

## El uso del BIM y del SIG en la investigación y la enseñanza de la Arquitectura

Francisco Pinto Puerto; Roque Angulo Fornos; Manuel Castellano Román;  
José Antonio Alba Dorado y Patricia Ferreira Lopes

*Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla*

**Abstract:** This paper describes the use of BIM and GIS in our research of architecture heritage and the experience gained from their implementation from Year 1 to Year 5 in the subjects “Drawing and Machine” and “Drawing 3, Graphical Analysis” taught in the Department of Architectural Graphical Expression of the Seville School of Architecture during the academic years 2014/2015 and 2015/2016. We propose a transition towards a teaching model that integrates analogue and digital with a gradual and coherent approach based on an understanding of architecture itself as a complex system made up of various elements and attributes, both visual and alphanumeric, which allow the “graphical” to transcend the visual and incorporate different types of information.

**Keywords:** Building Information Modelling, Geographic Information Systems, research and teaching at the School of Architecture.

### Introducción

A finales de los sesenta, con la exposición *Cybernetic Serendipity* (Reichardt 1968) en el Institute of Contemporary Arts de Londres (ICA), se abre el debate sobre el uso de los ordenadores y herramientas digitales en el proceso creativo en diversos campos, desde la literatura hasta la producción gráfica. Antes que alcanzar un objetivo concreto, los artistas de *Cybernetic Serendipity* querían experimentar las distintas posibilidades del uso de las máquinas, generando actividades transversales entre ciencia y arte. Así, el proceso creativo generó una nueva dinámica de producción, visualización e interacción tanto por los medios con los que se realizaba como por los nuevos agentes participantes. Desde entonces, sobre todo a partir de finales del

siglo XX, la frenética evolución y perfeccionamiento de los avances tecnológicos han incorporado lo digital de tal manera en nuestra realidad que podemos hablar de una “cultura digital”.

El debate entre lo digital y lo analógico, que en el ámbito de la expresión gráfica arquitectónica se viene produciendo desde el año 2000, evolucionó desde un cierto rechazo a la “máquina gráfica” hacia procesos de integración de las estrategias del dibujo y los medios digitales. En los últimos años se suman a este debate importantes cambios en la profesión de arquitecto, donde se está poniendo en crisis el “paradigma albertiano” de “arquitecto autor” a favor de una nueva idea del proyecto de arquitectura donde “la integración vertical del diseño y la fabricación asistida por ordenador están creando nuevas formas de artesanado digital, difuminándose la separación albertiana entre diseñador y productor” (Carpo 2003, 23). Por otro lado, las posibilidades que los medios digitales ofrecen para el trabajo en entornos colaborativos está facilitando la participación del arquitecto en equipos multidisciplinares, poniendo en jaque la idea de autoría tan característica de la era moderna (Carpo 2003, 112). La contrapartida de esta previsible pérdida se haya en una profunda renovación de la práctica arquitectónica, que amplía el debate sobre su complejidad más allá de su condición formal, profundizando en la interacción de múltiples situaciones y condiciones que van desde la determinación de su realidad física y material hasta la gestión de su sostenibilidad y responsabilidad económica y social. En resumen, los medios digitales no solo alimentan las demandas de fotorealismos arquitectónicos propias de una insaciable cultura visual, sino que están transformando radicalmente todos los procesos relacionados con la ideación, investigación, producción y gestión de la arquitectura (Catalá 2005, 41; Pinto 2010).

El objetivo de esta comunicación es mostrar cómo se incorporan en nuestra práctica investigadora y docente las cuestiones planteadas anteriormente. En la actividad investigadora explorando las posibilidades de integración de las múltiples disciplinas que intervienen en todas las líneas de acción de la tutela del patrimonio arquitectónico: identificación, incluyendo su levantamiento y análisis, investigación protección jurídica, conservación, difusión y gestión. En la actividad docente proyectando y adaptando la experiencia investigadora y profesional al proceso de enseñanza-aprendizaje que nos proponen los nuevos planes de estudios, respondiendo así a la demanda de una formación más transversal e integradora entre las disciplinas que intervienen. La integración del dibujo tradicional, que vamos a denominar analógico, fuente de la que se nutren las propias interfaces digitales, y el dibujo digital, observados y practicados de forma crítica y reflexiva, permiten entroncar con los nuevos requerimientos de innovación en la investigación y con los propios objetivos de los nuevos planes de estudio. Dentro de este conjunto de nuevos recursos, el Modelado de Información de la Edificación (BIM, del inglés Building Information Modelling) y el Sistema de Información Geográfica (SIG) enlazan en su recorrido las diversas escalas de la materia y el espacio, constituyendo herramientas potentes para el análisis, el proyecto, la producción y la gestión de la arquitectura.

### *En el ámbito de la investigación*

Las líneas de investigación en la que trabajamos la mayor parte de los autores son las del grupo HUM799 (<http://grupo.us.es/ecphum799>), dirigidas a las estrategias de conocimiento patrimonial. En la actualidad estamos desarrollando un proyecto de investigación que asume, como hipótesis de partida, que es posible y necesario utilizar las nuevas tecnologías para plantear una convergencia operativa de los distintos campos de conocimiento, hoy dispersos e inarticulados, que inciden, en cada caso, sobre los modelos arquitectónicos de nuestro patrimonio histórico y cultural y que proceden de numerosas disciplinas cada vez más especializadas (información documental, arqueológica, arquitectónica, visual, analítica, económica, etc.). Esta convergencia (básicamente información heterogénea interrelacionada o interconectada) debe conducir al diseño de una herramienta informática específica, completa y de aplicación flexible, que sea capaz de optimizar significativamente la toma de decisiones en relación con dicho patrimonio (conservación, mantenimiento,

restauración, rehabilitación, gestión y difusión). Para ello exploramos la modelización de la arquitectura patrimonial, considerando este modelo una construcción mental que va más allá de reproducir su forma actual, o plantear hipótesis sobre algún estadio de sus formas pasadas. Se trata de entenderlo como un modo de pensamiento sobre las mismas integrando en las disciplinas antes citadas (Pinto y Guerrero 2013, 137). La aplicación de los BIM en este campo, aun cuando estén específicamente enfocados a la arquitectura de nueva planta, está resultando de una gran utilidad para afrontar los retos marcados, entre otras razones por las posibilidades que ofrecen para gestionar una gran cantidad de información, visualizar relaciones, e indagar sobre una cuestión fundamental en el ámbito patrimonial: el tiempo, un valor contemporáneo que hace aún más compleja la comprensión de esta arquitectura.

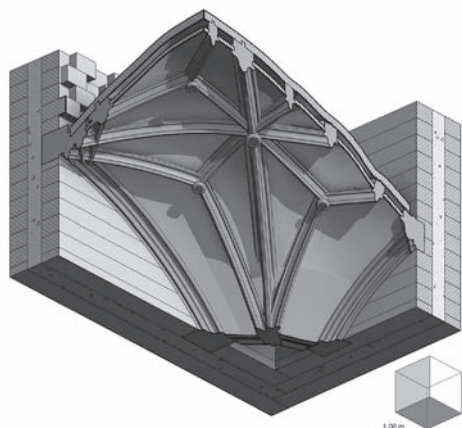


Figura 01. Capilla Virgen de la Antigua de la Catedral de Sevilla. Modelo BIM. Autor Roque Angulo Fornos.

Los avances en este sentido progresan en la generación de modelos complejos donde a las habituales características materiales y la jerarquización de los procesos constructivos, se añaden ahora la secuenciación de los diversos estados, los procesos de reforma y destrucción o la cualificación de los espacios mediante la definición de elementos liminares, ya sean formales o de origen patológico. El trabajo comenzó con la modelización y gestión de la información asociada a un resto arqueológico, la casa de Hylas en el conjunto arqueológico de Itálica (Angulo 2012) que surgió a raíz del análisis arquitectónico y diagnóstico de los restos del conjunto arqueológico para el posterior diseño de un plan director. Este trabajo siguió con la aplicación de modelos digitales y bases de datos a la planificación y desarrollo de la protección jurídica de la iglesia de San

Pedro en Arcos de la Frontera, en Cádiz (Castellano 2013), y ha seguido con la modelización de la Capilla de la Antigua en la catedral de Sevilla, un ejemplo de arquitectura tardogótica sometida a una compleja secuencia de transformaciones en el tiempo cuya interpretación a través del modelo digital está resultando imprescindible para conocer el porqué de su estado actual (Angulo 2015; Pinto y Angulo 2015). En todos estos casos se han realizado modelos BIM, desarrollando las oportunas adaptaciones para incorporar las consideraciones patrimoniales. Para la construcción de los modelos se han utilizado levantamientos existentes o capturas fotogramétricas y escáner laser, en función de los objetivos del trabajo. Por otro lado, se han sistematizado los datos que pueden tener entrada en el modelo BIM, dada su procedencia de distintos tipos de registro y análisis, cualificando los objetos modelados con múltiples propiedades y atributos que pueden ser editados, visualizando relaciones que antes pasaban inadvertidas. Una de las principales cualidades de los modelos BIM es la posibilidad de que evolucionen con el propio proceso de reconocimiento patrimonial del objeto tratado, esto es, desde el momento inicial de su puesta en valor y protección mediante algún tipo de normativa, su inserción en un catálogo o inventario de protección, hasta su estudio en profundidad, su intervención de restauración o la planificación de su conservación futura. Esta evolución es coherente con los Niveles de Detalle (LOD, del inglés Level of Detail) que han normalizado los sistemas BIM aplicados a construcciones de nueva planta, permitiendo así amortizar en cada momento el coste de tiempo e inversión en su elaboración y por tanto su eficacia, siguiendo los principios de convergencia operativa antes mencionados.

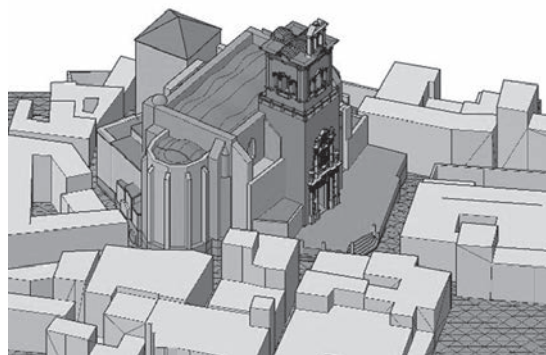


Figura 02. Iglesia de San Pedro de Arcos de la Frontera (Cádiz). Modelo de Información Patrimonial. Autor Manuel Castellano Román.

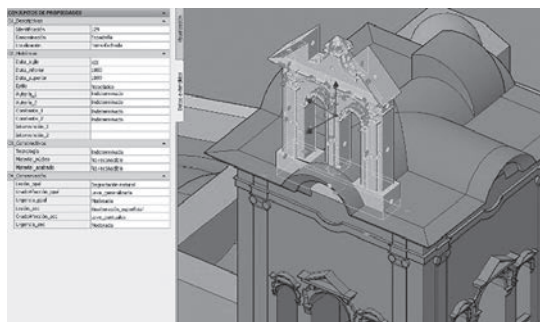


Figura 03. Iglesia de San Pedro de Arcos de la Frontera (Cádiz). Información asociada a la espadaña de la torre en el Modelo de Información Patrimonial del edificio. Autor Manuel Castellano Román.

Pero la escala del problema no se agota en el propio edificio, pues muchas de las explicaciones a sus formas y vicisitudes tienen su origen en el ámbito territorial y en su relación con otras obras coetáneas a veces dispersas en un vasto ámbito regional o nacional. Para responder a este nuevo marco, recurrimos a los sistemas de información geográfica (SIG). Uno de los primeros aspectos a considerar en relación a los SIG es que es una tecnología históricamente asociada a la disciplina de geografía que permite aplicar un conjunto de técnicas y metodologías en sus distintos ámbitos, lo que ha posibilitado la transformación del quehacer geográfico. En el ámbito de la arquitectura, los SIG inicialmente han sido aplicados al urbanismo, muy vinculado al tema del transporte y la movilidad para luego ser aplicados a la planificación y gestión urbana. Actualmente, debido al gran avance y perfeccionamientos de las herramientas digitales, los SIG nos permiten, por su gran capacidad de manejo y análisis de datos, su aplicación en distintos ámbitos de la arquitectura con el fin de entenderla en toda su complejidad, conectando lo cultural, lo social y lo histórico en un entorno espacial. Nuestra experiencia ha servido para destacar el interés y el alto potencial de los SIG para el desarrollo de análisis y gestión del patrimonio. Sabiendo que el patrimonio reclama una visión multidisciplinar y a la vez integradora, la herramienta del SIG ha servido como “punto de unión” de información de distinto tipo (imágenes, planos, cartografías, tablas, textos, etc.), diversidad temática (histórica, económica, arquitectónica, geológica, antropológica, etc.). La experiencia de investigación actualmente desarrollada en el proyecto de investigación antes mencionado trata de crear un modelo digital de información de la estructuración de la Andalucía Occidental en el contexto del tardogótico, etapa posterior a la reconquista donde se ponen las bases del territorio moderno que explica buena parte

de la estructura actual. El fin es generar un estudio de las redes espacio-temporales generadas por las principales empresas edilicias (edificios civiles y religiosos, infraestructura y caminos), con especial protagonismo de los profesionales y artistas implicados (Ferreira y Pinto 2015). En este sentido, la investigación parte de la digitalización y del tratamiento de documentos gráficos e informaciones alfanuméricas que, tratadas en el entorno SIG, son entrecruzadas y dispuesta en el tiempo y espacio, para generar visualizaciones y análisis, creando nuevas imágenes e interpretaciones que dan luz a respuestas pero también a nuevas preguntas que afectan al objeto construido.



Figura 04. Modelo digital de información de la estructuración de la Andalucía Occidental en el contexto del tardogótico. Autora Patricia Ferreira Lopes.

La interrelación de ambos sistemas BIM y SIG permiten transitar entre escalas en apariencia muy distantes, que tienen en común la construcción de infografías (información alfanumérica y gráfica interconectada) con el objetivo común de obtener y gestionar de una forma activa el conocimiento, actualizar la preservación de valores y facilitar la conservación del patrimonio.

#### *En el ámbito de la docencia*

En el proceso de enseñanza-aprendizaje del dibujo arquitectónico hemos asumido en nuestra experiencia docente el desarrollo gradual de los contenidos que propone el plan de estudios 2010-2012 y los programas comunes de las asignaturas del DEGA de la Universidad de Sevilla. Sin embargo, hemos evitado considerar que la docencia del dibujo arquitectónico pueda desligarse de la naturaleza de los medios gráficos con los que se imparte. Es decir, no puede entenderse la docencia del dibujo digital como una mera traducción de los procesos de dibujo analógico al entorno gráfico digital, eligiendo entre uno u otro simplemente como

forma de adiestramiento en diferentes técnicas. Antes bien, lo hemos propiciado es la integración de lo analógico y lo digital de forma que la elección de la herramienta gráfica no sea determinada a priori, sino que esté sometida a la finalidad de las construcciones gráficas que se propongan.

En planes de estudios anteriores, una asignatura como Dibujo Asistido en la Escuela de Arquitectura de Sevilla, tomaba su nombre y establecía sus contenidos exclusivamente en función de que el trabajo en la misma se realizaba con un ordenador. Fue una respuesta urgente para abordar competencias relativas al aprendizaje y conocimiento crítico de las herramientas de dibujo digital que, extendidas ya en los ámbitos profesionales e incluso en la práctica de los estudiantes, no tenían reflejo en los planes de estudios. Sin embargo, no suponía ningún cambio profundo a nivel conceptual ya que, en general, se trataba de la trasposición al medio digital, casi exclusivamente al CAD vectorial, de los procesos empleados en el dibujo analógico. En todo caso, sí resultaba novedosa la ampliación de las capacidades gráficas que propiciaba el modelado tridimensional, la manipulación dinámica de volúmenes y superficies, y la obtención de dibujos vectoriales bidimensionales codificados como documentación final de un proceso gráfico resuelto en 3D. En este contexto académico sólo algunas propuestas docentes incorporaron el CAD paramétrico y el BIM, permitiendo a los estudiantes experimentar la naturaleza material de la arquitectura, la potencia de la creación y edición paramétrica y la coordinación de las distintas representaciones codificadas. La cuestión de la representación de un organismo arquitectónico no se limitaba entonces a la utilización de signos gráficos abstractos como el punto, la línea y la mancha, sino que requería de una comprensión global del mismo y del reconocimiento de cada uno de sus elementos y sistemas constructivos.

A partir de esta experiencia, nuestra propuesta docente para el plan de estudios vigente ha considerado fundamental romper la consideración del dibujo arquitectónico digital como un conjunto homogéneo de procesos y resultados, generalmente asociados al dibujo digital vectorial en programas CAD o, a lo sumo, al dibujo digital rasterizado de las imágenes fotorealísticas. El dibujo arquitectónico digital se presenta en la actualidad como un amplio repertorio de dispositivos y programas cuyo nexo de unión es su naturaleza digital pero cuyas aproximaciones a la cuestión gráfica pueden llegar a ser radicalmente diferentes y, en consecuencia, es necesario considerar su adecuación a las diferentes

propuestas docentes y a la evolución académica de los estudiantes, considerando globalmente la participación del DEGA en la misma.

En este sentido, encontramos cierta coherencia entre la evolución de los programas de gráficos arquitectónicos digitales y los objetivos, competencias y procesos de enseñanza-aprendizaje establecidos en los programas de las asignaturas del DEGA en la ETSA de Sevilla. Esta coherencia se fundamenta en la adecuación de cada programa informático al contenido conceptual de las asignaturas, evitando por principio cualquier asimilación a un curso específico sobre un determinado programa. En ese sentido, hemos establecido una serie de categorías en los programas de dibujo arquitectónico digital y hemos vinculado su introducción en la docencia al curso y asignatura que consideramos más apropiado. En todo caso, hay que tener en cuenta que se trata de un conocimiento acumulativo y que la utilización de un determinado programa de dibujo digital no excluye en ningún caso la utilización del dibujo analógico y de cualquier otro de los programas de dibujo digital de los que ya se tenga conocimiento.

En el CAD analítico vectorial, los objetos gráficos están definidos como elementos geométricos independientes, caracterizados por sus coordenadas espaciales (x, y, z), y clasificados mediante códigos abstractos (color, tipo de línea, capa) cuyo significado es interpretado por el usuario y que permiten organizar la información gráfica de forma lógica, recurriendo para su visualización a los sistemas proyectivos cilíndricos o cónicos. Las dimensiones geométricas de la forma arquitectónica pueden ser abordadas específicamente con este tipo de programas, con las ventajas de la precisión, de la corrección sin deterioro del soporte y de la reproducción ilimitada propias del entorno digital. Por ello, entendemos que el CAD analítico es un instrumento gráfico especialmente adecuado para la consecución de los objetivos de la asignatura del primer curso Dibujo 1, geometría y percepción.

En el mismo curso, y como continuación de Dibujo 1, se imparte Dibujo 2, expresión y comunicación. Para atender a estos aspectos, pueden ampliarse las posibilidades de uso de los programas CAD ya utilizados, ya que suelen incorporar funciones específicas para la documentación de los modelos y la generación de imágenes fotorealísticas que permiten explorar los atributos visuales de las formas

arquitectónicas. Es también el momento de incorporar las posibilidades de los programas de tratamiento digital de imágenes raster, ampliando las posibilidades comunicativas de los dibujos arquitectónicos digitales o incluso como soporte para la construcción de imágenes mixtas procedentes de fotografías digitales, dibujos analógicos digitalizados y los dibujos de origen exclusivamente digital.

Ya se han descrito las características y potencialidades de los programas BIM al hablar de aplicación que nuestro grupo viene realizando en el ámbito del patrimonio arquitectónico. Entendemos que su introducción en la docencia del dibujo arquitectónico es especialmente pertinente en el segundo curso, a través de la asignatura Dibujo 3, análisis gráfico. Los estudiantes de este curso ya se han ejercitado en el dibujo como representación y han podido conocer, aunque solo sea a través del nombre de las asignaturas, como convergen el hecho arquitectónico conceptos que desbordan su mera caracterización geométrica. En nuestra propuesta, el modelado BIM se suma al dibujo analógico, el CAD vectorial y el tratamiento de imágenes raster, ampliando, aunque por su supuesto no agotando, las posibilidades del análisis arquitectónico con gráficos digitales. La metodología BIM nos ofrece un soporte gráfico específico para integrar sobre un mismo modelo dimensiones del hecho arquitectónico como los parámetros ambientales derivados de su geolocalización, su caracterización volumétrica y espacial, su dimensión tecnológica y constructiva, y, además, discutir sobre aquellos aspectos de la arquitectura que pueden ser mensurables, y por lo tanto expresarse a través de tablas alfanuméricas, de aquellos que no lo son y requieren de otros medios de expresión gráfica.

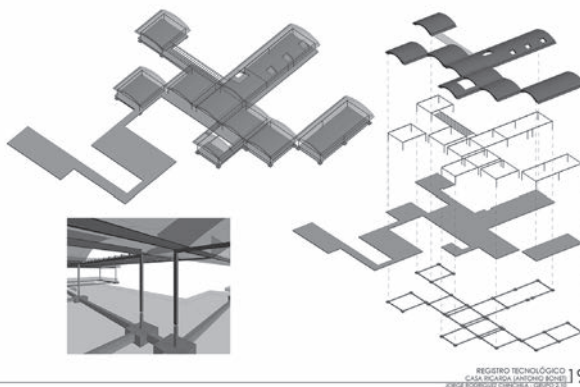


Figura 05. Ejercicio de la asignatura Dibujo 3  
Análisis Gráfico desarrollado con metodología BIM. Estudiante  
Jorge Rodríguez Chinchilla. Profesor Manuel Castellano Román.

La siguiente categoría que establecemos son los programas que facilitan entornos de programación visual para el diseño paramétrico. Las entidades gráficas de los programas BIM son objetos paramétricos, pero nos referimos en este punto al diseño paramétrico como proceso de diseño asistido por ordenador en el que las entidades gráficas pueden definirse en función de variables abiertas (parámetros) y de ciertas condiciones de asociación entre ellas, expresadas en términos de una secuencia lógica de operaciones geométrico-matemáticas. Por lo tanto, en un diseño paramétrico no se llega a una solución única, sino que se obtiene un rango de soluciones tan amplio como los parámetros definidos permitan. Aunque inicialmente fue utilizado en el diseño de máquinas, su aplicación en arquitectura está suponiendo una fuente continua de indagación formal, apoyada por la facilidad de conexión con procesos de prototipado rápido y fabricación digital mediante máquinas de control numérico. Por ello, entendemos que resultaría interesante profundizar en las aportaciones singulares de estos programas en determinados procesos de ideación arquitectónica propios de la asignatura de tercer curso: Dibujo 4, ideación.

La experiencia docente singular de los Talleres de Arquitectura como lugar de confluencia de docentes de diferentes asignaturas, vuelve a poner en evidencia el interés de los programas BIM para permitir una plataforma común de integración gráfica, sin menoscabo de cualquier otra operación gráfica o soporte que fuera de interés, situación avalada por los resultados de la experiencia investigadora antes expuesta.

En quinto curso, la asignatura optativa Dibujo y Máquina, se propone como una síntesis de la relación entre la arquitectura y las tecnologías gráficas digitales (dibujo con máquinas), y como una reflexión sobre la propia arquitectura como artefacto construido que constituye un sistema complejo (dibujo de máquinas). Como tal síntesis, requiere de la puesta en valor de todos los recursos gráficos adquiridos por el estudiante, persistiendo el protagonismo del BIM, precisamente por su ya referida cualidad integradora. Se añade en este curso una nueva característica: la posibilidad de generar entornos de trabajo colaborativos, reconsiderando el papel del arquitecto en la sociedad y en el proceso productivo de la arquitectura.

Finalmente, en Dibujo y máquina incorporamos los Sistemas de información geográfica. Al indagar sobre la enseñanza de los SIG en escuelas de Arquitectura, se puede ver que han sido pocos los trabajos realizados

sobre el tema y en su gran mayoría enfocados a enseñar su aplicabilidad al ámbito de la gestión urbana. Cabe notar que los cursos desarrollados trabajan el territorio con sus datos recientes, siendo los elementos fundamentales las informaciones alfanuméricas enlazadas a sus entidades espaciales. La experiencia de docencia realizada en la ETSA de Sevilla objetiva desarrollar y acrecentar habilidades de pensar en lo espacial de una manera no-lineal e interdisciplinar. La propuesta fue exponer las diversas posibilidades que la tecnología SIG ofrece por medio de estudios de caso y a través de la realización de prácticas en aula, que permitiesen a los alumnos crear mapas temáticos históricos añadiendo información a sus entidades y compararlos con la situación actual. Significaba entender el proceso de producción del territorio como resultado de distintas fuerzas (económicas, culturales, sociales) a través de la yuxtaposición de capas de cronologías distintas. Eso nos ha permitido combinar datos históricos con actuales aportando a los estudiantes la aplicabilidad del SIG no solo en el ámbito de la gestión urbana sino, y quizás principalmente, en el ámbito patrimonial.

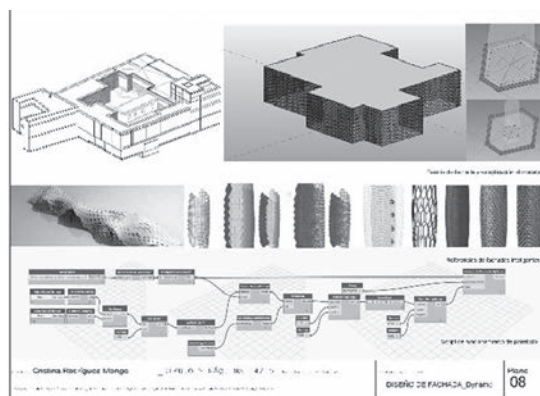


Figura 06. Ejercicio de la asignatura Dibujo y Máquina realizado con metodología BIM y programas de Diseño Paramétrico. Estudiante Cristina Rodríguez Monge. Profesores F. Pinto, R. Angulo, M. Castellano, J. A. Alba, P. Ferreira.

### Conclusiones

La aplicación de los sistemas BIM y SIG en el ámbito patrimonial abre nuevas vías para la investigación e interpretación del patrimonio arquitectónico. Además de la sistematización y flexibilidad a la hora de trabajar, la gran masa y tipología de datos que pueden ser tratados permite realizar un trabajo en el cuál tanto arquitectos como historiadores, arqueólogos y geógrafos aportan información desde enfoques disciplinares complementarios que encuentran en el modelo gráfico BIM-SIG

un soporte común. En este sentido, la metodología aplicada, en nuestro caso al contexto de la arquitectura del tardogótico, puede ser trasladada y adaptada a otros contextos y objetos patrimoniales, lo que nos permitirá a un corto-medio plazo ampliar el ámbito del estudio tanto espacial como temporalmente.

En relación a la experiencia docente con ambos sistemas, los resultados que se mostraron durante la intervención pedagógica y su posterior sistematización, hacen evidente a los estudiantes la diversidad de registros que confluyen en el hecho arquitectónico, y la necesidad de integrarlos de una forma racional, manteniendo una actitud crítica ante los requerimientos mecánicos del sistema, al que han de anteponer la reflexión teórica. La construcción del modelo en BIM es una manera de pensamiento sobre esa arquitectura, de creación de mapas mentales. En estos mapas puede interactuar el diseño con el valor y coste de las soluciones adoptadas en tiempo real, lo que refuerza la responsabilidad sobre las decisiones tomadas. En el ámbito de los SIG, los estudiantes han logrado reconocer el territorio como espacio dinámico donde es posible pensar infinitas relaciones entre sus elementos, ya sean topológicas, espaciales o alfanuméricas. El manejo de mapas, sistemas de proyección y bases de datos en SIG, además de ampliar su repertorio instrumental gráfico, les ofreció una nueva manera de pensar y entender la arquitectura desde su escala objetual a su inserción en el territorio.

A través de estas experiencias se propone entonces la evolución hacia un modelo de docencia que integra lo analógico y lo digital de forma gradual y coherente a la formación transversal del alumno en las diversos módulos y asignaturas que comparten el grado, y que permite una comprensión del hecho arquitectónico como un sistema complejo formado por distintos elementos y atributos, gráficos y alfanuméricos haciendo que lo “gráfico” trascienda lo visual para incorporar información de naturaleza heterogénea.

## Referencias bibliográficas

- ANGULO FORNOS, R. 2012. Construcción de la base gráfica para un sistema de información y gestión del patrimonio arquitectónico: Casa de Hylas, Arqueología de la arquitectura, 9, 11-25,
- ANGULO, R. 2015. Digital models applied to the analysis, intervention and management of architectural heritage. First International Conference on Building Information Modelling (BIM) in Design, Construction and Operations. Wessex Institute, UK. Witpress Southampton, Boston, pp. 407-418.

CARPO, M. 2003. La arquitectura en la era de la imprenta. Ensayo Arte Cátedra. Madrid.

CASTELLANO, M. 2013. Hacia el modelado de información patrimonial. Generación de modelos de información del Patrimonio inmueble en el momento de su protección jurídica. En: Virtual Archaeology Review. 2013. Vol. 4. Núm. 09.

CATALÁ, J. M. 2005. La imagen compleja. Fenomenología de las imágenes en la era de la cultura visual. Universidad de Barcelona. Barcelona.

FERREIRA LOPES, P. y PINTO PUERTO, F. 2015. Application of a Schema to Late Gothic Heritage: Creating a Digital Model for a Spatio-temporal Study in Andalusia. WIT Transactions on the Built Environment, v. 153, 29-41.

PINTO, F. 2010. Innovación y medios de generación y control formal - la era de la cultura visual. En Textos del Master de innovación en Arquitectura. Universidad de Sevilla. Sevilla, pp. 29-28.

PINTO, F. y GUERRERO, J.M. 2013. Imagen y modelo en la investigación del patrimonio arquitectónico. Revista VAR, Vol.4, nº 8, pp. 135-139.

PINTO, F. y ANGULO R. 2015. Decisiones constructivas en la ejecución de la capilla de la Antigua de la catedral de Sevilla. Estudio a través de modelos gráficos. Actas del noveno congreso nacional y primero hispanoamericano de Historia de la Construcción. Instituto Juan de Herrera. (en prensa).

REICHARDT, J. 1968. Cybernetic Serendipity. The Computer and the Arts. London: Studio International.

## Autores

**Francisco Pinto Puerto.** Arquitecto por la E.T.S. de Arquitectura de Sevilla (1988) y profesor titular en el Departamento de Expresión Gráfica de la Universidad de Sevilla (1999), comparte su tiempo entre la docencia, la restauración y la investigación en el ámbito patrimonial. Autor de algunos trabajos de investigaciones sobre el Arte de la Cantería y su aplicación a las bóvedas pétreas. En la actualidad es IP del proyecto HAR2012-34571 “Un modelo digital de información para el conocimiento y gestión de bienes inmuebles del patrimonio cultural” financiado por el MEC que trata sobre la generación de modelos y estrategias de conocimiento de la arquitectura patrimonial. [fspp@us.es](mailto:fspp@us.es)

**Roque Angulo Fornos.** Arquitecto por la E.T.S. de Arquitectura de Sevilla (2002). Su interés se ha intensificado en el levantamiento arquitectónico (fotogrametría) y la modelización de objetos arquitectónicos complejos susceptibles de aglutinar el potencial de las últimas tecnologías en el conocimiento y comprensión del patrimonio a través del modelado de información para la edificación (BIM). Actualmente se encuentra desarrollando la tesis doctoral de título “La Catedral Hispalense. Un modelo infográfico como base para el conocimiento y la gestión del patrimonio arquitectónico”. [roqueaf@us.es](mailto:roqueaf@us.es)

**Manuel Castellano Román.** Arquitecto por la E.T.S. de Arquitectura de Sevilla (1998), Master en Arquitectura

y Patrimonio Histórico (1999), profesor asociado en el Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica de la Universidad de Sevilla (2003). Compagina la docencia con el ejercicio profesional tanto en el ámbito de nueva planta como de la rehabilitación arquitectónica. Como investigador ha desarrollado proyectos relacionados con la tutela del patrimonio histórico y con la metodología BIM, que actualmente cristalizan en la tesis doctoral “La Cartuja de Nuestra Señora de la Defensa en Jerez de la Frontera: un modelo digital de información para la tutela de bienes inmuebles del patrimonio cultural”. [manuelcr@us.es](mailto:manuelcr@us.es)

**Patricia Ferreira Lopes.** Arquitecta y Urbanista por la Universidad Federal de Pernambuco en Brasil y por la Facultad de Arquitectura de Porto (2009). Máster en Patología de la Edificación por la UPM, y en Arquitectura y Patrimonio Histórico por la US. Actualmente es Personal Docente e Investigador en

Formación en la ETSA de Sevilla (2014) vinculada al proyecto I+D+i HAR2012-34571 y desarrolla su tesis sobre nuevas herramientas digitales en el ámbito de la arquitectura, territorio y sociedad, aplicadas al patrimonial a partir de tecnologías de la información, SIG y visualización de datos. [pwanderley@us.es](mailto:pwanderley@us.es)

**José Antonio Alba Dorado.** Arquitecto por la E.T.S de Arquitectura de Sevilla, finaliza sus estudios con el Primer Premio Dragados 2001/02 al mejor Proyecto Fin de Carrera de la Universidad de Sevilla por el Centro de Investigación Medio Ambiental en la Isla de las Palomas en Tarifa (Cádiz). Compagina su actividad profesional de arquitecto con una labor de investigación y profesor en el Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla, donde imparte asignaturas relacionadas con la metodología BIM aplicada a la arquitectura desde el año 2008. [alba@us.es](mailto:alba@us.es)