos panoramas u entornos virtuales que permiten desplazarse por ellos a nivel de calle.

Por todo ello y dado que se trabajará en entornos muy angostos, se ha decidido generar un modelo 3D pero en su versión más simple, un NPR, *Non Photorealistic Render*, sobre SketchUp® de tan sólo la zona de las callejuelas, pues se plantea su recorrido y visión interior. La propuesta específica es la edición de ese modelo digital al que se le aplicarán texturas generadas en una aplicación SBIM, *Sketch based interface and Modeling* (ver en figura 10 la parte inferior). Con posterioridad se seleccionan determinadas vistas y secuencias visuales que serán post-producidas en la aplicación SketchBookPro® para potenciar su tratamiento expresivo-intuitivo (ver en figura 12 la parte superior).

⁹ Ver Brown, A., Dokonat, W., Martens, B. et al. *A working session on 3-d City Modeling*. Graz, 2000, dónde se reunieron equipos de arquitectos de todo Europa a cuyo cargo estaba la elaboración de modelos digitales de entornos urbanos llegando a esta conclusión.

¹⁰ Ver City GML, Interoperable Access to 3D cityModels.

¹¹ Ver Redondo, E., Muñoz, F. et al. *Modelado tridimensional del territorio. De la precisión a la ilusión*. X Congreso EGA, 2004. Actas, pp 537-549 y La arquitectura del Fòrum, Barcelona, 2004.

Figura 10. Diferentes fases de elaboración del modelo 3D del Call

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Los Bocetos Arquitectónicos Digitales, Architectural Sketch Based Interface And Modeling. Architectural SBIM

El estado de la cuestión del uso del SBIM en el entorno arquitectónico y las experiencias en diversos procesos de creación arquitectónica, incluso sobre modelos urbanos, ha sido documentado en diferentes trabajos como ya ha sido citado anteriormente. No obstante, la vertiginosa evolución de los acontecimientos hace que año tras año surjan nuevas propuestas e investigaciones.

Por todo ello, se considera que hay mucho camino por andar sobretodo en la línea de conseguir la plena integración del trazo del boceto en el modelo vectorial. Un buen ejemplo de los últimos avances es el proyecto EsQUIsE¹², que resuelve el tema en un entorno multi-agente y colaborativo en el que una vez realizados los bocetos digitales, unos operadores introducen los datos en un sistema CAD siempre en un entorno arquitectónico. En el campo de la ingeniería lo último es el proyecto ILoveSketch de la Universidad de Toronto¹³, que soluciona de forma brillante este problema en el caso de generar modelos en base a curvas *splines*.

En el presente caso la propuesta inicial de SBIM, lo es en tanto que la realización de los primeros bocetos y estudios son llevados a cabo íntegramente en un entorno digital con ayuda de un dispositivo *pen based* táctil, es decir, un ordenador en el que los datos se introducen dibujando con un punzón trazos sobre la pantalla. Por el momento es la opción más accesible y

¹² Ver Lecelerq, P. *Project EsQUIsE*. Grupo Lucid, Univ. Liege, 2001-2007.

¹³ Ver Soek-Hyung, B., Balakrishn, B. et al. *I love Sketch, A Natural As possible Sketching System fro creating 3d curve models*. UIST, 2008.

por la que se decantan plataformas y paquetes de diseño arquitectónico integrado, como el de Autodesk®, que incorpora el SketchBookPro® a su aplicación Revit®; y también lo hace Allplan® con el Allplan Sketch®. Esto, unido al desarrollo de Tablets-Pc con capacidades gráficas muy altas; sensibles a la presión y alto rango cromático, tales como el Toshiba M700® o Dell Latitude Xt® hacen del boceto digital una experiencia única.

Es en esa línea de trabajo, la aportación es realizar los bocetos y los croquis del lugar, en el mismo emplazamiento, integrando en el proceso información de la UMAT, vía Internet a través del módem y la manipulación-boceto de las imágenes del lugar captadas con una cámara-web; todo ello en tiempo real sobre un tablet-pc, dibujando con una aplicación SBIM. De esta manera se recupera el concepto de boceto pero en clave digital en el que se invocan diferentes bases de datos y medios, que juntos y coordinados permiten tomar decisiones de proyecto haciendo más ágil el proceso de creación, ver figura 11. En paralelo, se recuperan estas estrategias cuando se construye el modelo 3d del entorno con el fin de hacerlo más simple pero también más expresivo (ver en figura 10 la parte inferior y en figura 13 la parte superior).

Figura 11. Diferentes bocetos digitales en la toma de datos y estudios preliminares

Fuente: Ernest Redondo.

4.1 Ensayo de visualización y evaluación mediante Realidad Aumentada

El concepto de realidad virtual en sentido extenso, *Virtual Reality* (VR), fue definido en 1994 por Milgram, J, 1994, . En ese marco de referencia, la Realidad Aumentada, *Augmented Reality* (AR), es decir fundir realidad y virtualidad, se inició con los interfaces tangibles, *Tangible User Interfaces* (TUI) y los ActiveCubes táctiles propuestos por Ichida, H. en 2004¹⁴. 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. de 2005 y el immersivo con visores montados en gafas y *trackers* de Cakmakci, O.¹⁵ 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* MR (ver en figura 12 la parte superior izquierda).

Figura 12. Esquema del desarrollo de la Realidad Aumentada y su equipo básico

Fuente: Becker, A. MxR Project. 2008. Univ Washington y Bimber, O + Raskar, R. Spatial Augmented Reality. 2005 y el *tracker* o etiqueta del *plugin* de Ar-media.

En el ámbito arquitectónico, los principales referentes son diversos y en concreto son fundamentales los trabajos de Malawi, A. y Srinivasan, B. del año 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. 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.* de 2004 y la *Luminous Table* de Ben Joseph *et al.* de 2001 o el *Sketchanhd + Benchworks* de Seichter, H de

¹⁴ Ver Ichida H. *et al.* *m-ActiveCube*; Multimedia Extension of Spatial Tangible User Interface, 2004

¹⁵ Ver A Compact Optical See-Through Head-Worn Display with Occlusion Support, IEEE, Proceedings of the 3rd IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality. 2005

2005, quien combina diferentes dispositivos de entrada de datos en un teatro virtual. No obstante, dado el contexto en el que se plantea este trabajo, la mejor acepción es considerarlo una versión actualizada del fotomontaje pero en su versión 3d, dinámica y en tiempo real, usando dispositivos convencionales tipo ordenador portátil o un tablet-pc. 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.

Es una estrategia similar a la usada en los dispositivos telefónicos con pantallas táctiles de última generación, ya sea Iphone® o Android® y los código QR, *Quick Reference* de Denso Wave® o similares, que remiten via Internet a diversos datos de una base, a un SIG, videos etc, posicionándose frente al lugar y tomando una foto de la etiqueta. La diferencia es que en el primer caso se puede interactuar con el modelo virtual fundido sobre la imagen video del entorno y en el segundo caso sólo se puede ser, por el momento, espectador pasivo.

En nuestro caso la visión dinámica implícita en la Realidad Aumentada, la generamos sobre unos modelos que quieren ir un paso más allá de los habituales prismas de colores y que comportan un modelo de iluminación forzosamente no realista¹⁶. Teniendo en cuenta que se está trabajando en anteproyectos y bocetos, se propone la aplicación de texturas más sugerentes, menos explícitas y en una estrategia de *low cost* similar a la de *Architecture View system* de Logitech® recientemente presentada, pero en vez de usar unas gafas especiales visionamos el modelo AR sobre un Tablet-Pc.

Se ha elegido para empezar tres enclaves donde realizar un ensayo de aplicación de realidad aumentada, los tres puntos son lugares donde desembocarían los callejones 1 y 2. Los tres cumplen perfectamente las condiciones de trabajo requerida en el caso de usar *tags*, etiquetas o *trackers*, pues su ámbito de observación es acotado y las posibilidades de desplazamiento reducidas, cubriendo la webcam bajo su ángulo de visión el motivo central y la señal o marca de referencia. Por otra parte se trabaja bajo unas condiciones de iluminación ambiental relativamente controladas, luz indirecta y difusa, para que el modelo y la escena presenten similitudes y porqué, además, a pleno Sol incluso los tablets-pc como el empleado en el presente trabajo, retro-iluminado, presenta limitaciones como ocurre con las pantallas de la mayoría de dispositivos de telefonía móvil.

Tras evaluar las posibilidades, el interés del tema y elaborar el modelo AR, finalmente se ha decidido decantarse por la visión del callejón 2 o de *Les Dones* desde la Calle Dr, Oliva i Prat, pues es el que permite una visión más profunda a la vez que atractiva, ya que en los otros dos puntos de vista, al presentar quiebros, el trazado del callejón virtual no muestra un aspecto tan sugerente.

Para ello se ha tomando el modelo 3D creado anteriormente sobre la base de la cartografía oficial más los ajustes propios de los croquis de campo, y seleccionado puntos de vistas reales perfectamente identificables se crean unas vistas 2D que son retocadas mediante una aplicación SBIM, como ya se ha comentado anteriormente y que ha sido aplicada a un modelo

¹⁶ Se recomienda la lectura de la obra de Bimber, O. y Ramesh, R. ya citada en el aparatado referente a los modelos de iluminación y rendering aplicados a la realidad virtual, pp.35 a 72, pues una de las principales dificultades es fundir la iluminación ambiental del entorno real con la del modelo virtual. La solución simple pasa por acotar la primera.

NPR de SketchUP®, que consta de unos objetos 3D muy planos que representan la perspectiva descompuesta en diferentes profundidades, a modo de una escenografía tradicional.

Posicionados estos elementos en el origen de coordenadas, el *plugin* AR de Ar-media Inglobe Tech®, invocado desde el programa de modelado NPR, funde la imagen de la cámara web con la de los objetos texturizados anteriores y, mediante los comandos, el observador ajusta la escala del objeto al de su marco real, la puerta. Una vez hecho esto puede el observador desplazar ligeramente a derecha e izquierda y adelante y hacia atrás, apreciando el aspecto que tendría la callejuela (ver en figura 13 la parte inferior).

Figura 13. Ensayos preliminares y proceso de visualización AR del modelo del callejón 2

Fuente: Elaboración propia.

La interacción de métodos SBIM sobre el modelo 3D AR es factible tal como demuestran Sharin, E. *et al.* en el proyecto *Napkin Sketch*¹⁷ de la Universidad de Calgary, aunque con resultados poco sugerentes. Se considera, no obstante, que es muy interesante y factible ensayar la posibilidad de ajustar el proyecto cuando se está visionando en el lugar con estas tecnologías. Ante la falta de aplicaciones experimentales, se proponen unos mínimos que consisten en capturar la pantalla durante la visión del modelo AR y, en una aplicación SBIM, realizar el boceto de la modificación que la visión sobre el lugar del proyecto no sugiere.

¹⁷ Ver, Xin, M., Sharin, E. Costa, M. *Napkin Sketch*, Universidad Calgary, Canada. 2008. Email de contacto: xmin,ehud,mario@cpsc.ucalgary.ca.

Se parte de la base que se trabaja a mano alzada y sobre el terreno, lo cual implica un mínimo de imprecisión y que los sistemas más avanzados de SBIM han de definir unos planos de referencia cada vez que se quiere introducir algún trazo vectorial en el modelo 3D. Para el caso de la presente investigación eso es más simple, pues el plano frontal es el básico del propio modelo. A pesar de todas las limitaciones y restricciones, es interesante la experiencia que ha permitido modificar ligeramente las hipótesis de partida y, por ejemplo, entender que es necesario iluminar cenitalmente el callejón pues es muy largo y oscuro, y que además sería conveniente crear un rellano tras la puerta de entrada para facilitar superar los siete escalones que hay entre la calle y el interior del paso (ver en figura 14 la parte derecha).

El siguiente reto es ver cómo se puede devolver ese boceto a mano alzada al modelo 3D, como hacen experimentalmente los autores anteriormente citados. Por el momento el presente ensayo-prototipo pasa por el uso del *plugin* Photomatch® en el modelador NPR SketchUp que invierte la transformación-modelo de cámara al modelo 3D, previa definición de los ejes de referencia del sistema de coordenadas. (Ver figura 13 la parte central). Para ello, se invoca la captura de pantalla mientras se observaba el modelo virtual, en esa imagen se ha realizado algunos bocetos de ajuste y sobre ese objeto 2D se definen los planos ortogonales de referencia y ejes del espacio 3D, lo cual automáticamente permite crear un modelo 3D vectorial en el que dibujan esas modificaciones que luego se trasladan al modelo general.

Figura 14. Ajustes in situ sobre el modelo AR y nuevo modelo 3D

Fuente: Elaboración propia.

En paralelo se ha ensayado otra opción de utilización de Realidad Aumentada no inmersiva en la que el observador tan sólo recibe información del lugar que tiene ante sí y que identifica con un código QR. Con un teléfono móvil tipo iPhone®, conectado a una red WiFi, hace una foto de ese código y la aplicación lectora de Kaywa®, le remite a una dirección de Internet, URL, *Uniform Resource Locator*, que nos invoca una página web. En este caso se ha probado con la página web del Laboratorio de Modelado Virtual de la Ciudad (ver figura 15). Una vez allí se puede descargar, por ejemplo, un video QuickTime®, ya sea de un Objeto VR que muestra un panorama esférico del modelo virtual del Callejón 2 o un video convencional del patio del Museo Judío que se encentra al final del callejón.

Figura 15. Código QR del la dirección URL del CPSV y Videos QuickTime

Fuente: Ernest Redondo.

5. Conclusiones y trabajo pendiente

5.1 Conclusiones

La principal, desde el punto de vista urbanístico, es que ambas calles tienen un gran interés histórico. Por eso hay que seguir trabajando en su consolidación y la propuesta va en esa dirección, aunque es preciso mejorar el reconocimiento del lugar por parte de los arqueólogos y, con ayuda de topógrafos, realizar un levantamiento exhaustivo de los mismos y su entorno inmediato. En ese sentido ya ha sido manifestado al inicio de este trabajo que se ha definido en términos generales como una primera fase de una investigación más extensa. Por el momento se aporta un primer levantamiento y reconocimiento del lugar y la detección de otros posibles callejones ocultos a estudiar (ver figura 16).

Figura 16. Planimetría final de los callejones y posibles emplazamientos donde desarrollar esta aplicación

Fuente: Elaboración propia.

En segundo término, hasta que no se desarrolle urbanísticamente el solar de los HH Maristas, se propone la recuperación de las callejuelas para uso expositivo, es decir, que el *carrer de les Dones* se convierta, una vez restaurado con su pavimento original y limpias sus paredes, en una sala de exposiciones anexa al Museo Judío, comunicándose con el mismo a través del callejón 1 desde el patio inferior del museo, donde habría que recuperar o mejor dicho trasladar la puerta actualmente tapiada y que se encuentra un poco desplazada (ver figura 17).

Esta conexión actuaría como tapón de cierre de la servidumbre de paso hacia la casa Ribas Crehuet, dejando un patio de ventilación suficiente para la misma. Desde este paso se podría ver la calle 1, que se propone llamarse *de la Última Sinagoga* en referencia a que en su parte superior se encontraba la citada sinagoga abierta al culto hasta 1492. Esta vista desde abajo es la mejor perspectiva y define un ambiente que podría ser utilizado como galería al aire libre, recuperando la puerta de salida de su parte superior a la calle Dr. Oliva, tapiada tras la clausura de 1415, que se abriría en circunstancias excepcionales, como durante la exposición anual el *Temps de Flors*.

Figura 17. **Bocetos del proyecto de recuperación de los callejones**

Fuente: Ernest Redondo.

Estas propuestas arquitectónicas surgidas de la integración de las metodologías SBIM y los bocetos digitales en los que se integran diferentes bases de datos *on line*, unidas a las de la Realidad Aumentada a la hora de resolver un proyecto en un entorno urbano, se entiende que son también una experiencia original e inédita que quiere hacerse llegar a la comunidad universitaria desde la posición intermedia que ocupa siempre una investigación aplicada del área de conocimiento de la expresión gráfica arquitectónica.

Finalmente, se ha demostrado la viabilidad e interés de la investigación aplicada ejemplificada en este caso de estudio. Nuestra propuesta de uso de realidad aumentada no inmersiva, en un entorno urbano para la evaluación de un proyecto con dispositivos portátiles, es original y permite avanzar en el desarrollo de una investigación de mayor empaque.

Por el momento sobre unos bocetos digitales no realistas y con un software de bajo coste, 50 euros licencia educacional, con ayuda de una buena cámara web, ampliando el *tracker* hasta 50 cm., es posible visionar sobre él modelos 3D de hasta 15 m. de distancia en ambientes exteriores. El siguiente estadio será estudiar la posibilidad de mejorar estas aplicaciones usando el lenguaje MxRToolkit® empleando varios *trackers*, de manera que el modelo se visiona hacia el interior. Esta opción para cuya definición precisamos la ayuda de colaboradores informáticos no está disponible en la actualidad. Por el momento, la visión del modelo AR 3D, aunque es fácil inscribirlo en la pirámide visual de la vista de referencia, no resulta tan convincente como en el ensayo anterior (ver figura 18).

Otro factor a tener en cuenta es el tema de las ocultaciones que se generarán al proyectar hacia el interior del *tracker* los modelos. Los ensayos de Portalés, C. y Giner, F, 2005, demuestran que es factible si se aplican canales alfa al modelo del entorno real y se visiona simultáneamente al modelo AR. Pero está sin resolver la iluminación del interior y es preciso modelar todo el entorno.

Figura 18. **Ensayo de visualización del interior del modelo AR 3D**

Fuente: Ernest Redondo .

5.2 Trabajo futuro

En un futuro inmediato se intentará reproducir el experimento en un entorno arquitectónico en construcción en el que se generará el modelo virtual en una aplicación BIM, *Building information Modeling*, como Revit y se fundirán vistas y consultas a su base de datos escogidas de este modelo integrado con su entorno real mediante la Realidad Virtual. Se considera que esta metodología sería de aplicación en la supervisión de edificios en construcción o tras su finalización, al poder controlar y gestionar su mantenimiento con la visión sobre el terreno desde puntos de vista concretos, usando códigos QR o similares o el posicionamiento por GPS de determinadas instalaciones y detalles constructivos que estarán documentados en la base de datos del proyecto *As Built* del edificio. Para ello serán de gran ayuda las nuevas aplicaciones de AR, Enkin o Wikitude®, desarrolladas para el teléfono Android de Google® de inminente aparición.

Bibliografía

“Call Jueu”, Girona.

BATLLE, C. *Solución al problema de las dos sinagogas de Gerona*. En: ROMANO, D. (ed). Per a una historia de la Girona jueva Barcelona. Ed. Universitat Barcelona, vol. I, 1988, pp. 229-250.

La FUNDACIÓ de Gerunda. Noves dades sobre un procés complex de reorganització d'un territori por J. Burch, J.M. Nolla, L. Palahi, J. Sagrera, M. Sureda y D. Vivó. Girona, Empuries, n. 52, 2000, pp. 11-28.

GIRONA de Carlemany al judaisme (785-1057). El transit d'una ciutat antiga a l'epoca medieval por E. Canal, J. Canal, J.M. Nolla y J. Sagrera. Girona. Col·lecció Història urbana de Girona. Reconstrucció cartogràfica, vol. 5, 2003. 226 pp.

GRAU MONTSERRAT, M. *La juderia de Besalu (Girona) (siglos XIII al XV)*. Tesis. Doctorat en Història, Barcelona. Universitat de Barcelona, vol. 1 y 2, 1975. 256 p.

MADURELL, J. M. *Jueus gironins i la seva aljama*. Girona. Annals de l'Institut d'Estudis Gironins, XXII 1974-75, 1975, pp. 37-42.

MARQUES CASANOVAS, J. *Sobre los antiguos judíos de Gerona*. Madrid-Barcelona. Sepharad XXIII, 1963, pp. 22-36.

MARQUES CASANOVAS, J. *La sinagoga situada a ponent del carrer de la Força*. Girona. Jornades d'història dels jueus a Catalunya, 1987, pp. 225-235.

MILLAS i VALLICROSA, M. *Documents hebraics de jueus catalans*. Barcelona. Memòries de l'Institut d'Estudis Catalans, vol. I, 1927, pp. 72-75.

MIRAMBELL, E. *Los judíos gerundenses en el momento de su expulsión*. Girona. Annals de l'Institut d'Estudis Gironins, vol. XXIV, 1978, pp. 5-19.

PLANAS, S. *La societat jueva*. Girona. Història de Girona, 1992, pp. 129-144.

RIERA, J. Les sinagogues medievals. L'Avenç (81): 58-60. 1985.

ROMANO, D. (ed) *Per a una historia de la Girona jueva*. Girona. Ed. Ajuntament Girona, vol 1 y 2, 1988. 589 p.

SALRACH, J.M. *La renta feudal en Cataluña en el siglo XIII: estudio de los honores, censos, usos y dominios de la casa de Barcelona*. En: M. Sánchez (ed.) Estudios sobre renta, fiscalidad y finanzas en la Cataluña bajomedieval. Barcelona. Ed. CSIC-IMF Barcelona, 1993, pp. 29-70.

Realidad Aumentada

ARTHUR: A Collaborative Augmented Environment for Architectural Design and Urban Planning por W. Broll, I. Lindt, J. Ohlenburg, M. Wittkämper, C. Yuan, T. Novotny, C. Mottram, A. Fatah, y A. Strothmann. 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.

AUGMENTED urban planning workbench: overlaying drawings, physical models and digital simulation por H. Ishii, J. Underkoffler, D. Chak, B. Piper, E. Ben-Joseph, L. Yeung, y Z. Kanji. En: International Symposium on Mixed and Augmented Reality (2002, Darmstad, Germany). Proceedings of the International Symposium on Mixed and Augmented Reality. Ed. IEEE, Los Alamitos, California, USA, pp. 203-211.

BIMBER, O. y RAMESH, R. *Spatial Augmented Reality. Merging Real and Virtual Works*. Natick, Massachusetts, USA. Ed. Peters A.K. Natick MASS USA, 2005. 392 p.

INTEGRATED head and hand tracking for indoor and outdoor augmented reality por W. Piekarski, B. Avery, B.H. Thomas y P. Malbezin. En: IEEE Conference on Virtual Reality (2004, Chicago, USA) Proceedings of the IEEE Conference on Virtual Reality, Ed. IEEE, Los Alamitos, California, USA, pp. 267-276.

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, Georgia, USA). Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in Computing, Gaithersburg, Maryland, USA, pp. 234-241.

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

MALKAWI, A. y SRINIVASAN, R. *Interactive, Immersive Visualization for Indoor Environments: Use of Augmented Reality, Human-Computer Interaction and Building Simulation*. En: International Conference on Information Visualization (8º, 2004, London, UK). Proceedings of the Eighth International Conference on Information Visualization. London, pp. 833-838.

MITCHELL, W. *Me++ The Cyborg Self and the Networked City*. Cambridge, MIT Press, 2003. 269 p.

PIEKARSKI, W. y THOMAS, B. *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, Suiza), pp. 31-38.

PORTALÉS, C. y GINER, F. *Back to the 70's*. En: International conference on advanced in Computer entertainment Technology (5º, 2005, Valencia, España). New York USA ACM, pp. 356-357.

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

SEICHTER, H. y SCHNABEL, 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, India, pp. 193-202.

SHARED Design Space: Sketching ideas using digital pens and a large augmented tabletop setup por M. Haller, P. Brandl, D. Leithinger, J. Leitner, T. Seigried, y M. Billinghurst. En: International Conference on Artificial Reality and Telexistence (16º, 2006, Hangzhou, China). Proceedings of the 16th International Conference on Artificial Reality and Telexistence. ICAT, Hangzhou, China, pp. 443-447.

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

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): 196-203. Cincinnati, USA, 2001.

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