

EL COLOR EN LAS PIEDRAS Y LOS MOSAICOS DE RÁVENA: NUEVAS IMÁGENES DE LOS MONUMENTOS ANTIGUOS A TRAVÉS DE LA FOTOGRAMETRÍA NO CONVENCIONAL DE ÚLTIMA GENERACIÓN

THE COLOUR OF STONES AND MOSAICS IN RAVENNA: NEW IMAGES OF ANCIENT MONUMENTS USING THE LATEST GENERATION OF UNCONVENTIONAL PHOTOGRAMMETRY

Luca Cipriani, Filippo Fantini, Silvia Bertacchi

doi: 10.4995/ega.2015.4052

El propósito de este trabajo es destacar el papel de la precisión de la textura para una representación fiable de los materiales presentes en algunos relevantes monumentos de Rávena (Italia), pertenecientes a la Lista del Patrimonio Mundial y que datan de la Antigüedad Tardía. Una serie de estrategias se explicarán con el fin de aprovechar las ventajas de las soluciones automáticas de texturizado de modelos 3D creados con aplicaciones Structure from Motion (SfM). Estos edificios serán los casos de estudios para ilustrar una técnica innovadora para la eliminación de las sombras de la textura aparente del color y un método rápido para la simulación de decoración taraceadas de mosaico. Este último problema consiste en dividir una única textura en un conjunto de imágenes cuya finalidad es ofrecer a los motores de renderizado los shaders más adecuados para la representación en una forma ópticamente fiable de las teselas coloreadas de mosaico.

PALABRAS CLAVE: MOSAICO. RÁVENA. STRUCTURE FROM MOTION. TEXTURAS. MODELOS 3D

This paper focuses on texture accuracy for a reliable simulation of construction materials present in some important historic monuments on the World Heritage List, dating back to Late Antiquity in Ravenna (Italy). A series of novel strategies will be explained in order to take advantage of automatic texturing solutions of 3D digital models created by Structure from Motion (SfM) applications. These monuments will be used as case studies to illustrate a shadow removal technique on Lambertian surfaces (stone, mortar, bricks, etc.) from apparent colour texture and a rapid approach for optic simulation of mosaic decoration. The latter consists of splitting a single apparent colour texture into a set of images whose purpose is to supply render engines more suitable shaders for representing coloured mosaic tiles in an optically reliable way.

KEYWORDS: MOSAIC, RAVENNA, STRUCTURE FROM MOTION, TEXTURE, 3D MODELS



1. El Mausoleo de Teodorico, construido en piedra de Istria, está ubicado en los alrededores de Rávena y es una de las más conocidas construcciones ostrogodas

1. The Mausoleum of Theodoric, built in Istrian stone, is located in the vicinity of Ravenna: it is one of the most famous Ostrogoth buildings

Introducción

El Departamento de Arquitectura del Alma Mater Studiorum-Universidad de Bolonia, recientemente ha iniciado una serie de campañas de levantamiento finalizadas a la documentación de algunos edificios emblemáticos de Rávena, a través del uso de diferentes tecnologías de adquisición de datos: escáner láser 3D y fotogrametría de última generación basada en algoritmos “estructura a partir del movimiento” (*Structure from Motion*).

El objetivo final de estas actividades de levantamiento no es simplemente la captura y registro de información tridimensional, sino la exploración de técnicas innovadoras de simulación fotorrealista 3D que permitan representar fiablemente la amplia variedad de materiales constructivos que caracterizan a estos edificios.

En la presente investigación se presentan ejemplos relativos al ámbito monumental: el Mausoleo de Teodorico (fig. 1), construido hacia el año 520 d.C. como monumento funerario del rey ostrogodo; el Baptisterio Arriano (fig. 2) de planta octogonal, que conserva una decoración de mosaicos en su cúpula, donde se representa el bautismo de Jesús en el río Jordán.



1

Panorama actual de la investigación en el sector

El reciente avance de los algoritmos en el sector de la *Computer Vision*, ha finalmente permitido conseguir modelos digitales completos con textura del color aparente, generalmente de buena calidad en un tiempo razonable: ahora cuesta menos esfuerzo, con respecto del pasado reciente, realizar las proyecciones de imágenes fotográficas sobre superficies poligonales 3D, así

como la mezcla de dichos fotogramas. Pero, como en el caso de los modelos desde escáner, las áreas de occlusión siguen siendo un problema serio de estas representaciones, dado que tienen que ser integradas a través de programas específicos o mediante el uso de técnicas más complejas basadas en varias aplicaciones (Fantini 2012). Así que es un absurdo tener a disposición modelos digitales de cada vez mayor fiabilidad métrica y resolución, y al mismo

Introduction

The Department of Architecture at the Alma Mater Studiorum-University of Bologna, has recently been carrying out a series of surveying campaigns aimed at the documentation of some emblematic buildings in Ravenna, using different data acquisition technologies: 3D laser scanner and the latest generation of unconventional photogrammetry based on “Structure from Motion” (SfM). The main goal of these surveying activities is not only the capturing and recording of spatial information, but also research into novel techniques for 3D photorealistic simulation, thus



2. El Baptisterio Arriano (V-VI A. D.) es uno de los más antiguos edificios del casco histórico de Rávena que conserva en su cúpula un precioso mosaico en teselas policromas

making possible the representation of the wide variety of building materials that characterize these constructions.

In this study, examples relative to the monumental heritage are represented by the Mausoleum of Theodoric (fig. 1), built around 520 AD, the monumental tomb of the Ostrogoth king; the Arian Baptistery (fig. 2), with an octagonal plan and a mosaic decoration on the dome's intrados representing the baptism of Jesus in the Jordan River.

General overview of recent research in the field

The recent development of algorithms in the field of Computer Vision, has finally made possible the creation in a reasonable time lapse of complete digital models of remarkable quality with texture of apparent colour. With respect to the past, it is much easier now to project photographic images on 3D polygonal surfaces, in addition to frame blending. However, as in the case of models created by laser scanner, occlusion areas continue to be a serious problem with these representations which also need to be integrated with the help of specific programs or by using more sophisticated techniques based on various applications (Fantini 2012).

Hence, it can be argued that it is absurd adopting digital models which, while increasing metric reliability and resolution on the one hand, make it increasingly difficult to manage rendering programmes due to their “weight”.

There are also additional problems to consider, such as when the “constructive” elements forming high-detailed models are triangular polygons, which generally present topological irregularity and also geometrical errors: in other words, when the mesh is not isotropic and the barycentre of each triangle is distant from the vertices of the adjacent triangles, some parameterization errors can occur (Cipriani, Fantini and Bertacchi 2014).

Automatic parameterization, another strong point of the SfM programs, is the fundamental operation used to achieve textures of quality, since it is responsible for the mapping process of the images of the object on the polygon mesh **1**. As regards to the colour represented in texture, it is reasonable to wonder what may be its physical meaning: the more appropriate term to define this type of image applied to the models is “apparent colour” (Scopigno 2006). A texture of “diffuse



2

tiempo más y más difíciles de gestionar por su “peso” en programas de renderizado. Hay también otros problemas más específicos, como cuando los elementos “constructivos” que forman a los modelos de alto detalle son polígonos triangulares, que en general presentan irregularidad topológica y también errores geométricos: en otras palabras, cuando la malla no es isotrópica y el baricentro de cada triángulo está distante de los vértices de los triángulos adyacentes se generan errores de parametrización (Cipriani, Fantini y Bertacchi 2014). La parametrización automática, otro punto de fuerza de los programas SfM, es la operación fundamental para conseguir texturas de calidad, dado que es la responsable de la forma en que las imágenes del objeto serán mapeadas sobre la malla de polígonos **1**.

En cuanto al color representado en la textura, es legítimo preguntarse cuál sea su significado físico: el término más apropiado para definir este tipo de imágenes aplicadas a los modelos es “color aparente” (Scopigno 2006). Una textura del “color

2. The Arian Baptistery (V-VI AD) is one of the oldest buildings in the old town centre of Ravenna. Its dome displays a beautiful mosaic in polychrome tiles

difuso”, como se le llama en la jerga de las gráficas por ordenador, es algo distinto ya que representa el color de un particular objeto privado de todos los demás componentes que definen la relación luz-material (sombras propias y arrojadas, reflexiones, iluminación ambiental, etc.). Un motor de renderizado, para representar eficazmente cualquier material necesita entonces de una o más imágenes que estratificándose en pertinentes canales (difusión, especularidad, rugosidad, etc.), añaden al modelo todas las características ópticas que le permiten ser reconocido como objeto realista. Comparando los sistemas de modelado basado en imagen y los modelos digitales con texturas creadas de forma interactiva por usuarios, se puede afirmar que las texturas aplicadas a los modelos de SfM ya de por sí son comparables con el producto final de una simulación, que considera como factores fundamentales por un lado la luz y por el otro la naturaleza óptica de los materiales. Por lo tanto, dado que los modelos SfM se importan con su propia textura dentro de los programas de renderizado, se obtiene el efecto indeseado que consiste en la doble simulación de la relación física entre luz y materiales.

Además, la naturaleza de los materiales fotografiados puede colaborar o hacer que sea más difícil la obtención de modelos y texturas de calidad: óptimos resultados se alcanzan con superficies Lambertianas y resultados mediocres en caso de materiales muy especulares. Es posible mitigar dichos efectos mediante el uso de filtros de polarización o de formatos de imagen como el .RAW y los de alto rango dinámico, los cuales a través de programas pueden “ganar” algo más de información sobre zonas re-



3. Nube de puntos inicial, nube densa y mallado final de alto detalle obtenido gracias a una aplicación de modelado basado en imagen con los algoritmos *Structure from Motion* (SfM)

3. Sparse point cloud, dense point cloud and final high-detail mesh obtained through an image-based modelling application based on *Structure from Motion* algorithms (SfM)



3

fectantes (Apollonio, Ballabeni y Gaiani 2014). Otro aspecto crítico que se desea comentar en este artículo es el tiempo de ejecución de un levantamiento SfM, junto con las etapas posteriores de procesamiento. Por ejemplo Paul Debevec en 2005 con su impresionante levantamiento del Partenón, ha demostrado implícitamente que la obtención de la función que identifica la relación entre la luz y la materia (BRDF=*Bidirectional Reflectance Distribution Function*) en el caso de mármol pentélico del famoso monumento es, por numerosas razones, incompatible tanto con los costes como con los tiempos y competencias generalmente existentes en el sector de la documentación del patrimonio construido. En este sentido Benedetti, Gaiani, y Remondino (2010) han puesto en evidencia este problema en el ámbito arqueológico, proponiendo un flujo de trabajo que preve una solución aproximada, pero eficaz, para aplicar texturas de calidad a los modelos digitales 3D (aspectos logísticos de la campaña de levantamiento fotográfico y procesamiento de imágenes).

Casos de estudio

El primer ejemplo se refiere al Mausoleo de Teodorico, objeto de una campaña fotográfica tanto del exterior (fig. 3) como de una sonda de iluminación (*light probe*) al fin de obtener una imagen de alto rango dinámico de los alrededores en el momento de la toma fotográfica.

El modelo creado presenta una textura del color aparente con eliminación de las dominantes cromáticas presentes en la escena mediante un X-Rite ColorChecker y programas como Adobe Camera Raw y X-Rite Profile Maker (Apollonio et al. 2013). Para eliminar los errores topológicos (fig. 4) y geométricos (fig. 5) se ejecutó un remuestreo de la malla a través de una aplicación de modelación inversa y, después de la partición semántica, el modelo fue parametrizado en una aplicación SfM.

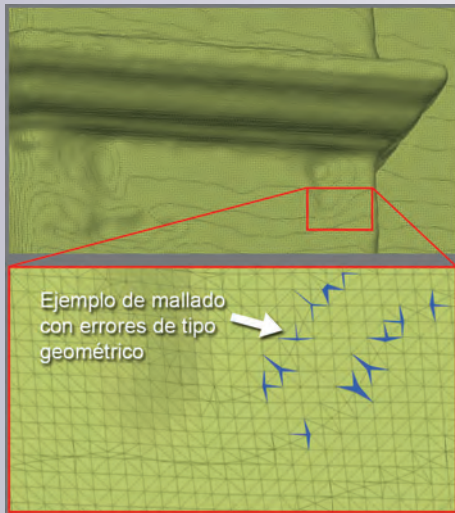
La partición semántica consiste en romper la conectividad de los polígonos a lo largo de concatenaciones de bordes que definen los límites de los principales elementos que constituyen la estructura analizada.

colour” – as it is called in computer graphics jargon – is somewhat different as it represents the colour of a particular object deprived of all other components defining the relationship between light and material (shadows, reflections, ambient lighting, etc.). A rendering engine, in order to represent material efficiently, needs therefore one or more images pertaining to different channels (diffusion, specularity, roughness, etc.), that add several optical characteristics to the model thus improving its realism.

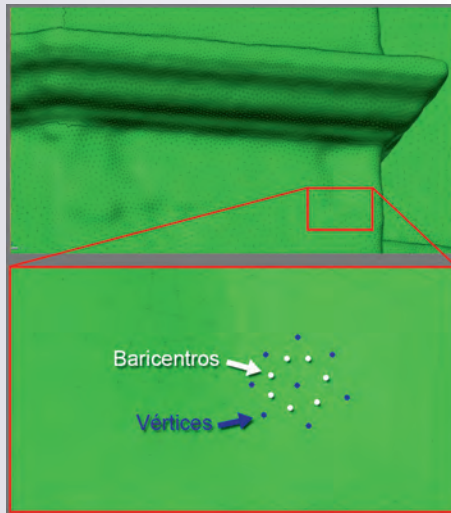
Making a comparison between modelling systems based on image and digital models with textures created interactively by users, one can say that textures applied to SfM models are already equivalent to the output of a simulation, which considers two key factors: on the one hand the light, and on the other, the optical nature of materials. Therefore, since SfM models are imported with their own texture within the rendering programs, the undesired effect consisting of the double simulation of the physical relationship between light and materials is obtained.

Furthermore, the nature of the photographed materials can contribute or make it more difficult to obtain high-quality models and textures: optimal results are achieved with Lambertian surfaces and poor quality results in case of highly specular materials.

It is possible to mitigate these effects by using polarizing filters or image formats just like .RAW and high dynamic range, that can “gather” some more information on reflective areas through



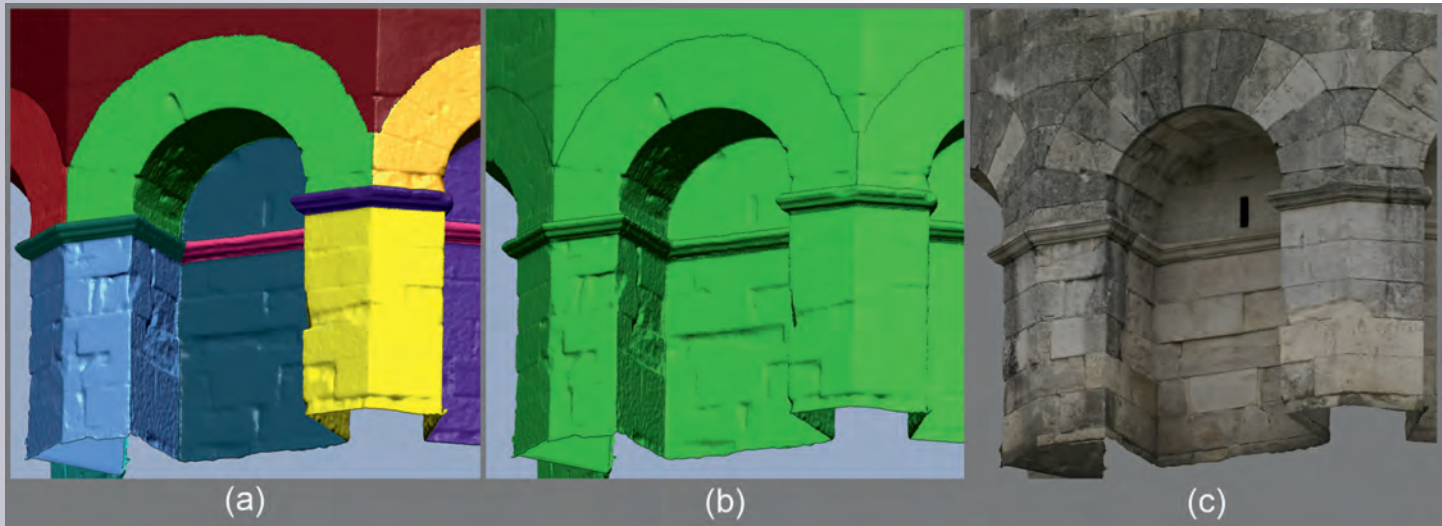
4



5

4. Detalle del mallado obtenido con el programa SfM: cabe subrayar como el modelo presente una gran cantidad de errores geométricos, es decir triángulos mas pequeños con respecto a los demás. Estos errores, que no se deben confundir con los de natura topológica, se sitúan entre distintas áreas caracterizadas por triángulos de forma más regular

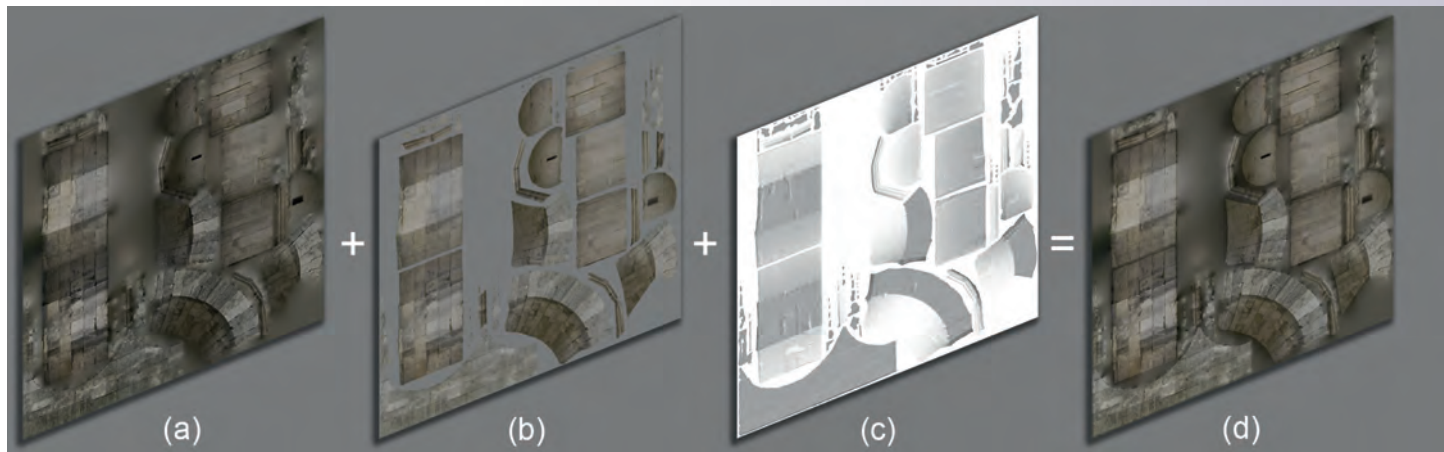
5. Detalle de un modelo digital procesado a través de una aplicación finalizada a la optimización de mallas de triángulos. La siguiente fase necesaria para la generación de texturas con programas SfM puede aprovechar de la conversión del mallado original en uno de tipo isotrópico, en lo cual los vértices de los triángulos están cerca de los baricentros de los triángulos alrededor



6



7



8

6. Para tener control sobre el resultado de la parametrización automatizada es necesario “sugerir” a los programas como ejecutar el pseudo-desarrollo de objetos morfológicamente complejos en el sistema (u,v). Una vez eliminado los errores topológicos y geométricos, la malla se puede subdividir en varias partes siguiendo su lógica estructural (a). Esta partición semántica (a) proporciona a los programas SfM la sugerencia para limitar el número de islas y de posibles deformaciones (b). El resultado final (c)

7. El desagradable efecto de “doble sombra” en programas de renderizado: la oscuridad se duplica en las zonas más ocluidas ya que la misma textura lleva en sí el sombreado natural. Para restablecer el efecto fotorrealista es necesario emplear una gama de salida lineal, y convertir el mapa de color difuso en un mapa de luminosidad

8. Gracias a metodologías desarrolladas en el mundo de los videojuegos y de los efectos especiales, es posible disminuir el efecto “doble sombra”: (a) textura original obtenida mediante el equilibrio del gris 18% en las zonas en luz; (b) la misma textura obtenida calibrando las imágenes con respecto a las zonas en sombra; (c) la componente difusa de la luz ambiental capturada empleando una imagen de alto rango dinámico y almacenada en el espacio (u,v); (d) la imagen resultante

9. Renderizado donde se compara la textura original (izquierda) con la corregida a través de la metodología explicada en el artículo (derecha)



9

4. Detail of the mesh from the SfM program: it should be noticed that this model presents a lot of geometric errors, i.e. smaller triangles with respect to others. These errors, not to be confused with the ones of topological nature, are located in different areas characterized by rather regular triangles

5. Detail of a digital model processed through an application aimed at triangle meshes optimization. The next step necessary for texture generation within SfM programs can take advantage of the conversion of the original mesh into an isotropic one, in which the vertices of the triangles are situated near the barycentres of adjacent triangles

6. With the objective of controlling the output of automatic parameterization, it is necessary to “suggest” to the program how to run the pseudo-development of morphologically complex objects in the (u,v) system. Once topological and geometric errors have been removed, the mesh can be subdivided into several parts according to its structural logic (a). This semantic partition (a) provides SfM programs with indications to limit the number of islands and possible deformations (b). The final result (c)

7. Unpleasant “double shadow” effect in rendering programs: darkness doubles in more occluded areas due to the fact that the texture already records natural shading. In order to restore the photorealistic effect it is

necessary to use a linear output range and convert the diffuse colour map into a luminosity map

8. Thanks to methodologies developed in the field of video games and special effects, it is possible to decrease the “double shadow” effect: (a) original texture obtained through the gray balance 18% in the light areas; (b) the same texture obtained by calibrating the images with respect to shadow areas; (c) the diffuse component of ambient light captured using a high dynamic range image and stored in (u,v) space; (d) the resulting image

9. Render for the comparison of the original texture (left) with the corrected one (right) through the methodology explained in the paper

programs (Apollonio, Ballabeni and Gaiani 2014). Another critical aspect commented on in this article is the lead time of a SfM survey, together with the following processing steps.

For instance, Paul Debevec in his impressive survey of the Parthenon in 2005, has implicitly proved that the achievement of the function that identifies the relationship between light and material (BRDF = Bidirectional Reflectance Distribution Function) in the case of the Pentelic marble used in the famous monument, for many reasons is incompatible with both costs and time required, and with the expertise generally existing in the field of built heritage documentation. With this in mind, Benedetti, Gaiani, and Remondino (2010) have highlighted the problem in the archaeological field, proposing a workflow that considers an approximate but nevertheless effective solution to apply textures of quality to 3D digital models (logistic aspects of the photographic survey campaign and image processing).

Case studies

The first example deals with the Mausoleum of Theodoric, subject matter of the photographic campaign of the exteriors (fig. 3) and of a light probe aimed at obtaining a high dynamic range of the immediate surroundings at the time of the photographic capture.

The model created presents an apparent colour texture, in which chromatic dominants in the scene have been removed by using a X-Rite ColorChecker and plugins like Adobe Camera Raw and X-Rite Profile Maker (Apollonio et al. 2013). In order to remove topological errors (Fig. 4) and geometric errors (fig. 5), the mesh has been resampled through a reverse modelling application and – after a semantic partition – the model has been parameterized in a SfM application.

The semantic partition consists in breaking the polygons' connectivity along the edges concatenations defining the boundaries of the main elements that constitute the analyzed structure.

This simplifies the parameterizing operation since the shape of the digital model can be pre-partitioned, although the model remains unique (only one mesh), with the advantage that the constitutive elements of the object will be mapped in the (u,v) system as independent islands (Fig. 6). The apparent colour map calculated using a new projection and frame blending can be edited and



10

Esto simplifica la operación de parametrización dado que la forma del modelo digital puede ser segmentada previamente, aunque el modelo se quede único (una sola malla), con el beneficio que los elementos constitutivos del objeto serán mapeados en el sistema (u,v) como islas autónomas (fig. 6).

El mapa del color aparente calculado a través de una nueva proyección y mezcla de los fotogramas se puede retocar e integrar fácilmente teniendo en cuenta que el usuario puede reconocer en la “versión” bidimensional del modelo sus rasgos característicos. Ya que este modelo sirve para el renderizado, cabe destacar que si se aplica la textura del color aparente como textura de color difuso, se consigue un efecto de doble sombra (fig. 7): de hecho además del color aparente se suma el producto del cálculo de iluminación directa y ambiental presente en la escena 3D.

Para quitar dicho efecto es suficiente seleccionar una gama de salida lineal del renderizado (valor 1) y aplicar la textura como mapa de luminosidad. Para simular otras condiciones de iluminación es necesario eliminar/atenuar el efecto de sombras propias y arrojadas presentes en la textura del color aparente.

Un método desarrollado por Talvi Digital 2 consiste en la eliminación de la sombra salvando en el espacio parámetro la componente difusa de la luz producida por la sonda HDR (fig. 8).

Esta imagen se utiliza como canal de transparencia para mezclar dos texturas del mismo objeto, obtenidas a través de dos correcciones radiométricas diferentes, y eliminar las áreas sobreexpuestas o subexpuestas obteniendo una textura útil como mapa del color difuso (fig. 9).

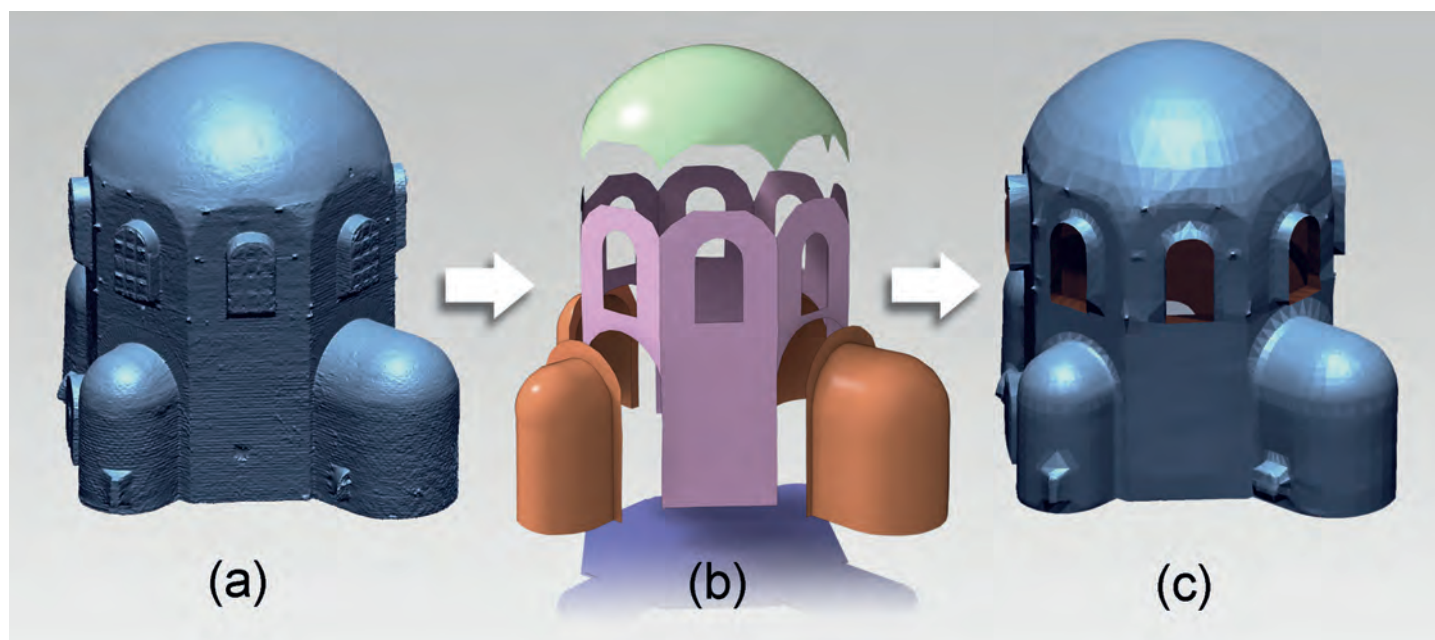


10. Las distintas partes (*chunks*) en las cuales se ha dividido la campaña fotográfica para obtener el modelo digital del interior del Baptisterio Arriano

11. El modelo de alto detalle obtenido por el programa SfM ha sido reducido en resolución mediante la técnica llamada “*retopology*”, siguiendo la jerarquía semántica del Baptisterio (b). Luego se han colapsado las mallas en un único modelo final (c), que mantiene las varias partes independientes la una de la otra (partición semántica)

10. The different parts (*chunks*) in which the photographic campaign has been divided to obtain the digital model of the interior of the Arian Baptistery

11. The resolution of the high-detail model obtained by the SfM program has been reduced using a technique called “*retopology*”, following the semantic hierarchy of the Baptistery (b). Then, the meshes have been collapsed into a single final model (c), which maintains several parts independent one from each other (semantic partition)



11

En la primera etapa del levantamiento del Baptisterio Arriano se han realizado cuatro diferentes conjuntos de fotografías, cada uno de ellos corregidos radiométricamente a través de una referencia color, con el objetivo de obtener una captura datos apropiada del interior y de sus detalles (fig. 10).

La segunda etapa ha previsto la generación de modelos poligonales de alto detalle los cuales, en el caso del Baptisterio Arriano, se han sometido a un remuestreo de la malla mediante la operación llamada “*retopology*” (Fantini 2012) (fig. 11).

El papel de la semántica (Benedetti, Gaiani y Remondino 2010), es decir de la actividad dirigida a la creación de una cadena jerárquica de elementos a partir de un conjunto aparentemente indiferenciado (una malla de polígonos o un mapa de bits), no se limita a la actividad de modelado y de

parametrización, al contrario inf uye fuertemente en la siguiente fase metodológica desarrollada para simular la BRDF de materiales distintos documentados por una única textura.

En el Baptisterio se presenta una variedad de comportamientos ópticos relacionados con los materiales constructivos: algunos difusivos, otros con alta ref exión especular perfecta e imperfecta (Migliari 2009).

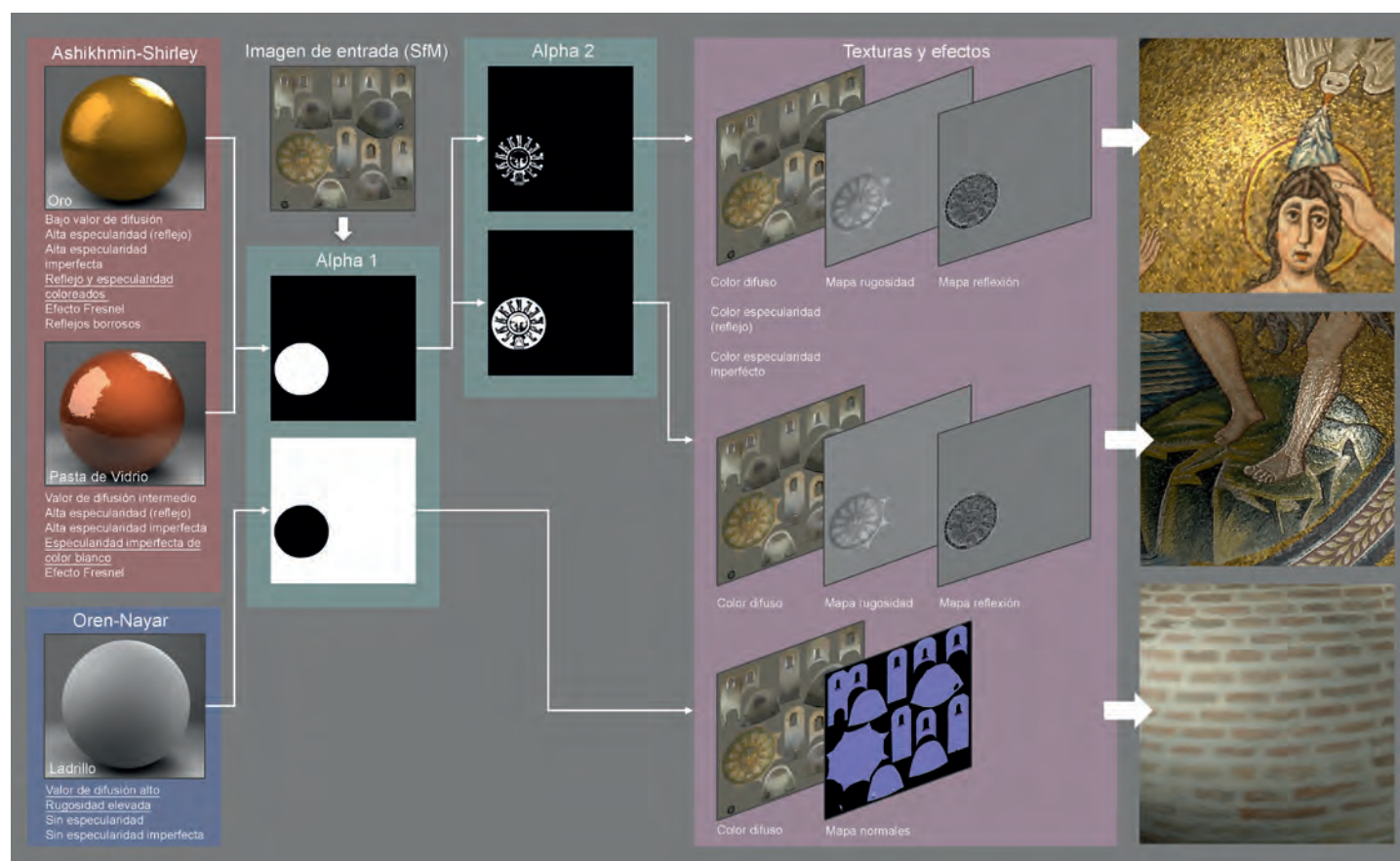
Las teselas de oro están formadas por varias capas: una tesela vítrea superior presenta alta specularidad y difusión igual a cero, mientras que la capa de oro en hojas presenta diferentes parámetros de ref exión especular y, como todos los materiales metálicos, el color del punto brillante se relaciona con el color del mismo metal (como para el bronce, el latón, etc.).

A partir de un solo mapa del color aparente es posible definir distin-

easily integrated, considering that the user can identify in the two-dimensional “version” of the model its characteristic features. Since this model is used for rendering, it is important to highlight that if the apparent colour texture is applied as diffuse colour texture, a double shadow effect (fig. 7) is obtained: in fact, besides the apparent colour, it adds the product of the direct and ambient lighting computation present in the 3D scene. With the intent of removing this effect, it is sufficient to select a linear output range for the rendering (value 1) and to apply the texture as a luminosity map. When simulating other lighting conditions, it is necessary to eliminate or mitigate the effect of shadows present in the apparent colour texture.

A method developed by Talvi Digital 2 consists in removing the shadow, saving in the parameter space the diffuse component of the light produced by the HDR probe (Fig. 8).

This image is used as a transparency channel to blend two textures of the same object – obtained through two different radiometric corrections – and to eliminate overexposed or underexposed areas, achieving a texture suitable as a diffuse colour map (fig. 9).



12

In the first step of the survey of the Arian Baptistery four different sets of pictures have been taken; each one is radiometrically corrected thanks to a colour reference, in order to obtain an appropriate data capture of the interior and its details (fig. 10).

The second step consisted in generating high-detailed polygonal models that, in the case of the Arian Baptistery, have undergone resampling of the mesh through the operation called "retopology" (Fantini 2012) (fig. 11).

The role of semantics (Benedetti, Gaiani and Remondino 2010), that is to say the activity aimed at creating a hierarchical order of elements starting from an apparently undifferentiated set (a mesh of polygons or a bitmap), is not limited to the modelling and parameterization activities, on the contrary it strongly influences the following methodological phase developed to simulate the BRDF of the different materials documented by a single texture.

In the Baptistery there is a multiplicity of optic behaviours in relation to the buildings materials: some diffusive, others with high perfect and imperfect specularity (Migliari 2009).

The gold mosaic tiles are composed of several layers: an upper glass tile presents high specularity and diffusion equal to zero, while the

others comportamientos, clasificando las áreas de una textura en términos semánticos. Es decir, distinguir el campo de oro de las teselas en pasta de vidrio, mármol o piedra, a través de uno o más mapas de opacidad, capaces de filtrar modelos de sombreado diferentes (*shader*).

En el caso de las superficies de mampostería ha sido aplicado un modelo de sombreado Oren-Nayar, mientras que para las teselas del mosaico se utilizó el Ashikhmin-Shirley (Montes y Ureña 2012) que simula una variedad de materiales reflectantes (figs. 12-13).

Conclusiones

Los programas SfM constituyen un avance muy significativo desde el punto de la documentación del "color" a través de modelos 3D (fig. 14).

Pero en el campo de la expresión gráfica, en particular cuando los con-

tenidos tecnológicos asumen mayor protagonismo, no hay que olvidar la contribución y la validez que las metodologías de investigación consolidadas ofrecen en el sector de la documentación del color de los edificios históricos (Llopis Verdú et al. 1994).

La presente contribución quiere subrayar como cada forma de levantamiento, en particular las técnicas de nueva generación basadas intrínsecamente en modelos 3D, deba tomar en cuenta el papel crítico jugado por el color, que sigue siendo un tema difícil debido a su naturaleza interdisciplinaria. Por eso es importante desarrollar la conciencia en el uso de los programas SfM desde el punto de vista del levantamiento cromático o el riesgo sería lo de relegar estas maquetas digitales a una de las demás formas de ilustración, que no respete al complejo y estratificado conjunto de valores de una arquitectura histórica. ■



13

Notas

1 / La parametrización se basa en la ruptura de la conectividad entre las concatenaciones de bordes de los triángulos y la distensión sobre un plano de diferentes conjuntos de polígonos. Se trata de crear una función biunívoca que relacione un modelo 3D con el espacio de dos dimensiones llamado espacio parámetro.

2 / La técnica fue desarrollada por Juhanni Karlsson y Jukka-Pekka Lyytinen para la creación de texturas fotorrealistas en el contexto de los anuncios publicitarios televisivos y efectos especiales para películas. Véase conferencia IBC 2013/Amsterdam <http://vimeo.com/77394718>.

Referencias

- APOLLONIO, F. I., BALLABENI, M. y GAIANI, M., 2014. Color processing in reality-based 3D modeling of archeological artifacts using different techniques. *Colore e Colorimetria. Atti della Decima Conferenza del Colore, Genova, 11-12 settembre 2014*, Rimini: Maggioli, vol. Xb, pp. 67-78.
- BENEDETTI, B., GAIANI, M. y REMONDINO, F., 2010. *Modelli digitali 3D in archeologia. Il caso di Pompei*. Pisa: Edizioni della Normale.
- CIPRIANI, L., FANTINI, F. y BERTACCHI, S., 2014. 3D models mapping optimization through an integrated parameterization approach: cases studies from Ravenna. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information*

- Sciences, Volume XL-5, 2014, ISPRS Technical Commission V Symposium, 23-25 June 2014, Riva del Garda, Italy*, pp. 173-180, doi:10.5194/isprsarchives-XL-5-173-2014.
- Fantini, F., 2012. Modelos con nivel de detalle variable realizados mediante un levantamiento digital aplicados a la arqueología. *EGA: revista de expresión gráfica arquitectónica*, no. 19, pp. 306-317.
- LLOPIS VERDÚ, J., TORRES BARCHINO, A., MASÍÁ LEÓN, V., GARCÍA CODOÑER, A. y GUILLÉN VILLAPLANA, R., 1994. La recuperación de los espacios cromáticos en la ciudad histórica: el barrio del Carmen de Valencia. *EGA: revista de expresión gráfica arquitectónica*, no. 2, pp. 21-41.
- MIGLIARI, R. (editado por), 2009. La rappresentazione delle ombre e del chiaroscuro. *Geometria descrittiva*, Novara: Città Studi Edizioni, vol. II, pp. 589-616.
- MONTES SOLDADO, R. y UREÑA ALMAGRO, C., 2012. An Overview of BRDF Models, *LSI-Technical Reports 2012-001*, pp. 1-26.
- SCOPIGNO, R., 2006. *Gestione efficiente dei dati prodotti dai sistemi di scansione tridimensionale*. Campana, S. y Francovich, R. (editado por), Laser scanner e GPS. Paesaggi archeologici e tecnologie digitali. Firenze: All'insegna del giglio, pp. 1-36.

12. El complejo problema de la simulación del comportamiento óptico de los mosaicos en los programas de renderizado. La metodología empleada consiste (a partir de una textura corregida radiométricamente) en producir varios mapas en escala de grises, para especificar donde situar los modelos de sombreado mas adecuados y texturas relativas

13. Muestra empleada para evaluar el resultado de diferentes modelos de simulación de materiales: cabe destacar como las áreas con teselas en hoja de oro presentan reflejos y especularidad imperfectas del mismo color del material.

12. The complex problem of simulating the optical appearance of the mosaics in rendering programs. The methodology consists (from a texture radiometrically corrected) in producing various grayscale maps to specify where to place more suitable shading models and related textures

13. Sample used to evaluate the output of different models for materials simulation: it is evident that areas with gold-leaf tiles present imperfect reflections and specularity of the same colour of the material

gold-leaf layer has different parameters of specular reflection and – as any metallic material – the colour of the bright spot is related to the colour of the metal itself (e.g. bronze, brass, etc.).

From a single map of the apparent colour it is possible to define different behaviours, classifying the areas of texture in terms of semantics.

Or rather, picking out the gold area of the glass paste tiles, marble or stone, thanks to one or more opacity maps, able to filter different shading models (*shader*).

In the case of masonry surfaces an Oren-Nayar shading model has been applied, whereas for mosaic tiles the Ashikhmin-Shirley model is used (Montes & Urena, 2012) simulating a variety of reflective materials (Figs. 12-13).

Conclusions

SfM programs represent a very significant development from the point of view of colour documentation through 3D models (fig. 14). However, in the field of graphic expression, especially when technological contents are prevalent, it is important to remember the contribution and the effectiveness consolidated research methodologies provide in the field of colour documentation of historic buildings (Llopis Verdú et al. 1994). The present paper's intent has been to point out that





14. Simulación en 3D del interior del Baptisterio Arriano

14. 3D simulation of the interior of the Arian Baptistery

each survey system, in particular new generation techniques based inherently on 3D models, need to take account of the crucial function played by colour, which remains a difficult topic due to its interdisciplinary nature.

It is therefore important to be aware of the use of SfM programmes with regards chromatic surveys. If not, one may run the risk of relegating these digital models to another form of illustration, and not respecting the complex and stratified set of values of a historic building. ■

Notes

1 / The parameterization is based on breaking the connectivity between the edges concatenations of triangles and stretching of different sets of polygons on a plane. This involves the creation of a one-to-one function relating a 3D model with the two-dimensional space called parameter space.

2 / The technique was developed by Juhanni Karlsson and Jukka-Pekka Lytinen for the creation of photorealistic textures in the context of television advertisement and special effects for movies. See IBC 2013 Conference / Amsterdam <http://vimeo.com/77394718>.

References

- APOLLONIO, F. I., BALLABENI, M. and GAIANI, M., 2014. Color processing in reality-based 3D modeling of archeological artifacts using different techniques. *Colore e Colorimetria. Atti della Decima Conferenza del Colore, Genova, 11-12 settembre 2014*, Rimini: Maggioli, vol. Xb, pp. 67-78.
- BENEDETTI, B., GAIANI, M. and REMONDINO, F., 2010. *Modelli digitali 3D in archeologia. Il caso di Pompei*. Pisa: Edizioni della Normale.
- CIPRIANI, L., FANTINI, F. and BERTACCHI, S., 2014. 3D models mapping optimization through an integrated parameterization approach: cases studies from Ravenna. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-5, 2014, ISPRS Technical Commission V Symposium, 23-25 June 2014, Riva del Garda, Italy*, pp. 173-180, doi:10.5194/isprsarchives-XL-5-173-2014.
- FANTINI, F., 2012. Modelos con nivel de detalle variable realizados mediante un levantamiento digital aplicados a la arqueología. *EGA: revista de expresión gráfica arquitectónica*, no. 19, pp. 306-317.
- LLOPIS VERDÚ, J., TORRES BARCHINO, A., MASIÁ LEÓN, V., GARCÍA CODOÑER, A. and GUILLÉN VILLAPLANA, R., 1994. La recuperación de los espacios cromáticos en la ciudad histórica: el barrio del Carmen de Valencia. *EGA: revista de expresión gráfica arquitectónica*, no. 2, pp. 21-41.
- MIGLIARI, R. (edited by), 2009. La rappresentazione delle ombre e del chiaroscuro. *Geometria descrittiva*, Novara: Città Studi Edizioni, vol. II, pp. 589-616.
- MONTES SOLDADO, R. and UREÑA ALMAGRO, C., 2012. An Overview of BRDF Models, *LSI-Technical Reports 2012-001*, pp. 1-26.
- SCOPIGNO, R., 2006. *Gestione efficiente dei dati prodotti dai sistemi di scansione tridimensionale*. Campana, S. y Francovich, R. (editado por), Laser scanner e GPS. Paesaggi archeologici e tecnologie digitali. Firenze: All'insegna del giglio, pp. 1-36.