

TÉCNICAS DE MUSEALIZACIÓN VIRTUAL. LOS CAPITELES DEL MONASTERIO DE SAN CUGAT

VIRTUAL MUSEALIZATION TECHNIQUES. THE CAPITALS OF THE MONASTERY OF SAN CUGAT

Pedro M. Cabezos Bernal, Adriana Rossi

doi: 10.4995/ega.2017.7340

Las nuevas técnicas de levantamiento fotogramétrico, como la foto modelación SfM, nos permiten documentar el patrimonio mediante modelos tridimensionales texturizados que pueden ser divulgados vía internet a través de los recientes repositorios de modelos 3D que permiten su visualización interactiva de manera muy ágil desde cualquier ordenador o dispositivo móvil, incluso de forma totalmente inmersiva si se dispone de un visor de realidad virtual como el económico Google Cardboard. Ello supone un gran avance para la puesta en valor y divulgación del patrimonio, por lo que en este artículo expondremos la aplicación de estas novedosas técnicas y el uso de estas recientes plataformas de visualización en la creación de un museo virtual, accesible desde internet, que muestra los capiteles románicos del claustro del Monasterio de San Cugat, su simbología y las posibles teorías que los relacionan con la música.

PALABRAS CLAVE: MUSEALIZACIÓN VIRTUAL. FOTOGAMETRÍA AUTOMATIZADA. SFM. SKETCHFAB

New photogrammetric survey techniques such as SfM photo-modeling allow us to document the cultural heritage through textured three-dimensional models that can be showed via the Internet through the recent repositories of 3D models, allowing suitable interactive viewing from any computer or mobile device. Even reaching a totally immersive visualization mode, when using a virtual reality viewer such as the economic Google Cardboard. This implies a great advance for the enhancement and dissemination of heritage. In this article we will discuss the application of these new techniques and recent viewing platforms that have been used to create a virtual museum, accessible from the Internet, which shows the Romanesque capitals of the cloister of the Monastery of San Cugat, its symbolism and the possible theories connecting them with the music.

KEYWORDS: VIRTUAL MUSEALIZATION. AUTOMATIZED PHOTOGRAMMETRY. SFM. SKETCHFAB



1. Planta y vista general del Claustro del Monasterio de San Cugat

1. Plan and general view of the Cloister of the Monastery of San Cugat

El caso que nos ocupa es la musealización virtual de los capiteles románicos del Monasterio de Sant Cugat del Vallès. El objetivo principal de esta exposición virtual, es la divulgación y la puesta en valor de la iconografía del románico presente en los capiteles del claustro del Monasterio, centrándonos en aquellos que recogen la iconografía del bestiario románico heredada de la cultura helenística, cuya simbología ha sido relacionada por algunos autores como Marius Schneider con la música.

La exposición pretende mostrar al espectador la reconstrucción tridimensional de los distintos capiteles, a través de internet usando la plataforma Sketchfab, que comienza a ser utilizada por prestigiosos Museos como el British Museum como medio divulgativo de sus fondos ¹. Esta plataforma permite mostrar el contenido en cualquier ordenador o dispositivo móvil e incluye la posibilidad de utilizar los novedosos y económicos sistemas de visualización inmersiva como

Google Cardboard que, haciendo uso de cualquier Smartphone, nos permite una visualización estereoscópica del modelo representado.

La plataforma permite incluir una serie de metadatos asociados al modelo que complementarán la visualización mostrando información adicional acerca de la simbología y su posible relación con la música, la astrología, la geometría y la aritmética, poniendo así de manifiesto la complejidad de la cultura románica, que se manifiesta en la representación del carácter material e inmaterial del claustro de San Cugat, véase (Rossi, 2014).

Los capiteles y la música

El monasterio de San Cugat, dedicado al Mártir San Cucufate, se construyó durante los siglos x-xiv. El claustro, de proporción cuadrada, consta de 144 capiteles en disposición pareada (Fig. 1), algunos con detalles puramente ornamentales, otros que representan escenas bíblicas y el resto

This work presents the virtual musealization of the Romanesque capitals of the Monastery of Sant Cugat del Vallès. The main objective of this virtual exhibition is the dissemination and showcasing of the Romanesque iconography which is present in the capitals of the Monastery cloister. The focus is placed on those that collect the iconography of the Romanesque bestiary inherited from the Hellenistic culture, which symbolism has been linked with music by some authors like Marius Schneider.

The exhibition aims to show the visitor the three-dimensional reconstruction of the different capitals. It is done through the internet using the Sketchfab platform, which begins to be used by prestigious museums such as the British Museum as a means of disseminating its funds ¹. This platform allows to display the content in any computer or mobile device, and includes the possibility of using innovative and inexpensive immersive visualization systems like Google Cardboard. The later provides a stereoscopic visualization of the represented model by using any Smartphone.

The platform allows to include a series of metadata associated to the model. This complements the visualization by showing additional information about the symbology and its possible link with music, astrology, geometry and arithmetic, thus highlighting the complexity





of Romanesque culture. This complexity is exhibited in the representation of the material and immaterial nature of the cloister of Sant Cugat (see Rossi, 2014).

The capitals and the music

The monastery of Sant Cugat, dedicated to San Cucufate Martyr, was built from the 10th to the 14th century. The square-shaped cloister consists of 144 capitals in paired layout (Fig. 1). Some present purely ornamental details, others biblical scenes, and the rest zoomorphic motifs depicting real animals such as turkeys, cocks, birds, lions and oxen, along with other mythological animals such as griffins and basilisks.

Schneider (1946, 1955), was convinced that the natural sounds are the origin of melodies. Thus, he analysed the archetype of the musical model described by Brahman Baratha in the *Natya-Sahstra* (4th-5th centuries). In this work, and from the etymological meaning of words in Sanskrit, abbreviations for musical tones are defined: SA, RI, GA, MA, PA, DHA, NI, and are identified with the behavioural and sonorous characteristics of several animal species. The mood that evoked in people those sounds was used for the conversion to the western notes during central Middle Age: RE, MI, FA, SOL, LA, SI, DO. Schneider justified the correspondences with zoomorphic motifs from the transcriptions of the principles and criteria set forth in the *Sangita-Ratnakara* treatise by Sharngadeva (13th century). From the same treatise he obtained also the correspondence between musical tones and the ordered sequence of astral movements and the passage of time. According to it, this has a direct effect on the daily alternation between day and night, and on the running of months and seasons. Rossi (2014) completed the study by adding a correlation between notes and colours (Fig. 2). Schneider verified his theories with a study of the cloister of Gerona's cathedral, where the iconographic sequence of the capitals registers a Marian song dedicated to *Mater Dolorosa*. He also verified that in the cloister of Sant Cugat the sequence represents, with few variations, one of the most well-known Gregorian chants about the martyrdom of St. Cucufate (Fig. 4). Also the study of the cloister of Ripoll reveals an analogous astral rhythm.

2. Correspondencia entre los motivos zoomorfos, las notas musicales y otras cualidades. Adap. de Rossi (2014)
3. Motivos zoomorfos en los capiteles de San Cugat y su relación con las notas musicales

2. Correspondence between zoomorphic motifs, musical notes and other qualities. Adap. from Rossi (2014)
3. Zoomorphic motifs in the capitals of San Cugat and their relationship with musical notes

Motivo Zoomorfo	Nota Musical	Etimología	Temporalidad	Cualidad	Color
 Pavo	SA RE	SA _d ja (nacido del sexto)	Crepúsculo	Penetrante	
 Buey, León vencido	RI MI	RI _s abha (toro sacrificado)	Tarde	Indefenso	
 Gallo, Tigre, León	GA FA	GA _n dharma (canto solar)	Amanecer	Claro	
 Grulla, Oca	MA SOL	MA _d hyama (central)	Mañana	Suave y dulce	
 Pajaro cantarín	PA LA	PA _n chama (quinta nota)	Atardecer	Afable y fuerte	
 Pez, Rana	DHA SI	DHA _i vata (canto del pescador)	Noche	Como la grulla	
 Águila, Elefante	NI DO	NI _s ada (grito potente)	Mediodía	Agudo y estridente	

2



3



precision, see (Rodríguez, 2012). This is mainly due to a number of advantages such as cheap instrumentation and versatility of photo-modeling programs, which provide us a three-dimensional model with the actual texture applied more simply and directly.

SfM automated photogrammetry is especially efficient when dealing with well-defined and specular reflection free models or fragments, and preferably of small size, as in the present case. The procedure requires taking a series of photographs from various points of view to cover the entire surface of the model to be restored. Adequate overlap between pairs of photographs shall be guaranteed to allow the software to determine the spatial orientation of each photograph with respect to the model.

The positioning process is made in a totally automated way through the analysis of homologous points found within the pictures by the software. After picture positioning, a more detailed search of homologous points is made for determining the projective beam, going from the point of view of each picture and passing through the homologous points detected on it. The intersection of the beams from each photograph provides the spatial configuration of the point cloud that constitutes the first approximation to the object. The cloud can be triangulated in different degrees of detail to form a three-dimensional mesh, which can be then textured using the photographs themselves. The final result is a three-dimensional model with the actual texture applied, that can be exported to a format which is compatible with most 3D design programs, such as OBJ, STL, etc.

A very important advantage of automated photogrammetry is the possibility of using conventional non-calibrated cameras. This is possible because software is able to compute automatically the calibration parameters of the radial distortion. The computation is done during the analysis and optimization of the homologous points between photographs, as on image stitching software applications, see (Cabezas & Cisneros, 2012). It also allows the photometric optimization of the photographs used for texturizing the model, thus minimizing the differences in exposure between the different pictures. However, for avoiding these differences it is more convenient to block exposure and white balance during the capture process.

5. Fotografía de la carta de color para el calibrado del balance de blancos y la creación del perfil de color de la cámara para las condiciones de la escena

6. Esquema de las posiciones de cámara en relación al capitel para garantizar una buena cobertura visual

5. Photograph of the color chart used for white balance calibration and for the creation of the color profile of the camera for lighting conditions of the scene

6. Diagram showing camera positions relative to the capital to ensure good visual coverage

los tonos musicales: SA, RI, GA, MA, PA, DHA, NI, que se identifican con las peculiaridades caracteriales y sonoras de varias especies animales. El estado de ánimo que evoca en los hombres aquellos sonidos permite la conversión a las notas occidentales: RE, MI, FA, SOL, LA, SI, DO 2, definidas en el medioevo central. Schneider fundamenta las correspondencias con los motivos zoomorfos a partir de las transcripciones de los principios y criterios expuestos en el tratado *Sangita-Ratnakara* de Sharngadeva (s. XIII), de donde obtiene también la correspondencia de los tonos musicales con la sucesión ordenada de los movimientos astrales y el paso del tiempo, que tiene un efecto directo en la alternancia diaria entre el día y la noche, el transcurrir de los meses y las estaciones. Rossi (2014) completa el estudio añadiendo una correlación entre notas y colores (Fig. 2).

Schneider verifica sus teorías con los estudios del claustro de la catedral de Gerona, en donde la secuencia iconográfica de los capiteles registra un canto mariano dedicado a la *Mater Dolorosa*, y el claustro de San Cugat, en el que la secuencia representa, con escasas variaciones, uno de los cantos gregorianos más conocidos acerca del martirio de San Cucufate (Fig. 4). También el estudio del claustro de Ripoll revela un ritmo astral análogo.

La restitución de los capiteles

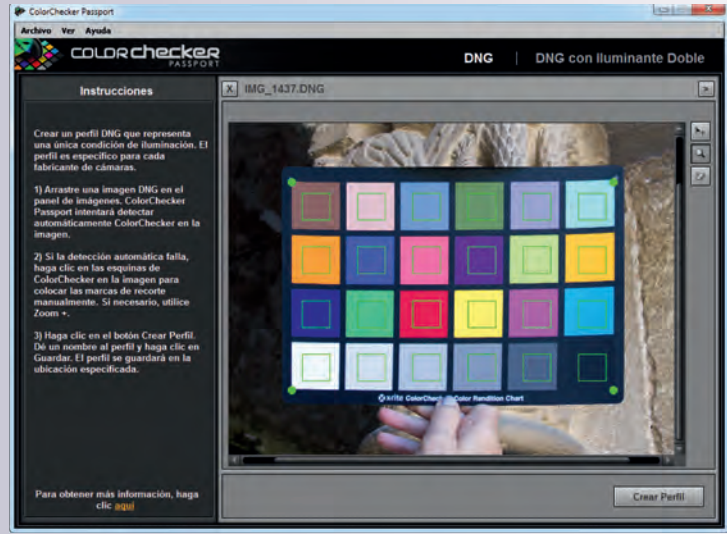
La primera fase de este trabajo fue la reconstrucción virtual de los capiteles que componen el elenco de piezas del museo virtual, para ello se barajaron varias técnicas de restitución como el escáner laser y la fotogrametría automatizada, optándose finalmente por ésta última.

Las últimas técnicas fotogramétricas automatizadas, advenidas con el

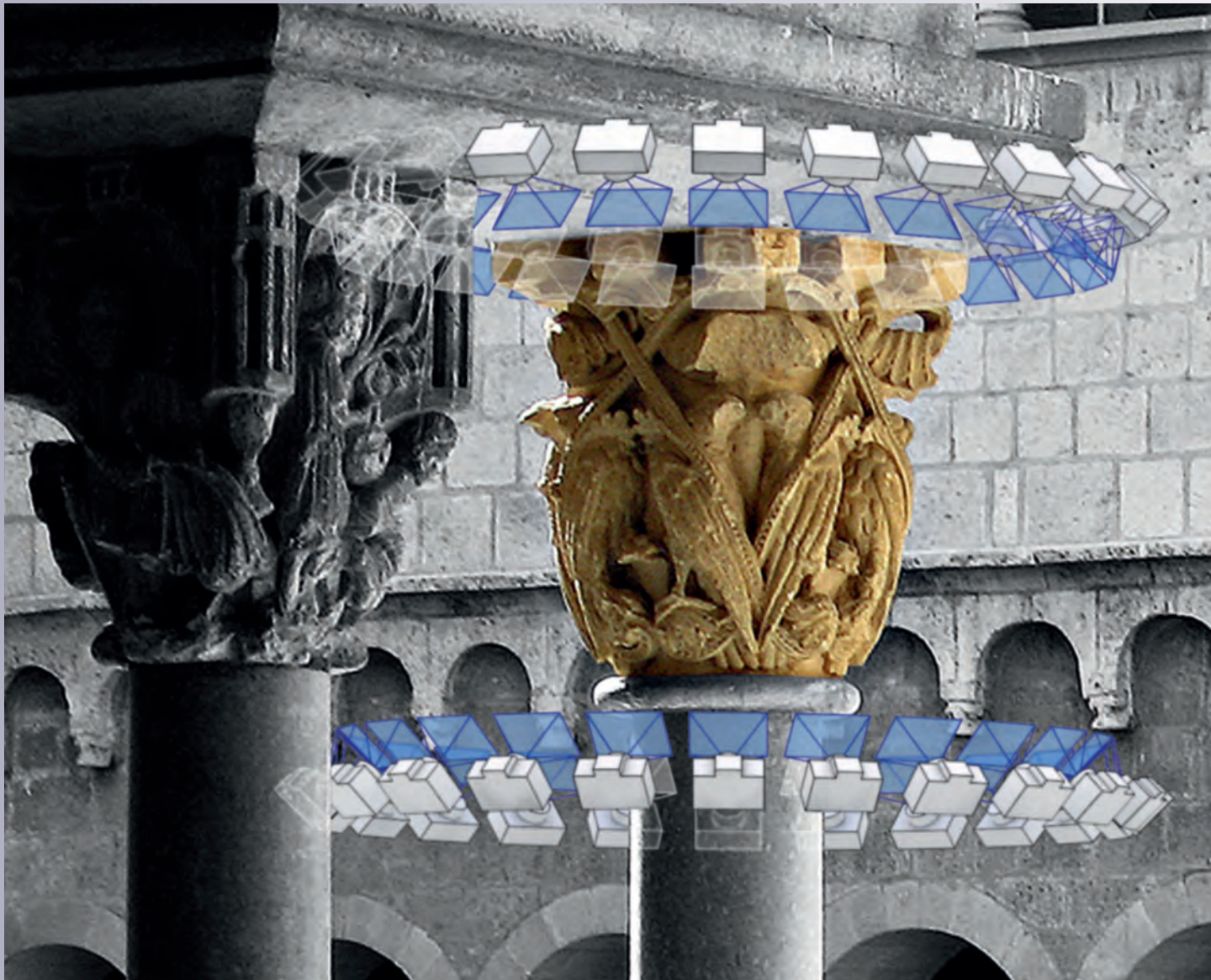
desarrollo de los algoritmos de foto modelación SfM (Structure from Motion), han adquirido una madurez importante en los últimos años lo que ha permitido un resurgimiento de la fotogrametría frente a los escáneres láseres a los que prácticamente iguala en precisión, véase (Rodríguez, 2012). Esto se debe principalmente a una serie de ventajas como la economía de los instrumentos y la versatilidad de los programas de foto modelado, que nos proporcionan un modelo tridimensional con la textura real aplicada de forma más sencilla y directa.

La fotogrametría automatizada SfM resulta especialmente eficiente cuando se trata de modelos o fragmentos, preferentemente de poca entidad, con una textura bien definida y exenta de reflejos especulares, como en el caso que nos ocupa. El procedimiento requiere la toma de una serie de fotografías desde diversos puntos de vista hasta cubrir toda la superficie del modelo que quiere ser restituida, garantizando siempre un solape suficiente entre pares de fotografías que permita al software determinar la orientación espacial de cada fotografía con respecto al modelo.

El proceso de orientación se produce de forma totalmente automatizada a través del análisis de los puntos homólogos que el programa encuentra entre las fotografías. Tras la orientación de las fotografías se produce una búsqueda más detallada de puntos homólogos que determina el haz proyectivo que parte del punto de vista de cada fotografía y pasa por los puntos homólogos detectados sobre ella. La intersección de los haces provenientes de cada fotografía proporciona la configuración espacial de la nube de puntos que constituye la primera aproximación al objeto. La nube puede ser



5



6



7

Another key aspect for guaranteeing a good result is achieving a good image quality. This implies the use of high quality optics, the avoidance of blurry pictures using high shutter speeds, and the maximization of field depth of the scene using rather closed diaphragms, but not too much to avoid diffraction problems that may cause an overall sharpness loss. Image noise is another thing to avoid, by limiting the sensor's ISO sensitivity to the lowest possible level. Also extremely convenient is to use lenses with a rather low focal length, such as wide angle, because this noticeably improves the accuracy of the restitution of the cloud of points, since projective beams are much divergent. For the restitution of the capitals a Canon 17-40L lens was used. It was mounted on a Canon 7D camera, and adjusted to its minimum focal length, about 27 mm of equivalent focal length. A f11 diaphragm was used as a trade-off between field depth and diffraction. The sensitivity of the camera was set to the minimum (ISO 100). And RAW format was used to achieve higher image quality, and also to allow the post-processing of the resulting images by using the same white balance adjustment on all of them. An Xrite ColourChecker colour chart (Fig. 5) was also used in order to obtain a camera calibration

triangulada con diferentes grados de detalle para configurar una malla tridimensional, que posteriormente puede ser texturizada utilizando las propias fotografías. El resultado final es un modelo tridimensional con la textura real aplicada que puede ser exportado en un formato compatible con la mayoría de programas de diseño 3D, como el formato OBJ, STL, etc.

Una ventaja muy importante de la fotogrametría automatizada es la posibilidad de poder emplear cámaras fotográficas convencionales no calibradas, pues el software halla los parámetros de calibración de la distorsión radial automáticamente durante el proceso de análisis y optimización de los puntos homólogos entre fotografías, al igual que sucede en los programas de cosido de imágenes o *Stitching*, véase (Cabezas & Cisneros, 2012). Igualmente permite la optimización fotométrica de las fotografías que se usan para la texturización del modelo, minimizando así las diferencias de exposición entre las distintas

fotografías, si bien resulta conveniente bloquear la exposición y el balance de blancos durante el proceso de captura con el fin de evitar estas diferencias.

Otro aspecto determinante para garantizar un buen resultado es lograr una buena calidad de imagen, lo que empieza por utilizar ópticas de calidad, evitar las fotografías movidas utilizando velocidades de obturación altas y maximizar la profundidad de campo de la escena utilizando diafragmas más bien cerrados, pero no demasiado para evitar los problemas de difracción que causan una pérdida de nitidez global. Se debe evitar también el ruido en la imagen limitando la sensibilidad ISO del sensor al nivel mínimo posible y es sumamente conveniente emplear lentes de distancia focal más bien baja, como los grandes angulares, porque se mejora notablemente la precisión de la restitución de la nube de puntos al resultar los haces proyectivos más divergentes.

Para la restitución de los capiteles se utilizó un objetivo Canon 17-40L



montado sobre una cámara Canon 7D, ajustado a la mínima distancia focal, unos 27 mm de distancia focal equivalente. Se utilizó un diafragma f11 como solución de compromiso entre profundidad de campo y difracción. La sensibilidad de la cámara se ajustó al mínimo (ISO 100) y se utilizó el formato RAW para lograr una mayor calidad de imagen y poder procesar las imágenes resultantes a posteriori con el mismo valor de ajuste de balance de blancos entre fotografías. Se utilizó también una carta de color Xrite ColorChecker (Fig. 5) con el fin obtener un perfil de calibración de la cámara para cada caso, que permitiera una reproducción óptima de la textura de los capiteles y sirviera de referencia para el ajuste posterior del balance de blancos.

Se optó por utilizar la luz natural como fuente de iluminación para lograr una reproducción más fiel a las condiciones naturales. Para evitar un contraste elevado entre zonas iluminadas y en sombra propia se planificaron las tomas de modo que los capiteles quedaran en sombra, sin recibir luz directa del sol, iluminados sólo por la luz difusa reflejada por el claustro y la bóveda celeste, produciéndose así sombras suaves y difuminadas con un contraste óptimo para el registro fotográfico.

Para garantizar la restitución óptima se obtuvieron unas 50 fotografías, la mitad de ellas alrededor del capitel apuntando hacia su centro y con el eje óptico formando unos 45° con la horizontal, mientras que la otra mitad se obtuvo de forma análoga, pero con un ángulo de unos -45° con respecto al suelo, garantizando así la cobertura visual completa de la superficie decorada del capitel (Fig. 6).

La restitución tridimensional de los capiteles fue llevada a cabo median-



8

te Agisoft PhotoScan, que generó de forma muy satisfactoria la malla poligonal texturizada. El proceso consta de cuatro fases consecutivas: la orientación espacial de las fotografías, la obtención de la nube de puntos, la triangulación para generar la malla y la generación y aplicación de las texturas al modelo. Posteriormente se exportó el modelo a Autodesk 3ds Max para independizar el capitel y cerrar las superficies abiertas (Fig. 7).

La divulgación a través del museo virtual

Una vez completado el elenco de capiteles, se trataba de generar un espacio virtual, accesible desde internet en el que mostrarlos de forma ágil y atractiva desde cualquier ordenador o dispositivo móvil. Recientemente han aparecido varias plataformas gratuitas para visualizar modelos tridimensionales como *p3d.in*, *Verold* y *SketchFab*, todas ellas con funcionalidades excelentes. Se eligió la plata-

profile for each case. This allowed an optimum reproduction of the capitals texture and provided a reference for white balance post-processing adjustment.

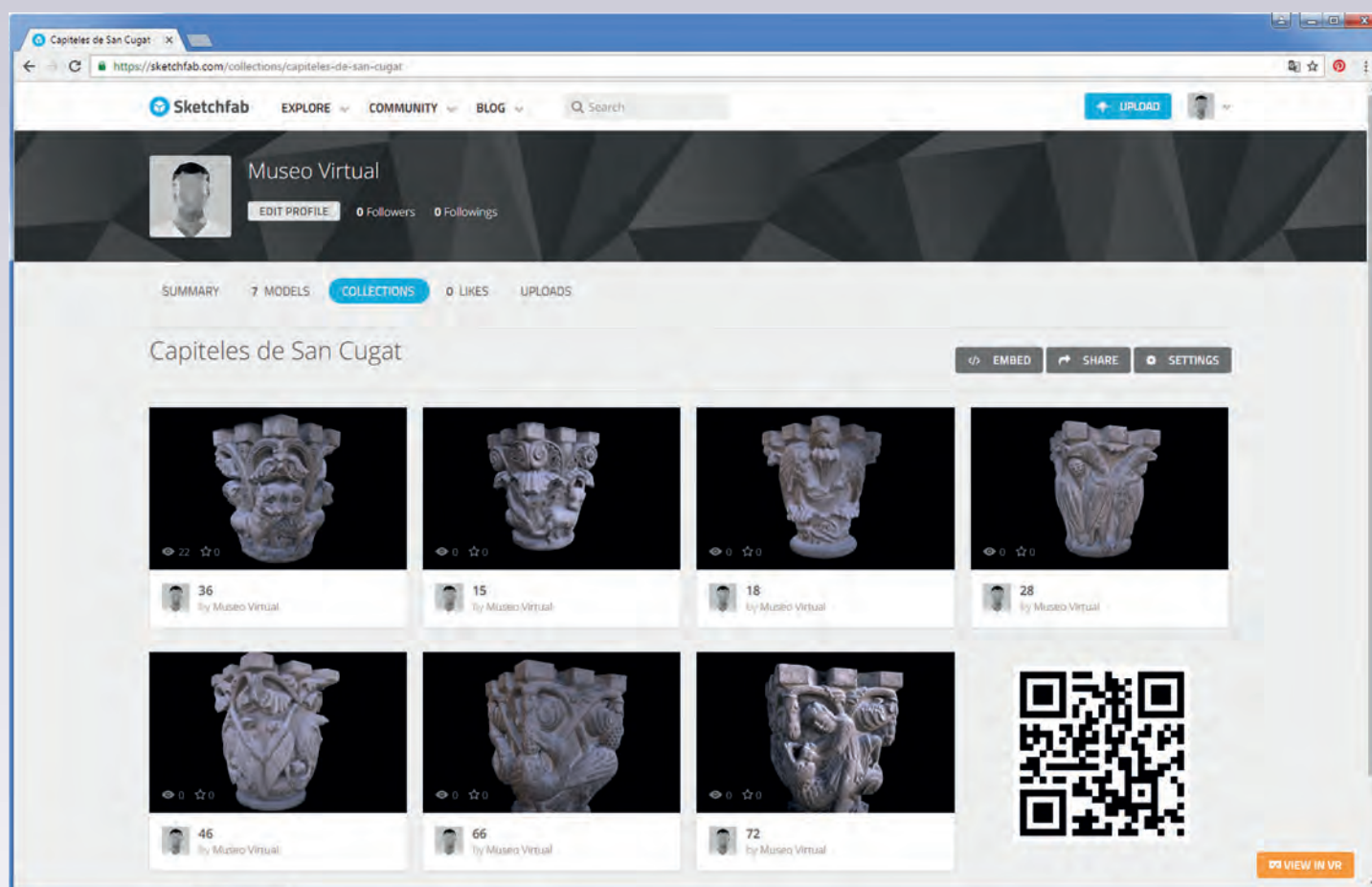
It was decided to use natural light as light source, in order to achieve a more accurate reproduction of actual ambiance. For avoiding a high contrast between illuminated and shaded areas, shots were planned so that the capitals would remain completely in shadow, without receiving direct sunlight, and just illuminated by the diffused light reflected by the cloister and the celestial vault. Thus producing weak and blurry shadows, that provided an optimal contrast for the photographic record.

For assuring an optimal restitution about 50 pictures were taken. Half of them around the capital pointing towards its centre and with the optical axis forming an angle of about 45 degrees with respect to the horizontal. The other half in an analogous way, but with an angle of about -45 degrees with respect to the ground. This strategy provided a complete visual coverage of the decorated surface of the capital (Fig. 6).

The three-dimensional restitution of the capitals was performed by using Agisoft PhotoScan. This software generated in a very satisfactory way the textured polygonal mesh. The process consists of four consecutive phases: the spatial positioning of the photographs, obtaining the cloud of points, triangulation for generating the mesh, and the application of the textures to the model. Finally, the model was exported to Autodesk 3ds Max to extract the capital and close the open surfaces (Fig. 7).

Dissemination through the virtual museum

Once completed the selected set of capitals, the next task accomplished was the creation of a virtual space accessible from the internet. In this way they can be displayed in an agile and attractive way from any computer or mobile device. Recently, several free platforms for displaying three-dimensional models have been developed, like *p3d.in*, *Verold* and *SketchFab*. All of them with excellent functionalities. SketchFab platform was chosen for its versatility using virtual reality displays, such as the inexpensive



9

Google Cardboard, which in combination with a Smartphone allows a totally immersive and stereoscopic viewing experience (fig.8). The process of uploading the models is very simple because the platform supports a great variety of exchange formats. Once the file is uploaded, it is possible to choose the environment that surrounds the model, among flat colours or predefined spherical environments. It also allows choosing the rendering algorithm and the lighting options. Furthermore, it provides the possibility of adding animations, and the inclusion of annotation nodes around the model. Those nodes are used to include a descriptive text box with additional information related to the symbology of the capital. The visitor can display this information by clicking on the node while performing the interactive visualization. After adding the capitals individually, a collection was created that brings together the whole set, thus making up the virtual museum (Fig. 9). To display the capitals that make up the collection in an immersive way, you can use the QR code shown in Figure 9 or the following link: <https://skfb.ly/UvEI>

forma SketchFab por su versatilidad a la hora de utilizar visores de realidad virtual como el económico Google Cardboard, que en combinación con un Smartphone permite una experiencia de visionado totalmente inmersiva y estereoscópica (Fig. 8).

El proceso de subida de los modelos es muy sencillo pues la plataforma admite una gran variedad de formatos de intercambio. Una vez subido el archivo se permite elegir el aspecto que rodea al modelo entre colores planos o entornos esféricos predefinidos. También permite elegir el algoritmo de renderizado y las opciones de iluminación, además de tener la posibilidad de añadir animaciones e incluir nodos de anotación alrededor del modelo que servirán para incluir un cuadro de texto descriptivo con información adicional relativa a la simbología del capitel que podrá

desplegar el visitante al clicar sobre el nodo mientras realiza la visualización interactiva. Tras agregar los capiteles de forma individual se creó una colección que agrupa todo el conjunto formando así el museo virtual (Fig. 9).

Para visualizar de forma inmersiva los capiteles que componen la colección puede utilizarse el código QR que aparece en la figura 9 o mediante el siguiente link: <https://skfb.ly/UvEI>

Conclusiones

Las posibilidades que nos ofrecen las nuevas plataformas para compartir contenido 3D resultan especialmente útiles en el campo de la divulgación científica y del patrimonio cultural, pero también en otros campos como la educación. El análisis del proceso de creación de este museo virtual ha permitido demostrar un flujo de trabajo eficaz para llevar a cabo estas tareas,



9. Plataforma Sketchfab mostrando la colección de modelos que compone el Museo Virtual
10. Visualización interactiva a pantalla completa de uno de los capiteles a través de la plataforma SketchFab

9. Sketchfab platform showing the collection of models belonging to the Virtual Museum
10. Full-screen interactive visualization of one of the capitals through the SketchFab platform



10

empezando desde la planificación y control de la toma fotográfica hasta la subida definitiva de los modelos restituidos a la plataforma de visionado.

Este proyecto ha contado con el apoyo del Museo de San Cugat que se mostró muy interesado desde un primer momento en el proyecto. El museo expondrá de forma adicional a sus fondos unos paneles con códigos QR para dar a conocer y facilitar al visitante el acceso al resultado de esta investigación que no solo sirve para documentar los capiteles en sí, sino que los muestra al visitante con información añadida acerca de la simbología del bestiario románico y la posible teoría de Marius Schneider que relaciona los capiteles con la música. ■

Notas

1 / Véase por ejemplo <https://sketchfab.com/museums>.
2 / Como se desprende del estudio de Hornbostel & Lachmann (1933).

Referencias

- CABEZOS BERNAL, P. M. & CISNEROS VIVÓ, J., 2012, Fotogrametría con cámaras convencionales y software libre, *Revista EGA*, 20, pp. 88-99.
- HORNBOSTEL, E. V. & LACHMANN, R., 1933, Das indischen tonsystem bei bharata und sein ursprung, *Zeitschrift für vergleichende Musikwissenschaft*, 1, pp. 73-91.
- RODRIGUEZ, P., 2012, La fotogrametría digital automatizada frente a los sistemas basados en sensores 3D activos, *Revista EGA*, 20, pp. 100-111.
- ROSSI, A., 2014, *Melodie di pietre*, Napoli: Edizioni Scientifiche e Artistiche
- SCHNEIDER, M., 1946, *El origen musical de los animales-símbolos en la mitología y la escultura antiguas*. Barcelona: Consejo superior de investigaciones científicas.
- SCHNEIDER, M., 1955, *Singende Steine. Rhythmus-Studien an drei katalanischen Kreuzgängen romanischen Stils*, Kassel & Basilea: Bärenreiter-Verlag.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento a D. Lluís Campins, Director del Museo de San Cugat, por su interés en el proyecto y por las facilidades prestadas para acometer los trabajos de campo, así como al Padre Blai Blanquer Cutrina, Rector de la parroquia de Sant Pere d'Octavià en Sant Cugat, por su ayuda e información aportada en la fase de documentación.

Conclusions

The possibilities offered by new platforms for sharing 3D content are especially useful in the field of scientific dissemination and cultural heritage, but also in other fields such as education. The analysis of the process of creation of this virtual museum has allowed to demonstrate an efficient workflow to carry out these tasks, from the planning and control of the picture taking, until the final upload on the viewing platform of the restituted models.

This project has had the support of Sant Cugat Museum that was very interested in the project from the beginning. The museum will exhibit panels with QR codes additionally to its current assets. These codes will let know and provide the visitor access to the results of the present research. Thus, this work has served not only to document the capitals themselves, but also for showing museum visitors additional information related with the symbolism of the Romanesque bestiary, as well as presenting them the theory of Marius Schneider that relates capitals with music. ■

Notes

- 1 / See for example <https://sketchfab.com/museums>.
2 / As can be deducted from the work by Hornbostel & Lachmann (1933).

References

- CABEZOS BERNAL, P. M. & CISNEROS VIVÓ, J., 2012, Fotogrametría con cámaras convencionales y software libre, *EGA magazine*, 20, pp. 88-99.
- HORNBOSTEL, E. V. & LACHMANN, R., 1933, Das indischen tonsystem bei bharata und sein ursprung, *Zeitschrift für vergleichende Musikwissenschaft*, 1, pp. 73-91.
- RODRIGUEZ, P., 2012, La fotogrametría digital automatizada frente a los sistemas basados en sensores 3D activos, *EGA magazine*, 20, pp. 100-111.
- ROSSI, A., 2014, *Melodie di pietre*, Napoli: Edizioni Scientifiche e Artistiche
- SCHNEIDER, M., 1946, *El origen musical de los animales-símbolos en la mitología y la escultura antiguas*. Barcelona: Higher Council for Scientific Research.
- SCHNEIDER, M., 1955, *Singende Steine. Rhythmus-Studien an drei katalanischen Kreuzgängen romanischen Stils*, Kassel & Basel: Bärenreiter-Verlag.

Acknowledgements

We wish to express our gratitude to Mr. Lluís Campins, Director of Sant Cugat Museum, for his interest in the project and for the help provided to undertake the field work. Thanks also to Father Blai Blanquer Cutrina, Rector of the parish of Sant Pere D'Octavià in Sant Cugat, for his help and information provided during the documentation phase.