

# Pórtico de la Gloria Virtual

Antonio Otero, Roi Méndez, Julián Flores

Departamento de Electrónica e Computación. Universidade de Santiago de Compostela. España

## Resumen

En el presente artículo se expone la primera fase de un proyecto de largo alcance denominado "Pórtico de la Gloria Virtual", cuyo objetivo principal es dar a conocer las características, el simbolismo y concienciar sobre la conservación, de un conjunto monumental tan extraordinario como es el Pórtico de la Gloria, utilizando para ello las últimas tecnologías en visualización 3D, realidad virtual y realidad aumentada.

**Palabras Clave:** RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL, MUSEÍSTICA, IPO

## Abstract

In this paper the first phase of a broad-scope long-term project named "Portico de la Gloria Virtual" is presented. The main objective of this project is to create awareness concerning the symbolism, the characteristics and the need of preservation of such an extraordinary monumental ensemble as is the "Portico del la Gloria", through the utilization of the latest technologies in 3D visualization, virtual reality and augmented reality.

**Key words:** VIRTUAL RECONSTRUCTION, MUSEUM TECHNOLOGY, HCI



Figura 1. Detalle de la 1ª fase de ejecución del proyecto Pórtico Virtual

## 1. Introducción

El Pórtico de la Gloria es, sin ningún género de dudas, una de las cumbres artísticas y arquitectónicas del Románico español, y una de las obras maestras del arte Europeo de todos los tiempos.

Finalizado en el año 1188 (según la inscripción grabada en el propio dintel de la obra) su autoría se debe al genio del Maestro Mateo y su taller escultórico, genio, al que cada vez mas expertos (MÜNCHMEYER, 2009) a la luz de los nuevos datos obtenidos, asignan la autoría y la planificación de la remodelación de la fachada occidental de la Catedral de Santiago de Compostela a comisión del Rey Don Fernando II de León, marco en el cual se

englobaría la construcción de tan magnífico conjunto monumental. Esto nos situaría ante un maestro constructor-escultor de dimensiones renacentistas.

El Pórtico es una obra que encierra un complejo simbolismo tanto conceptual como espiritual, y sobre la que se han propuesto numerosas teorías interpretativas que abarcan desde la visión clasicista, que plantea el significado de la obra como una alegoría de las tres iglesias: la Católica, la de Israel y la Gentil (LOPEZ FERREIRO, 1892), hasta las hipótesis de influencia francesa, que nos presentan el Pórtico como una representación del Apocalipsis, el Fin de los Tiempos y el Juicio Final (CARBÓ, 2009). Las últimas investigaciones obligan, con cierta lógica, a analizar el pórtico en el contexto general de la obra acometida por el Maestro Mateo, incluyendo, por lo tanto, la Cripta de la Catedral, situada bajo el Pórtico, con sus metafóricas claves de bóveda significando el sol y la luna, y la Tribuna, en cuya clave aparece una encarnación pétreo del cordero de dios; lo que nos presentaría el conjunto monumental como la Jerusalén descrita por San Juan en el Apocalipsis, descendiendo de los cielos para dirigirse a la humanidad (YZQUIERDO, 2005).

Desde hace más de tres años la Fundación Pedro Barrié de la Maza desarrolla una intervención, diseñada y acometida en conjunto con el Arzobispado de Santiago y el Cabildo de la Catedral, y en colaboración con el Ministerio de Cultura y la Xunta de Galicia, denominada Programa Catedral de Santiago de Compostela (BARRIE, 2011). El Programa Catedral, con una inversión de 3.000.000 € por parte de la Fundación Pedro Barrié de la Maza, se marca como objetivo poner a disposición de la sociedad un proyecto cultural integral que contribuya de forma decisiva a la difusión de la importancia de la conservación de bienes culturales tan destacados como el Pórtico de la Gloria. Con este fin, la Fundación Barrié gestiona, desde el museo situando en la Cripta del Pórtico de la Gloria, un innovador programa de visitas guiadas gratuitas, en el que las nuevas tecnologías de información y comunicación abren nuevas perspectivas de educación, concienciación y puesta en valor del Patrimonio Histórico-Artístico. En el siguiente artículo presentaremos una de las principales actuaciones realizadas bajo el marco de este programa, denominada “Pórtico Virtual”.

## 2. Pórtico Virtual

Pórtico del la Gloria Virtual se concibe como un proyecto de largo recorrido, desarrollado en diferentes fases y centrándose en un ambicioso conjunto de objetivos: En una primera fase, a corto plazo y debido principalmente a restricciones temporales, se marca como meta la realización de una reconstrucción virtual del Pórtico de la Gloria, de carácter educativo y didáctico, sobre un modelo geométrico 3D simplificado (siendo éste el trabajo expuesto en el presente artículo). En una segunda fase, a medio plazo, se realizará, utilizando técnicas de visualización y optimización de modelos extensos (construyendo una base de datos de LOD discretos multi-resolución), una aplicación que permita la visualización y exploración en tiempo real del modelo original utilizado en ambos casos: un escaneado laser de precisión milimétrica del Pórtico y su elementos circundantes, realizado en 2009 por la Universidad de Cottbus. Estos datos originales no cuentan con información de color/textura, siendo uno de los principales retos de este proyecto el realizar una reconstrucción artística de la capa de textura.

Teniendo en cuenta el alcance marcado por la primera fase del proyecto, la aplicación se concibe como una herramienta pedagógica cuyos objetivos principales se pueden focalizar en dos aspectos básicos: por un lado, servir como complemento informativo sobre el conjunto monumental para su utilización, principalmente, por el personal del museo como sistema de apoyo a las visitas guiadas; mientras que, por otro lado, ha de ser un vehículo de transmisión y puesta en valor de conceptos relativos al “Pórtico de la Gloria”, haciendo hincapié en su significado y en su extrema importancia y valor artístico, así como informar a los visitantes del museo de los trabajos de restauración y conservación que se están llevando a cabo sobre el mismo, concienciando de la urgente necesidad de proteger y preservar el patrimonio histórico del deterioro que el paso del tiempo, y los agentes agresores, provocan de manera inexorable.

En conjunción con los comisarios a cargo de la exposición, y de una serie de expertos en todas las áreas implicadas en el desarrollo de un trabajo de esas características, se consensuan una serie de requisitos que marcaran, junto con los objetivos mencionados en el párrafo anterior, la aproximación seguida de cara a la implementación de la aplicación. A continuación destacamos aquellos más relevantes, o que condicionan de forma más significativa el proyecto:

- Experiencia Interactiva
  - o Alta capacidad de respuesta
- Posibilidad de visita “en-railes”
- Representación visual realista del Pórtico de la Gloria
- Representación de información adicional
  - o deterioro, restauración, etc.

## 3. Desarrollo del Proyecto

En el siguiente apartado se expondrá, de forma resumida, la metodología seguida a lo largo del desarrollo del proyecto, desde la fase obtención de la geometría y texturas, al diseño e implementación de la aplicación, haciendo hincapié en las características particulares de este trabajo.

### 3.1 Creación de Contenido

El primer punto clave de este proyecto es convertir los datos obtenidos “en bruto”, a partir del escaneado laser, en un formato manejable, tanto por tamaño de la geometría como por tipo de archivo, por los programas de DCC habituales (en este caso Autodesk MAYA) para posibilitar a los artistas gráficos la labor de texturizado. A su vez, es en este momento cuando se identifica cual va a ser el nivel de detalle ofrecido por la aplicación en tiempo real, de forma que se trabaje con el mismo nivel de detalle que en la fase de texturizado. Para ello se intenta llegar a un compromiso basándose en una serie de condiciones, intentando balancear los siguientes puntos: minimizar la pérdida de información visual (recurriendo a trasladar esa información a las texturas, cuando sea necesario, rugosidad superficie, imperfecciones, etc.); geometría total manejable sin técnicas de LOD en tiempo real (evitando posibles artefactos característicos del LOD: “popping”, flickering, etc.); garantizar un rápido feedback y movimiento de cámara

Partiendo de los datos originales, y dividiendo el Pórtico de la Gloria en 11 zonas de interés, se realiza una simplificación que varía entre el 70% y el 90%, en función del tamaño, complejidad geométrica e importancia de cada zona. Esta primera simplificación es llevada a cabo con la herramienta MESHDOCTOR (Geomagic Studio) por la universidad de Cottbus. En una segunda fase de pre-procesado se realiza una optimización de las mallas correspondientes a cada zona de interés utilizando las herramientas proporcionadas, a tal efecto, por el proyecto Open Source, OpenSceneGraph (OSG, 2011), a través de aplicar sobre la geometría algoritmos de colapso de aristas y de teselación eficiente.

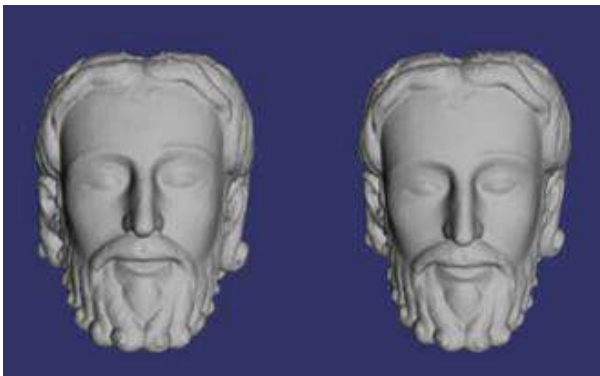


Figura 2. Izquierda: Datos sin simplificar de la cabeza del Apóstol Santiago (+300K Vértices). Derecha: simplificación al 70%.

En la Figura 2 se puede comprobar que el nivel de simplificación permite conservar prácticamente toda la información visual necesaria para una aplicación de estas características, mientras que se minimiza la carga computacional requerida para el procesado y gestión en tiempo real de la geometría. El resultado final produce una malla de unos 5 millones de triángulos para todo el Pórtico de la Gloria. Sobre esta malla simplificada y optimizada se trabaja en la fase de texturizado, para ello se realiza un estudio fotográfico del conjunto artístico para obtener las fuentes de textura, estudio que, lamentablemente, ha de tener un alcance limitado debido a que los trabajos de conservación que se están llevando a cabo sobre el pórtico restringen la toma de datos. En base a lo anterior se decide abordar esta fase en dos etapas: en una primera se realiza el estudio y texturizado del tímpano y el parteluz (presentada en este texto) y en una fase posterior se abordará el estudio y texturizado de los pilares y arcos laterales. El trabajo de texturizado se enfoca desde una perspectiva pedagógico-artística, no-fotorrealista, pero conservando fielmente todos los elementos característicos presentes en el monumento: restos de policromía, textos labrados y pintados, marcas de deterioro, etc., garantizando el rigor científico de la información representada (Figura 3). Los tamaños de textura finales varían entre los 2048x2048 píxeles y 512x512 píxeles, siendo la carga total de la escena, en esta primera fase, de, aproximadamente, 1GB de información de textura. Así mismo se recurre a implementar técnicas de LOD de materiales/texturas, de cara a garantizar la máxima calidad de visualización posible.

### 3.2 Planteamiento conceptual de la aplicación

Teniendo en cuenta los objetivos y requisitos enunciados en el apartado 2, se concibe la aplicación, de forma conceptual, como un sistema de exploración virtual interactiva del Pórtico de la Gloria. Para ello, como ya se ha comentado, se divide el monumento, teniendo en cuenta la alta carga simbólica del mismo y diversos factores de relevancia histórica o cultural, en un conjunto de 11 zonas de interés, que los usuarios de la aplicación podrán visualizar y explorar a demanda, a la vez que escuchan una serie de locuciones relativas a cada una de las zonas, en las que se explican el significado de cada zona, junto con diversas consideraciones históricas, y referentes a la conservación y restauración del monumento.



Figura 3. Resultados de la fase de texturizado. Izquierda Modelo 3D texturizado del Apóstol San Juan. Derecha: Fotografía de la misma escultura en su emplazamiento en el Pórtico.

Según avanzan estos trabajos de restauración y conservación, el conocimiento que se obtiene sobre el Pórtico de la Gloria va aumentando de manera notable. Esta nueva información se irá incorporando a la aplicación gradualmente, según se vaya consolidando ante los expertos en patrimonio, así los usuarios serán capaces de contemplar el monumento tal cual fue concebido en el siglo XII. En esta primera fase se ha reconstruido la policromía del eje central del Tímpano: El Pantocrátor, como se puede ver en la Figura 4.

Desde el punto de vista funcional se contemplan dos modos de “visita”, un primer modo en el que el usuario puede ir explorando a su voluntad los diferentes puntos de interés, y un segundo modo en el que de forma automática se van recorriendo todas las zonas de interés mientras que se escucha una locución continua, ofreciendo este último modo las funcionalidades de una visita “en-railes”.

#### 4. Arquitectura del sistema

La aplicación se implementa en base al paradigma de computación distribuida teniendo dos componentes fundamentales: un sistema de control y un sistema de visualización, siguiendo el modelo clásico cliente-servidor. El sistema de control tendrá carácter de cliente, mientras que el sistema de visualización hará las funciones de servidor. Este planteamiento resulta necesario, entre otros factores, debido al balance de carga computacional que se ha de establecer, dado que el sistema de visualización soporta una carga gráfica elevada.



Figura 4. Reconstrucción de la capa original de policromía del Pantocrátor basada en los trabajos de restauración.

##### 4.1 Sistema de Visualización

Hemos visto como existen dos modos de utilización de la aplicación que marcan la implementación del software del sistema de visualización: el modo interactivo y el modo continuo:

El modo de visualización interactivo utiliza una cámara dinámica que permite contemplar los diferentes puntos de vista del pórtico desde diferentes perspectivas, en función de las peticiones realizadas por los usuarios desde el sistema de control. Se utilizan animaciones generadas en tiempo real para las transiciones entre puntos de interés, siempre pasando a través del denominado “punto de reposo”, que es la posición de cámara que permite contemplar todo el Pórtico de la Gloria en su conjunto (y en la cual la aplicación arranca), de forma que el usuario nunca pierda la visión global del monumento, y tenga una referencia de en qué zona del mismo se encuentra la zona de interés que está contemplando. Para cada zona de interés existe una locución explicativa, y sincronizada con ella, se disparan eventos especiales como: la aparición de infografías, resaltar

algún elemento del monumento o la transición entre estado actual y estado original policromado. El usuario puede acercar o alejar la cámara o moverla, de forma orbital, en dos ejes, siendo posible contemplar interesantes perspectivas que de otro modo resultarían inaccesibles. En cualquier momento puede solicitar la vista de otro punto de interés, o una perspectiva general de todo el Pórtico. El modo de visualización automático utiliza una animación de cámara generada y exportada de un software de DCC, para garantizar una planificación lo más cinematográfica posible. Esta animación recorre de forma secuencial los 11 puntos de interés, mientras se escucha una locución continua sobre todo el monumento, disparándose en momentos clave los eventos especiales, al igual que el modo interactivo. La duración total de este recorrido es de unos 20 minutos

El componente de la aplicación encargado de la generación de los gráficos se programa utilizando el motor de render opensource OGRE3D (OGRE3D, 2011), ajustando la carga gráfica total a las capacidades del sistema hardware, en este caso equipado con una GPU de última generación AMD 5970 2GB. A la hora de instalar la aplicación en su emplazamiento definitivo se completa el sistema de visualización con un proyector de alta definición (HD) NEC con 5000 lumens, y una pantalla panorámica de 5x3 m.

##### 4.2 Sistema de Control

Se concibe el sistema de control con una interfaz de tipo táctil en la que, sobre un esquema del Pórtico de la Gloria, se destacan las diferentes zonas de interés numeradas (se incluye una leyenda para saber a qué zonas del pórtico corresponde cada número). El usuario pulsará sobre el número de la zona que desee visualizar para obtener una vista en detalle, y podrá ir variando la perspectiva de la cámara con un conjunto de botones que permiten hacer zoom o moverse en diferentes ejes. Además se incorpora un botón para solicitar una visión general del pórtico, botones para la selección de idioma, tanto de los textos como de las locuciones, entre tres idiomas (gallego, castellano e inglés), y un botón para realizar la transición entre el modo interactivo y el modo guiado o automático. En este último modo la interfaz de control se simplifica mostrando únicamente los botones de selección de idioma, de accionamiento de la visita “guiada”, y para regresar al modo interactivo. Véase detalle de la interfaz en la Figura 5. La aplicación se desarrolla utilizando Windows Presentation Foundation, lo que permite utilizar todas las funcionalidades del novedoso GUI Aero del sistema operativo Windows, la interfaz gráfica se diseña en lenguaje XAML, y todo el software se apoya en el .NET Framework 4.0 permitiendo programar los diferentes eventos táctiles necesarios para el control del sistema. A su vez el sonido de la aplicación se gestiona desde este componente de la aplicación, para minimizar la carga computacional del sistema de visualización.

El software se instala en un ordenador tipo all-in-one, Asus EEPc Top ET2203, con una pantalla táctil capacitiva de 21.6 pulgadas, a una resolución 1080p. Se incorpora una tarjeta de sonido USB externa 5.1.

#### 5. Conclusiones

Se ha presentado la primera fase de un proyecto de mayor alcance cuyo principal objetivo es desarrollar una herramienta de exploración y ayuda al estudio y conservación de un monumento

tan característico y complejo como es el Pórtico de la Gloria. En esta primera aproximación, partiendo de datos científicos rigurosos, se intenta construir una aplicación destinada a la exploración básica del monumento, orientada hacia el público general, dando un enfoque didáctico de forma que se haga más accesible la presentación de la información. Se presenta una interfaz de usuario transparente, directa, y accesible a todo tipo de público, que utilizando técnicas de selección de destino, permite la navegación libre por aquellos puntos de mayor interés del monumento, mientras se complementa la información visual

con locuciones explicativas e información adicional a través de infografías y transiciones de textura. Además se incluye un modo “automático” que permite recorrer todos los puntos de interés de forma continua, sin necesidad de interacción por parte del usuario, muy útil en el caso de experiencias multiusuario. A través del feedback con los responsables del museo, se constata que la aplicación es muy bien recibida por los usuarios, sin presentar problemas de adaptación, como cabe esperar, a las metáfora de interacción planteada

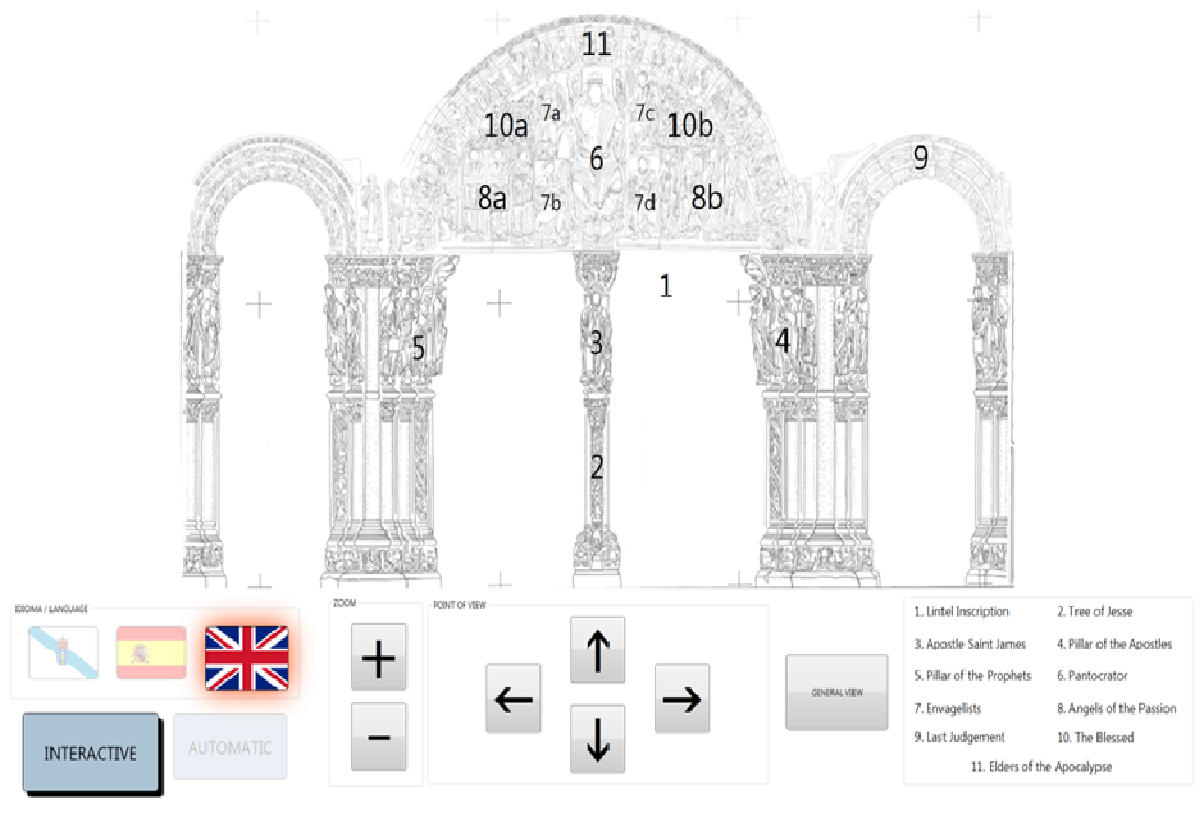


Figura 5. Detalle de la interfaz de usuario del sistema de control

### Agradecimientos

A la Fundación Pedro Barrié de la Maza por su apoyo, tanto económico, como institucional. A los excelentes artistas gráficos Vanessa Sobradelo, Eduardo Mallo, Roberto Noya y Roberto Cacabelos, cuya contribución ha sido fundamental e imprescindible en este trabajo. A los integrantes del CIDUS y a la empresa Parallaxe MVS S.L., por su inestimable colaboración en este proyecto.

## Bibliografía

CARBÓ, Félix (2009): *El Pórtico de la Gloria: Misterio y Sentido*. Ediciones Encuentro.

Fundación Pedro BARRIE de la Maza (2011) (on-line) <http://www.programacatedral.com/> (13-04-2011)

LOPEZ FERREIRO, Antonio (1892): *El Pórtico de la Gloria*. Colección Follas Novas.

MÜNCHMEYER, Annette et al. (2009): “Master Mateo – Skilled Artist or Medieval Engineer?” en *Proceedings of the Third International Congress on Construction History*, Cottbus.

OSG (2011), OpenSceneGraph (on-line) [www.openscenegraph.org/](http://www.openscenegraph.org/) (13-04-2011)

OGRE3D (2011), Object-Oriented Graphics Rendering Engine (on-line) <http://www.ogre3d.org/> (13-04-2011)

YZQUIERDO, Ramón J. (2005): “El maestro Mateo y la terminación de la catedral románica de Santiago”, *Los caminos de Santiago. Arte, Historia y Literatura*, 2005, pp. 253-284.