

**Gestión del Patrimonio Cultural Arquitectónico 3D mediante estándares abiertos.
El torreón de La Muela de Ágreda (Soria)**

Cultural Heritage 3D management by open standards. The Tower of La Muela of Ágreda (Soria)

Zaira Joanna Peinado Checa

Arquitecta y profesora asociada de la U. P. de Arquitectura. Universidad de Zaragoza.

Javier Serrano Egado

Arquitecto.

Alberto Peinado Checa

Ingeniero Informático Superior. Miembro del grupo de Sistemas de Información Avanzados (IAAA). Universidad de Zaragoza.

Resumen

Las instituciones implicadas en la gestión del patrimonio utilizan en la actualidad sistemas de información para cubrir la demanda de información, catalogación, gestión y difusión del patrimonio. La utilización de estándares abiertos en dichos sistemas permitiría una mejora susceptible en el ámbito de la interoperabilidad. El objetivo de este artículo es el planteamiento de un modelo de datos y la descripción de las posibilidades que ofrece en este sentido. El modelo está basado en información espacial tridimensional a través del estándar abierto e interoperable CityGML (estándar OGC). La exposición se realiza a partir del caso concreto de un modelo tridimensional creado desde el Proyecto de Rehabilitación de la Torre de la Muela de Ágreda.

Palabras clave: Patrimonio Arquitectónico. Estándares abiertos. CityGML. Modelo de datos. Sistema de información.

Abstract

Today, cultural institutions in charge of cultural heritage management use Information Systems in order to comply with heritage dissemination, cataloguing and managing tasks. The use of open standards would allow them to sensitively improve in the field of interoperability. The aim of this paper is describing a data model and its possibilities in this regard. This model is based on three-dimensional spatial based data through the open and interoperable standard CityGML (standard OGC). This proposal is based on a specific three-dimensional model created by the Rehabilitation Project of the Torreón de la Muela de Ágreda.

Keywords: Architectural Heritage. Open standards. CityGML. Data model. Information system.



Zaira Joanna Peinado Checa

Licenciada en Arquitectura por la Universidad de Valladolid (ETSAV) en 2006. En 2005 obtuvo la Beca Faro con el proyecto “Sviluppare l’idea e progetto della Cascina di Monterrobio” en Milán. En 2010 realizó el Máster de Gestión del Patrimonio Cultural en la Universidad de Zaragoza y actualmente está realizando su tesis doctoral en la UPC con el título de “Protocolos en la catalogación del patrimonio cultural inmueble”. Es Profesora Asociada del área de Expresión Gráfica Arquitectónica de la Universidad de Zaragoza desde el año 2010, especializada en la Representación Gráfica del Patrimonio. Ha colaborado en publicaciones y proyectos de investigación sobre los indicadores de sostenibilidad y la rehabilitación urbana.

Contacto: zpeinado@unizar.es



Javier Serrano Egido

Licenciado en Arquitectura por la Universidad de Valladolid en (ETSAV) en 1998. Se dedica al ejercicio libre de la profesión desde 1998. Ha realizado proyectos y direcciones de obra de rehabilitación de edificaciones de carácter histórico para la Junta de Castilla y León (Consejería de Fomento - Programa Arquimilenios), el Ministerio de Cultura, el Ayuntamiento de Agreda (Soria), y otros trabajos de obra nueva o rehabilitación para el Ministerio de Cultura, el Ministerio de Economía y Competitividad, la Diputación General de Aragón, y la Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León. Ha participado en la elaboración de proyectos y direcciones de obra, de forma directa o en colaboración, de más de 2.000 viviendas. En materia de Urbanismo, ha redactado numerosos instrumentos de planeamiento general y de desarrollo. Ejerce desde 2003 las labores de asesoría en materia de urbanismo con diferentes Ayuntamientos de la provincia de Soria.

Contacto: jaseegi@yahoo.es

**Alberto Peinado Checa**

Ingeniero Informático Superior por la Universidad de Zaragoza en 2007. Becario de investigación y posteriormente miembro del grupo de Sistemas de Información Avanzados (IAAA) y de la Spin-Off del grupo GeoSpatiumLab SL. Ha trabajado en diversos proyectos de implantación de INSPIRE para entidades oficiales como la Confederación Hidrográfica del Ebro y el Instituto Geográfico Nacional, desarrollando sistemas de información basándose en diversos estándares OGC y trabajando con datos espaciales.

Contacto: albertop@unizar.es

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este artículo es establecer un planteamiento sobre la obtención, almacenamiento y acceso a datos basados en modelos tridimensionales a través de estándares abiertos e interoperables. Dichos estándares permiten combinar información espacial, en este caso la geometría en tres dimensiones, con la información propia de un monumento histórico arquitectónico, en un único modelo de datos.

A grandes rasgos, la exposición del presente trabajo consta de la siguiente estructura. En primer lugar, se realiza una pequeña exposición acerca de la historia y el estado del arte de los sistemas de información en el ámbito del patrimonio y las entidades que los gestionan. En segundo lugar, se introduce la Directiva INSPIRE, el estándar abierto CityGML y la utilización de información geográfica. A continuación, se plantea un modelo de datos basado en información tridimensional y se ilustra el proceso de obtención y generación de información a partir del modelo elaborado a través del proyecto de rehabilitación del Torreón de la Muela de Ágreda (Soria). En último lugar, se analizan las posibilidades y aplicaciones que ofrece el modelo planteado.

El alcance del presente trabajo consiste en la exposición de una solución tecnológica planteada hasta un nivel muy específico, con el objetivo de ofrecer una perspectiva que pueda servir como alternativa a profesionales del sector e instituciones interesados en este ámbito a la hora de realizar valoraciones o cubrir posibles necesidades.

1.- Los sistemas de información en el ámbito del patrimonio

El concepto de catalogación del patrimonio cultural nace en España hace más de un siglo. El Real Decreto del 1 de junio de 1900 marca el inicio de la elaboración del Catálogo Monumental sobre diversas provincias (Muñoz, 2010).

Posteriormente se han producido acuerdos internacionales con instituciones competentes en materia de patrimonio. La Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural de 1972 de la UNESCO hace referencia a la necesidad de la elaboración de inventarios del patrimonio cultural y natural por parte de los estados. Asimismo el Consejo de Europa, mediante el Convenio para la Salvaguardia del Patrimonio Arquitectónico en Europa (Granada, 1985) señala la necesidad de elaboración de inventarios (Muñoz, 2007). De la misma forma, proyectos como Herein, Minerva y Digicult, se han gestado para el intercambio de información sobre la protección del patrimonio.

En la actualidad, las políticas de gestión y protección del patrimonio resultan complejas, debido a la diversidad de ámbitos a los que se enfrentan, competencias administrativas, calificación y aspectos legales. En relación a las competencias, existen los siguientes niveles: estatal, autonómico o regional, y local. La principal ley estatal que regula el patrimonio es la Ley 16/1985 de Protección y Conservación del Patrimonio Histórico Español (LPHE), acompañada por el Real Decreto 111/1986. Mediante la LPHE, el Estado establece el deber de proteger y conservar el patrimonio, garantizar el acceso, uso y disfrute al ciudadano, delegando en el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, a través de la Dirección General de Bellas Artes, la gestión de algunos de los bienes del Patrimonio Histórico Español.

Por otra parte, la Constitución Española previó el traspaso de competencias sobre “Patrimonio Monumental de Interés para las Comunidades Autónomas” (art. 148). De esta forma, y una vez que han sido asumidas dichas competencias, las Comunidades Autónomas han ido promulgado sus propias regulaciones legislativas para la protección del patrimonio cultural ubicado en las mismas. La mayoría de ellas ha seguido el modelo de categorías y tipologías de bienes de la LPHE, aunque introduciendo algunas diferencias que las adaptan a su propia realidad patrimonial. Las Comunidades Autónomas son también responsables de la catalogación del patrimonio situado en su territorio, de acuerdo con las categorías de protección y tipologías de bienes establecidas en su propia normativa (y de acuerdo con las de la LPHE mientras se asumían estas competencias).

Las instituciones implicadas en la gestión del patrimonio utilizan en la actualidad sistemas de información para cubrir la demanda de información, catalogación, gestión y difusión del patrimonio.

Anteriormente a la aparición de dichos sistemas, la información se encontraba disgregada en las administraciones, en distintos formatos, mayoritariamente no digitalizados y poco accesibles. Esta situación impedía la utilización eficiente de la información dentro de la propia administración y dificultaba el acceso a otras instituciones y a la ciudadanía en general.

“Un sistema de información, es una estructura organizada con relación funcional entre sus componentes”, y en relación con el Patrimonio Cultural, es una herramienta válida para la tutela administrativa (Bolea y De Diego, 2001).

En el ámbito del patrimonio cultural, los sistemas de información regionales se centran no sólo en documentación referente a los bienes del patrimonio inmueble, sino también en general a los bienes muebles, arqueológicos y etnográficos catalogados de su territorio. En relación al patrimonio arquitectónico, el catálogo de bienes incluye información alfanumérica, imágenes, planos, otros documentos y relaciones con otros bienes. El catálogo de información alfanumérica está basado en las recomendaciones internacionales en cuanto a documentación. Estas recomendaciones se encuentran recogidas en la publicación *Documenting the Cultural Heritage*. Incluye normas esenciales de documentación del patrimonio arquitectónico basadas en el estándar *Core Data Index to Historic Buildings and Monuments of the Architectural Heritage* (Thornes y Bold, 1998). Dicho estándar fue creado por un grupo de trabajo compuesto por miembros procedentes de organizaciones del patrimonio de Francia, Alemania, Holanda, Suecia y el Reino Unido, y mediante el cual se caracterizaron edificios y sitios históricos por su nombre, ubicación, tipo funcional, fecha, arquitecto, historia, técnicas y materiales utilizados, condición física y estado de protección. Fue un punto de partida para definir modelos de datos para almacenamiento digital, en centros de documentación y en otros lugares donde era necesario para la comprensión detallada y cuidada de los monumentos individuales. Propuso el conjunto mínimo de elementos y especificaciones técnicas para el registro de todos los edificios de interés histórico y arquitectónico de cada estado o institución (Bold, 2009).

A) El Sistema de Información de patrimonio de Castilla y León

El bien patrimonial elegido como caso de estudio concreto en este artículo se encuentra gestionado por el Sistema de Información de Castilla y León. La Dirección General de Patrimonio Cultural de la Consejería de Cultura y Turismo de la Junta de Castilla y León ha creado un Sistema de Información Integral de Gestión del Patrimonio Cultural llamado PACU. Este sistema facilita la gestión y administración todos los bienes de interés cultural e histórico de la región, incluyendo construcciones arquitectónicas, bienes muebles, yacimientos arqueológicos y conjuntos etnográficos. El modelo cuenta con una ficha identificativa y descriptiva, con autorizaciones, procedimientos y trámites administrativos, declaraciones de Bien de Interés Cultural e intervenciones realizadas a los bienes. Además incorpora ubicación territorial y georreferenciación por coordenadas (Fernández et al., 2008).

El sistema consta de un catálogo web de uso exclusivamente interno, si bien a través del portal web de la Junta de Castilla y León se ofrece acceso público a cierto tipo de información, como las coordenadas a través de un visor geográfico básico y una breve ficha catalográfica.

2.- La Directiva INSPIRE y la información geográfica

Desde el año 2007, las comunidades autónomas se encuentran también en proceso de implementación de la Directiva Europea INSPIRE¹ que generalmente ha conllevado el desarrollo de sistemas de información en este caso, espaciales y de temática medioambiental. Debido a la consideración “lugares protegidos” del Anexo I de la Directiva y por considerar al Patrimonio Histórico como parte de la información medioambiental según la Ley 27/2006 (Díaz, 2010), algunas comunidades han incluido información de patrimonio en el conjunto de datos, principalmente con la geolocalización en un mapa como objetivo, y una pequeña representación de información catalográfica opcionalmente. Desde los años 90, se ha producido una estandarización de la información geográfica, con normas, especificaciones y recomendaciones, como las del Comité Técnico ISO/TC 211 de la *International Organization for Standardization* (ISO) y del *Open Geospatial Consortium*² (OGC), junto con el *World, Wide Web Consortium* para los servicios de mapas y descarga de datos (Pizarro et al., 2008).

A través de la geolocalización es posible conectar los bienes patrimoniales con los procesos que tienen lugar en el territorio, proporcionando nuevos métodos para el análisis del patrimonio cultural. Las conclusiones del análisis territorial son fundamentales a la hora de planificar y gestionar las acciones públicas en materia de patrimonio cultural.

¹ La Directiva INSPIRE (*IN*frastructure for *S*patial *I*nfoRmation in Europe) 2007/2/CE ha sido desarrollada con el propósito de hacer disponible información geográfica relevante, concertada y de calidad, de forma que se permita la formulación, implementación, monitorización y evaluación de las políticas de impacto o de dimensión territorial de la Unión Europea.

² El *Open Geospatial Consortium* (OGC) es una organización internacional sin ánimo de lucro creada en el año 1994 y que agrupa a 372 organizaciones privadas y públicas, cuyo principal objetivo es la definición de estándares abiertos e interoperables dentro de los Sistemas de Información Geográfica y de la *World Wide Web*. Las especificaciones más importantes surgidas del OGC son: GML, KML, WFS, WMS, WCS, CSW.

La geolocalización consiste únicamente en la georreferenciación a través de un punto mediante coordenadas (latitud, longitud). Esta práctica comenzó en el ámbito del patrimonio en los visores cartográficos de yacimientos arqueológicos. Esta información espacial es muy limitada, puesto que no incluye ningún tipo de información morfológica del elemento, solamente es posible indicar la tipología a través de un icono. La información morfológica y geométrica podría ser representada en el mayor nivel de detalle mediante modelos tridimensionales.

En la actualidad, la documentación de patrimonio arquitectónico utiliza técnicas y herramientas de modelado tridimensional. Por un lado, los modelos se elaboran para conocer e informar el estado actual de un edificio patrimonial, debido a que aportan consideraciones sobre los procesos de transformación del bien en el tiempo. Por otro lado, un modelo del estado previo es el punto de partida para el inicio de un proyecto de consolidación, rehabilitación o restauración. Estos otros aportan consideraciones sobre la interpretación realizada, cuyo objeto es evitar pérdidas de información del bien intervenido (Angulo 2012). De esta forma, un bien en continua actualización de la información podría tener varios modelos.

Dichos modelos tridimensionales estarían enmarcados dentro de los datos temáticos dispuestos en el Anexo III de la Directiva INSPIRE como “edificaciones”. La Directiva recomienda la utilización de los estándares OGC existentes para la representación de edificios en tres dimensiones. CityGML es uno de los estándares creados para tal fin (Velasco et al. 2010).

3.- Modelos de datos basados en estándares abiertos

A pesar de que los sistemas con información espacial, en este caso geolocalización, utilizan servicios basados en estándares abiertos como el *Web Map Service*³ (WMS) de OGC para su acceso público, dicha información es la única fuente de información normalizada disponible y se trata única y básicamente de imágenes para un visor cartográfico.

El modelo planteado está basado en la utilización de estándares abiertos de información espacial, en concreto CityGML (estándar OGC). Por un lado, permite incorporar información correspondiente al levantamiento tridimensional mencionado, y por otro, permite almacenar dicha información 3D relacionada con la temática de la catalogación arquitectónica.

El formato del estándar mantiene y complementa posibles necesidades de información a nivel de gestión y proporciona interoperabilidad a la documentación del patrimonio cultural. Permite presentar la información espacial de los bienes patrimoniales de forma individual y conjunta. Proporciona además representación para información documental de edificios históricos, particularidades del patrimonio construido y de sus procesos de investigación e intervención.

³ El servicio *Web Map Service* (WMS) definido por el OGC (*Open Geospatial Consortium*) produce mapas de datos referenciados espacialmente, de forma dinámica a partir de información geográfica. Este estándar internacional define un "mapa" como una representación de la información geográfica en forma de un archivo de imagen digital conveniente para la exhibición en una pantalla de ordenador.

A) CityGML

CityGML se define como un formato abierto, basado en XML para la definición, representación, almacenamiento e intercambio de datos virtuales 3D de una ciudad, sus edificios e infraestructuras (OGC, 2012). Es un estándar internacional del *Open Geospatial Consortium* (OGC) y la ISO TC211, desarrollado conjuntamente por el *Special Interest Group 3D* (SIG3D) de la iniciativa *Geodata Infrastructure Germany* (GDI-DE) y el OGC. Se basa en una serie de normas de la familia ISO 191xx, el *Open Geospatial Consortium*, el *W3C Consortium* (W3C 2008), el *Web 3D Consortium* y OASIS (Gröger et al. 2008).

Este formato se utiliza para describir datos de la cartografía urbana mediante el estándar GML⁴, basado en el modelo ISO 19107, para la representación de geometrías 3D.

CityGML propone un rico modelo de información tanto para la geometría tridimensional compleja de las entidades como para información específica de temática urbana. Este modelo permite no solo la definición coherente y homogénea de las propiedades geométricas, sino también de las propiedades topológicas de los objetos espaciales dentro de los modelos de ciudades 3D. El modelo consta de dos jerarquías: una referente a entidades del mundo real que se representan mediante características tales como envolventes, tabiquería interior, carpinterías, entre otras y otra referente a la geometría, donde los elementos más complejos se pueden descomponer en geometrías primitivas (Stadler y Kolbe, 2007). El objetivo de CityGML es establecer una definición estandarizada de las entidades básicas, atributos, y relaciones de un modelo de ciudad en 3D, lo que permite la reutilización de la información en diferentes campos de aplicación (Gröger et al., 2006).

El modelo de CityGML consta de definiciones de los tipos más importantes de objetos 3D dentro de los modelos virtuales de ciudad, entre los que se incluyen edificios, terrenos, agua, transporte, vegetación y mobiliario urbano (Stadler y Kolbe, 2007). CityGML es aplicable a áreas a nivel de ciudad, y edificios, en diferentes niveles de detalle de forma simultánea (OGC, 2012). Para cada nivel de detalle, LoD (*Level of Detail*) hay una especificación adecuada a la generalización del nivel, a la tolerancia absoluta y a las clases temáticas incluidas.

El modelo multiescala cuenta con 5 niveles de detalle consecutivos, bien definidos en cuestión del detalle, por lo que permite el acercamiento a la compresión espacial de las características geométricas (Costamagna y Spanó, 2013; Kolbe et al., 2009). Los niveles son los siguientes:

LOD0 – regional y paisaje, con una escala de representación de 1/10.000 o superior.

LOD1 – ciudad y región, con una escala de representación de 1/5.000.

LOD2 – distritos de la ciudad y proyectos, con una escala de representación de 1/1.000.

⁴ GML (*Geography Markup Language*), es un sublenguaje de XML descrito como una gramática en XML *Schema* para la definición, representación, almacenamiento e intercambio de información geográfica, como son los Sistemas de Información Geográfica. Fue desarrollado por *Open Geospatial Consortium* y a partir de la serie de documentos ISO 19100. GML no contiene información específica sobre cómo se debe hacer la visualización de los datos representados. Para ello se utilizan estilos que se relacionan a GML y se describen en otros sublenguajes de XML.

LOD3 – detalle exterior de los modelos arquitectónicos, con una escala de representación de 1/100.

LOD4 – detalle interior de los modelos arquitectónicos, con una escala de representación de 1/50 e inferior.

CityGML fusiona información procedente de CAD y GIS en un único modelo de datos, ya que incorpora información a nivel de ciudad y de edificio a nivel de detalle (Prieto et al., 2012). En un conjunto de datos CityGML, el mismo elemento puede ser representado en diferentes LoD simultáneamente, ya que permite su análisis y visualización con respecto a diferentes grados de resolución. [Ilustración 01]

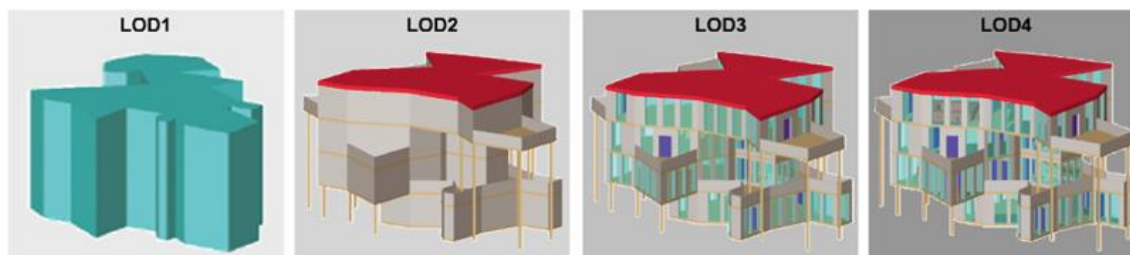


Ilustración 01. Modelado temático y geométrico de un edificio en LOD1, LOD2, LOD3 y LOD4. Autoría: KOLBE, Thomas; NAGEL, Claus; STADLER, Alexandra (2009). «CityGML – OGC Standard for Photogrammetry», en *Photogrammetric Week '09, 52nd Photogrammetric Week*. Stuttgart: 2009. Stuttgart University, p. 272.

El formato también posibilita la inclusión de la apariencia fotorrealista mediante la aplicación de texturas. Está gestionado por el módulo específico “Apariencia”, útil para registrar por ejemplo, el aspecto y estado de conservación de un edificio.

El patrimonio arquitectónico se compone de una estructura compleja de relaciones entre la información geométrica y la temática. Las características morfológicas, funcionales y constructivas son las principales categorías para la comprensión arquitectónica. Estas características están representadas en CityGML en clases como, *_AbstractBuilding*, *_BoundarySurface*, *_Opening*, entre otras. Se trata de clases abstractas que contienen propiedades para atributos específicos de estructuras constructivas según el nivel de detalle al que pertenece el elemento. Entre los atributos disponibles en la clase abstracta *_AbstractBuilding* se encuentran la clasificación del edificio, usos previstos, valores permitidos, año de construcción, de demolición, tipo de cubierta, altura del edificio y número de plantas por encima y debajo del nivel del suelo. Esta superclase engloba otras como *Building* y *BuildingPart*. *Building* es adecuada para edificios compuestos por un elemento y *BuildingPart* para cada una de las partes cuando un edificio se encuentra estructurado en un nivel de mayor detalle. *_BoundarySurface* es la clase base abstracta extendida por varias clases temáticas que incluyen la envolvente exterior, como *RoofSurface*, *WallSurface*, *GroundSurface*, etc, donde se podría describir el sistema estructural del edificio, la tipología de la envolvente exterior, forjados, cubiertas, tabiquería interior, materiales utilizados. *_Opening* es la clase base abstracta utilizada para representar aberturas como puertas o ventanas, clases *Door* y *Window* respectivamente y describir el tipo de carpintería (OGC, 2012).

Se puede considerar que CityGML provee un nivel muy avanzado para describir la trama urbana de una ciudad, y a un nivel más detallado (LoD4), para integrar partes de edificios, sin embargo no dispone de una especificación para edificios patrimoniales.

Aún así, el formato es abierto y extensible, y por tanto es posible incluir esta información. Para ello, CityGML dispone de extensiones, llamadas *Application Domain Extensión* (ADE), que añaden información necesaria mediante la definición de atributos específicos adicionales. En el caso que nos ocupa, se ha creado una extensión para proporcionar las características referentes a la catalogación del Patrimonio Cultural. El objetivo es vincular al modelo tridimensional datos de una ficha catalográfica del patrimonio cultural. Se ha definido una ADE creando una nueva entidad denominada Monumento, aplicada sobre el caso de estudio del Torreón de la Muela de Ágreda.

4.- El Torreón de la Muela de Ágreda

Durante el año 2013 se llevó a cabo el proyecto de consolidación, rehabilitación y acondicionamiento del Torreón de la Muela de Ágreda (Soria) para usos culturales, como “torre-museo”, a propuesta de la Dirección General de Patrimonio del Estado. El 75% del presupuesto fue financiado el por el Ministerio de Fomento con cargo al 1% Cultural.

El torreón, también llamado Castillo de la Mota, es una edificación del siglo XI que se encuentra al este del casco urbano de Ágreda, en el extremo norte del denominado “barrio moro”. Se sitúa en lo alto de un promontorio que domina la zona circundante, en el comienzo del espigón de la Muela, como suele ser habitual en este tipo de construcciones de carácter defensivo. Se trata de un emplazamiento privilegiado por su interés histórico, arqueológico y paisajístico, e hizo conveniente su intervención para garantizar la conservación y la dinamización de la zona en su conjunto.

Ágreda está declarada como Bien de Interés Cultural con categoría de Conjunto Histórico con fecha de 19/05/1994 y el Torreón de la Muela con categoría de Monumento desde el 05/05/1949. La construcción que se conservaba, correspondía con una edificación cristiana que se levantaba sobre el trazado de la muralla de la alcazaba. Fue de origen musulmán y asentada sobre restos celtíberos, según demuestran varias excavaciones arqueológicas, entre ellas la de 2010. Se trataba de un prisma de base cuadrada constituido por potentes muros de mampostería y sillería con mortero de cal, conservándose los muros norte y oeste y parcialmente el del lado oriental. En su interior no existía ninguna obra de fábrica, contaba con escasos huecos rectangulares en sus muros, un gran contrafuerte con la coronación ataludada al sudoeste y una línea almenada sobre los muros por encima del camino de ronda (Benito et al., 1992). [Ilustración 02]



Ilustración 02. Las tres imágenes superiores muestran el estado de conservación del torreón en el año 1965, las tres de la parte inferior, son del momento anterior a la rehabilitación. Fuente: Archivo municipal del Ayuntamiento de Ágreda.

El proyecto de rehabilitación propone una volumetría prismática muy clara, sencilla y rotunda, acorde a la de este tipo de edificaciones que constituyen un “hito”. El tratamiento exterior de los nuevos cerramientos tiene en cuenta los diferentes aspectos derivados de la lectura de las preexistencias, manteniendo los muros existentes y el resto proyectado con una doble pantalla de hormigón armado coloreado y texturado, bajo el planteamiento de edificio de gran solidez. Esta solución permite disponer de una estructura portante de gran resistencia, que confiere la estabilidad necesaria al conjunto, a la vez que ofrece la posibilidad de resolver las comunicaciones verticales. Se ha creado un nivel inferior, proporcionando una entrada accesible y con la opción de contemplar los hallazgos arqueológicos mediante una pasarela volada. El resto de los niveles, responde a la reproducción de los niveles interiores con que contaba la torre, identificados tras el levantamiento topográfico de los paramentos (Serrano, 2011).

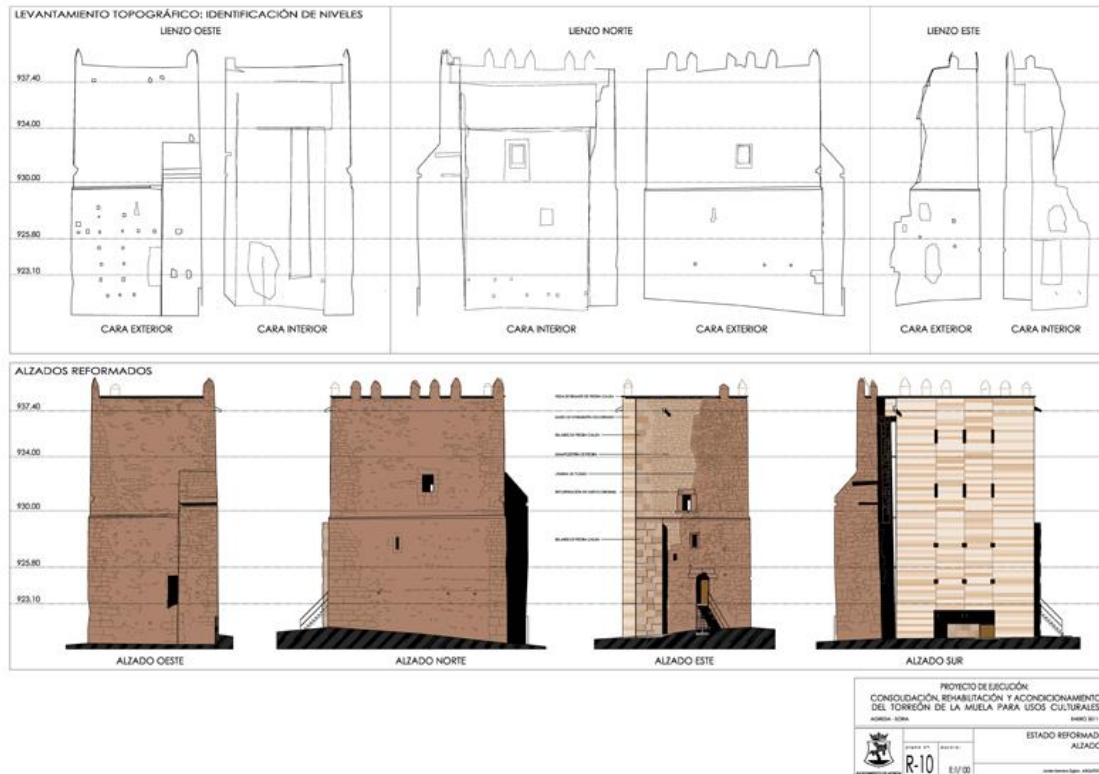


Ilustración 03. Alzados del proyecto de rehabilitación y levantamiento topográfico de los muros existentes con indicación de los niveles interiores. Fuente: SERRANO EGIDO, Javier (2011). *Proyecto De Ejecución: Consolidación, Rehabilitación Y Acondicionamiento Del Torreón De La Muela Para Usos Culturales*. Agreda – Soria. Ayto Ágreda.

5.- Modelo de datos y procesamiento de información

A continuación se procede a describir el modelo de datos y el procesamiento de información a partir del caso de estudio concreto planteado. En primer lugar, la generación o reutilización del modelo tridimensional a partir de un levantamiento (topográfico / fotogramétrico / escáner láser) o un proyecto. A partir de él, la incorporación de la información propia del edificio y, mediante una extensión, la información de catalogación de patrimonio al modelo basado en CityGML.

A) Levantamiento tridimensional

El levantamiento arquitectónico del estado actual del patrimonio se puede obtener a partir de diversas técnicas, como fotogrametría y láser escáner. Son técnicas en auge debido a la precisión métrica del edificio con escaso error. Mediante estas técnicas se consigue generar una nube de puntos del modelo, discretizada para el nivel de detalle deseado, y que sirve de base para la creación de una malla texturada del modelo tridimensional. En este caso, la textura real del objeto es importante debido a que pone de relieve aspectos importantes a tener en cuenta, como el estado de conservación de sus elementos, degradación y anomalías, como humedades y desprendimientos (Agustín et al., 2014). También se puede realizar un levantamiento a partir la toma de las coordenadas de puntos específicos con una estación total y la croquización in-situ de la morfología del edificio. El posterior delineado dará como resultado plantas, alzados y secciones bidimensionales en formato CAD. De esta forma, el modelado tridimensional se realiza a partir de los datos bidimensionales y, para caracterizar el edificio, se puede

incorporar la textura, mediante una fotografía rectificada, eliminando la distorsión y la perspectiva, para la generación de ortoimágenes.

El modelo de datos 3D presenta diferente definición dependiendo de la escala de actuación y del nivel de precisión de acuerdo al nivel de actuación en el edificio o al requerimiento del levantamiento arquitectónico.

En el caso que nos ocupa del proyecto de rehabilitación del torreón de Ágreda, se elaboró un modelo tridimensional con el programa de modelado *Rhinoceros*. Es un software comercial que permite la incorporación de nubes de puntos del láser escáner, de la malla texturada creada mediante fotogrametría o el modelado de cualquier superficie inclusive NURBS. Tiene la opción de incluir *plugins* como un motor de renderización. Entre ellos V-ray es adecuado para generar imágenes fotorrealistas. La definición del proyecto a escala 1/30 y 1/10, permitió realizar el modelo con bastante nivel de detalle en carpinterías, barandillas y encuentros. Se aplicaron las texturas correspondientes a la definición de proyecto, incluso en los muros existentes se colocaron las fotografías rectificadas de cada alzado. Este modelo permite además la generación automática de documentación 2D, plantas, alzados ortográficos, secciones y perspectivas que enriquecen la capacidad de análisis del edificio.[Ilustraciones 04 y 05]



Ilustración 04. Imagen exterior e interior del modelo tridimensional texturizado. Fuente: Elaboración Propia.



Ilustración 05. Secciones del modelo tridimensional. Fuente: Elaboración Propia.

B) Modelo de datos basado en CityGML

CityGML permite desde la elaboración de modelos universales a más concretos, dependiendo del campo de aplicación. Utilizando la característica *Application Domain Extension* (ADE) se pueden extender las clases de las entidades o *features* disponibles añadiendo las características necesarias. Este caso, al no cubrir el estándar las necesidades relativas a Patrimonio Histórico, se ha desarrollado una ADE llamada “Monument”. Este “Monument” o Monumento extiende la clase edificio del estándar y se utiliza como superclase para englobar todos los edificios patrimoniales. La definición de los atributos considerados en esta ADE Monumento, se ha realizado en base a las especificaciones llevadas a cabo en el proyecto ADISPA⁵ (Prieto et al., 2013) y por el *Core Data Index to Historic Buildings and Monuments of the Architectural Heritage*, basado en la información correspondiente a un monumento histórico. La selección de atributos incluye nombre, localización, tipo de protección, grado de protección, día de declaración del bien, referencia catastral, descripción, historia, época, tipología y estado de conservación. La descripción de la ilustración que sigue contiene una nota a pie de página vinculada a la palabra UML⁶. [Ilustración 06]

⁵ En el proyecto ADISPA participan la Universidad de Valladolid y el Centro Tecnológico Tecnalia, con el objetivo del análisis, digitalización e interoperabilidad entre sistemas para el patrimonio arquitectónico.

⁶ El Lenguaje Unificado de Modelado (UML) es un lenguaje de modelado de sistemas de *software* estándar. Es el más utilizado en las herramientas generalizadas para el modelado conceptual porque es un lenguaje gráfico para visualizar, especificar, construir y documentar un sistema, de gramática utilizada por varias organizaciones de normalización como *International Standard Organization* (ISO) y el *Open Geospatial Consortium* (OGC).

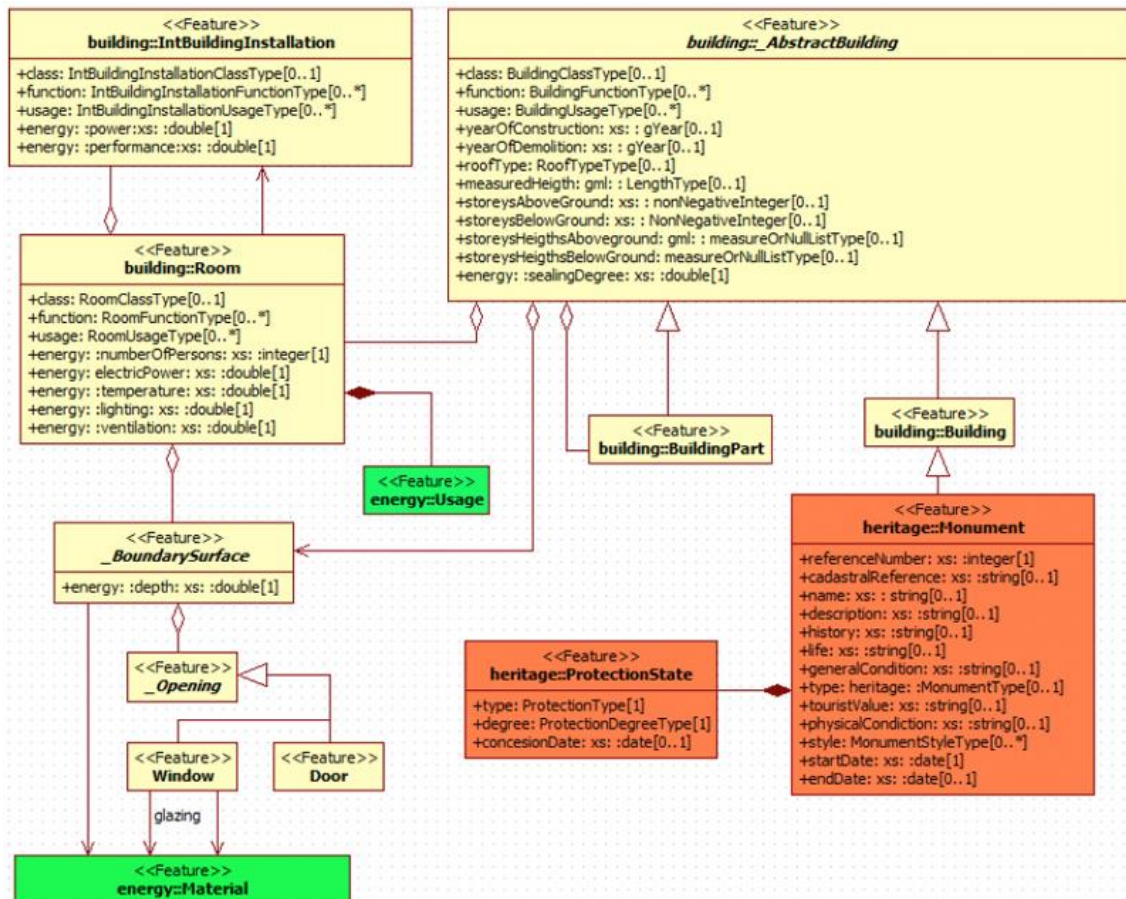


Ilustración 06. El Lenguaje Unificado de Modelado UML del CityGML de un edificio con Lod4 y de la extensión ADE “Monument” para el patrimonio cultural arquitectónico. Fuente: DELGADO, Francisco Javier; MARTINEZ, Rubén; PRIETO, Iñaki; IZKARA, José Luís; EGUSQUIZA, Aitziber y FINAT, Javier (2012): «A common framework for multidisciplinary information management in historic urban districts», en *EuroGEOSS 2012 Conference*. Madrid, p. 72.

Una vez definido el modelo, se ha utilizado la herramienta *FME Desktop* para definir un proceso de entrada-salida y obtener datos en el formato definido para el caso de estudio concreto planteado. Esta herramienta permite la integración, conversión y transformación de flujos de datos en diferentes formatos.

Por cuestiones de volumen y manejo de los datos se ha decidido realizar un desglose de los datos en varios ficheros. Por un lado la entidad general de tipo Monumento sin geometría con los datos de patrimonio, y por otro las partes correspondientes a la división del edificio según elementos constructivos, cada una en un fichero.

El flujo de trabajo por tanto se ha dividido de la siguiente forma. Por un lado el modelo tridimensional exportado del programa *Rhinoceros* a formato *Sketchup* (skp), está definido como una entrada de datos conectada a una salida del nuevo tipo “Monument” que a su vez es de tipo *CityObjectMember*, indicando al transformador la exclusión de la geometría. Esta salida, además, dispone de una entrada conectada que contiene los atributos alfanuméricos de patrimonio. [Ilustración 07]


```

- <CityModel>
- <cityObjectMember>
- <mm:Monument gml:id="fme-gen-a748aabe-5e9c-4cd5-9bd6-2da94b64d36a">
- <gen:stringAttribute name="protection_state_type">
- <gen:value>Monumento, inmueble</gen:value>
- <gen:stringAttribute>
- <gen:stringAttribute name="protection_state_degree">
- <gen:value>Bien de Interes Cultural</gen:value>
- <gen:stringAttribute>
- <gen:stringAttribute name="protection_state_concesion_date">
- <gen:value>05/05/1949</gen:value>
- <gen:stringAttribute>
- <bldg:lod4MultiSurface> </bldg:lod4MultiSurface>
- <mm:referenceNumber>0045012WM9304N</mm:referenceNumber>
- <mm:catastralReference>0045012WM9304N</mm:catastralReference>
- <mm:name>Torre de la Muela</mm:name>
- <mm:description>
Torre de mamposteria de piedra con sillares en esquinas y huecos. Elementos de interes, restos de arquitecturas islamicas y cristianas y los hallazgos arqueologicos. Cubierta
plana de madera tecnologica, solucion moderna. Carpinterias de madera. Estructura de muros de carga en vertical y losa horizontal y madera en horizontal.
- <mm:description>
- <mm:history>
La primera ocupación islámica de Agreda pudo ser ya en el s. VIII, estilísticamente el aparejo del alcázar parece obra emiral, de ese siglo o el siguiente. La zona pudo tener
una etapa cristiana en el siglo X antes de volver a poder musulmán y ser reconquistada definitivamente en 1118 por Alfonso I de Aragón. Sobre este alcázar islámico se
elevó en época gótica la gran torre central, probablemente a mediados del s. XIV a raíz de la llamada guerra de los dos Pedros. La muralla fue mantenida en uso y
reconstruida durante la Edad Media. Finalmente quedó abandonada y absorbida por el caserío de Gijón hasta que comenzaron a realizarse excavaciones arqueológicas a
partir de 1981.
- <mm:history>
- <mm:generalCondition>Proyecto de rehabilitacion y conservacion en 2013</mm:generalCondition>
- <mm:type>Castillo</mm:type>
- <mm:touristValue>Interes historico</mm:touristValue>
- <mm:physicalCondition>Buena, excepto entorno no acondicionado</mm:physicalCondition>
- <mm:startDate>s. XI, s. XV</mm:startDate>
- <mm:protectionState>
- <mm:type>Monumento, inmueble</mm:type>
- <mm:degree>Bien de Interes Cultural</mm:degree>
- <mm:concesionDate>05/05/1949</mm:concesionDate>
- <mm:protectionState>
- <mm:Monument>
- </cityObjectMember>
</CityModel>

```

Ilustración 07. Representación en formato CityGML de la entidad Monumento. Fuente: Elaboración Propia.

Al mismo tiempo, por otro lado, la misma entrada del modelo *Sketchup* (dividida por capas según los elementos constructivos) se encuentra conectada a diferentes salidas, una por cada parte del edificio (del modelo tridimensional) según sus características estructurales (*BuildingPart*, *BuildingExisting*, *RoofSurface*, *InteriorWallSurface*, *IntBuildingInstallation*, *Windows*, *Doors* y *LandUse*) dentro del nivel con mayor detalle, LoD4.

Esta división como se ha mencionado anteriormente, produce como resultado varios ficheros XML en formato CityGML. Para mantener la relación lógica entre entidades sería necesario incluir testimonialmente las partes del edificio dentro de la entidad de tipo “Monument”, no con su contenido, sino con referencias (en este caso a los ficheros), lo cual está soportado por el estándar GML, y por tanto por CityGML.

La división en varios ficheros, sin embargo presenta otras ventajas, como la posibilidad de utilizar cada entidad por separado y realizar una visualización de las entidades por capas.

En general las herramientas de visualización permiten integrar y superponer entidades desde diferentes fuentes en el mismo entorno. Estas herramientas permiten navegar por el modelo de 3D y gestionarlo por capas. En el mercado se pueden encontrar herramientas de *software* de código abierto para este fin como *Aristóteles*, *FZKViewer* u otros comerciales como *FME Data Inspector*.

Una alternativa a este proceso de generación de datos, sería la integración de un *plugin* en *Sketchup* para realizar la exportación de los modelos tridimensionales directamente en formato CityGML. Sin embargo el proceso no ofrece la oportunidad de desglosar el modelo de datos en capas ni de incluir datos específicos adicionales, en este caso de patrimonio. [Ilustración 08]

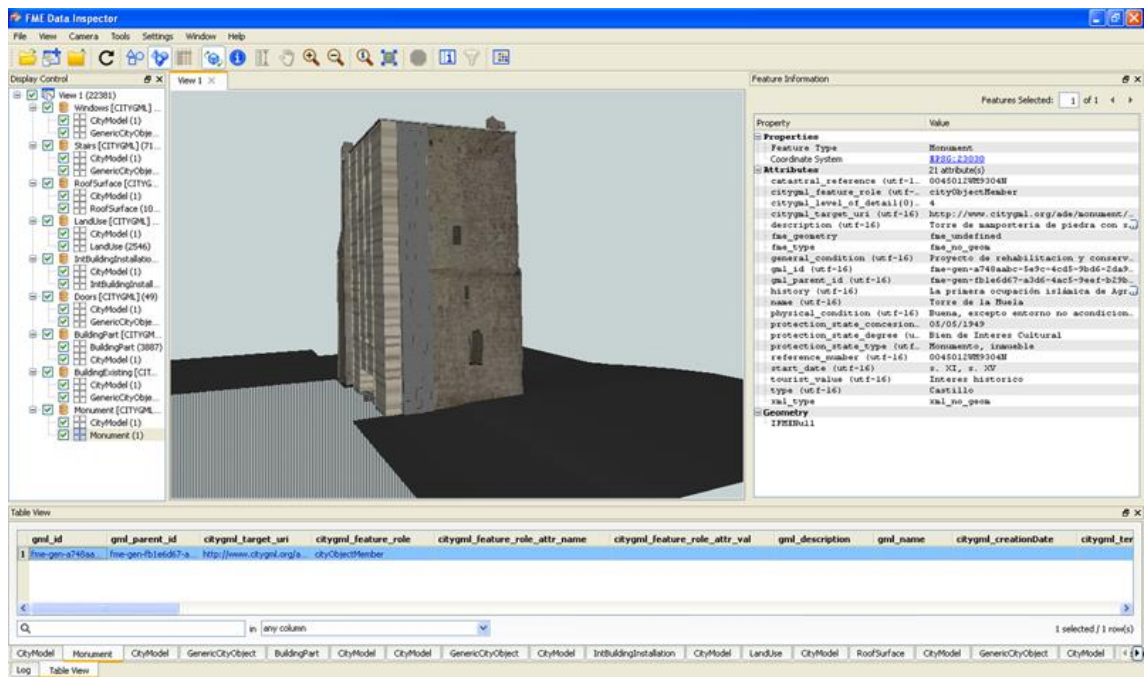


Ilustración 08. Visualización del modelo de datos del Torreón de la Muela de Ágreda. Fuente: Elaboración Propia.

6.- Posibles aplicaciones

Una vez definido un modelo y un proceso de obtención y generación de datos, se procede a describir sus posibilidades y a enumerar una serie de componentes para su posible aplicación. Esta propuesta sólo abarca el ámbito del acceso público. Las posibilidades en el ámbito de la gestión de los datos y su posible integración quedan fuera del alcance de este artículo.

A nivel de almacenamiento existe una opción muy adecuada a la elección del formato CityGML. Se trata de la base de datos *The 3D City Database* (Kunde et al., 2013). Es una solución libre y de código abierto para modelos de datos de ciudades y edificios en 3D. Está basada expresamente en el formato CityGML y permite utilizar como almacén de datos tanto una instancia de *Oracle Spatial* como de *PostGIS*. Además de proporcionar un esquema eficiente para la base de datos, permite realizar importación de datos directamente en formato CityGML y exportación también en formatos como KML o COLLADA, compatibles con herramientas como *Google Earth*. Actualmente su uso está extendido en municipios alemanes, empresas de ingeniería a nivel mundial y universidades europeas importantes. Entre los municipios alemanes destacan Berlín, Colonia, Dresde, Leipzig, Frankfurt, Stuttgart, Karlsruhe y Postdam, donde los edificios vienen definidos en LoD2 y pequeñas áreas en LoD3 (Velasco et al. 2010).

En la capa de servicios, en la línea de la directiva INSPIRE, se propone no solo un *Web Map Service* (WMS), si no también un *Web Feature Service*⁷ (WFS) (ref OGC) que

⁷ *Web Feature Service* o WFS del *Open Geospatial Consortium* OGC es un servicio estándar, que ofrece una interfaz de comunicación que permite interactuar con los mapas servidos por el estándar WMS, como por ejemplo, editar la imagen que nos ofrece el servicio WMS o analizar la imagen siguiendo criterios geográficos. Para realizar estas operaciones se utiliza el lenguaje GML que deriva del XML, que es el estándar a través del que se transmiten las órdenes WFS.

permitan la interoperabilidad y acceso a todo el conjunto de datos, y no solo gráficamente, de forma global, abierta, normalizada y parametrizada mediante consultas, basadas también de la misma familia de estándares abiertos. Este tipo de servicios permiten la explotación de información por parte de empresas e instituciones, como demuestran las políticas de datos abiertos. Existen también opciones libres, de código abierto extendidas y contrastadas como es *Deegree*⁸ (ref OGC e ISO 211) y *GeoServer*⁹ (ref OGC), aunque en este caso al menos por ahora, no sería tan inmediato el acoplamiento al almacén de datos propuesto como la utilización del propio almacén, sino que requeriría algo más de esfuerzo y trabajo.

El cuanto al acceso público a nivel de ciudadano, se recomienda la implementación de clientes web en la capa de aplicación para facilitar el acceso a los datos mediante una interfaz gráfica, tenga o no el usuario conocimientos del patrimonio y de los servicios, permitiendo la consulta y obtención de información mediante peticiones definidas usando filtros. Por ejemplo, localizar todos los edificios declarados Bien de Interés Cultural antes de 1990, o mediante la integración de un mapa, buscar los inmuebles que se ubican en una determinada zona y que cumplan además otros criterios. Adicionalmente a la descarga en varios formatos, principalmente en CityGML, se podría ofrecer algún tipo de visualización en formato alfanumérico incluso gráfico. Por ejemplo, toda la información tridimensional almacenada podría permitir recrear recorridos virtuales. Para ello, existen otras herramientas como *WebGL*. Se trata de una especificación estándar desarrollada para mostrar gráficos en 3D en navegadores web en cualquier plataforma que tenga soporte para ello. También existen servicios que permiten publicar contenido interactivo 3D en línea utilizando *WebGL* como por ejemplo *Sketchfab*. [Ilustración 09]

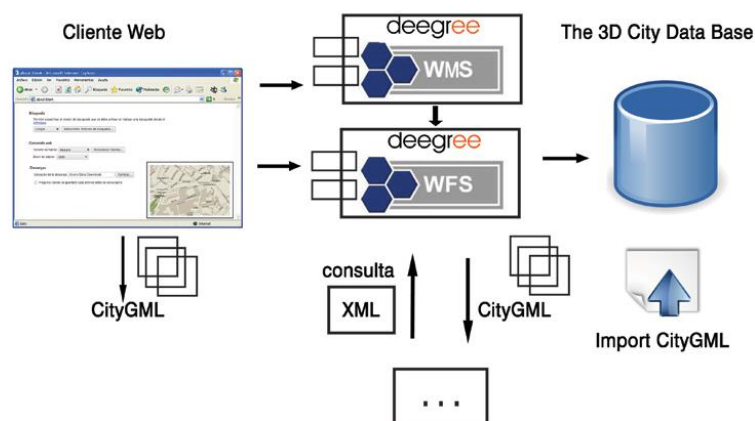


Ilustración 09. Arquitectura del sistema. Fuente: Elaboración Propia.

⁸ *Deegree* es un *software* de código abierto para las infraestructuras de datos espaciales y la web geoespacial. *Deegree* incluye componentes para la gestión de datos geoespaciales, incluyendo el acceso a datos, la visualización, el descubrimiento y la seguridad. El *software* se basa en los estándares del *Open Geospatial Consortium* (OGC) y el Comité Técnico ISO 211. Incluye el OGC *Web Map Service* (WMS) implementación de referencia, una totalmente compatible *Web Feature Service* (WFS), así como paquetes de Servicio de Catálogo (CSW), *Web Coverage Service* (WCS), *Web Processing Service* (WPS) y *Web Map Tile Servicio* (WMTS).

⁹ *GeoServer* es un servidor de *software* de código abierto escrito en Java que permite a los usuarios compartir y editar datos geoespaciales. Diseñado para la interoperabilidad, publica los datos de cualquier fuente importante de datos espaciales usando estándares abiertos. *GeoServer* es la implementación de referencia del *Open Geospatial Consortium* (OGC), *Web Feature Service* (WFS) y *Web Coverage Service* (WCS) las normas, así como un servicio de mapas Web compatible certificada (WMS) de alto rendimiento. *GeoServer* forma un componente central de la *Geospatial Web*.

7.- Conclusión

Así como en otros ámbitos similares como el medioambiental, la aplicación de una directiva como INSPIRE consigue un acceso público e interoperabilidad normalizada, el ámbito del patrimonio se encuentra un escalón por detrás, quedándose prácticamente en herramientas web de georreferenciación, búsquedas y catalogación muy básicas.

Una forma de aportar dichas características a los sistemas de patrimonio es a través de estándares abiertos internacionales. Dichos estándares permiten a su vez incorporar información espacial, por ejemplo, tridimensional, y las características del patrimonio arquitectónico, que podrían ayudar en la toma de decisiones para la protección del patrimonio.

En este artículo se ha tratado proponer un punto de partida sobre las posibilidades que ofrece un modelo definido en torno a la geometría tridimensional de un edificio patrimonial utilizando estándares abiertos, como CityGML, mediante un caso concreto. Este formato proporciona un modelo de información administrado en capas según elementos constructivos y admite la posibilidad de almacenar la información geométrica con diferente nivel de detalle según las exigencias, hasta el máximo nivel LoD4 como el caso de estudio.

De esta forma, se da la posibilidad de aprovechar la información generada a través de documentación arquitectónica o proyectos ya realizados sobre el patrimonio e integrarla en un modelo de datos junto con información temática específica, por ejemplo patrimonial. Uno de los organismos encargado de documentar el patrimonio cultural español es el Instituto del Patrimonio Cultural Español (IPCE). Una de las actividades del IPCE es realizar levantamientos fotogramétricos, estudios de conservación, proyectos de rehabilitación y restauración entre otros, algunos de ellos enmarcados dentro de Planes Nacionales. Lamentablemente la documentación generada no se encuentra vinculada actualmente a la información catalogada. La solución tecnológica aportada, podría contribuir al uso de tal información sobre los sistemas de información regionales del patrimonio.

La aplicación de un modelo de este tipo en el ámbito del Patrimonio Cultural todavía es un reto, implicaría la unificación de criterios de aplicación sobre los estándares, que en tal caso, serían las instituciones implicadas en el patrimonio las que determinasen sobre qué documentación, proyectos o planes llevarlos a cabo.

8.- Bibliografía

AGUSTÍN HERNÁNDEZ, Luis; FERNÁNDEZ MORALES, Angélica; PEINADO CHECA, Zaira Joanna (2014). “Documentación gráfica para la obtención de indicadores de sostenibilidad en la rehabilitación de la vivienda social y la regeneración urbana”. En *Actas del I Congreso Internacional de Vivienda Colectiva Sostenible*. Barcelona: 2014, pp. 360-365.

ANGULO FORNOS, Roque. «Construcción de la base gráfica para un sistema de información y gestión del patrimonio arquitectónico: Casa de Hylas». *Arqueología de la Arquitectura*, 9 (2012), pp. 11-25.

BENITO MARTÍN, Félix; GONZÁLEZ DÍAZ, Alicia; PEDROSO BRAVO, Ana; CORNEL, Papín (1992). *Murallas de Agreda. Estudio Técnico*. Junta de Castilla y León.

BOLD, John (2009). *Guidance on Inventory and Documentation of the Cultural Heritage*. Strasbourg: Council of Europe.

BOLEA AGUARÓN, Francisco Javier; DE DIEGO ERLES, Jesús Javier. «El Centro de Información del Patrimonio Cultural Altoaragonés: un modelo para el tratamiento y administración del patrimonio cultural mediante la gestión de sistemas de información integrada». *Scire*, vol 7, 2 (2001), pp. 117-130.

COSTAMAGNA, Erik; SPANÓ, Antonia (2013). «CityGML for Architectural Heritage». En *Developments in Multidimensional Spatial Data Models*; Alias Abdul Rahman, Pawel Boguslawski, Chistopher Gold, Mohamad Nor Said, eds. Berlin: Springer, pp. 219-237.

DÍAZ IGLESIAS, José Manuel. «El servicio de cartografía digital del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico». *Revista ph*, Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, 73 (2010), pp. 32-41.

FERNÁNDEZ MORENO, José Javier; GARCÍA SÁNCHEZ, Joaquín; RAMOS GUILLOU, Jesús. (2008). «PACU: Un sistema de información para el patrimonio histórico de Castilla y León». En *VI Congreso Internacional "Restaurar la Memoria". La gestión del patrimonio: hacia un planteamiento sostenible*. Valladolid: 2010, vol. 2, pp. 639-643.

GRÖGER, Gerhard; KOLBE, Thomas; CZERWINSKI, Angela (2006). *OpenGIS CityGML Implementation Specification Version 0.3.0*. OGC Doc. No. 06-057, Open Geospatial Consortium.

GRÖGER, Gerhard; KOLBE, Thomas; CZERWINSKI, Angela, NAGEL, Claus (2008). *Open GIS City Geography Markup Language (CityGML)*. Encoding Standard, Version 1.0.0, OGC. Doc. N° 08-007rl, Open Geospatial Consortium 2008.

KOLBE, Thomas; NAGEL, Claus; STADLER, Alexandra (2009). «CityGML – OGC Standard for Photogrammetry». En *Photogrammetric Week '09, 52nd Photogrammetric Week*. Stuttgart: 2009. Stuttgart University, pp. 265–277.

KUNDE, Felix; ASCHE, Hartmut; KOLBE, Thomas; NAGEL, Claus; HERRERUELA, Javier; KÖNIG, Gerhard (2013). *3D City Database for CityGML*. http://www.3dcitydb.org/3dcitydb/fileadmin/downloaddata/3DCityDB-v2_0_6-postgis-Port-Documentation-PLpgSQL.pdf

MUÑOZ COSME, Alfonso (2010). «Catálogos e inventarios del Patrimonio en España». En *El Catálogo Monumental de España (1900-1961)*; Amelia López-Yarto Elizalde, ed. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, pp. 15-37.

MUÑOZ CRUZ, Valle. «Un modelo de integración y normalización». *PH cuadernos. El Sistema de Información del Patrimonio Histórico de Andalucía (SIPHA)* (Sevilla), (2007), pp. 31-49.

OGC (2012) City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard v. 2.0. Open Geospatial Consortium.

PIZARRO MORENO, Carmen; VILLALÓN TORRES, David; DÍAZ IGLESIAS, José Manuel. «El localizador cartográfico del patrimonio cultural andaluz». *PH Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, 67, (2008), pp. 16-29.

PRIETO, Iñaki; EGUSQUIZA, Aitziber; DELGADO, Francisco Javier; MARTÍNEZ, Rubén. «CityGML como modelo de datos para la representación, intercambio y visualización de información sobre el patrimonio arquitectónico». *Virtual Archaeology Review*, vol 3, 5, (2012), pp. 48-52.

PRIETO, Iñaki; IZKARA, José Luís; EGUSQUIZA, Aitziber. «Architectural heritage 3D and semantic information visualization based on open standards». *Virtual Archaeology Review*, vol 4, 9, (2013), pp. 70-75.

SERRANO EGIDO, Javier (2011). *Proyecto de ejecución: Consolidación, rehabilitación y acondicionamiento del Torreón de la Muela para usos culturales. Ágreda – Soria*. Ayto Ágreda.

STADLER, Alexandra; KOLBE, Thomas (2007). «Spatio-semantic coherence in the integration of 3D city models». En *the 5th International ISPRS Symposium on Spatial Data Quality ISSDQ*. Enschede.

THORNES, Robin; BOLD, John (1998). *Documenting the cultural heritage*. Getty Conservation Institute.

VELASCO MARTÍN-VARES, Amalia; OLIVARES GARCÍA, José Miguel; GROEGER, Gerhard. «El Catastro que nos viene...El Catastro de edificios en 3D en los países europeos y la definición de las especificaciones de los edificios para la infraestructura de datos europea». *CT/CATASTRO*, 70, (2010), pp. 27-43.

W3C (World Wide Web Consortium) (2008). *Extensible markup language (XML) 1.0* (5th Edn).