

## CREACIÓN DE BIBLIOTECAS DE OBJETOS PARAMÉTRICOS PARA SU INTEGRACIÓN EN MODELOS HBIM

Belén Rivera, Pilar Merchán, Santiago Salamanca, Emiliano Pérez, M<sup>a</sup> Dolores Moreno, María José Merchán

Escuela de Ingenierías Industriales. Universidad de Extremadura. Avda. de Elvas, s/n. 06006 Badajoz.  
mariverav@alumnos.unex.es, {pmerchan, ssalamanca, emilianoph, mdmorenorabel, mjmerchan}@unex.es

### Resumen

*El Modelado con Información para la Construcción (Building Information Modelling o BIM, en inglés) es una metodología de trabajo colaborativa que implica el proceso de generación y gestión de datos de un edificio a lo largo de su ciclo de vida. En los últimos años, estos modelos se han adaptado con éxito a la gestión de información en el ámbito de las intervenciones en Patrimonio Cultural, dando lugar a los llamados HBIM (Heritage Building Information Models). Para un uso extensivo de estos HBIM es necesario que existan bibliotecas de objetos paramétricos de los elementos característicos de los estilos arquitectónicos a modelar con esta metodología. El análisis la literatura publicada al respecto revela que la creación de estas bibliotecas es un tema que hasta ahora ha sido escasamente abordado, especialmente en los estilos arquitectónicos no documentados. Este trabajo presenta un procedimiento para la generación de modelos paramétricos de elementos característicos de estilos arquitectónicos no documentados, utilizando como ejemplo ilustrativo el arte Manuelino.*

**Palabras clave:** HBIM, Objetos paramétricos, Revit, Dynamo, Láser escáner.

## 1 INTRODUCCIÓN

Como es sabido, BIM (*Building Information Modeling*) es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes.

Según el comité nacional BIM-Estados Unidos® (NBIMS-US™) es el “Modelado Integrado de Información para la construcción, el cual es una representación digital de las características físicas y funcionales de una instalación. Posee información total del edificio, es capaz de brindar los conocimientos sobre las instalaciones y, con ello, forma una base fiable para las tomas de decisiones durante su ciclo de vida”.

La principal característica de la metodología BIM es la interoperabilidad que proporciona. Esta capacidad permite integrar cada sistema existente con cada sistema y versión nuevos. Además de ser un modelo en tres dimensiones (información gráfica), incorpora información relevante del proyecto (información no gráfica), la cual queda guardada en la base de datos del modelo. Además, integra el tiempo como una cuarta dimensión, el coste y presupuesto como quinta dimensión, la sustentabilidad como sexta y el ciclo de vida útil como séptima dimensión.

La adaptación de los modelos BIM a la gestión de la información en el ámbito de las intervenciones en patrimonio cultural ha dado lugar a la definición de HBIM (*Heritage Building Information Model*).

### 1.1 SOFTWARE HBIM

Tras un profundo análisis de la bibliografía en el tema, se puede concluir que, de todas las plataformas que existen actualmente en el mercado de BIM, no hay ninguna específica para HBIM, si bien es cierto que las más comerciales como son ArchiCad, de Graphisoft, y Revit, de Autodesk, se han desarrollado del tal manera que facilitan cada vez más el trabajo en este campo específico. Logothertis *et al.* [7] presentan un resumen todo el software disponible, tanto comercial como de código abierto, haciendo hincapié en estudios posteriores [8] en la potencialidad del software BIM de código abierto dentro del campo de la documentación del Patrimonio Cultural. Sin embargo, otros autores abogan por la combinación de software para la gestión integral del proceso de documentación del proyecto. En el trabajo de Quattrini *et al.*, [12], las nubes de puntos obtenidos mediante TLS (Escáner Láser Terrestre), se pre-procesan con ReCap, software propio de Autodesk, para su posterior importación a Revit en un archivo de formato .rcs.

En otras ocasiones se elige el programa Rhino cuando se trata de modelar formas complejas e irregulares, para posteriormente parametrizarlas en Revit o ArchiCad ([11], [1]). El caso presentado en [1] es especialmente ilustrativo, dada la complejidad de los ornamentos de los Roshan de la ciudad de Jeddah, en Arabia Saudí.

Ya en el post-proceso, una vez construido el BIM, son también varios los autores que utilizan diverso software para el estudio y simulación estructural del edificio con elementos finitos (FEM) ([11], [2]).

En este trabajo se presenta la creación de elementos de una futura biblioteca de elementos paramétricos de estilo Manuelino a partir de nubes de puntos adquiridos mediante escáner láser utilizando exclusivamente el entorno Revit. A pesar de que en la mayoría de la bibliografía consultada el uso de la plataforma de ArchiCad era común e incluso superior al de Revit, la realidad es que el grado de implantación de Revit va en aumento a medida que transcurre el tiempo. La figura 1 muestra una comparativa sobre el número de descargas de cada uno de ellos realizada en Google Trends [6]. Como puede verse, el crecimiento de Revit ha sido constante en detrimento de ArchiCad desde 2004 hasta el momento actual. Resulta aún más significativo el ámbito de aplicación, ya que los países con mayor porcentaje de implantación de sistemas BIM como son USA y Reino Unido se han decantado hace tiempo por esta plataforma (ver Figura 2). Esto avala nuestra decisión de utilizar Revit en el desarrollo de este trabajo.

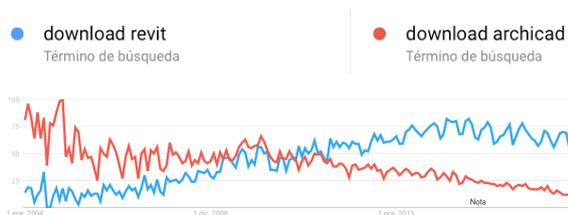


Figura 1: Número de descargas Revit vs Archicad desde 2004 hasta junio de 2018



Figura 2: Grado de implantación por países de Revit (en azul) vs. Archicad (en rojo) en junio de 2018.

## 1.2 ADQUISICIÓN Y SEGMENTACIÓN DE DATOS

La primera diferencia a la hora de generar un BIM de un edificio nuevo con respecto al BIM de uno existente es la forma en la que se obtienen los datos. Para edificios no existentes partimos de un diseño preliminar a partir del cual generaremos directamente en 3D todos los elementos que lo componen. Si el edificio ya existe (como es el caso cuando se trata de edificios de Patrimonio), podemos encontrar

ante alguna de estas dos situaciones: que ya se haya realizado un BIM del mismo; o, lo que es más habitual, que no exista un BIM previo de partida. En este caso, es necesario actuar en una doble vertiente, por un lado, es necesario recopilar toda la documentación existente en forma de proyectos, planos... fidedignos que sirvan de base y/o apoyo; por el otro, hay que realizar una captura de la información 3D del edificio datos para recoger y modelar las condiciones reales de la construcción. Como es sabido, existen múltiples técnicas para realizar este proceso de captura de datos [8], entre ellas, las más utilizadas en el ámbito de los HBIM son: los métodos topográficos convencionales, la fotogrametría y el escaneado Láser 3D.

### 1.2.1 Ejemplos de métodos empleados

Como se ha comentado, el método más habitual para la construcción de un HBIM comienza con una fase de recopilación de toda la documentación histórica disponible del edificio objeto de estudio y continúa con otra de captura de los datos digitales. Para esta segunda fase, usualmente se emplea escáner láser terrestre (TLS) y fotogrametría.

En la bibliografía revisada se ha localizado un ejemplo de construcción del HBIM utilizando sólo la etapa de recogida de información, pues el edificio está destruido: la sinagoga de Vinohrady en Praga [4]. En esta línea, en [5] se modela el edificio de las Cuatro Cortes de Dublín, que fue gravemente dañado en la guerra civil. Se utiliza tanto la documentación histórica, como los datos adquiridos mediante un sistema de teledetección y mapeo, y emplean un lenguaje descriptivo geométrico (GDL) [10] para la creación de elementos inexistentes a partir de documentación histórica. Un ejemplo de combinación de sistemas de escáner láser y fotogrametría es el aplicado en la Iglesia SS. Nome di Maria, seriamente dañada por un terremoto en 2012 [3].

En este trabajo se ha adaptado la metodología descrita en [14] para simplificarla, obteniendo así un ahorro en los tiempos de procesamiento totales de generación de los HBIM (Figura 3).



Figura 3: Esquema de la metodología utilizada en este trabajo

## 2 CREACIÓN DE MODELOS PARAMÉTRICOS

El problema más recurrente encontrado en la literatura es la ausencia de bibliotecas de objetos

paramétricos que faciliten la construcción de los HBIM, de una manera análoga a la utilización de biblioteca de objetos o familias (Revit) en la construcción de BIM de edificios de nueva construcción. En el caso de edificios de Patrimonio la problemática es más compleja, dada la amplitud de estilos, elementos, ornamentos y demás objetos que se podrían asociar a dichas bibliotecas.

Según Tang et al. [13], el proceso de creación de un modelo paramétrico utilizando escáner laser se puede dividir en tres etapas principales: captura de datos; pre-procesamiento de los mismos, en el cual las nubes de puntos se filtran para eliminar errores y se combinan en una representación única en un sistema de coordenadas común; y modelado del HBIM, proceso en el que la representación de la nube de puntos se transforma en elementos paramétricos semánticamente ricos.

Los trabajos de los últimos años ponen de manifiesto por una parte el interés creciente en el tema, y por otra que todos los trabajos se aplican a un edificio específico y para un estilo arquitectónico particular. Ninguno de ellos ofrece una solución general, lo cual es lógico dado el amplio rango de posibilidades que se pueden encontrar cuando se trata de edificios históricos [9].

Por su singularidad e importancia en Extremadura y Portugal, nosotros hemos trabajado en la generación de modelos paramétricos de elementos arquitectónicos del arte Manuelino.

## 2.1 ARTE MANUELINO

El florecimiento del “arte manuelino” se produjo durante el reinado de D. Manuel I de Portugal, de ahí su nombre, y los primeros años de gobierno de D. Joao III, por lo menos hasta 1535, es decir, durante el momento culmen de la evolución del poder imperial lusitano, tanto en el contexto europeo como en el mundial. Si tenemos en cuenta el aprecio del rey D. Manuel y de los principales nobles y clérigos del reino por las obras de edificación, entenderemos por qué se considera que ellas son el emblema de toda esta época y del nuevo imperio.

Así, el arte, y en particular la arquitectura, fue y es un vehículo excepcional para comunicar la existencia y características del poder. El poder y el imperio que el rey ostentaba y deseaba hacer perdurar a través de estos símbolos.

Los motivos ornamentales son la característica dominante del Manuelino por la exuberancia de formas y por ser una fuerte interpretación naturalista-simbólica de temas originales, eruditos o tradicionales. El conjunto decorativo de los elementos de decoración arquitectónica del arte manuelino se presenta casi siempre como un discurso de piedra, donde diversos elementos y referencias se cruzan, como el cabalismo cristiano, la alquimia, la influencia críptica sefardí, la tradición popular, etc. Entre los símbolos más importantes de la arquitectura

manuelina se encuentran la esfera armilar y la Cruz de la Orden de Cristo (Figura 4), elementos decorativos en lo que nos centraremos.



Figura 4: Esfera armilar en el Claustro de Juan I, en el Monasterio de Batalha (Izqda.). Ventana la Janela en el monasterio de Tomar (Drcha.)

## 2.2 PARAMETRIZACIÓN DE LOS OBJETOS

El primer paso consiste en analizar los objetos que se quieren generar automáticamente para poder afrontar adecuadamente la programación posterior. Dada la importancia de esta parte analítica la vamos a desarrollar por separado para cada uno de los objetos.

### 2.2.1 Parametrización de la Cruz de la Orden de Cristo

Esta Cruz es el emblema de la histórica Orden de Cristo (también llamada Orden de los Caballeros de Cristo) de Portugal. Es, también, uno de los emblemas del país, empleado por sus barcos durante la era de los descubrimientos y por la Fuerza Aérea Portuguesa. Aparece también en la bandera de la Región Autónoma de Madeira. En el siglo XIX pasó a representar a la Orden Militar de Cristo en Portugal y a la Orden Imperial de Cristo en Brasil.

Para poder hacer un análisis paramétrico adecuado se deben observar la mayor cantidad de ejemplos posibles. En la figura 5 se muestran varios; de izquierda a derecha y de arriba abajo, pueden verse, las existentes en el Monasterio de los Jerónimos, su símbolo, una fotografía de en la Iglesia de Golega, la de la Puerta del Ayuntamiento del Olivenza, en el Monasterio de Tome y en la Iglesia Matriz de Moura. Al observar las fotografías, se puede concluir que tiene forma de cruz cuadrada y en sus extremos se ensancha con una inclinación de unos 45°. Dicha forma base se podría generar de una manera bastante sencilla en cualquier programa de diseño paramétrico y mediante una extrusión, dada una altura. Al sólido generado con la extrusión habría que hacerle una

diferencia (booleana) de una segunda extrusión de la cruz central, que resulta ser bastante sencilla ya que sus extremos coinciden con el punto de ensanchamiento de la cruz exterior. Además, la cruz interior es concéntrica con respecto a la exterior y básicamente quedaría definida por la anchura de sus brazos (que al ser cuadrada son iguales) y la profundidad de la extrusión que la define.



Figura 5: Ejemplos de Cruces de la Orden de Cristo.

Así pues, definiendo las seis dimensiones que se observan en la Figura 6 se podría generar de manera automática un objeto paramétrico equivalente.



Figura 6: Parámetros necesarios para la generación del modelo paramétrico de la Cruz.

### 2.2.2 Parametrización de la esfera armilar

En astronomía, una esfera armilar, conocida también con el nombre de astrolabio esférico, es un modelo de la esfera celeste utilizada para mostrar el movimiento aparente de las estrellas alrededor de la Tierra o el Sol. La esfera armilar fue inventada por Eratóstenes alrededor del 255 a. C.

Como en el caso anterior, comenzamos estudiando el mayor número de ejemplos posible. En la Figura 7 aparecen, de izquierda a derecha y de arriba abajo, las fotografías las esferas armilares existentes en la Iglesia de San Francisco en Évora, en el Monasterio de los Jerónimos, en el Monasterio de Tome, en la Iglesia Matriz de Moura y en la Puerta del Ayuntamiento de Olivenza.

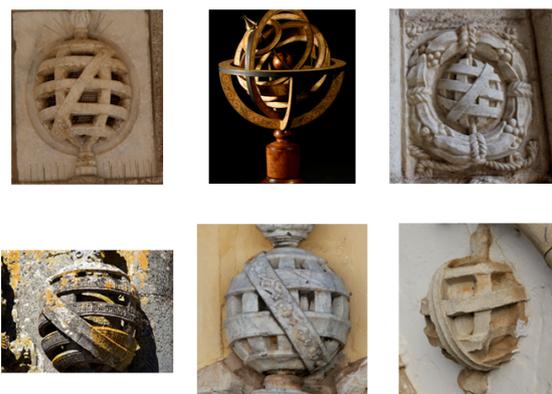


Figura 7: Ejemplos de Esferas Armilares

Los elementos que componen las esferas armilares son los siguientes:

- Esfera interior, principal o de referencia, cuyo centro es el punto de referencia de todos los elementos posteriores. En los ejemplos observados puede aparecer o no representada, o bien aparecer equidistante en el interior de los meridianos y paralelos. Debemos obtener su centro y su radio.
- Esfera secundaria, que en el caso de no aparecer representada la principal nos servirá de base para la generación de los meridianos, paralelos y la eclíptica. Es concéntrica con la principal. En la mayoría de los casos no es necesaria ya que la esfera principal aparece representada como base de apoyo de meridianos y paralelos. Sólo necesitamos conocer su radio.
- Meridianos, que son anillos verticales que pueden ser generados como un sólido de revolución a partir de una superficie rectangular cuya altura y anchura debemos obtener. El eje de revolución pasa por el centro de la esfera principal y está contenido en el plano horizontal cuya directriz coincide con los meridianos de la esfera secundaria. En este caso necesitamos la altura y anchura de la superficie rectangular que, por rotación, genera el anillo y el número de meridianos que se representan en la esfera, para que de una manera automática se distribuyan uniformemente.
- Paralelos, que son anillos horizontales o, en ocasiones, formando un determinado ángulo con la horizontal, que se generan de manera análoga a los meridianos mediante la rotación de una superficie, que en este caso se diferencia por no ser exactamente un rectángulo. La arista superior de dicho rectángulo puede ser sustituida por elementos curvos o con relieves, como se puede observar en las fotografías del Monasterio de Tome y del Ayuntamiento de Olivenza.
- Eclíptica exterior, que realmente es un anillo diagonal, en este caso diferenciado por el ángulo que forma con la vertical y, que al igual que los

anillos paralelos, en la generación de la superficie exterior se identifican con varias curvas o elementos decorativos.

La Figura 8 muestra las medidas que será necesario realizar sobre la esfera armilar a reproducir para la regeneración de su modelo paramétrico.

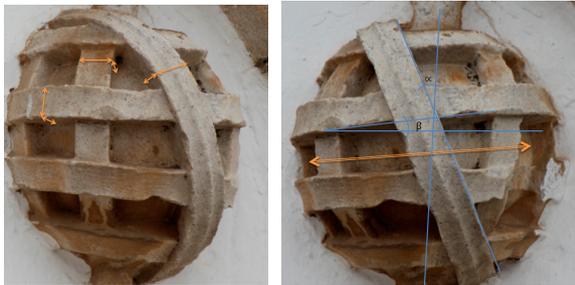


Figura 8: parámetros necesarios para la generación del modelo paramétrico de la esfera armilar.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 ESCANEADO Y MEDIDAS DE LOS OBJETOS

Los objetos elegidos como ejemplos en este trabajo son las esferas armilares y la cruz que se encuentran en la puerta de entrada al Palacio de los Duques de Cadaval en Olivenza (Badajoz), edificio que cumple las funciones de Ayuntamiento de la ciudad (Figura 9). Se escanearon de manera independiente la esfera derecha, la esfera izquierda y la cruz, con el escáner de mano Artec MHT 3D, y un ordenador portátil con el software ArtecStudio 11 Profesional.



Figura 9: Momento de la toma de datos en Olivenza.

Las medidas de las distancias que se necesitan pueden obtenerse directamente de los datos que da el escáner, sin necesidad de un procesamiento previo (ver Figura 10). Los valores correspondientes a la Cruz de la Orden de Cristo de la puerta del Ayuntamiento de Olivenza se han incluido en la Tabla 1.

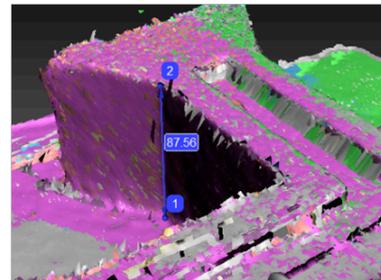
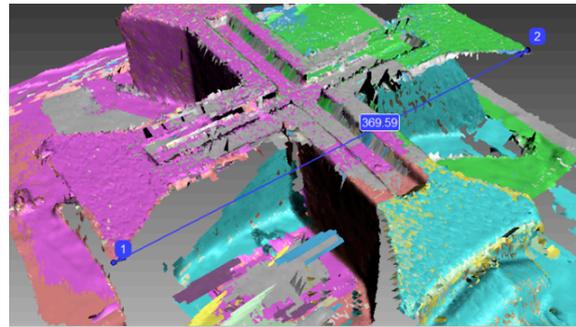


Figura 10: Medida de las dimensiones de la Cruz de la Orden de Cristo sobre los datos obtenidos por el escáner láser.

Tabla 1: Resumen de medidas de la Cruz de la Orden de Cristo.

Distancia a medir	Medida (mm)
Longitud total de la cruz	369,59
Anchura al final de los extremos	130,04
Anchura de los palos de la cruz	87,56
Altura de la cruz	60,15
Anchura de los palos de la cruz interior	25,50
Altura de la cruz interior	10,54

De forma análoga, aunque con bastante más trabajo, se obtienen las medidas necesarias para parametrizar las esferas. La Tabla 2 recoge los valores obtenidos para la esfera armilar derecha.

#### 3.2 PROGRAMACIÓN PARAMÉTRICA

Como ya se ha comentado anteriormente el software elegido para la creación de la biblioteca de objetos paramétricos es Revit y dentro de él tenemos la posibilidad de trabajar con Dynamo [43], un software de programación gráfica de código abierto, que cuando trabaja dentro de Revit nos permite

programar y gestionar los parámetros del interior de las familias tal y como se quieran definir. Esta posibilidad lo convierte en el software idóneo para llevar a cabo los objetivos planteados en este trabajo. Una vez dentro de Dynamo, a través de Revit se puede comenzar el proceso de programación que nos genere el objeto paramétrico deseado, para ello se deben tener en cuenta los parámetros de entrada (*inputs*) que se darán a la aplicación. Se ha de desarrollar el índice de operaciones a ejecutar y comprobar que los resultados (*outputs*) son los deseados.

Tabla 2: Resumen de medidas de la esfera derecha.

Distancia a medir	Medida (mm)
Diámetro de la esfera principal	274,09
Diámetro de la esfera base	274,09
Número de meridianos	4
Anchura de los meridianos	45,02
Altura de los meridianos	28,62
Número de paralelos	4
Angulo de los paralelos con la horizontal	13°
Anchura de los paralelos	47,23
Altura de los paralelos	44,01
Angulo de la elíptica con la vertical	22°
Anchura de la eclíptica	54,43
Altura de la eclíptica	59,46

### 3.2.1 Programación de la parametrización de la Cruz de Orden de Cristo

En el caso de la Cruz, las operaciones a ejecutar una vez decididos los parámetros necesarios para la programación son:

1. Definición del perfil base de la cruz (Figura 11).
2. Extrusión del perfil base (Figura 12).
3. Definición del perfil secundario de la cruz (Figura 13).
4. Extrusión del perfil secundario.
5. Diferencia booleana entre ambos sólidos (Figura 14).

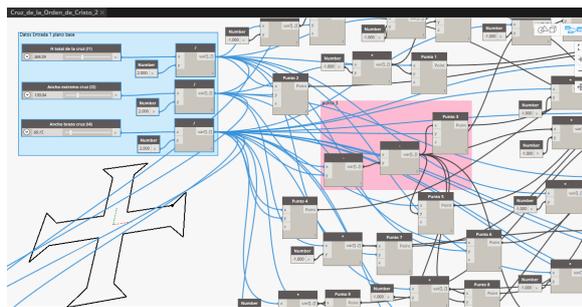


Figura 11: Programación de la definición del perfil base de la cruz principal.

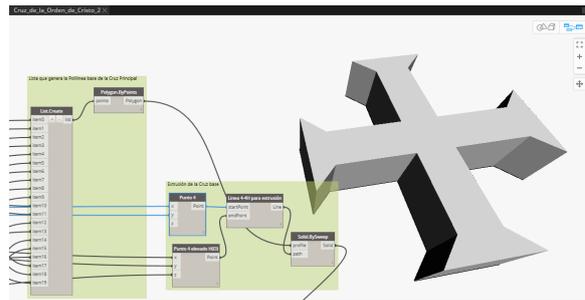


Figura 12: Programación de la extrusión del perfil base de la cruz principal

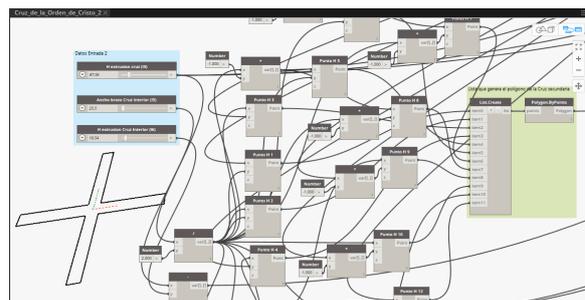


Figura 13: Programación de la definición del perfil base de la cruz secundaria

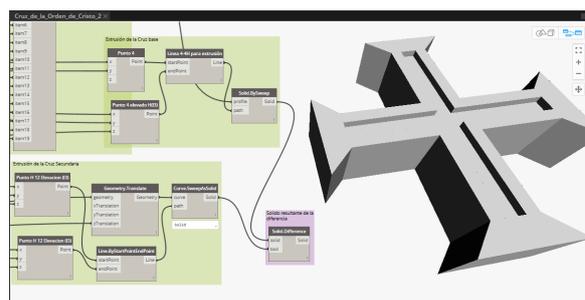


Figura 14: Programación de la diferencia booleana de ambos sólidos

### 3.2.2 Programación de la parametrización de la Esfera Armilar

Una vez definidos los parámetros necesarios para programar las Esfera Armilar, la secuencia de operaciones a programar en Dynamo es la siguiente:

1. Creación de la esfera principal.
2. Creación de la esfera base (si es necesario).
3. Creación de los anillos meridianos (Figura 15).
4. Creación de los anillos paralelos (Figura 16).
5. Creación del anillo de la eclíptica (Figura 17).

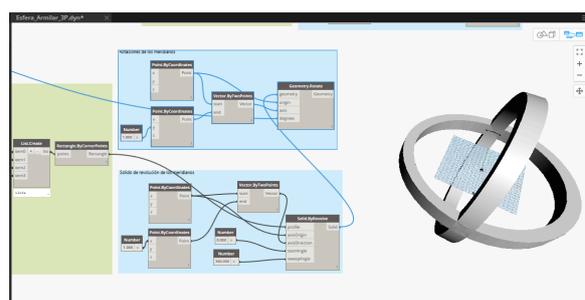


Figura 15: Programación de los meridianos

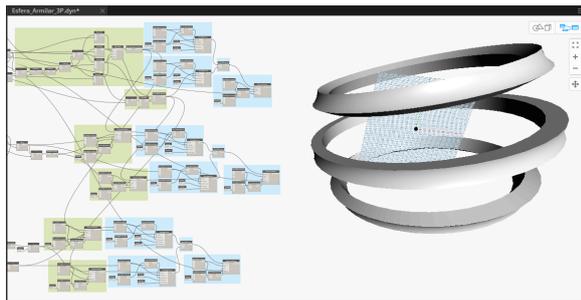


Figura 16: Programación de múltiples paralelos

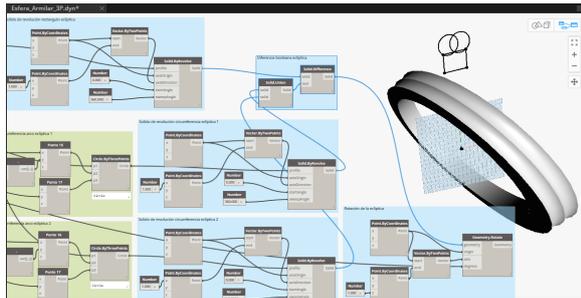


Figura 17: Programación para la generación de la elíptica

La Figura 18 muestra el resultado final del objeto paramétrico que se consigue con sólo introducir las medidas tomadas en la nube de puntos (que aparecen en la Tabla 1). Dicho sólido, que está programado dentro de Revit como familia, ya está disponible para ser utilizado en el entorno BIM. Todos los parámetros que definen su construcción son susceptibles de ser modificados.

En el caso de la esfera, por una cuestión de no sobrecargar los programas de Dynamo para evitar errores, se ha dividido la programación en tres opciones en función del número de paralelos (esfera de 3, 4 o 5 paralelos). La que a nosotros nos ocupa tiene cuatro paralelos. También se ha procedido a ajustar los parámetros de construcción de la esfera a los de la Tabla 2, donde están resumidas las medidas tomadas de las nubes de puntos. En la Figura 19 se puede observar el resultado del sólido generado por Dynamo con estos datos en comparación con el caso real.

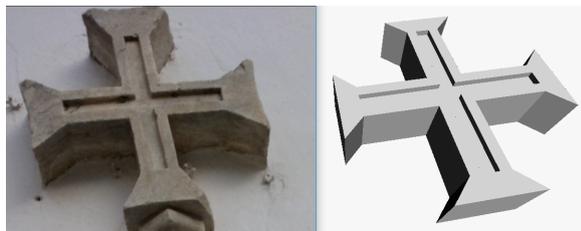


Figura 18: Comparativa cruz real con sólido generado en Dynamo

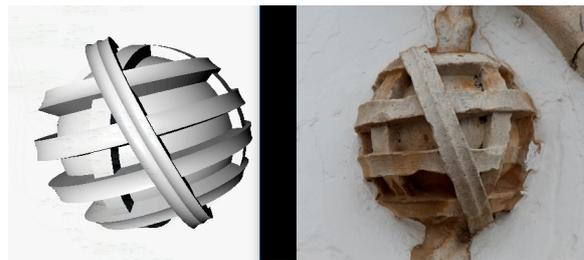


Figura 19: Esfera generada por Dynamo vs. esfera real

## 4 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Este trabajo comienza con un análisis del estado actual de los HBIM (Heritage Building Information Models), como adaptación de la metodología BIM a edificios de Patrimonio Cultural, que pone de manifiesto la ausencia de bibliotecas de objetos paramétricos que facilitasen la generación de los modelos HBIM, ya que en este tipo de proyectos la carga de trabajo manual es muy importante. Es por esto que se propone una metodología de trabajo para la creación de este tipo de bibliotecas para estilos arquitectónicos no documentados.

Se considera que la plataforma BIM que más desarrollo está teniendo es Revit. Dentro de esta plataforma, existe una herramienta de programación visual, Dynamo, que ofrece una solución muy adecuada para facilitar la creación de bibliotecas de objetos paramétricos, como se ha demostrado en este trabajo. También se ha validado la utilización del escáner laser 3D para la adquisición de datos que permiten medir los parámetros de entrada necesarios para la generación de los objetos.

Como líneas de trabajo futuras nos planteamos ampliar esta metodología de programación a un mayor número de objetos y estilos arquitectónicos para la generación de nuevas bibliotecas HBIM, y continuar investigando en el potencial de la programación paramétrica de código abierto.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado con el proyecto de la con ref. IB1612, subvencionado por la Junta de Extremadura y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional “Una manera de hacer Europa”

## English summary

### CREATION OF PARAMETRIC OBJECT LIBRARIES FOR HBIM MODELS

#### Abstract

*Building Information Modeling (BIM) is a collaborative methodology that involves the process of generating and managing data of a building throughout its life cycle. In recent years, these models have been successfully adapted to information management in the field of Cultural Heritage, giving rise to the so-called HBIM (Heritage Building Information Models). For an extensive use of these HBIM it is necessary that there exist libraries of parametric objects for the characteristic elements of the architectural styles to be modelled. The analysis of the published literature reveals that the creation of these libraries is a topic that has been scarcely addressed until now, especially in undocumented architectural styles. This work presents a procedure for the generation of parametric models of characteristic elements of undocumented architectural styles, using Manuelino art as an illustrative example.*

**Keywords:** HBIM, Parametric Objects, Revit, Dynamo, Laser scanner.

#### Referencias

- [1] Baik, A., Alitany, A., Boehm, J., & Robson, S. (2014). Jeddah Historical Building Information Modelling "JHBIM" – Object Library. Proceedings of SPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume II-5. pp. 41 - 47.
- [2] Barazzetti, L., Banfi, F., Brumana, R., Gusmeroli, G., Previtali, M., Schiantarelli, G., (2015), "Cloud-to-BIM-to-FEM: Structural simulation with accurate historic BIM from laser scans", Simulation Modelling Practice and Theory, 57, pp. 71 – 87.
- [3] Biagini, C., Capone, P., Donato, V., Facchini, N. (2016), "Towards the BIM implementation for historical building restoration sites". Automation in Construction, 71, pp. 74–86.
- [4] Boeykens, S., Himpe, C. and Martens, B., (2012). "A Case Study of Using BIM in Historical Reconstruction: The Vinohrady synagogue in Prague". Virtual Architecture (1-30), pp. 729-738.
- [5] Dore, C., Murphy, M., McCarthy, s., Brechin, F., Casidy, C., Dirix, E., (2015), "Structural simulations and conservation analysis – historic

building information model (HBIM)", Int. Arch. Photogram. Rem. Sens. Spat. Inf. Sci. XL-5/W4, pp. 351–357.

- [6] <https://trends.google.es/trends/explore?date=all&q=download%20revit,download%20archicad>.
- [7] Logothetis, S., Delinasiou, A., & Stylianidis, E. (2015). "Building information modelling for cultural heritage: a review". XXV International CIPA Symposium, pp. 177–183), Taipei, Taiwan.
- [8] Logothetis, S., Stylianidis, E. (2016) "BIM open source software (OSS) for the documentation of Cultural Heritage". Virtual Archaeology Review, 7(15): 28-35.
- [9] Merchán, P., Rivera, B., Salamanca, S., Merchán, M.J., (2017), "From BIM to HBIM: Current State and Perspectives", In book: Cultural Heritage: Perspectives, Challenges and Future Directions. Nova Science Publishers.
- [10] Murphy, M., McGovern, E. and Pavia, S, (2013). "Historic Building Information Modelling – Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture". Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 76, pp. 89-102.
- [11] Oreni D., Brumana R., Della Torre S., Banfi F., Barazzetti L., Previtali M., (2014). "Survey turned into HBIM: the restoration and the work involved concerning the Basilica di Collemaggio after the earthquake (L'Aquila)", ISPRS Technical Commission V Symposium, 23–25 June 2014, Italy.
- [12] Quattrini, R., Malinverni, E., Clini, P., Nespeca, R., & Orlietti, E. (2015). "From TLS to HBIM. High quality semantically-aware 3D modeling of complex architecture". ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XL-5/W4, 367–374.
- [13] Tang, P., Huber, D., Akinci, B., Lipman, R., & Lytle, A. (2010). Automatic reconstruction of as-built Building Information Models from laser-scanned point clouds: a review of related techniques. Automation in Construction, 19, 829–843.
- [14] Volk, R., Stengel, J., and Schultmann, F. (2014). "Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs". Automation in Construction, 38, pp.109-127.



© 2018 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution CC-BY-NC 3.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>).