

LE RAGIONI DEL DISEGNO THE REASONS OF DRAWING

Pensiero, Forma e Modello nella Gestione della Complessità
Thought, Shape and Model in the Complexity Management



38° CONVEGNO
INTERNAZIONALE
DEI DOCENTI DELLE DISCIPLINE
DELLA RAPPRESENTAZIONE



GANGEMI EDITORE
INTERNATIONAL PUBLISHING



UID UNIONE ITALIANA PER IL DISEGNO
DIDA Dipartimento di Architettura



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE**
DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

**38° CONVEGNO INTERNAZIONALE
DEI DOCENTI DELLE DISCIPLINE DELLA RAPPRESENTAZIONE
TREDICESIMO CONGRESSO UID – FIRENZE 15 • 16 • 17 SETTEMBRE 2016
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE – AULA MAGNA DEL RETTORATO Piazza San Marco, 4
AUDITORIUM DI SANTA APOLLONIA Via XXVII aprile, 25A**

Comitato Scientifico internazionale / International Scientific Committee

Caroline Astrid Bruzelius, *Duke University, North Carolina, USA – member of the American Academy of Arts and Sciences*
 Pedro Cabesos, *Universidade da Coruña, Spagna*
 Fabiana Andrea Carbonari, *La Universidad Nacional de La Plata, Argentina*
 Arivaldo Leao De Amorim, *Universidade Federal da Bahia, Brasile*
 Livio De Luca, *Direttore di Ricerca del CNRS MAP-Gamsau, Marsiglia, Francia*
 Juan José Fernandez Martin, *Universidad de Valladolid, Spagna*
 Roberto Ferraris, *Universidad Nacional de Cordoba, Argentina*
 Joseè Antonio Franco Carlos de San Antonio Gomez, *Universidad Politécnica de Madrid, Spagna*
 Joseè Antonio Franco Taboada, *Universidade da Coruña, Spagna*
 Ángela García Codoñer, *Universitat Politècnica de València, Spagna*
 Pedro Antonio Janeiro, *Universidade de Lisboa, Portogallo*
 Walsh Michael John Kir, *School of Art, Design and Media - College of Humanities, Arts, & Social Sciences of the Nanyang Technological University, Singapore*
 Cornelia Leopold, *University of Kaiserslautern, Germania*
 Juan Samuell Lladó, *Universidad de Extremadura, Spagna*
 Francisco Martínez Mindeguiá, *Universitat Politècnica de Catalunya, Spagna*
 Carlos Montes, *Universidad de Valladolid, Spagna*
 Javier Mosteiro, *Universitat Politècnica de Catalunya, Spagna*
 Pablo José Navarro Esteve, *Universitat Politècnica de València, Spagna*
 Fang Yibing, *Accademia nazionale delle scienze Pechino, Repubblica Popolare Cinese*

Comitato Scientifico Nazionale / National Scientific Committee

Piero Albisinni, *"Sapienza" Università di Roma*
 Fabrizio Ivan Apollonio, *Università di Bologna*
 Paolo Belardi, *Università di Perugia*
 Stefano Bertocci, *Università di Firenze*
 Carlo Bianchini, *"Sapienza" Università di Roma*
 Marco Bini, *Università di Firenze*
 Vito Cardone, *Università di Salerno*
 Mario Centofanti, *Università dell'Aquila*
 Emanuela Chiavoni, *"Sapienza" Università di Roma*
 Michela Cigola, *Università di Cassino e del Lazio Meridionale*
 Antonio Conte, *Università della Basilicata*
 Antonella Di Luggo, *Università di Napoli Federico II*
 Mario Doci, *"Sapienza" Università di Roma*

©

Proprietà letteraria riservata

Gangemi Editore spa
 Piazza San Pantaleo 4, Roma
 www.gangemieditore.it

Nessuna parte di questa pubblicazione può essere memorizzata, fotocopiata o comunque riprodotta senza le dovute autorizzazioni.

Le nostre edizioni sono disponibili in Italia e all'estero anche in versione ebook.

Our publications, both as books and ebooks, are available in Italy and abroad.

GANGEMI EDITORE®
 INTERNATIONAL PUBLISHING

FINITO DI STAMPARE NEL MESE DI SETTEMBRE 2016
 www.gangemieditore.it

ISBN 978-88-492-3295-0

Francesca Fatta, *Università Mediterranea della Calabria*
 Paolo Giandebbiaggi, *Università di Parma*
 Andrea Giordano, *Università di Padova*
 Elena Ippoliti, *"Sapienza" Università di Roma*
 Francesco Maggio, *Università di Palermo*
 Anna Marotta, *Politecnico di Torino*
 Arturo Livio Sacchi, *Università Chieti-Pescara*
 Rossella Salerno, *Politecnico di Milano*
 Alberto Slegno, *Università di Trieste*
 Ornella Zerlenga, *Seconda Università di Napoli*

Peer reviewer internazionali / International peer reviewers

Pedro Cabesos, *Universidade da Coruña, Spagna*
 Andrea Fabiana Carbonari, *La Universidad de La Plata, Argentina*
 Arivaldo Leao De Amorim, *Universidade Federal da Bahia, Brasile*
 Roberto Ferraris, *Universidad Nacional de Cordoba, Argentina*
 Joseè Antonio Franco Carlos de San Antonio Gomez, *Universidad Politécnica de Madrid, Spagna*
 Joseè Antonio Franco Taboada, *Universidade da Coruña, Spagna*
 Pedro Antonio Janeiro, *Universidade de Lisboa, Portogallo*
 Juan Samuell Lladó, *Universidad de Extremadura, Spagna*
 Francisco Martínez Mindeguiá, *Universitat Politècnica de Catalunya, Spagna*
 Carlos Montes, *Universidad de Valladolid, Spagna*
 Javier Mosteiro, *Universitat Politècnica de Catalunya, Spagna*
 Pablo José Navarro Esteve, *Universitat Politècnica de València, Spagna*

Peer reviewer nazionali / National peer reviewers

Fabrizio Agnello, *Università degli Studi di Palermo*
 Giuseppe Amoroso, *Politecnico di Milano*
 Marinella Arena, *Università Mediterranea Reggio Calabria*
 Marcello Balzani, *Università di Ferrara*
 Laura Baratin, *Università di Urbino Carlo Bo*
 Salvatore Barba, *Università di Salerno*
 Cristiana Bedoni, *Università degli Studi Roma Tre*
 Marco Giorgio Bevilacqua, *Università di Pisa*
 Fabio Bianconi, *Università di Perugia*
 Enrica Bistagnino, *Università di Genova*
 Antonio Bixio, *Università degli Studi della Basilicata*
 Stefano Brusaporci, *Università degli Studi dell'Aquila*
 Adele Carla Buratti, *Politecnico di Milano*
 Massimiliano Campi, *Università degli Studi di Napoli Federico II*
 Marco Canciani, *Università degli Studi Roma Tre*
 Mara Capone, *Università degli Studi di Napoli Federico II*
 Laura Carlevaris, *"Sapienza" Università di Roma*
 Laura Carnevali, *"Sapienza" Università di Roma*
 Marco Carpicci, *"Sapienza" Università di Roma*
 Andrea Casale, *"Sapienza" Università di Roma*
 Francesco Cervellini, *Università di Camerino*
 Luca Cipriani, *Università di Bologna*
 Paolo Cini, *Università, Politecnica delle Marche*
 Luigi Cocchiarella, *Politecnico di Milano*
 Luisa Chiara Cogorno, *Università di Genova*
 Daniele Colistra, *Università Mediterranea Reggio Calabria*
 Romolo Continenza, *Università degli Studi dell'Aquila*
 Secondino Coppo, *Politecnico di Torino*
 Cesare Cundari, *"Sapienza" Università di Roma*
 Laura De Carlo, *"Sapienza" Università di Roma*
 Francesco Paolo De Mattia, *Politecnico di Bari*
 Roberto De Rubertis, *"Sapienza" Università di Roma*
 Aldo De Sanctis, *Università Mediterranea Reggio Calabria*
 Edoardo Dotto, *Università di Catania*

Fabio Fabbrizzi, *Università degli Studi di Firenze*
 Maria Linda Falcidieno, *Università di Genova*
 Federico Fallavolita, *Università di Bologna*
 Patrizia Falzone, *Università di Genova*
 Marco Fasolo, *"Sapienza" Università di Roma*
 Riccardo Florio, *Università degli Studi di Napoli Federico II*
 Giorgio Garzino, *Politecnico di Torino*
 Fabrizio Gay, *Università IUAV di Venezia*
 Gaetano Ginex, *Università Mediterranea Reggio Calabria*
 Massimo Giovannini, *Università Mediterranea Reggio Calabria*
 Guido Guidano, *Università di Genova*
 Manuela Incerti, *Università di Ferrara*
 Sereno Marco Innocenti, *Università di Brescia*
 Mariangela Luzzo, *Università di Enna*
 Massimiliano Lo Turco, *Politecnico di Torino*
 Giovanna Angela Massari, *Università di Trento*
 Giampiero Mele, *Università telematica eCampus*
 Barbara Messina, *Università di Salerno*
 Riccardo Migliari, *"Sapienza" Università di Roma*
 Giuseppa Novello, *Politecnico di Torino*
 Anna Osello, *Politecnico di Torino*
 Caterina Palestini, *Università di Chieti-Pescara "G. d'Annunzio"*
 Lia Maria Papa, *Università degli Studi di Napoli Federico II*
 Leonardo Paris, *"Sapienza" Università di Roma*
 Sandro Parrinello, *Università di Pavia*
 Paolo Piumatti, *Politecnico di Torino*
 Fabio Quici, *"Sapienza" Università di Roma*
 Luca Ribichini, *"Sapienza" Università di Roma*
 Andrea Ricci, *Università degli Studi di Firenze*
 Andrea Rolando, *Politecnico di Milano*
 Michela Rossi, *Politecnico di Milano*
 Daniele Rossi, *Università di Camerino*
 Salvatore Santuccio, *Università di Camerino*
 Roberta Spallone, *Politecnico di Torino*
 Giacinto Taibi, *Università di Catania*
 Camillo Trevisan, *Università IUAV di Venezia*
 Pasquale Tunzi, *Università di Chieti-Pescara "G. d'Annunzio"*
 Maurizio Unali, *Università di Chieti-Pescara "G. d'Annunzio"*
 Graziano Mario Valenti, *"Sapienza" Università di Roma*
 Rita Maria Valenti, *Università di Catania*
 Cesare Verdoscia, *Politecnico di Bari*
 Chiara Vernizzi, *Università di Parma*
 Andrea Zerbi, *Università di Parma*

Comitato Organizzatore / Organizing Committee

Giovanni Anzani, Barbara Aterini, Maria Teresa Bartoli, Stefano Bertocci, Carlo Biagini, Marco Bini, Carmela Crescenzi, Cecilia Luschi, Emma Mandelli, Alessandro Merlo, Paola Puma, Marcello Scalzo, Giorgio Verdiani

Staff Tecnico - Operativo / Staff - Operative

Laura Aiello, Francesco Algotino, Andrea Aliperta, Eleonora Cecconi, Paolo Formaglini, Filippo Giansanti, Gaia Lavoratti, Giancarlo Littera, Andrea Pasquali, Francesca Picchio, Francesco Tioi

Coordinamento Scientifico / Scientific Coordination

Stefano Bertocci
 Marco Bini

**I testi e le relative traduzioni oltre che tutte le immagini pubblicate sono state fornite dai singoli autori per la pubblicazione con copyright e responsabilità scientifica e verso terzi.
 La revisione e redazione dei testi è stata dei curatori del volume.**

In copertina: Michelangelo Buonarroti - Studi di fortificazione per la Porta al Prato d'Ognissanti - Firenze, Casa Buonarroti. (per gentile concessione della Dott.ssa Pina Ragionieri direttrice del museo "Casa Buonarroti")

Integración de tres metodologías para la obtención de un modelo completo de los Laboratorios de Fontilles

Integration of three methodologies in order to obtain a complete model of the laboratories building of Fontilles

Eduardo María Baviera Llópez*, Jorge Llopis Verdú**, José Luis Denia Ríos***, Rafael Emilio Martín Tolosa****

LOS LABORATORIOS SON UNO DE LOS PABELLONES MÁS EMBLEMÁTICOS DEL CONJUNTO ARQUITECTÓNICO DEL SANATORIO DE SAN FRANCISCO DE BORJA, EN FONTILLES (ALICANTE, ESPAÑA), OBJETO DE UN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINAR (EL SANATORIO DE SAN FRANCISCO DE BORJA DE FONTILLES. MODELO DE ANÁLISIS PARA LA RECUPERACIÓN INTEGRAL DE COMPLEJOS SANITARIOS DE VALOR PATRIMONIAL. REF: HAR2013- 42060-R). PARTIMOS DE TRES MODELOS DIGITALES OBTENIDOS MEDIANTE TÉCNICAS DIFERENTES (TLS, SFM TERRESTRE Y SFM AÉREA) DESCRIBIMOS UN FLUJO DE TRABAJO QUE INTEGRE DICHOS MODELOS PARA CONSEGUIR UNO COMPLETO DEL QUE OBTENER DOCUMENTACIÓN NECESARIA PARA POSTERIORES INVESTIGACIONES.

PALABRAS CLAVE: LEVANTAMIENTO DIGITALIZADO, ESCÁNER LÁSER, FOTOGRAMETRÍA, UAV, FONTILLES.

Introducción

El presente artículo desarrolla parte de los resultados de un proyecto de investigación en curso (*El Sanatorio de san Francisco de Borja de Fontilles. Modelo de análisis para la recuperación integral de complejos sanitarios de valor patrimonial* HAR2013- 42060-R) financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad de España. El equipo encargado está formado por investigadores procedentes de diferentes campos del conocimiento: conservación arquitectónica, expresión gráfica, urbanística y paisaje, estructuras, historia de la arquitectura, cartografía y geodesia.

El sanatorio de San Francisco de Borja, situado estratégicamente en la Vall de Laguart (Alicante, España) se funda a principios del siglo XX para recoger, aislar y tratar a los enfermos de lepra. El conjunto está compuesto por más de 30 pabellones, construidos a lo largo del siglo (Marín Tolosa, Hidalgo Delgado 2014), de los cuales el edificio de los laboratorios sea quizá el más emblemático.

Uno de los objetivos principales de la investigación es el desarrollo de un modelo tridimensional preciso que, además de documentar históricamente el patrimonio cultural, pueda ser usado para diferentes propósitos tales como el estudio del estado de conservación actual y posible proyecto de rehabilitación, el estudio paisajístico o la creación de un sistema de información geográfica.

Con este propósito se decidió capturar la realidad mediante tres técnicas de levantamiento arquitectónico distintas (escáner láser, fotogrametría terrestre y fotogrametría aérea) (Baviera Llópez et al., 2015) con las que se generaron tres modelos densos 3D cuyo proceso e integración en un modelo único de gran detalle, combinando las ventajas de cada una de ellas, es el objeto de la presente contribución.

Metodología

La diferenciación en el flujo de trabajo entre el modelado del exterior y el de las estancias interiores se justifica ya que para el exterior, además del escaneado láser y la fotogrametría terrestre, hemos hecho

THE LABORATORIES PAVILION IS ONE OF THE MOST RELEVANT BUILDINGS OF THE ARCHITECTURAL ENSEMBLE OF THE SAN FRANCISCO DE BORJA'S SANATORIUM, IN FONTILLES (ALICANTE, SPAIN). IT IS THE OBJECT OF A MULTIDISCIPLINARY RESEARCH PROJECT (EL SANATORIO DE SAN FRANCISCO DE BORJA DE FONTILLES. MODELO DE ANÁLISIS PARA LA RECUPERACIÓN INTEGRAL DE COMPLEJOS SANITARIOS DE VALOR PATRIMONIAL. REF: HAR2013- 42060-R). WE DESCRIBE A WORKFLOW TO INTEGRATE THREE DENSE 3D MODELS MADE THROUGH DIFFERENT SURVEYING TECHNIQUES (TLS, TERRESTRIAL SFM AND AERIAL SFM). THAT MODEL WILL BE THE BASIS FOR FUTURE RESEARCH DOCUMENTATION.

KEYWORDS: DIGITALISED SURVEY, LASER SCANNER, PHOTOGRAMMETRY, UAV, FONTILLES.

Introduction

This paper is developing part of the results of a research project in progress (*El Sanatorio de San Francisco de Borja de Fontilles. Modelo de análisis para la recuperación integral de complejos sanitarios de valor patrimonial* HAR2013- 42060-R) funded by the Ministry of Economy and Competitiveness of Spain. The members of the research group come from different knowledge fields: architectonic preservation, graphic expression, urbanism and landscape, civil engineering, architectural history and cartography and geodesy.

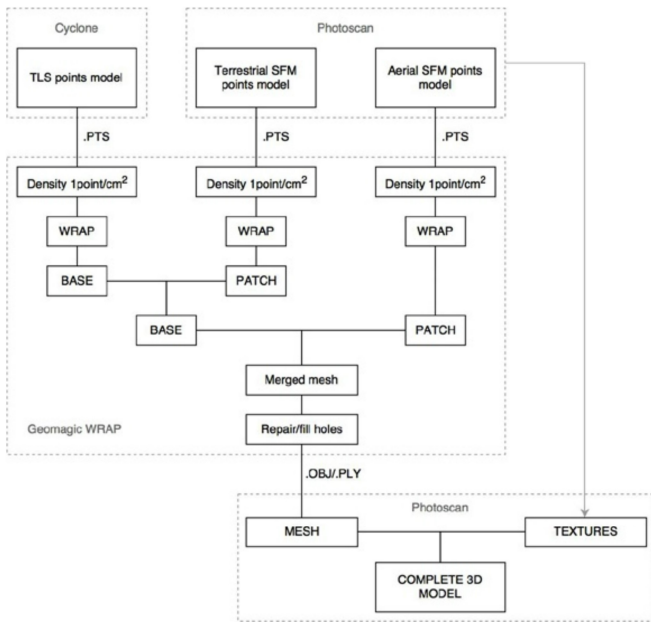
The San Francisco de Borja Sanatorium is strategically located at La Vall de Laguart (Alicante, Spain). It is founded in the early twentieth century to collect, isolate and treat leprosy. The architectural ensemble consists of more than 30 pavilions that were built during the century (Marín Tolosa e Hidalgo Delgado, 2014). The laboratories are probably one of the most symbolic.

One of the goals of this research is the creation of an accurate 3D model that not only contributes to historically document cultural heritage but also may be used for different purposes such as analysing the current state of conservation to draft a later restoration project, studying the landscape and eventually creating a Geographic Information System (GIS).

We decided to perform the reality capture through three different surveying techniques, namely, terrestrial laser scanner (TLS) and both structure from motion techniques (SFM), terrestrial and aerial (Baviera Llópez et al., 2015). Thus, three 3D dense models were obtained. The aim of this contribution is to describe the integration process of those three models to create a highly detailed one, taking the strengths of them.

Methodology

The conceptual separation between exterior and interior modelling processes is due to the use of an unmanned aerial vehicle (UAV) for the aerial photogrammetry apart from the TLS survey and the



uso de un vehículo aéreo no tripulado (en inglés, UAV) para la fotogrametría aérea. Además, el modelado del espacio interior, debido la gran cantidad de información 3D, se ha abordado por partes, estancia por estancia. El modelo completo final se obtiene de la unión del interior con el exterior.

Grosso modo, la idea es tomar como base el modelo realizado mediante escáner láser terrestre (en inglés, TLS), por tratarse del más preciso, e ir completando las lagunas con los otros dos modelos. Estos últimos nos proporcionarán texturas e información gráfica imperceptible en el modelo puramente volumétrico.

Modelado Exterior

A partir del modelo completo de puntos realizado con TLS creamos un espacio modelo nuevo en Cyclone con las fachadas y el espacio exterior de los laboratorios. Limpiamos los puntos que no nos interesan como por ejemplo personas y vehículos.

Por su parte, los modelos fotogramétricos SFM, tanto el terrestre como el aéreo, fueron gestionados en Photoscan de Agisoft. Con el fin de que estuvieran en la misma escala y orientación que el modelo de puntos TLS, se fijaron una serie puntos de control (GCPs, *Ground Control Points*). Se insertaban *markers* manualmente en Photoscan, en puntos característicos, y se les asignaban las coordenadas del punto homólogo del modelo TLS. Las coordenadas se obtenían en Cyclone seleccionando el punto en cuestión en el *modelspace* correspondiente. (fig. 2)

En total asignamos 18 *markers* en el exterior, con un error total de 0.026924 m.

Llegados a este punto, importamos los tres modelos directamente en Geomagic Wrap, en el mismo archivo WRP. Elegimos para ello el

terrestre fotogrametría. In addition, the interior modelling was performed by chunks since it was too much data to be processed at once. The final model is the sum of both the interior and the exterior ones.

Roughly speaking, our idea is to take as starting point the TLS model –since it is the most accurate– and complete the gaps using the other two models. These will provide us with textures and other graphic information which are not in the TLS model.

Exterior modelling

Within the TLS model database, in Cyclone 6.0, we created a new model space including facades and the exterior of the laboratories pavilion. We deleted useless points such as people and vehicles to clean the model.

On the other hand, we used the Photoscan 1.1.3 for both SFM photogrammetric models, the terrestrial and the aerial one. Several Ground Control Points (GCPs) were fixed in order to scale and orient the model as the TLS one. In Photoscan, markers were manually inserted on recognizable points whose coordinates were taken from the equivalent point of the TLS model. (fig. 2)

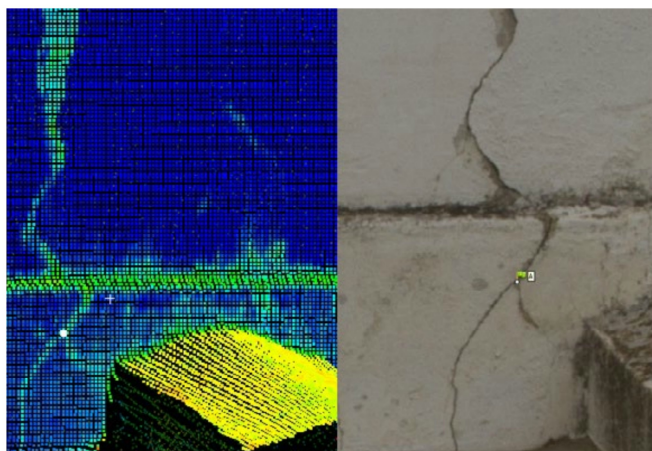
We inserted 18 markers for the exterior, with a total error of 0.026924 m. At this point, we exported all the three into Geomagic Wrap, into the same WRP file. We used PTS format, which stores every single point coordinates in a large matrix. Despite it is an ASCII format, it is more manageable than others as, for instance, PTX, which apart from the point coordinates it stores a colour code –depending on the surface reflectance– and the local coordinate systems of each performed scan.

Once in Wrap, we made use of the selective reduction command: 1 point per square centimetre and a higher density in greater curvature zones. What is really interesting about this command is that the model's point density becomes uniform instead of reducing a fixed percentage in the entire surface. This means that those parts whose density is lower than 1 p/cm² will not be affected.

Once the three point objects were imported, we used the command *wrap* to transform them into three triangulated mesh objects. This command runs an algorithm that works better than others when it comes to model architecture. Poisson algorithm, for example, would have created a model with too smooth corners. (Meschini et al., 2014)

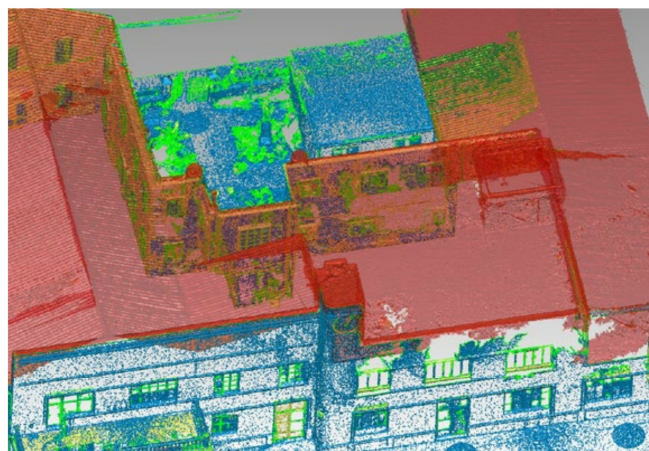
Then we performed the integration of the three models. We used the *patch* command in Geomagic. This command permits us to fill the gaps of a model with another one. It is important to take into account the order of the models detail level (in order from highest to lowest: TLS, terrestrial SFM and aerial SFM), for one would be the *base* and the other one would be the *patch*. So where both models overlap, the base object will prevail.

2/ Inserción de puntos de control (GCPs). En Photoscan se introduce un nuevo marker y se le asignan las coordenadas de Cyclone. A la izquierda, el modelo de puntos en Cyclone. A la derecha, la cámara correspondiente en Photoscan. 2/ Ground Control Points insertion process. A new marker is introduced in Photoscan and its coordinates are assigned from Cyclone. On the left, the point cloud model in Cyclone. On the right, the correspondent camera in Photoscan.



3/ Proceso de integración mediante parches en Geomagic. En azul, el objeto base. En rojo, el objeto parche.

3/ Integration process in Geomagic using patches. The base object is in blue whereas the patch object is in red.



formato PTS que almacena en una matriz las coordenadas de cada uno de los puntos. Pese a tratarse de un tipo de archivo ASCII, es más manejable que otros como PTX, que además de las coordenadas de cada punto, guarda un color asociado –que depende de la reflectancia de las superficies– y también conserva los orígenes de coordenadas locales de cada estación realizada.

En Wrap aplicamos una reducción selectiva de los puntos: dejamos 1 punto por cada centímetro cuadrado, con más densidad en las zonas de mayor curvatura. Lo interesante de esta simplificación es que se uniformiza la densidad del modelo, es decir no reduce un porcentaje fijo de puntos en toda la superficie: zonas con una densidad inferior a 1 p/cm² no se ven afectadas.

Una vez importados los tres objetos de puntos, los transformamos en objetos de malla triangulada (*mesh*) usando el algoritmo *Wrap*, que funciona mejor que otros cuando se trata de reconstruir modelos arquitectónicos, como Poisson, por ejemplo, que habría generado un modelo con esquinas demasiado suavizadas. (Meschini et al., 2014) A continuación procedimos a la integración de los tres modelos. Para ello usamos el comando “Parche” (*Patch*) de Geomagic. Este comando nos permite completar los huecos de un modelo con otro modelo. Es importante tener en cuenta el orden del nivel de detalle de los modelos (de mayor a menor es: TLS, SFM terrestre y SFM aéreo), pues uno hará de base y el otro de parche. Allí donde se solapan ambos modelos prevalecerá el objeto base.

Por tanto hicimos dicha operación dos veces: primero, le indicamos como base el TLS y como parche el SFM terrestre y obtuvimos un nuevo objeto *mesh*; y segundo, indicamos el objeto resultado anterior como base y como parche el SFM terrestre (fig. 3). Es importante no activar la opción “deformar”, porque deformaría la malla parche hasta adaptarla a la base.

Therefore, this operation was repeated twice: first, the TLS model was the base and the terrestrial SFM model was the patch. As a result we got a new model which was used as base for the second time. This time, aerial SFM model was the patch (fig. 3). It is important not to activate the *deform* option, since it would deform the mesh patch to make it fit.

Once the three models were merged, we obtained a new high-poly model. This model turned out to be extremely heavy for it consisted of too many faces. So the triangulated mesh was decimated up to 30%. Decimation always leads to a sharpness loss so, for those parts where higher detail was needed, the original fragments were imported again without decimating. That is the case of the south façade balustrade.

Finally, some topographic errors were repaired. These errors were occurred during the triangulation process. To solve them, Geomagic provides us with some tools for both reducing noise and filling holes. The advantage of the Geomagic later command is that it takes into consideration holes surrounding conditions so we can choose the estimated filling curvature for every hole. The disadvantage is that it takes longer to calculate than the equivalent command in Photoscan. Photoscan filling command does not take into account holes surrounding conditions so it refills using big triangles. Nevertheless, it can be useful for little simple-edged holes.

Interior modelling

Regarding the inner spaces, we had already split the entire model up into smaller partial ones corresponding to each room. Likewise, the SFM model had been created in Photoscan by *chunks*, one per room. Those models were scaled and oriented using GCPs as we did with the exterior model.

4/ Planta de cubiertas del edificio de los laboratorios.
4/ Roof plan with real textures.



Una vez unidos los tres modelos en uno solo *high-poly*, resultó ser extremadamente pesado pues había demasiadas caras, por lo que decidimos decimar al 30% el número de triángulos. Como ciertamente se perdió nitidez, donde necesitábamos más detalle importamos fragmentos del modelo sin decimar y los sustituíamos en el modelo decimado, como hicimos en la balaustrada de la fachada sur.

Por último fue conveniente corregir algunos errores topográficos que se generan en el proceso de triangulación. Para ello, Geomagic nos provee de una serie de herramientas para reducir el ruido o cerrar agujeros. La ventaja del algoritmo para cerrar agujeros de Geomagic es que tiene en cuenta las condiciones del entorno y nos permite elegir el nivel de curvatura del relleno. La desventaja es que necesita más tiempo de procesamiento que el algoritmo análogo de Photoscan, que es instantáneo porque no considera el entorno y rellena con grandes triángulos, por lo que a veces, si se trata de pequeños agujeros con bordes simples, merece la pena utilizar este último.

Modelado Interior

Respecto a los espacios interiores, en Cyclone fragmentamos el modelo TLS completo en modelos parciales más pequeños, por estancias. Asimismo, en Photoscan, el modelo SFM estaba ya formado por modelos de cada estancia, que fueron escalados y orientados en el espacio usando puntos de control (GCPs) de igual manera que se hizo con el exterior.

A grandes rasgos, se procedió de igual manera a lo explicado para el exterior: estancia por estancia se importó el modelo denso de puntos TLS en Geomagic, se redujo de manera selectiva la densidad de puntos ($1p/cm^2$), se convirtió a *mesh* y cuando fue necesario se completó

5/ Planta primera del edificio de los laboratorios.
5/ First floor with real textures.



Broadly speaking, we performed as we did for the exterior. Room by room, every TLS partial model was imported into Geomagic. Models' point density was selectively reduced ($1p/cm^2$) and then they were *wrapped*, that is, transformed into triangulated mesh. When necessary, it was *patched* with the SFM model. That was the case of those areas corresponding with the scan shadows, which were originated by interfering objects during the scan.

Results

The next step was to import back -in Photoscan- the exterior model and each of the interior partial ones. They all were included in their correspondent *chunk*. At this point, we could obtain the orthophotos of the plans, elevations and cross sections. For the latter, we had to trim the model and cancel the unnecessary part. We also had to deactivate those cameras we did not need because, otherwise, they would have distorted the resulting map. The pixel size was fixed in 0.008467 metres so we had a 1:100 image at 300 pixels per inch (118.11 pixels per centimetre).

Finally, the real texture on the triangulated mesh was generated to obtain an entire textured high-poly model (fig.8). This 3D model will support future structural and pathology studies, engineering analysis and other researches within the scope of the current aforementioned project and in future projects and proposals for intervention on the building.

6/ Alzado occidental del edificio de los laboratorios.
6/ West elevation with real textures.

7/ Sección transversal del edificio de los laboratorios.
7/ Cross section with real textures.

con el modelo SFM, como, por ejemplo, en las zonas de sombra del escaneado producidas por objetos que interferían en el barrido láser.

Resultados

Lo siguiente fue importar el modelo exterior y cada uno de los modelos parciales interiores a Photoscan dentro de su correspondiente *chunk*. Llegados a este punto, ya era posible obtener las generar las ortofotos de los alzados, plantas y secciones. Para estas últimas fue necesario cortar la parte del modelo que nos interesaba y desactivar las cámaras que no la afectaban porque, de otro modo, se distorsionarían el mapeado. Se fijó un tamaño de pixel de 0,008467 metros para que a 300 píxeles por pulgada (118,11 píxeles por centímetro) estuviera a una escala 1:100.

Por último, se generó la textura sobre la malla triangulada para así tener el modelo *high-poly* completo y terminado (fig. 8). Este modelo tridimensional servirá de apoyo a los estudios constructivos, al análisis estructural y de patología del Pabellón de los Laboratorios (flechas, grietas, humedades...) dentro del ámbito del proyecto de investigación interdisciplinar que se está desarrollando, así como en futuros proyectos y propuestas de intervención sobre el edificio.

Aplicaciones

El proyecto de investigación sobre la leprosería de Fontilles, en el que se ha trabajado con un enfoque multidisciplinar (arquitectura, urbanismo, historia, medicina...) podría ser extensible en el futuro a otros centros de tratamiento de lepra distribuidos por Europa de características similares. De esta manera, con toda la información que se generaría, crearíamos una gran base de datos, con información de toda clase. La forma más eficiente de manejar toda esa información sería mediante un sistema de información geográfica (SIG, o GIS en inglés), es decir, un sistema de información capaz de integrar, editar y mostrar información georreferenciada que permitiría a los usuarios consultarla de forma interactiva, editarla y presentarla de diversas formas.

El objetivo final sería dar publicidad a toda esa información para que quien busque información sobre Fontilles o las leproserías pudiera acceder a los contenidos desde cualquier parte del mundo. La mejor forma de conseguirlo sería mediante la creación de un geoportal, esto es, un portal web que proporcione información geográfica y servicios geográficos asociados (edición, análisis, consulta...) vía internet.

Para ello contamos con OpenLayers 3, una biblioteca de JavaScript de código abierto para mostrar mapas interactivos en los navegadores web. Ofrece un API para acceder a diferentes fuentes de información cartográfica en la red. Nuestra base de datos se encontraría en un servidor con PostgreSQL, un sistema libre de gestión de bases de datos relacional orientado a objetos, y PostGIS, un módulo que añade soporte de objetos geográficos al primero.



Applications

The research project about the Sanatorium of Fontilles has been developed with multidisciplinary approach (architecture, urbanism, history, medicine...). It might be extensible to several leprosy treatment centres that are spread across Europe with similar characteristics. Thus, all the generated information might become a large data base including different types of data. The most efficient way to cope with such a big amount of information is through a GIS (Geographic Information System). A GIS can integer, edit and show georeferenced information which can be accessed interactively, edited and presented in different ways.

The final goal is to public all this information so whoever interested in Fontilles or in leprosy would be able to access these contents from wherever in the world. The best way to reach it is to create a geoportal, that is, a web portal able to provide geographic information and other geographic services (editing, analysing, consulting...) via internet.

We count on OpenLayers 3, an open code JavaScript library that is used to show interactive maps on web browsers. It has an API to access different cartographic information sources on line. Thus, our data base would be hosted in a server with PostgreSQL and Post-



El sistema de información se estructura en capas. Sobre una capa cartográfica pública como por ejemplo la del PNOA (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea) que enlazáramos a través de su WMS (Web Map Service), insertaríamos nuestras capas de información georreferenciada, gráfica o textual, usando alguna herramienta GIS como, por ejemplo QGIS de OSGeo.

La información será tanto vectorial como raster. En el primer grupo hablaríamos de los planos hechos en CAD, indicando áreas, recorridos, etc. La forma de insertarlo en el GIS sería mediante un archivo de intercambio DXF. En el segundo grupo incluiríamos las ortofotos: georreferenciaríamos (WGS84) dichos archivos en QGIS y los convertiríamos en archivos GeoTiff. (fig. 9)

Conclusiones

El objetivo de esta investigación era indagar en un posible flujo de trabajo para combinar e integrar los modelos densos tridimensionales del edificio de los laboratorios del Sanatorio de Fontilles resultados de tres metodologías diferentes de levantamiento (TLS, SFM terrestre y SFM aérea). Dejando a un lado las particularidades del caso, las ideas propuestas podrían ser útiles para casos de similares características.

GIS. While the former is an object-relational database management system, the latter is a PostgreSQL module or extension that allows to deal with geographic objects.

The system information is structured in layers. Thus, our layers containing new georeferenced information, either graphic or textual, would be added to a public cartographic layer using a GIS tool as, for example, QGIS (OSGeo). The Spanish PNOA (Aerial Orthophotography National Plan) offers a public layer which can be freely linked through its Web Map Service (WMS).

Information might be both vectorial and raster. The former includes CAD drawings such as lines, areas, paths, etc. that could be inserted into the GIS through a common DXF exchange file. The second type includes Tiff orthophotographs. They could be georeferenced (WGS84) and transformed into GeoTiff files. (fig. 9)

Conclusions

The objective of this research was to investigate a possible workflow to combine and integrate the three-dimensional dense models of the laboratories pavilion of Fontilles. Those models were the result of three different surveying techniques (TLS, terrestrial SFM and aerial



Como hemos visto, cada uno de estos modelos nos ha proporcionado información diferente: mientras que con el modelo realizado con el escáner láser obtenemos la geometría de las paredes y estancias interiores, los modelos SFM permiten captar la geometría no visible para el primero, como las cubiertas, muchas veces incluso aunque lo situemos en edificios adyacentes o en andamios ligeros (Meschini et al., 2014).

SFM). Leaving aside this case particularities, the proposed method might be useful for similar cases.

As we have seen, each model has provided different information: while the TLS permits us to obtain the raw geometry of walls and inner rooms, SFM techniques have been able to capture the hidden geometry, as the roofs. These parts are sometimes invisible for the

Este proceso ha permitido la construcción de un modelo 3D denso del que se puedan derivar, en fases futuras del proyecto de investigación, otros modelos con diferente grado de detalle, texturizados o no, útiles para los investigadores de los diferentes campos involucrados. Puede constituir, en definitiva, la base para un análisis constructivo, estructural y patológico que generen la documentación necesaria para la correcta redacción de un proyecto de restauración. Todo ello podrá ser organizado en un sistema de información geográfica y difundido vía internet a través de un geoportal.

Agradecimientos

Al equipo multidisciplinar del Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la UPV, por su colaboración y consejo.

A la Fundación Fontilles y todos sus trabajadores, por su entusiasmo y su paciente colaboración.

TLS even if we place it on near buildings or light scaffolding. (Meschini et al., 2014)

This process has effectively permitted the creation of a dense 3D model. In a future phase of the research project, other models may arise from the first one. They may have different levels of detail, textured or not, which may be adapted to meet the specific needs of any of the involved researchers. All this may be organized on a GIS and published online through a geoportal.

Acknowledgements

Special thanks to the multidisciplinary team of the Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio (UPV), for their collaboration and advise.

Special thanks to the Fontilles Foundation and to all their employees, for their enthusiasm and patient collaboration.

Notas

*(Investigador arquitecto en IRP-UPV) edballo@arq.upv.es

** (Profesor en EGA-UPV) jllopi@ega.upv.es

*** (Profesor en ETSCCP-UPV) jdenia@cgf.upv.es

**** (Investigador ingeniero en IRP-UPV) ramato1@upv.com

Notes

*(Researcher architect at IRP-UPV) edballo@arq.upv.es

** (Professor at ETSCCP-UPV) jdenia@cgf.upv.es

*** (Professor at EGA-UPV) jllopi@ega.upv.es

**** (Researcher engineer at IRP-UPV) ramato1@upv.com

Bibliografía - Bibliography

Adembri Benedetta, Cipriani Luca, Fantini Filippo, Bertacchi Silvia 2015. "Reverse designing : an integrated method for interpreting ancient architecture", 5 (January 2016), 15–32. <http://doi.org/10.2423/122394303>

Agisoft LLC. 2015. *Agisoft Photoscan User Manual. Professional Edition, Version 1.1* [En línea] San Petersburgo, Russia, disponible en: http://www.agisoft.com/pdf/photoscan-pro_1_1_en.pdf [Accesado el día 31 de Mayo de 2015]

Baviera Llópez Eduardo María, Navarro Esteve Pablo, Marín Tolosa Rafael E., Martínez Piqueras, 2015 "Levantamiento arquitectónico digitalizado de la fachada oeste de los laboratorios del Sanatorio San Francisco de Borja de Fontilles" en Arché. Publicación del Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la UPV. Nums 8 y 9 – 2013-15, en prensa.

Cipriani Luca, Fantini Filippo, Bertacchi Silvia 2014. "Survey and representation of vaults and cupolas : an overview on some relevant Italian UNESCO Sites"

Martínez Piqueras Jorge F., et al. 2016. "Digital Survey to Study the Architectural Evolution of Health Complex Fontilles Through the Modeling", en XXX Salón Tecnológico de la Construcción en el marco de CEVISAMA (EXCO'16). Valencia. pp. 428-429.

Marín Tolosa Rafael E., Hidalgo Delgado Francisco, 2014. "Sanatorio de San Francisco de Borja, Fontilles. Secuenciación Arquitectónica. Análisis y evolución de sus estructuras y técnicas constructivas" en Emerge 2014, Jornadas de Investigación en Conservación y Restauración de Patrimonio, 1, 535-544.

Meschini Alessandra, Petrucci Enrica, Rossi Daniele, Sicuranza Filippo, 2014 "Point cloud-based survey for cultural heritage. An experience of integrated use of range-based and image-based technology for the San Francesco convent in Monterubbiano" en ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volumen XL-5.

Kersten, T., Mechelke, K., y Maziull, L. 2015. "3D model of al Zubarah fortress in Qatar—terrestrial laser scanning vs. dense image matching" en ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 1, 1-8.

Robleda Prieto, G., y Pérez Ramos, A. 2015. "Modeling and accuracy assessment for 3D-virtual reconstruction in cultural heritage using low-cost photogrammetry: surveying of the "Santa María Azogue church's front." en ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 1, 263-270.