

# Exploración en tiempo real de la reconstrucción virtual de los instrumentos del Pórtico de la Gloria

Roi Méndez, Antonio Otero, Samuel Jarque, Julián Flores

Instituto de Investigaciones Tecnológicas. Universidad de Santiago de Compostela. España

## Resumen

*En este artículo se presenta el desarrollo de un sistema para la visualización interactiva de la reconstrucción virtual de los instrumentos del Pórtico de la Gloria. Se explica el proceso seguido para la creación de un conjunto de hardware y software específicos y centrados en el usuario que, a través de una interfaz tangible, permiten la interacción con reproducciones 3D altamente realistas de los instrumentos del Pórtico.*

*El sistema, utilizando técnicas de visión por computador para controlar la interacción persona-ordenador, permite a un usuario interactuar con modelos 3D de una forma intuitiva y sencilla. De este modo se consigue hacer accesibles estos modelos a usuarios no expertos haciendo del sistema una opción ideal para su exposición en museos.*

**Palabras Clave:** IPO, TIEMPO REAL, PÓRTICO DE LA GLORIA

## Abstract

*This article presents the development of a system to perform the interactive visualization of the virtual reconstruction of the instruments of the Portico de la Gloria. We describe the process followed for creating a specific set of hardware and software centered on the user that, through a tangible interface, allows interaction with highly realistic 3D views of the instruments of the Portico.*

*The system, using computer vision techniques to control human-computer interaction, allows a user to interact with 3D models in an intuitive and easy way. This will make these models accessible to non-experts, making the system an ideal choice for its exhibition in museums.*

**Key words:** HCI, REAL TIME, PÓRTICO DE LA GLORIA

## 1. Introducción

En el interior de la Catedral de Santiago de Compostela se encuentra una de las piezas maestras de románico, el Pórtico de la Gloria. El monumento consta de tres arcos. En el izquierdo se representan las escrituras del viejo testamento, con los justos esperando la llegada del salvador. En el arco derecho se muestra el infierno y en el central aparece representada la gloria, con Cristo en el centro. En torno al tímpano del arco central se sitúan 24 ancianos afinando instrumentos musicales, una imagen descrita en el Libro del Apocalipsis. El conjunto era, originalmente, policromo, pero con el paso de los siglos ha sufrido los efectos del tiempo la humedad y diversas restauraciones que modificaron su color original y su aspecto.



Figura 5. (1) Reconstrucción del Pórtico de la Gloria. (2) Detalle de uno de los Músicos

Con el fin de la conservación, estudio y exposición del Pórtico, la Fundación Pedro Barrié de la Maza promueve la reconstrucción virtual del mismo, enmarcada dentro del Programa Catedral de Santiago de Compostela. Esta reconstrucción consta de dos subproyectos orientados a la creación de herramientas que permitan acercar el monumento y sus características al público. Estos incluyen una reconstrucción virtual del conjunto escultórico al completo (Figura 1.1) con el fin de realizar visitas virtuales al mismo y un estudio y reconstrucción detallados de los instrumentos que portan los músicos del arco central. Este artículo presenta el sistema interactivo desarrollado para la exposición de las reconstrucciones de los instrumentos.

Al situarse el tímpano del Pórtico de la Gloria a seis metros de altura (alrededor de 9.5 en su punto más alto), es imposible distinguir, observándolo desde el suelo, los pequeños detalles que caracterizan cada una de las figuras del arco y reconocer el instrumento que cada anciano está afinando (Figura 1.2). Estos detalles si se podían observar en las reproducciones de los instrumentos realizadas por (LÓPEZ, 1994) y expuestas en el museo de la Cripta del Pórtico de la Gloria. No obstante, al igual que muchas piezas de museo (como cerámicas, esculturas, etc.) los instrumentos musicales requieren unos criterios específicos para su protección y mantenimiento por los que los visitantes se veían obligados a observarlos en el interior de una vitrina, eliminando, de este modo, todo tipo de interacción con la pieza (CHUN-RONG, 2005).

Para hacer los instrumentos del Pórtico de la Gloria más accesibles, se planteó la necesidad de desarrollar un sistema virtual interactivo, tangible y fotorrealista, introduciendo modelos 3D de los instrumentos (GOODALL, 2004), de forma que los visitantes pudiesen disponer de una forma de observar, interactuar y escuchar el sonido de los instrumentos reconstruidos. Este sistema debía estar centrado en la accesibilidad para usuarios no expertos, ya que estaba destinado a su exposición pública. La reconstrucción de los instrumentos fue realizada a partir de los planos originales y de fotografías tomadas de la reconstrucción realizada por (LÓPEZ, 1994).

## 2. Descripción del sistema

Para el desarrollo del sistema se ha creado un conjunto de hardware y software que simplifique la interacción entre el usuario y el ordenador, reduciendo, de esta forma, la curva de aprendizaje del usuario, siendo este capaz de interactuar con el sistema sin problemas al poco tiempo de entrar en contacto con el sistema

Con este objetivo se planteó la hipótesis de que la forma más natural de manejar un instrumento es coger un objeto real con las manos e interactuar con él como si realmente se estuviese manipulando la pieza real. Se optó entonces por que el sistema tuviese una interfaz tangible que el usuario podría manejar libremente y que esta sería la única forma de interacción entre el usuario y el sistema.

Tras estudiar diversas opciones (la utilización del Wiimote, un cubo con marcadores en sus caras), etc.) decidimos utilizar la visión por computador para construir esta interfaz tangible. Una cámara capturaría imágenes de este componente manipulable, que dispondría de un solo marcador situado en su parte inferior para simplificar el tracking. Se debería construir la aplicación de forma que el usuario fuese capaz de operar con el sistema utilizando únicamente la posición y orientación de ese marcador en cada momento.

Se decidió usar un disco como interfaz tangible por la forma semicircular del arco en el que se sitúan los ancianos del apocalipsis. La similitud de formas nos permite situar el objeto en el interior del arco, simplificando de esta forma la selección del anciano que se desea ver. El disco dispone de una flecha que, apuntando a una cierta posición del arco, permite al usuario seleccionar uno de los ancianos.

Diseñamos un puesto de información compuesto por un mueble que contiene todo el hardware necesario para un funcionamiento adecuado del sistema: Un PC, una pantalla full HD de 21 pulgadas, una webcam, el disco con marcador y unos cascos para escuchar las explicaciones sobre los instrumentos y su sonido (figura 2.1)

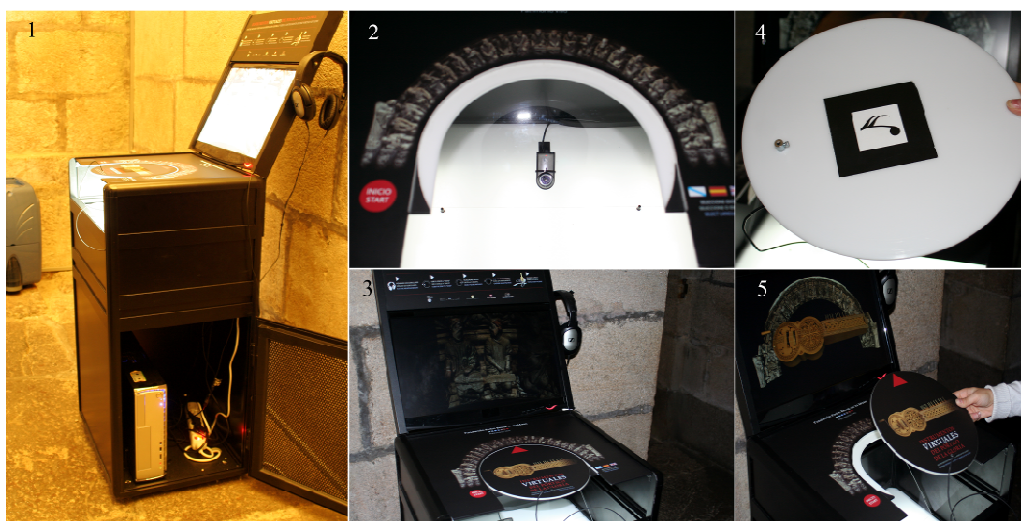


Figura 6. Montaje final del hardware del sistema.

En la parte superior del mueble hay una imagen del arco central del Pórtico de la Gloria con la representación de los músicos en torno a un agujero biselado (figura 2.2) sobre el que descansa el disco. El disco cuenta con un patrón en la parte inferior (figura 2.4) y una flecha y logos del museo en la parte superior (figura 2.3). Este disco va unido al mueble mediante un cable para evitar su hurto, ya que está pensado para ser expuesto en un lugar público. El usuario sostendrá en sus manos el interfaz tangible, por lo que el cable debe de tener la longitud suficiente para permitirle libertad de movimientos pero debe de ser lo suficientemente corto como para evitar interferir en la captura de la cámara o molestar al usuario (figura 2.5).

La pantalla se sitúa sobre la imagen del arco de los ancianos con un ángulo de 30 grados para permitir una correcta visualización de los colores de la aplicación y evitar reflejos no deseados al ser para un usuario estándar un ángulo óptimo desde el que mirar a la pantalla. Sobre esta se sitúan las instrucciones de uso y a su derecha los auriculares que usará el usuario para escuchar tanto las explicaciones del sistema como el sonido de los instrumentos (figura 2.3).

Bajo la imagen del Pórtico de la Gloria y el disco, en el interior del armario, se sitúa una cámara en un ángulo de 40 grados; un ángulo de visión óptimo para seguir el patrón adherido al disco al disponer así de un mayor ángulo de visión del exterior del armario. Bajo la cámara se sitúan tres tubos fluorescentes tapados por una superficie de metacrilato blanca, combinación que genera una iluminación blanca y difusa óptima para las aplicaciones de visión por computador (figura 2.2), ya que evita reflejos sobre el disco o variaciones de color en el patrón en movimiento.

### 3. Comportamiento del sistema

El comportamiento del sistema se ha simplificado al máximo. Cuando el disco está sobre su soporte, en el centro del arco, podemos navegar por él simplemente apuntando al músico que se desea visualizar (el instrumento que queremos seleccionar) con la flecha sobre el disco. Entonces la aplicación moverá la cámara hasta un primer plano del músico seleccionado (figura 3.1).

Tras seleccionar el músico, se puede acceder al instrumento que está afinando al levantar el disco de su soporte. Tras cogerlo, la aplicación desplaza la cámara a una posición de visión global del arco, el instrumento reconstruido aparece en primer plano (figura 3.2) y la explicación del instrumento correspondiente, así como su sonido, comienzan a sonar. Una vez en este estado, podemos manipular la reconstrucción virtual moviendo el disco libremente. Cuando el usuario rota el disco y varía su posición el instrumento se comportará de la misma manera, rotando y haciendo zoom consistentemente.

Para seleccionar un instrumento diferente el usuario debe colocar de nuevo el disco en su posición de reposo con la flecha apuntando en al músico deseado. Al bajar el disco la reconstrucción del instrumento y el sonido desaparecen y la cámara vuelve al primer plano de la figura pétrea apuntada.

La aplicación dispone también de un modo de inicio en el que el usuario escucha una explicación del Pórtico de la Gloria como conjunto. Para entrar en este modo el usuario debe de situar el disco sobre el soporte apuntando al logo de Inicio/Start, que

mueve la cámara a una vista general del arco de los ancianos mientras comienza la explicación anteriormente nombrada. También se accede a este modo cuando la aplicación pasa más de un minuto sin ser manipulada, con la finalidad de que el usuario se encuentre con esta explicación global cuando entre en contacto con la aplicación.

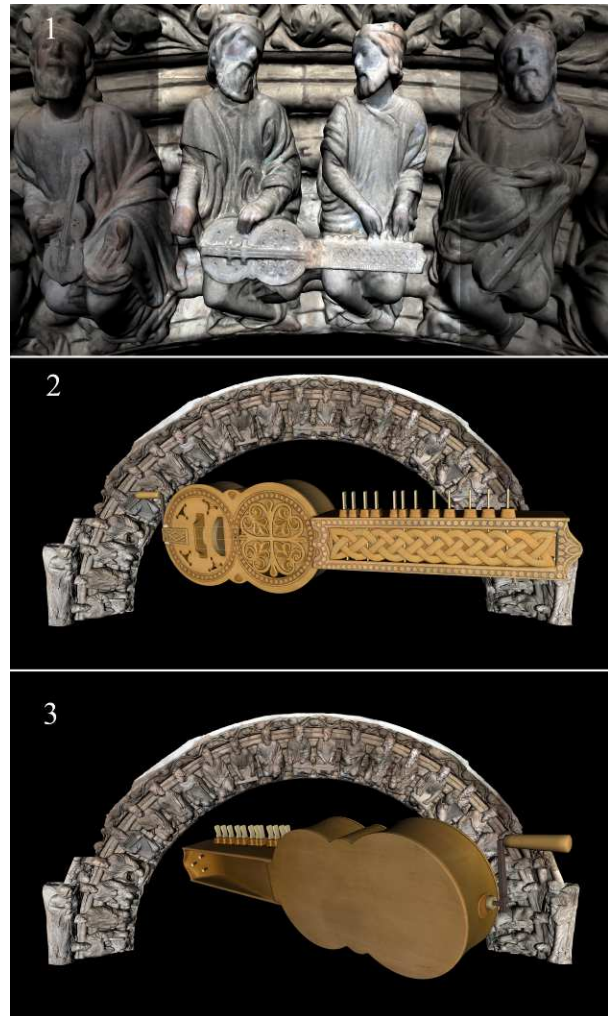


Figura 7. Capturas de la aplicación funcionando.

### 4. Arquitectura software

La aplicación final está formada por dos módulos que se comunican mediante sockets. El primero utiliza la visión por computador para obtener la rotación y traslaciones de la interfaz tangible a través del espacio y la segunda permite mostrar por pantalla la información sobre el Pórtico y los instrumentos. Para lo primero utilizamos ARToolkit, una librería que nos permite detectar determinados patrones dentro de una imagen. A partir de la orientación de la imagen situada en el interior de patrón y sus cuatro esquinas (figura 2.4), ARToolkit es capaz de calcular las rotaciones y traslaciones que relacionan el sistema de coordenadas de la cámara con el del patrón, almacenando esta

información en la matriz de homografía, en tiempo real, por lo que, teniendo una webcam y analizando las imágenes que captura, ARToolkit es capaz de seguir un patrón a través del espacio al tiempo que este se desplaza. En este sistema, el patrón que queremos seguir es el que está adherido al disco que controla el usuario (figura 2.4).

Una vez que el patrón ha sido detectado y la matriz de homografía ha sido calculada, la aplicación empaqueta la información de rotaciones y traslaciones del objeto en un tipo de dato que pueda ser interpretado por la otra aplicación y lo envía a través de la conexión previamente establecida.

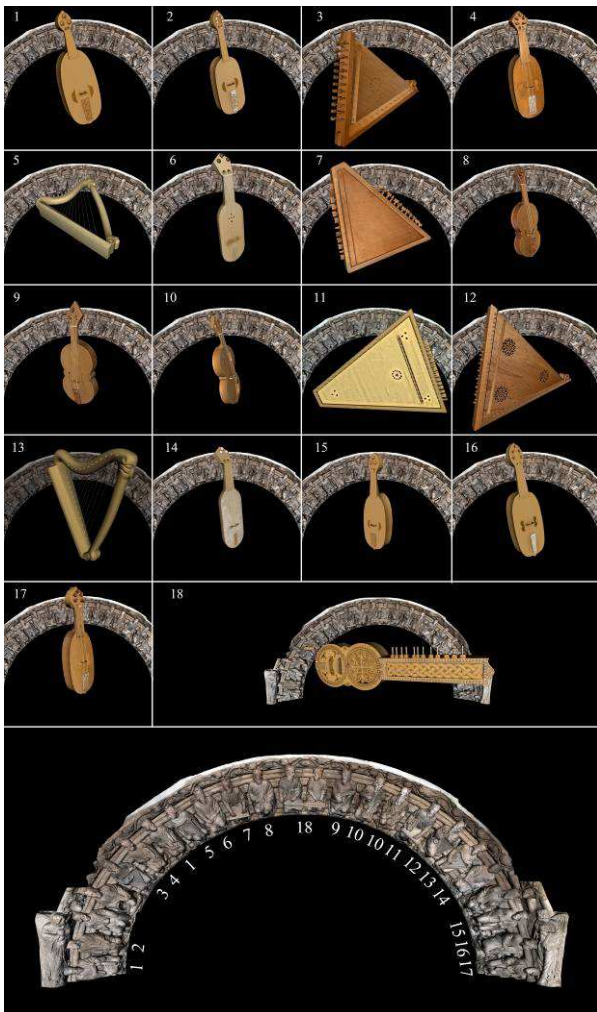


Figura 8. Reconstrucción de los 18 instrumentos del pórtico y su localización en el arco

El segundo módulo muestra la reconstrucción del arco en el que se encuentran los ancianos y los instrumentos, encargándose también de la gestión de la lógica del programa y el sonido. Para llevar a cabo estas tareas se ha utilizado Ogre Graphics Engine para el renderizado y OpenAL para el sonido. Este módulo gestiona la interacción del usuario con la máquina a partir de los datos recibidos del módulo de visión por computador.

La principal ventaja de tener dos aplicaciones es que si el patrón es perdido por la cámara en algún momento no afectará a la imagen mostrada ya que el módulo de visión por computador no envía información, y por tanto las posiciones y rotaciones en el módulo de renderizado no son actualizadas, pero el framerate se mantendrá. Se consigue por lo tanto una independencia en los framerates de ambas aplicaciones, lo que hace que aunque la cámara capture a 25 frames por segundo (y por tanto envíe información 25 veces por segundo) la aplicación de render mantendrá constantemente el frame rate máximo que le permita la tarjeta gráfica, teniendo en cuenta el número de polígonos que maneja y los cálculos realizados por frame, manteniendo de esta forma constantemente el tiempo real en la visualización. En el caso de este sistema obtenemos 130 frames por segundo con una nvidia GTS 250.

### 5. Conclusiones

En este proyecto se ha implementado un sistema para la visualización y manipulación de los instrumentos del Pórtico de la Gloria diseñando un hardware y una arquitectura software específicos. El sistema permite la visualización de la reconstrucción texturizada del arco en el que están representados los ancianos del Apocalipsis así como la visualización y manipulación de la reconstrucción virtual de los instrumentos que están afinando.

Se han utilizado técnicas de visión por computador para dotar al sistema de la máxima accesibilidad para usuarios no expertos, de forma que un usuario sin conocimientos de informática pueda acercarse a un puesto de información y manipular el sistema fácilmente al cabo de unos minutos. Al utilizar una cámara para detectar el patrón el usuario puede manejar el disco de la misma forma que lo haría si tuviese el instrumento real en sus manos, estableciendo, de esta forma, una interfaz natural e intuitiva entre el usuario y la información mostrada.

Los 18 instrumentos que aparecen representados en el Pórtico de la Gloria han sido reconstruidos siguiendo el trabajo de (LOPEZ, 1994). Los 24 ancianos del Apocalipsis han sido texturizados en base al actual estado de conservación de la policromía del pórtico a partir de fotografías del mismo.

Desde su instalación en julio de 2010, el sistema ha tenido un gran número de visitas resultando en un alto grado de satisfacción de los usuarios con la exposición.

### Agradecimientos

A la Fundación Pedro Barrié de la Maza por haber hecho posible el desarrollo de este proyecto.

Al equipo artístico formado por Vanesa Sobradelo, Eduardo Mayo, Roberto Noya y Roberto Cacabelos por la reconstrucción de los instrumentos realizada.

## Bibliografía

- Programa Catedral de Santiago de Compostela (2010): Fundación Pedró Barrié de la Maza. [www.programacatedral.com](http://www.programacatedral.com).
- BONIFACE, LAHANIER, STEVENSON J. (2004): "SCULPTEUR: Multimedia Retrieval for Museums". *Proc. of the International Conference Image and Video Retrieval CIVR*, pp. 638-646.
- CHUN-RONG H., CHU-SONG C., PAU-CHOO C. (2005): "Tangible Photorealistic Virtual Museum". *IEE Computer Graphics and Applications*, vol. 25, pp. 15-17
- GOODALL, S., LEWIS, P. H., MARTINEZ, K., SINCLAIR, P.A.S., GIORGINI, F., ADDIS, M.J., BONIFACE, M.J., LAHANIER, C., STEVENSON, J. (2004): "*SCULPTEUR: Multimedia Retrieval for Museums*". *Proc. of the International Conference Image and Video Retrieval CIVR*, pp. 638-646.
- LOPEZ CALO, J. (1994): *Los instrumentos del pórtico de la Gloria. Su reconstrucción y la música de su tiempo*. 2 vols. Fundación Barrié de la Maza.