

**CODE 1.2.08****APLICACIÓN DE NUEVOS MODELOS DIGITALES PARA EL CONOCIMIENTO DEL PATRIMONIO TARDOGÓTICO EN ANDALUCÍA\*****Ferreira Lopes, Patricia<sup>1</sup>; Pinto Puerto, Francisco<sup>2</sup>; Jimenez Mavillard, Antonio<sup>3</sup>; Suárez, Juan Luis<sup>4</sup>**

1: Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica, grupo de investigación HUM799  
Universidad de Sevilla  
e-mail: [pwanderley@us.es](mailto:pwanderley@us.es), web: <http://www.patriciaferreiralopes.com>

2: Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica, grupo de investigación HUM799  
Universidad de Sevilla  
e-mail: [fssp@us.es](mailto:fssp@us.es), web: <http://grupo.us.es/ecphum799/miembros.html>

3: CulturePlex Lab  
University of Western Ontario  
e-mail: [ajimene6@uwo.ca](mailto:ajimene6@uwo.ca), web: <http://www.cultureplex.ca/>

4: CulturePlex Lab  
University of Western Ontario  
e-mail: [jsuarez@uwo.ca](mailto:jsuarez@uwo.ca), web: <http://www.cultureplex.ca/>

\* Investigación vinculada al proyecto I+D+i (HAR2012-34571) “*Un modelo digital de información para el conocimiento y gestión de bienes inmuebles del patrimonio cultural*” financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad de España y dirigido por Francisco Pinto Puerto

**PALABRAS CLAVES:** Conocimiento y gestión patrimonial, modelo digital, sistema de información geográfica, grafo, patrimonio tardogótico.

**RESUMEN**

La presente investigación pretende desarrollar nuevos modelos de interpretación arquitectónico a través de la aplicación del SIG y de Gráficos de visualización - modelos matemáticos e informáticos - con el fin de proporcionar en el campo del patrimonio nuevas metodologías que puedan ser extrapoladas a otros contextos regionales, nacionales e incluso internacionales. La relación del patrimonio con el territorio y la sociedad definen los principales elementos que conforman el sistema complejo del fenómeno patrimonial. Partimos de la idea de que el patrimonio está concebido por una multitud de actores, elementos muebles e inmuebles, tangibles e intangibles.

Este estudio busca proporcionar nuevas aproximaciones, con un enfoque transdisciplinar, sobre el contexto del patrimonio Tardogótico de una manera multiescalar que proporcionaría el entendimiento de ese conjunto de elementos que se interactúan entre sí. En el caso particular del Tardogótico, el intenso intercambio de conocimientos entre profesionales ocasionó numerosos movimientos y transferencias que acabaron por generar una multitud de variables - carreteras, flujos de materiales, transporte, mecenazgo, profesionales, instituciones, viajes de visita, reuniones, etc. La producción del lugar, con todas sus entidades, es en sí misma el gran laboratorio de estudio.

El artículo muestra la concepción de dos distintos modelos digitales - SIG y Grafos - que al ser aplicados a nuestro caso de estudio nos permiten generar y lograr una comprensión más completa y flexible del fenómeno del Tardogótico a través de un conocimiento combinado de espacio, tiempo y actores.

## 1. INTRODUCCIÓN

Durante la segunda mitad del siglo XV y a principios del XVI, el desarrollo del lenguaje arquitectónico en la Península Ibérica fue fruto de un proceso que provocó un intenso intercambio de profesionales, y como consecuencia, de conocimiento [1]. No obstante, hasta ahora, el estudio del contexto del Tardogótico carece de un marco de referencia geográfico-histórico, en la cual puedan ser articuladas y visualizadas entidades tanto espaciales - reinos, diócesis, edificios, caminos- y agentes - profesionales, mecenas, gremios-, creando vínculos entre ellas, esto es, entre espacio, tiempo y agentes. Eso nos permitiría analizar como el lenguaje arquitectónico fue transformándose teniendo en consideración toda una gama de factores que lo influenciaron, desde lo local hasta lo supranacional.

En nuestra investigación proponemos una cartografía de redes que supera el modelo centro/periferia, y refleja de algún modo la visión del pasado – en principio ceñido a los siglos XV y XVI - por medio de un modelo sin centro, en el cual diversos datos - sean entidades espaciales o alfanuméricas - se organizan en múltiples ramas creando diagramas de flujos. De esta forma, lograremos una aproximación más actual y real del concepto de patrimonio cultural [2], que desborda el marco del monumento, pasando a valorar también lo histórico, social, natural, económico y político. En este sentido, buscamos descubrir las distintas expresiones, conductas e interacciones producidas por el dinámico flujo de conocimiento centrándonos en la región de Andalucía Occidental definida como el Antiguo Reino de Sevilla.

Este artículo presenta el desarrollo de la creación de los modelos digitales creados utilizando dos tecnologías: Sistema de Información Geográfica (SIG) y Grafos. El hecho de que el manejo de estas herramientas no es todavía muy común en el ámbito patrimonial, sobre todo con este enfoque, nos animó a la hora de crear nuestra propia estructura y metodología de trabajo - muy distinta de la que hasta ahora ha sido llevada a cabo. Además, el trabajo con estas dos herramientas nos ha proporcionado nuevas formas de mirar el patrimonio Tardogótico, creando nuevos grupos y subgrupos de entidades y nuevas relaciones que podrían ser transportadas a otros casos de estudios. Asimismo, repartimos las distintas categorías de entidades - teniendo en consideración cada tecnología - de manera que de partida hemos creado un modelo de estructura de organización para cada una de ellas. Por un lado, utilizamos el SIG con un enfoque más espacial, en el cual los análisis pueden ser realizados tanto utilizando los atributos alfanuméricos de cada entidad espacial como su topología y, por otro, el Grafo con un enfoque más abstracto enfocado a la red de agentes. La creación de los dos modelos<sup>1</sup> es debido a que cada una de esas herramientas requiere una manera específica de organización de datos “Figura 1”. Mientras el SIG trabaja con un sistema de estructuras fijas de base de datos relacionales que soportan operaciones *join* y utilizan SQL como principal lenguaje de consulta y organiza sus entidades espaciales en capas y atributos, los grafos utilizan el sistema *NoSQL (NOT Only SQL)* [3], una tipología de base de datos estructurada en nodos y aristas [4].

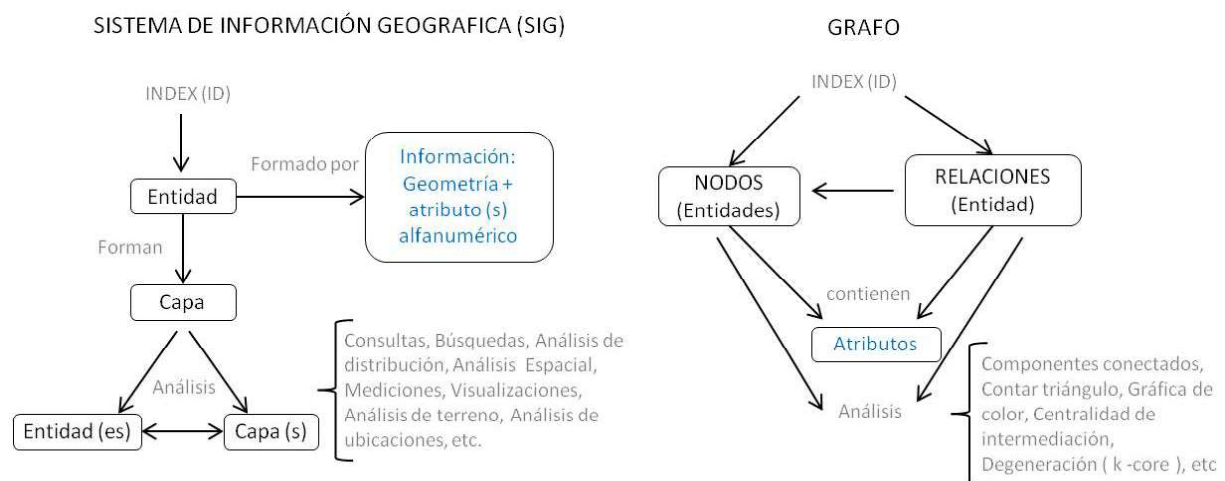


Figura 1: Esquema comparativo de los modelos de la base de datos SIG y Grafo. Fuente: Patricia Ferreira Lopes.

Los dos modelos han requerido una recopilación de datos previa y además, en el caso del SIG, de un trabajo previo de digitalización y vectorización de antiguos documentos. El resultado es un estudio que contempla modelos diferentes que sistematizan información del mismo periodo cronológico y que aportan nuevas perspectivas e interpretaciones de la concepción del espacio, este pensado como agente activo y retroalimentado [5].

## 2. EL MODELO DIGITAL CON LA HERRAMIENTA DE SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

### 2.1 La base de datos orientada a SIG

El modelo de base de datos SIG es el modelo de datos relacional, básicamente un conjunto de tablas, similares a tablas de cálculos, formadas por filas (registros) y columnas (campos) son enlazadas a una información geométrica y topológica, dando origen a un modelo *geo-relacional*. Cada fila representa una entidad espacial (objeto) y cada columna representa un atributo (valores alfanuméricos que representan una característica de la entidad). Cada tabla almacena entidades de una misma tipología y entre entidades de tipos diferentes se pueden realizar distintos análisis.

Para construir la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) de la Red Tardogótica en el Antiguo Reino de Sevilla, el primer paso fue hacer un listado de las entidades que nos interesaba, separarlas en grupos subdivididos en subgrupos y a la vez definir la escala que cada subgrupo contemplaría “Figura 2”.

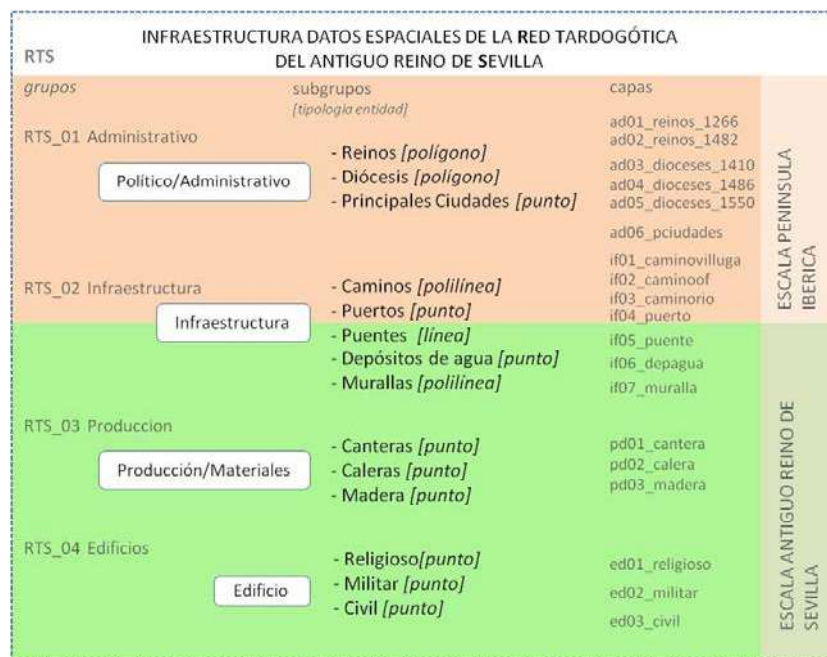


Figura 2: Esquema de la Infraestructura de datos espaciales de la Red Tardogótica del antiguo Reino de Sevilla. Fuente: Patricia Ferreira Lopes

Cada capa contiene un conjunto de entidades (elementos) con sus propios atributos (propiedades alfanuméricas), estos últimos son primeramente organizados en tablas de formato XLS para su posterior enlace (*join*) con la entidad geométrica (*vectorial*) de mismo identificador (ID), así el dato de localización nos sirve para integrar y visualizar la información “Figura 3”. De esa manera, la construcción de los subgrupos puede ser realizada con flexibilidad permitiendo gran facilidad de ampliación y edición de los datos, requisito *sine qua non* para trabajar con fuentes documentales tan vastas y antiguas, como es nuestro caso [6]. Con el SIG podemos descubrir relaciones de manera más inmediata una vez que pasamos a trabajar con imágenes que nos permiten observar patrones que están escondidos en las informaciones alfanuméricas - textos y tablas. Los interrogantes que pueden ser planteados con la utilización del SIG son varios: ¿Cómo el territorio fue construido a lo largo del tiempo?

¿En qué periodo y región había más actividad constructiva? ¿Cómo la apertura de la banda morisca influenció en la comunicación y transporte del Antiguo Reino de Sevilla? Además, se pueden visualizar a través de la yuxtaposición de distintas cronologías y grupos de entidades.

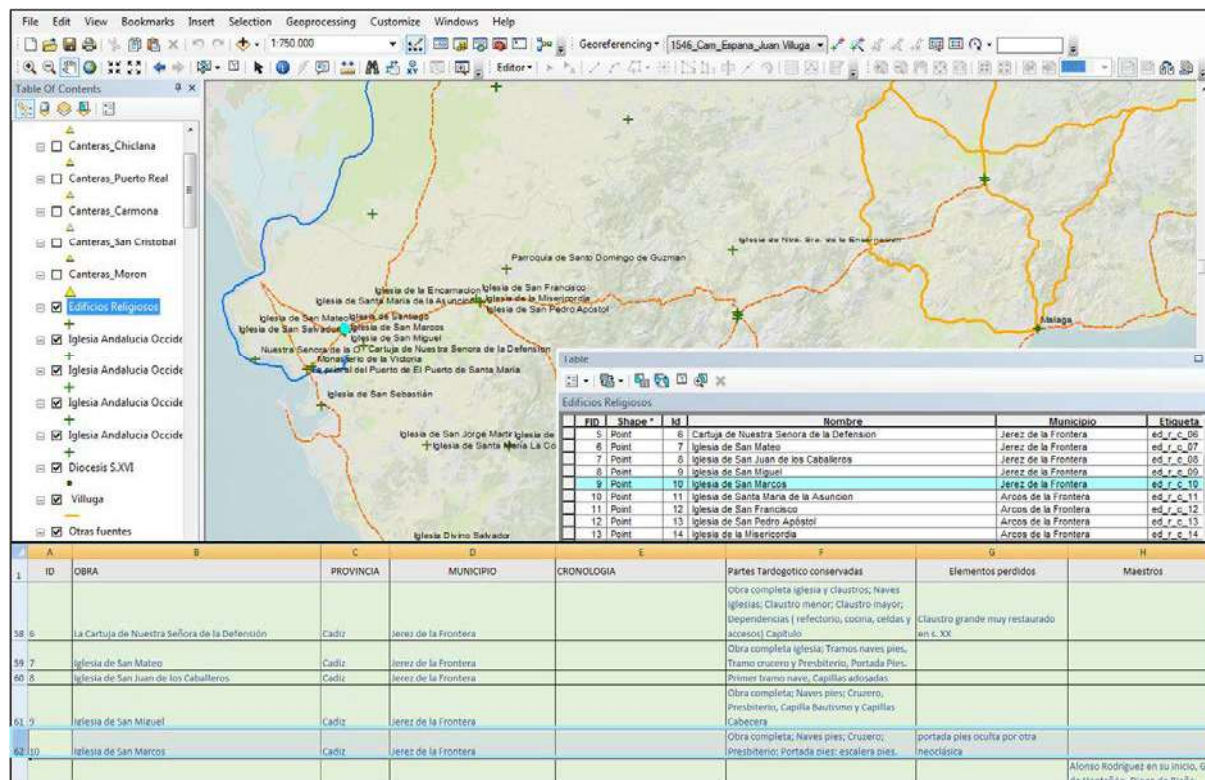


Figura 3: El modelo de datos relacional de SIG: informaciones alfanuméricas enlazadas a las entidades geométricas - objeto. Fuente: Patricia Ferreira Lopes a partir de datos recopilados por los profesores Francisco Pinto Puerto y Juan Clemente Estévez y por el doctorando David Sánchez Gutiérrez de los Santos de la Universidad de Sevilla.

## 2.2 Proceso de Construcción del modelo SIG

El proceso de construcción del modelo SIG será desarrollado en ocho fases dinámicas e interrelacionadas: diseño del esquema IDE y data base; recopilación, tratamiento y selección de datos<sup>ii</sup>; entrada y análisis de datos; producción de visualizaciones del modelo; evaluación del problema; interconexión de datos; generación de consultas e informes; desarrollo del sistema de documentación y difusión del modelo [7]. La fase más larga del proceso es la propia creación de las entidades espaciales - entrada de datos, cerca de 75% del tiempo y esfuerzo emprendido en la investigación será usado para coleccionar, crear y tratar los datos<sup>iii</sup> para que ellos puedan posteriormente ser analizados. La gran dificultad está en su precisión. Para determinadas entidades, las cartografías e informaciones del siglo XV y XVI no nos permite llegar a una precisión de escala urbana con lo cual tenemos que trabajar a una escala territorial. Ese es el caso, por ejemplo, de las capas de los reinos, diócesis y caminos. Por otro lado, algunas lagunas también están presentes en los atributos - información incompleta - lo que limitará de cierta forma nuestros análisis con determinados datos. Ese es el caso, por ejemplo, de la cronología de algunos elementos. Sin embargo, el hecho de trabajar con SIG nos permite asumir estas lagunas de manera provisional, una vez que nos ofrece una gran facilidad de edición y de incorporación de datos. Y este fue un motivo más para que la IDE fuera creada cumpliendo las normas de la serie ISO 19100, los estándares del Open Geospatial Consortium (OGC) y las recomendaciones de las directrices de INSPIRE [8] y de la LISIGE (Ley de las Infraestructuras y Servicios de Información Geográfica) con el fin de ser ampliada, editada y consultada futuramente por otros investigadores “Figura 4”.

Caminos, edificios religiosos y canteras en el antiguo Reino de Sevilla (1430-1550).

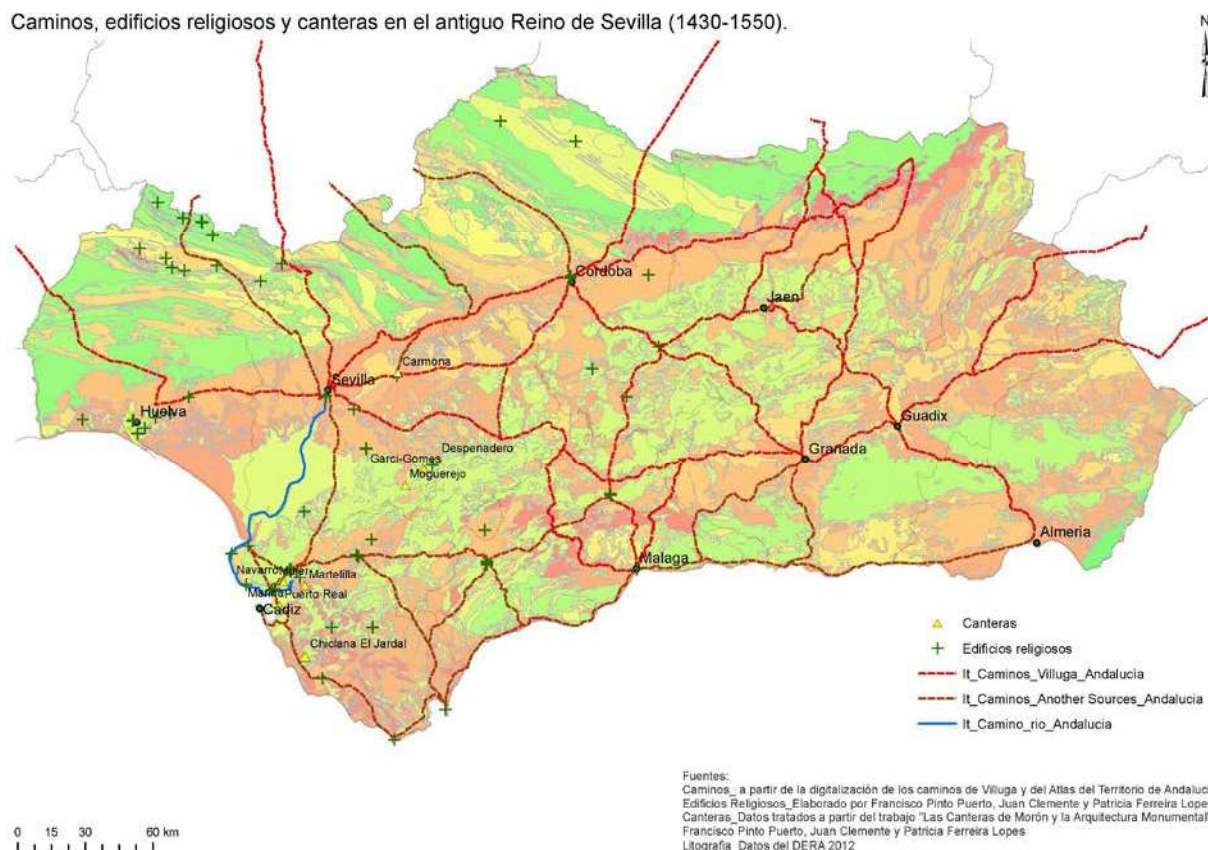


Figura 4: Este mapa de Andalucía enseña la yuxtaposición de distintas capas de la red Tardogótica: los caminos de comunicación y principales ciudades de la época a una escala peninsular y los edificios religiosos y canteras a una escala urbana del antiguo Reino de Sevilla. Fuente: Patricia Ferreira Lopes, Octubre 2015.

### 3. EL MODELO DIGITAL CON GRAFO

#### 3.1 Base de datos orientada a grafo

Los gráficos son formados por dos elementos: nodos y aristas. Cada nodo representa una entidad y cada arista representa la relación entre nodos (por ejemplo, profesional -> ha trabajado -> edificio). Esta estructura nos permite modelar una infinidad de escenarios - desde redes sociales hasta sistema de caminos o cualquier otro sistema que sea definido por relaciones, lo que nos acerca mucho a la complejidad del territorio, con todo su conjunto de elementos [9] y procesos que lo integran.

La base de datos orientada a grafo (BDOG) es distinta de otras bases de datos a las que quizás estamos más acostumbrados en el campo de las humanidades como es el caso de las tablas relacionadas. Esto significa que en la BDOG la prioridad son las relaciones. Las tres principales ventajas de utilizar grafo están en su agilidad, flexibilidad y transformación. Teniendo en cuenta nuestro estudio, y la posibilidad de una futura ampliación a una escala nacional, al trabajar con una base de datos gráfica, tenemos la facilidad de que aunque nuestra base de datos crezca o nuestro esquema planteado sea modificado o ampliado, eso no afectará la agilidad y transformación del sistema.

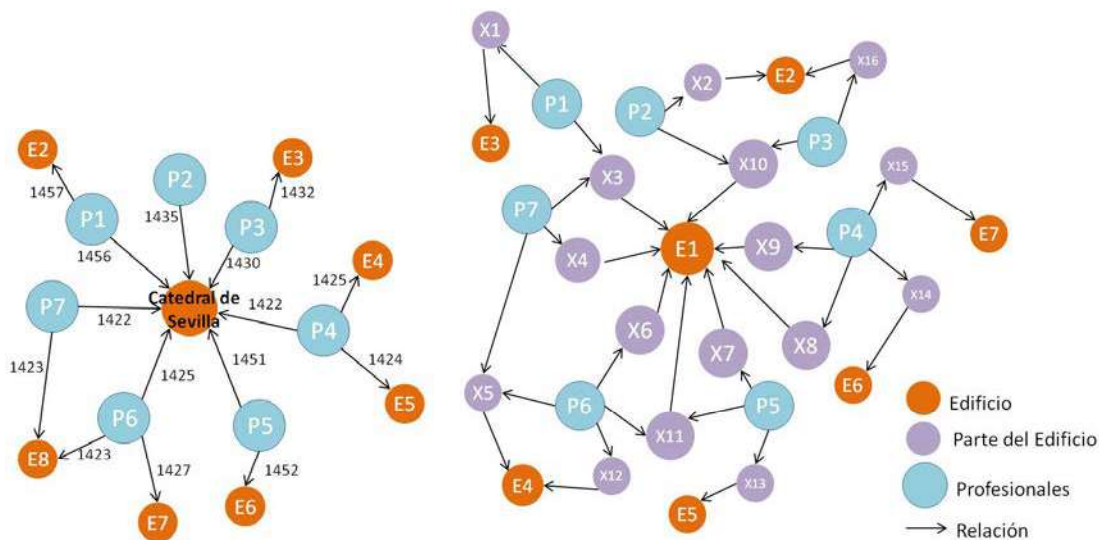
#### 3.2 Proceso de construcción del modelo gráfico

El proceso de construcción del grafo ha contemplado tres fases: recopilación de datos, creación de un esquema y análisis. En este artículo trataremos acerca de la propuesta de recopilación y del esquema realizado en conjunto con el CulturePlex de la Universidad de Western Ontario en Canadá.

Desde que empezamos la investigación, la idea de redes de conocimiento durante el contexto Tardogótico ha estado siempre presente. En una etapa inicial del estudio, empezamos por recopilar los profesionales que han trabajado durante este periodo en las distintas obras del antiguo Reino de Sevilla, luego nos hemos dado cuenta que era muchísima información en una fase que estábamos solamente creando hipótesis. De esta forma, nos hemos vistos forzados a redirigir el planteamiento y tomar una estrategia inicial de trabajo. Sabiendo que la obra de la Catedral de Sevilla fue uno de los mayores fenómenos responsable por la dinámica de flujos de conocimiento de la época, y que en ella han trabajado y/o tenido alguna relación una cantidad significativa de profesionales, este podría ser un punto de partida más realista y más abarcable inicialmente. De ahí saldría un listado de profesionales, su relación con la Catedral de Sevilla (en el cual contemplamos también los profesionales de las canteras que abastecían la fábrica para la Catedral) y con otras obras en las que han trabajado.

Inicialmente, la información fue organizada en tablas en formato CSV teniendo en cuenta posibles atributos como: fecha de nacimiento y muerte, fecha de actividad, parientes (la estructura familiar es muy importante en ésta época para entender la estructuración profesional), obra en la que ha trabajado, fecha en que ha trabajado, colaboradores que han trabajado, obras atribuidas, bibliografía.

En la etapa inicial del estudio, estaría claro que teníamos dos tipos fundamentales de nodos: la Obra y los profesionales que estaban relacionados a ella. Así podríamos relacionar la Catedral de Sevilla y ver cronológicamente los grupos de profesionales que han trabajado a lo largo de la historia y ver más fácilmente cuales ha coincidido temporalmente y espacialmente. No obstante, esta red podría ser fácilmente ampliada y entendible si la relacionamos con las demás obras en las que han participado los profesionales “Figura 6”. En seguida, la red se complica bastante más si la expandimos de manera que en lugar de las obras, entramos en el detalle de la parte del edificio en la cual el profesional ha trabajado. De esta manera, podríamos entrar a una escala del edificio y detectar en que parte ha coincidido o no los profesionales u observar como un determinado profesional estaba trabajando a la vez en dos proyectos de capilla en distintos edificios, por ejemplo “Figura 7”.

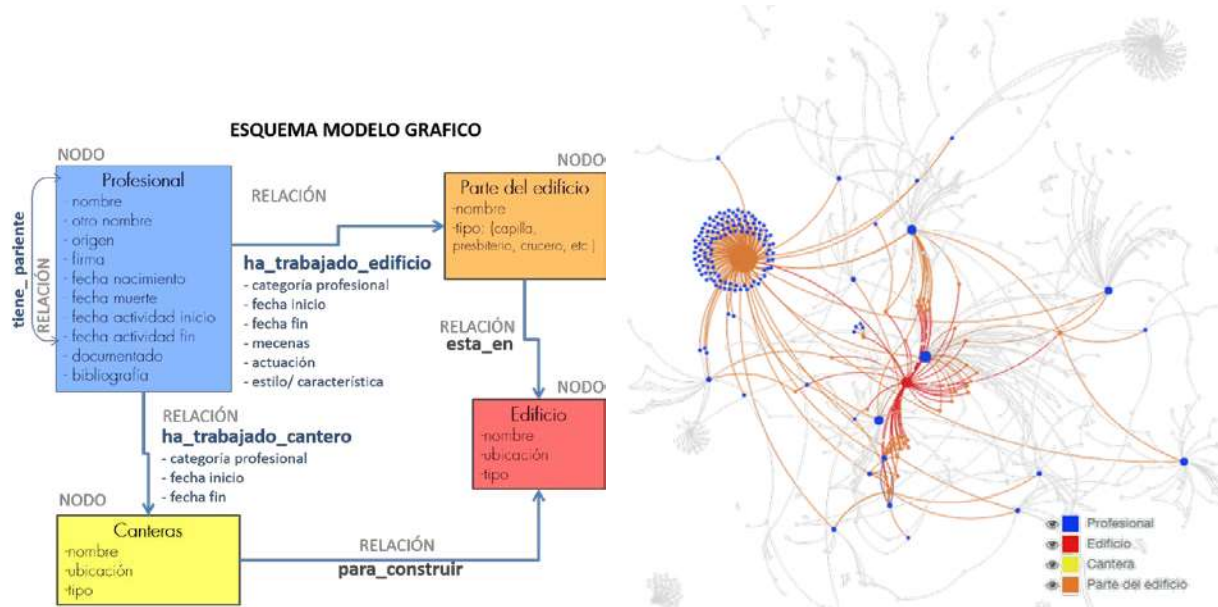


Figuras 5 y 6: En la Figura 5 se puede observar el modelo gráfico que contempla Profesionales, la Catedral de Sevilla y otros edificios. En la Figura 6 la red ampliada, con el fin de obtener mayores detalles en las interacciones de los agentes, que contempla la información de las partes de los edificios en que han trabajado cada profesional. Fuente: Patricia Ferreira Lopes, Octubre 2015.

Para crear el modelo del grafo hemos utilizamos el software *Sylva* [10] desarrollado por *el CulturePlex Lab*, con el cual nos ha permitido crear una base de datos escalable y flexible para organizar, estructurar, gestionar, visualizar y analizar una gran masa de datos. Con la infinidad de posibilidades que nos permite esta herramienta, podríamos incluso plantear hacer un estudio de las obras atribuidas para descubrir sus autorías con más seguridad, recurriendo a las relaciones más lógicas y coherentes en el tiempo. Con

todos los datos en *Sylva*, podemos ver los enlaces entre distintos profesionales y obras así como entre canteras y obras, entre profesionales, partes de edificio con profesionales, canteras y profesionales. Si no tuviéramos esta herramienta, habríamos pasado varias horas haciendo inúmeras tablas y esquemas para recopilar toda la información. Sin embargo, los avances proporcionados por la sociedad de la información –en nuestro caso por la Red Tardogótica interuniversitaria-, nos permite hacer todo mucho más automatizado y preciso.

Una vez teniendo claro el punto de partida y ya con una cierta cantidad de profesionales recopilados -cerca de 300 - la fase siguiente fue la creación de un esquema por el cual funcionaría el modelo gráfico y las primeras análisis “Figuras 7 y 8”.



Figuras 8 y 9: Esquema inicial del modelo gráfico de la red de profesionales del Tardogótico en el antiguo Reino de Sevilla. En él tenemos 4 tipos de entidades - nodos (profesionales, partes de edificio, edificio y canteras) y 5 tipos de relaciones - aristas, cada uno de ellos con sus respectivos atributos/propiedades; La Figura 9 enseña un análisis realizado con *"sylva"*, el grafo resalta los profesionales (maestros, escultores, carpinteros, canteros, etc.) que han trabajado en distintas partes de la Catedral de Sevilla. Fuente: Patricia Ferreira Lopes, Enero 2015.

El interés particular en crear este tipo de modelo no es solamente el acto de visualizar cómo las entidades están relacionadas, se trata sobre todo de aclarar algunas cuestiones acerca del fenómeno de intercambio de conocimiento en este periodo, visualizando y demostrando con ello los movimientos de profesionales en el tiempo. En este sentido, preguntas como ¿Cuáles fueron los elementos arquitectónicos más construidos durante este periodo? ¿Qué profesionales han trabajado juntos en un edificio o cantera? ¿Cuántos profesionales han trabajado en una determinada parte de un edificio? ¿Cuáles las características son más comunes en cada periodo de tiempo? entre otras pueden ser contestadas con más precisión. Cuestiones que seguramente se ampliarán a medida que construimos la base de datos gráfica y que vayamos encontrando nuevas casuísticas y posibilidades. Además, las relaciones de los profesionales y del lenguaje arquitectónico, inicialmente centradas en el antiguo Reino de Sevilla, están muy comúnmente conectadas con otras regiones de España como es el caso de Toledo y Salamanca, por ejemplo, o mismo Lisboa u otras localidades de Portugal.

De esta forma, esa primera aproximación nos servirá de base y experiencia para una futura perspectiva que contemple la escala europea y/o iberoamericana en la cual los flujos interconectados podrán ser analizados. El caso de las conexiones con América puede ser del máximo interés si consideramos que la ciudad de Sevilla fue un nodo de conexión indiscutible entre Europa y América durante un largo periodo de tiempo, produciéndose intercambios de una gran importancia.

#### 4. CONCLUSIONES

Diferentes métodos de investigación basados en las nuevas tecnologías aplicadas para la comprensión de un mismo fenómeno proporcionan una mayor profundización del problema. En este sentido, la utilización de múltiples métodos nos ha permitido alcanzar tres importantes aspectos: promover distintas perspectivas del tema permitiendo una visión más amplia acerca del objeto de estudio; incluir una elevada variedad de variables en el estudio; proporcionar múltiples análisis de un mismo concepto, lo que aumenta la validez de la investigación que queda abierta y actualizable. Se trata, por tanto, de aportar nuevas metodologías pero también nuevos enfoques que no anulan otros sistemas tradicionales, sino enriquecen el debate sobre el pasado y su relación con la herencia recibida.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] García Cuetos, M. P., Raíces del Tardogótico castellano. La arquitectura europea en el contexto del último gótico: ¿una arquitectura paneuropea? *La arquitectura tardogótica castellana entre Europa y América*. Madrid: Silex, pp. 17-42, 2011.
- [2] Faro. *The Faro Convention on the Value of Cultural Heritage for Society*. Council of Europe. Online. <http://conventions.coe.int/Treaty/EN/Treaties/Html/199.htm>. (2005).
- [3] NOSQL Databases, <http://nosql-database.org/>. (2015).
- [4] Robinson, I., Webber, J., & Eifrem, E. *Graph Databases. Information Management*. O'Reilly Media, Inc., 2013.
- [5] Lefebvre, H. *La producción del espacio*. Madrid: Capitan Swing, 2000.
- [6] Bodenhamer, D. J., Corrigan, J., & Harris, T. M. *The Spatial Humanities: GIS and the Future of Humanities Scholarship*. Humanities. 2010.
- [7] Ferreira Lopes, P. & Pinto Puerto, F. 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(2015).
- [8] INSPIRE. <http://inspire.ec.europa.eu/>
- [9] Moriello, Sergio A. *Sistemas complejos, caos y vida artificial*. <http://www.redcientifica.com/doc/doc200303050001.html>. (2003).
- [10] Cultureplex. *Graph Databases Sylva*. <http://sylvadb.com>. University of Western Ontario, Canada. (2015).

<sup>i</sup> Los modelos son creados con el fin de llevar las facetas específicas de un dominio rebelde - de un sistema complejo - a un espacio donde se puedan ser estructuradas y manipuladas. No existe una representación del mundo con la forma "que realmente es" sino muchas abstracciones y simplificaciones que buscan satisfacer un fin particular.

<sup>ii</sup> Esta fase ha sido realizada un trabajo conjunto entre los profesores Francisco Pinto Puerto y Juan Clemente Rodríguez Estévez y los doctorandos David Gutiérrez de los Santos y Patricia Ferreira Lopes.

<sup>iii</sup> La gran mayoría de los datos de la IDE de la red Tardogótico, son datos de fuentes primarias o secundarias que no han sido digitalizados y/o tratados, es decir, mapas que necesitan ser vectorizados o textos que necesitan ser convertidos en tablas estructuradas.