

SANDRO PARRINELLO

ANTONIO GÓMEZ-BLANCO

FRANCESCA PICCHIO

CUADERNO DE TRABAJO PARA LA DOCUMENTACIÓN ARQUITECTÓNICA

EL PALACIO DEL GENERALIFE

DEL LEVANTAMIENTO DIGITAL AL PROYECTO DE GESTIÓN

PROSPETTIVE MULTIPLE
STUDI DI INGEGNERIA
ARCHITETTURA E ARTE

PAVIA UNIVERSITY PRESS



Cuaderno de trabajo para la documentación arquitectónica

Sandro Parrinello Antonio Gómez-Blanco Pontes Francesca Picchio

EL PALACIO DEL GENERALIFE

Del levantamiento digital al proyecto de gestión

El palacio del Generalife : del levantamiento digital al proyecto de gestión : cuaderno de trabajo para la documentación arquitectónica / Sandro Parrinello, Antonio Gómez-Blanco Pontes, Francesca Picchio. - Pavia : Pavia University Press, 2017. - 222 p. : ill. ; 21 cm.

(Prospettive multiple: studi di ingegneria, architettura e arte)

ISBN 9788869520716 (brossura)

Esta publicación forma parte de la serie "Prospettive multiple: studi di ingegneria, architettura e arte", que cuenta con un panel de referencias internacionales. "El palacio de Generalife. Del levantamiento digital al proyecto de gestión" es un texto científico evaluado y aprobado por el Comité Científico Editorial de la Editorial Pavia University Press de la Universidad de Pavia.

Los editores y los autores están a disposición de quienes no hayan podido ser contactados por cualquier omisión e inexactitud.



© Copyright 2017

by Pavia University Press -

Edizioni dell'Università degli Studi di Pavia

Via Luino, 12 - 27100 Pavia (PV)

Tel: +39 0382 987743 / 985047

Fax: +39 0382 985047

Email: unipress@unipv.it

EDICIÓN

Sandro Parrinello,

Antonio Gómez-Blanco Pontes

Francesca Picchio

DISEÑO GRÁFICO

Francesca Picchio

IMPRESO POR

DigitalAndCopy S.A.S., Segrate (MI)

ISBN 978-88-6952-071-6

En la portada: Nube de puntos del palacio del Generalife

Los derechos de traducción, almacenamiento electrónico, reproducción (incluso adaptación parcial), por cualquier medio, están reservados para todos los países.

Las fotocopias para uso personal del lector no pueden exceder el 15% de cada libro y con pago a SIAE de la compensación prevista en el art. 68, c. 4, de la Ley 22 de abril de 1941, n. 633 y por acuerdo de 18 de diciembre, entre SIAE, AIE, SNS y CNA, ConfArtigianato, CASA, CLAAI, ConfComercio, ConfEsercenti. Las reproducciones con fines diferentes a los mencionados anteriormente sólo podrán realizarse previa autorización expresa de quienes tengan derecho de autor a la Editorial.

Este libro fue publicado junto con la exposición "Documentación arquitectónica del Palacio del Generalife", realizada en la ETS_ Escuela Superior de Arquitectura de la Universidad de Granada, del 11/10/2017 al 31/10/2017. La exposición abarcó los resultados de un proyecto de investigación promovido por la Universidad de Pavia y la Universidad de Granada, en particular por el DAdA Lab (Drawing, Architecture DocumentAction Laboratory de la Universidad de Pavia), SMLab LAB (Survey and Modeling LAB of Architectural Heritage de la Universidad de Granada) y LS3D (laboratorio conjunto universidad y empresa Landscape Survey & Design de la Universidad de Florencia y de la Universidad de Pavia). Los Jefes del Convenio de Colaboración entre Laboratorios son el Prof. Sandro Parrinello y el Prof. Antonio Gómez-Blanco Pontes.

CURADORES DE LA EXPOSICIÓN

Sandro Parrinello	DICAr Departamento de Ingeniería Civil y Arquitectura, Universidad de Pavia
Antonio Gomez-Blanco Pontes	Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería, Universidad de Granada
Francesca Picchio	DICAr Departamento de Ingeniería Civil y Arquitectura, Universidad de Pavia

COMITÉ ORGANIZADOR DE LA EXPOSICIÓN

Reynaldo Fernández Manzano	Director del Patronato de la Alhambra y Generalife
Manuela Reina de la Torre	Patronato de la Alhambra
Laura Esparragosa Díaz	Patronato de la Alhambra
Javier Gallego Roca	DCA Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad de Granada
Rafael García Quesada	DCA Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad de Granada
Antonio Gómez-Blanco Pontes	Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería, Universidad de Granada
Ricardo Hernández Soriano	DCA Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad de Granada
Josemaría Manzano Jurado	Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería, Universidad de Granada
Milagros Palma Crespo	DCA Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad de Granada
Sandro Parrinello	DICAr Departamento de Ingeniería Civil y Arquitectura, Universidad de Pavia
Francesca Picchio	DICAr Departamento de Ingeniería Civil y Arquitectura, Universidad de Pavia

COMITÉ CIENTÍFICO

Stefano Bertocci	Universidad de Estudios de Florencia
Daniela Besana	DICAr Departamento de Ingeniería Civil y Arquitectura, Universidad de Pavia
Antonio Conte	Universidad de Estudios de Basilicata
Lourdes Gutierrez Carrillo	Universidad de Granada
Fauzia Farneti	Universidad de Estudios de Florencia
Reynaldo Fernández Manzano	Director del Patronato de la Alhambra y Generalife
Rafael García Quesada	Universidad de Granada
Antonio Gómez-Blanco Pontes	Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería, Universidad de Granada
Antonella Guida	Universidad de Estudios de Basilicata
Ricardo Hernandez	Universidad de Granada
Raffaella Lione	Universidad de Estudios de Messina
Josemaría Manzano Jurado	Universidad de Granada
Giovanni Minutoli	Universidad de Estudios de Florencia
Marco Morandotti	DICAr Departamento de Ingeniería Civil y Arquitectura, Universidad de Pavia
Andrea Nanetti	Nanyang Technological University
Catuxa Novo Estebánez	Jefa de Servicio de Jardines, Bosques y Huertas del Patronato de la Alhambra y Generalife
Sibel Onat Hattap	Mimar Sinan Fine Arts University, Estambul
Milagros Palma Crespo	Universidad de Granada
Luis Palmero Iglesias	Universitat Politècnica de València
Sandro Parrinello	DICAr Departamento de Ingeniería Civil y Arquitectura, Universidad de Pavia
Francesca Picchio	DICAr Departamento de Ingeniería Civil y Arquitectura, Università di Pavia
Maria Dolores Robador González	Universidad de Sevilla
Adriana Rossi Seconda	Universidad de Estudios de Nápoles
Antonio Ruiz Sánchez	Jefe de Servicio de Conservación y Protección del Patronato de la Alhambra y Generalife
Riziero Tiberi	Universidad de Estudios de Florencia
Silvio Van Riel	Universidad de Estudios de Florencia

Esta publicación se realizó con la contribución de DICAr, Departamento de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad de Pavia, del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica e Ingeniería de la Universidad de Granada y del Patronato de la Alhambra y Generalife.



Patronato de la Alhambra y Generalife
CONSEJERÍA DE CULTURA

Patronato de la Alhambra y Generalife



Università
di Pavia



Universidad
de Granada



Escuela Superior de
Arquitectura de Granada



Departamento de Expresión
Gráfica Arquitectónica y en la
Ingeniería



DICAr

Dipartimento di Ingegneria
Civile ed Architettura



DAda Lab_ Drawing and
Architecture DocumentAction



SMLab, Survey and Modeling
LAB of Architectural Heritage

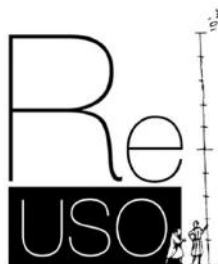


LS3D_ Laboratory
Landscape, Survey and Design



EBIME, BIM Consulting Services
for Architecture and Engineering

La exposición "Documentación arquitectónica del Palacio del Generalife" y su relativo catálogo monográfico como Cuaderno de trabajo para la documentación arquitectónica "El palacio del Generalife. Del levantamiento digital al proyecto de gestión" se presentaron en el V Congreso Internacional de documentación, conservación y reutilización del patrimonio arquitectónico y paisajístico ReUSO 2017, celebrado en Granada del 18 al 21 de octubre de 2017.



V Congreso Internacional de documentación, conservación y
reutilización del patrimonio arquitectónico y paisajístico ReUSO 2017.

INDICE

PRESENTACIONES

Fabio Rugge	Rector de la Universidad de Pavia	09
Pilar Aranda Ramírez	Rectora de la Universidad de Granada	10
Lalo Magni	Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Pavia	11
Josemaría Manzano Jurado	Director de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Granada	12
Ferdinando Auricchio	Director del DICAr - Departamento de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad de Pavia	13
Juan Domingo Santos	Director del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería de la UGR	14
Antonio Ruiz Sánchez	Jefe de Servicio de Conservación y Protección del Patronato de la Alhambra y Generalife	15
Marco Morandotti	Presidente del Máster en ingeniería arquitectónica de la Universidad de Pavia	16

PREFACIO	21
----------	----

CAPITULOS

01 LA ALMUNIA Y EL PALACIO DEL GENERALIFE	27
02 EL GENERALIFE DESAPARECIDO	37
2.1 El Generalife en época medieval	38
2.2 Los primeros años del Generalife cristiano (1492-1537)	44
2.3 El Generalife de la familia Granada Venegas (1537-1921)	48
2.4 El Generalife en el siglo XX	54
03 PARA UN LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO DEL GENERALIFE. EL MANIFIESTO DE LA ALHAMBRA COMO DOCUMENTO DE REFERENCIA	65
04 EL LEVANTAMIENTO DEL GENERALIFE. CAMPAÑA DE 2017	73
4.1 La planificación de los trabajos de campo del escaneado láser	76
4.2 La construcción del archivo 3D	80
4.3 El registro de la base de datos 3D	84
4.4 El levantamiento fotogramétrico	90
4.5 Toma de datos con 3D EYE	94
4.6 El dibujo del Palacio del Generalife	100
05 LA CATALOGACIÓN DE LOS ELEMENTOS ARQUITECTÓNICOS	109
5.1 Descomposición de los elementos arquitectónicos	110

5.2	El levantamiento tridimensional y el modelado de elementos decorativos	114
5.3	El análisis de los elementos decorativos y los patrones geométricos	118
5.4	La confección de la ficha catalográfica	122
06	EL MODELADO TRIDIMENSIONAL DEL GENERALIFE	127
6.1	Desarrollo del modelo 3D. De la base de datos al Modelado Inverso	130
6.2	La modelación NURBS del Palacio	134
6.3	El modelado del sistema decorativo	138
6.4	Creación de un sistema interactivo para la exploración del modelo 3D	144
07	PARA LA REPRESENTACIÓN Y GESTIÓN DE LA VEGETACIÓN	149
7.1	Definición de un lenguaje adecuado y medida de la vegetación	156
7.2	Para una catalogación de los elementos vegetales	162
08	TRABAJOS PREVIOS A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM	167
8.1	Recepción y estudio de la información de la nube de puntos	168
8.2	Adecuación de la nube de puntos al modelado BIM	170
09	LA CREACIÓN DE UN MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL BASADO EN LA METODOLOGÍA BIM	173
9.1	A propósito de BIM: Contexto global y vías de investigación	174
9.2	Generación del Existing Building Information Model del Palacio del Generalife	180
10	UN LENGUAJE TEMÁTICO PARA LA CONSERVACIÓN	189
10.1	El uso de la base de datos 3D para el análisis de deformaciones	190
10.2	Metodología de un análisis crítico energético	196
10.3	Levantamiento térmico y toma de datos de transmitancias	198
10.4	Hacia un BIM que incluya la lectura energética	200
	NOTAS	202
	BIBLIOGRAFIA	206
	CREDITOS	
	CREDITOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	214
	FOTOS DE LA CAMPAÑA DE LEVANTAMIENTO DEL PALACIO DEL GENERALIFE - FEBRERO 2017	216
	PRESENTACIÓN DE LOS PRIMEROS RESULTADOS EN EL AULA MAGNA DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA, 24- FEBRERO 2017	219
	CRÉDITOS DE LA PUBLICACIÓN	220
	CRÉDITOS DE LAS TRADUCCIONES	222
	CRÉDITOS DE LAS IMÁGENES	222

04.3 EL REGISTRO DE LA BASE DE DATOS 3D

M. Bigongjari

EL PROYECTO DE REGISTRO DE LA BASE DE DATOS - CONSIDERACIONES PRELIMINARES

El proceso de creación de la base de datos morfológica tridimensional se inicia con la fase de planificación del levantamiento y adquisición de datos, y termina con la obtención del modelo general que describe completamente la espacialidad del objeto de estudio.

Dentro de este procedimiento, el registro de escaneos de un levantamiento láser escáner y la verificación del ajuste con el que se realizó, es un momento delicado: la precisión de este proceso se fundamenta en la planificación del levantamiento láser²⁵, en la que se indica dónde posicionar las estaciones láser y el método por el cual se combinan las nubes de puntos.

El levantamiento láser del complejo monumental de Generalife ha producido una base de datos de 590 escaneos láser, que describen espacios abiertos y locales, morfológicamente muy distintos, cada uno de los cuales presenta diferentes problemas tanto en la descripción como en el registro de los datos.

La ausencia, durante la adquisición *in situ* de instrumentación topográfica²⁶ (es decir, de una malla de control externo poligonal en tal sitio), requería proceder en paralelo tanto con la fase de registro como con la fase de verificación. El láser escáner previsto para la campaña de adquisición²⁷ con un alcance nominal de hasta 180 m ha facilitado las operaciones de levantamiento: esto ha permitido llegar a los puntos de control situados a grandes distancias si era necesario. Sin embargo, es imposible poder cerrar una poligonal externa alrededor del complejo, debido a la topografía del terreno (ya que el lado norte presenta una zona muy escarpada), debido a la espesa vegetación

arbórea que rodea la pared perimetral en el lado este. El complejo arquitectónico se ha dividido en bloques, para no acumular errores angulares en el registro de escaneos láser. Cada bloque se cierra por una poligonal de estaciones, de modo que se pueda comprobar el error interno.

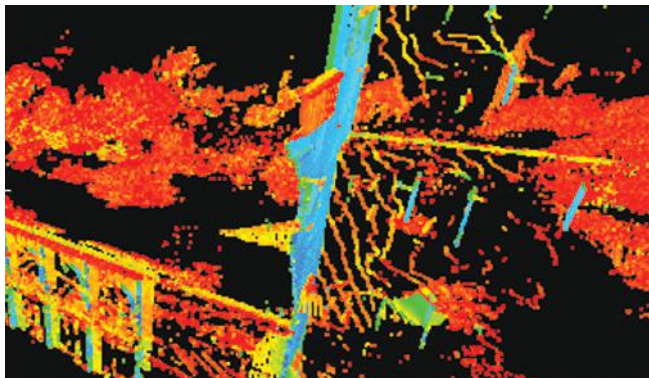
Para vincular los diferentes bloques en el registro, se aprovechó la morfología del monumento: la pendiente en terrazas favorece el posicionamiento de los puntos de control con los que se fusionan las nubes de puntos; en los puntos clave del enlace entre los bloques, se realizaron dos escaneos para combinar los bloques con un registro *cloud to cloud* con un elevado número de puntos superpuestos.



Planimetría del complejo del Generalife: se puede ver, coloreado en rojo, la poligonal del escaneo que se realizó alrededor del complejo; de color amarillo las poligonales secundarias que fueron útiles para cerrar los diferentes bloques; en gris las estaciones de escaneo.



Panel de proceso del registro del software Leica Cyclone: se puede ver las *constraints* ordenadas por error. No se ha excedido el error de 1 cm en el cierre de la poligonal.



En el panel de registro puede ver el *modelspace* de cada escaneo y verificar si la alineación se ha ajustado correctamente.

MÉTODOS DE REGISTRO UTILIZADOS

Como primer paso para registrar una base de datos tridimensional, fue necesario catalogar las estaciones de escaneo, siguiendo un almacenamiento para carpetas dividido por día de trabajo. Las estaciones se numeraron durante la adquisición de datos y se dibujaron esquemáticamente en un croquis planimétrico, lo cual es esencial para optimizar las operaciones de registro posteriores, especialmente en el caso de levantamientos de monumentos grandes y que tienen una distribución compleja.

Para facilitar el registro de las nubes de puntos, se colocaron *black and white target* (dianas) en las superficies del edificio, algunas cerca del instrumento, otras a distancias mayores y fueron adquiridas con escaneos de densificación²⁸. En primer lugar, las estaciones láser se han combinado con su propia densificación: cada uno de ellas corresponde a una nube de puntos en el programa de gestión de datos; la rototracción rígida de estas nubes de puntos parte del supuesto de que ambos tienen el mismo sistema de referencia polar, con el origen de los ejes en la cabeza del instrumento: por lo tanto, aunque la densificación está presente en porciones de nubes de puntos muy pequeñas (tal como el target solamente), sin una morfología tridimensional que bloquee la rotación en el espacio²⁹, es posible hacer el registro mediante *cloud-constraint* generadas automáticamente y sin realmente establecer ninguna rotación entre las estaciones³⁰.

En cuanto al registro de escaneos, el levantamiento del Generalife fue la ocasión para experimentar los nuevos sistemas de fusión de datos de puntos proporcionados por el programa de gestión de datos³¹. La principal novedad de este software es que aplica un nuevo método de gestión de escaneo en la fase de registro: estos son subdivididos por grupos de registro, es decir, los escaneos se agrupan, lo que permite al operador administrar simultáneamente múltiples escaneos y ver qué nubes de puntos requieren

múltiples *constraints* para la rotación o que afecten negativamente al registro.

La metodología de gestión de *black and white target* ha sido sustancialmente alterada, hasta ahora ha tenido un gran impacto en el tiempo de procesamiento general³². Cuando se importan nubes de puntos dentro de la base de datos, se pueden localizar automáticamente los puntos de alta intensidad en la escena³³; posteriormente, el operador que controla los puntos identificados decide si los agrega como *constraint* en el escaneado. Durante el registro, ya no es necesario nombrar el target: con excelentes resultados, el software logra reconocer automáticamente los puntos de verificación que coinciden entre los escaneos y crear un registro fiable³⁴.

El método de registro elegido para el levantamiento del Generalife ha proporcionado una primera fase de detección automática de *targets* y una segunda fase de auto-reconocimiento de los puntos de control encontrados³⁵; se han eliminado las *constraints* con demasiados errores; finalmente, teniendo en cuenta el alto margen de superposición entre escaneos contiguos, se han añadido *cloud constraints* para refinar la alineación que se basó únicamente en puntos de control.

Con el fin de verificar la alineación correcta, cada bloque de escaneos ha sido sometido a un control adecuado de la sección, para verificar su fiabilidad³⁶.

Los escaneos han sido reensamblados, experimentando con dos metodologías diferentes de unión: por rototranslation manual del escaneo en el otro (*visual alignment*), o por alineación automática del posicionamiento de las estaciones (autoalignment). El método de *visual alignment* es una revisión del sistema de registro *cloud to cloud*: en ambos sistemas, se necesitan dos escaneos contiguos y con un buen margen superpuesto, se crea una *cloud constraint* que enlaza las dos estaciones de trabajo. La diferencia sustancial entre los dos sistemas es que el operador tuvo que seleccionar al menos tres puntos homólogos en los dos escaneos láser para tener una pre-alineación, a veces

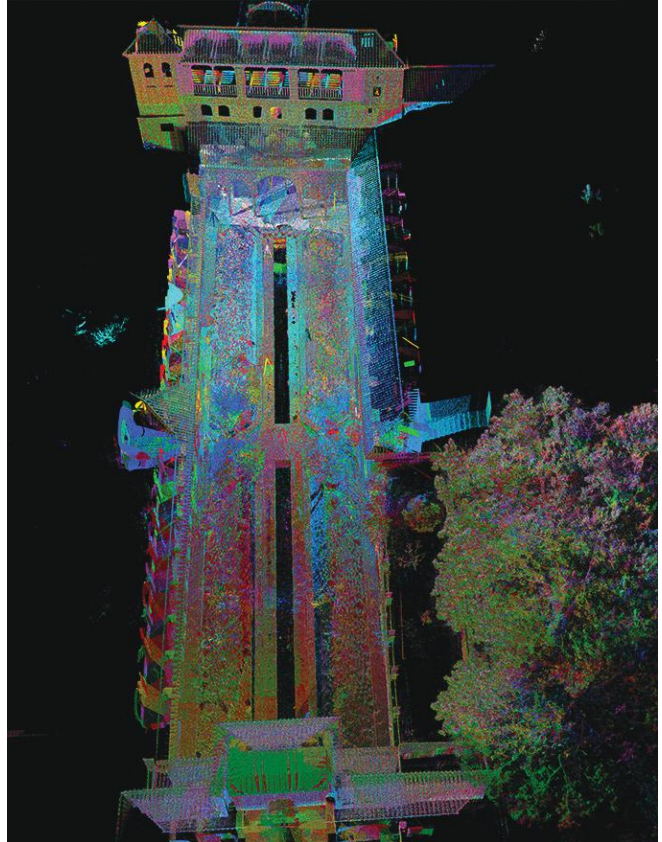
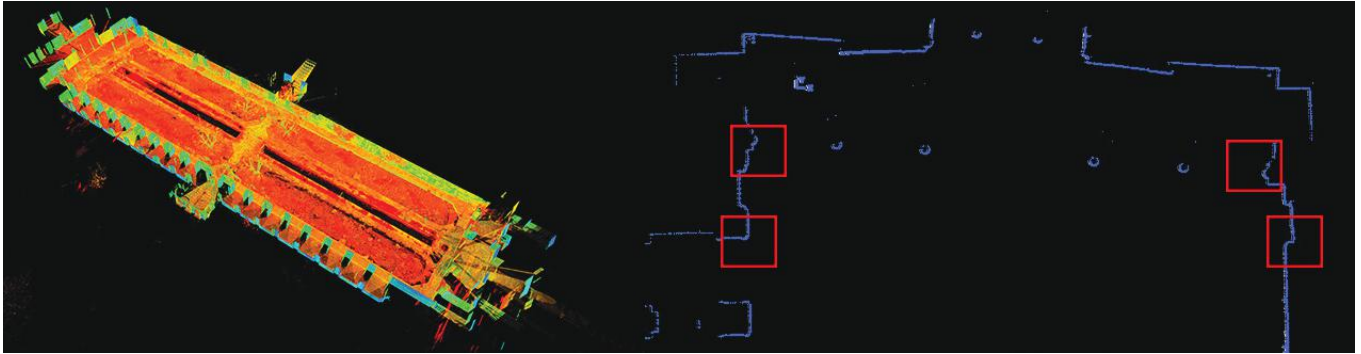


Imagen del Patio del Agua donde cada estación del escáner láser está coloreada con un color diferente: es necesario verificar que la alineación de todos estos puntos es correcta.

una operación compleja, mientras que con el sistema más moderno simplemente se gira el otro escaneo para que coincida con los puntos³⁷. La función *autoalignment* permite combinar automáticamente múltiples estaciones láser con un porcentaje muy alto de puntos comunes; para facilitar el cálculo del software, es posible indicar con antelación qué estaciones son consecutivas, incluyendo escaneos para crear *constraints*, con el fin de evitar probar todas las combinaciones posibles.

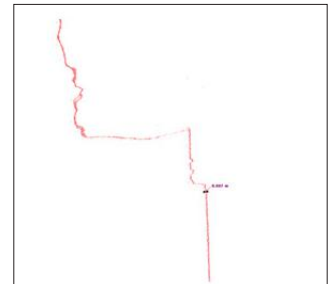
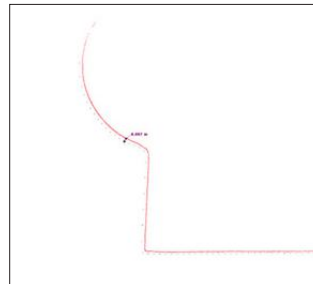
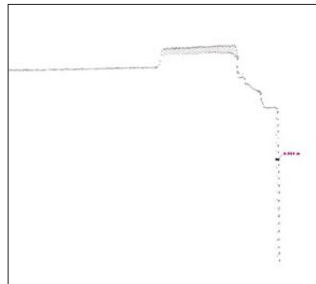
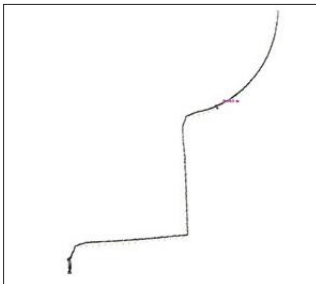


A la derecha: axonometría de una sección horizontal del Patio del Agua; a la izquierda: sección obtenida cortando el modelo 3D, en rojo los puntos de la sección seleccionados para analizar la alineación.

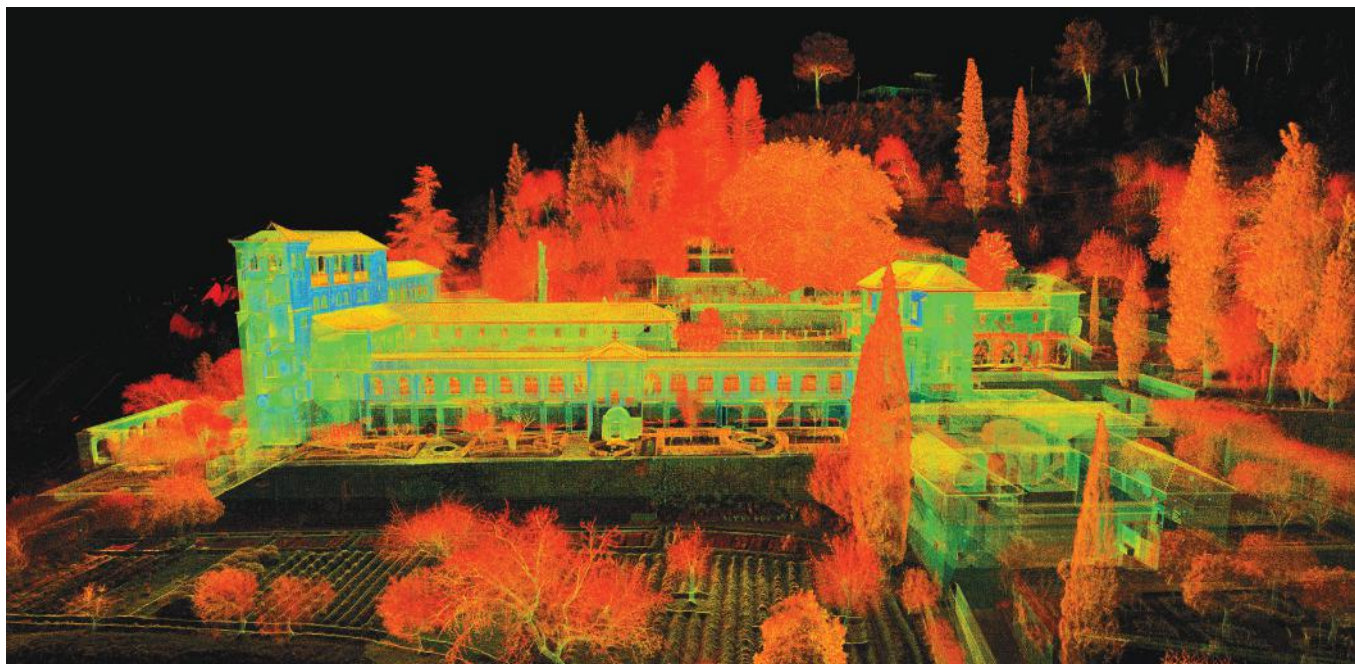
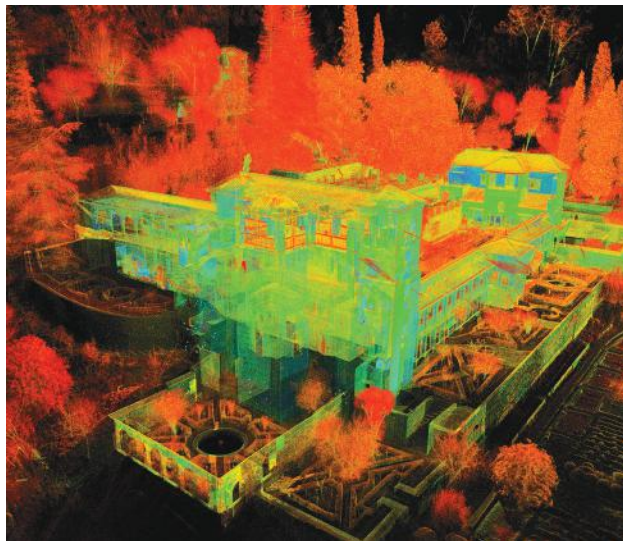
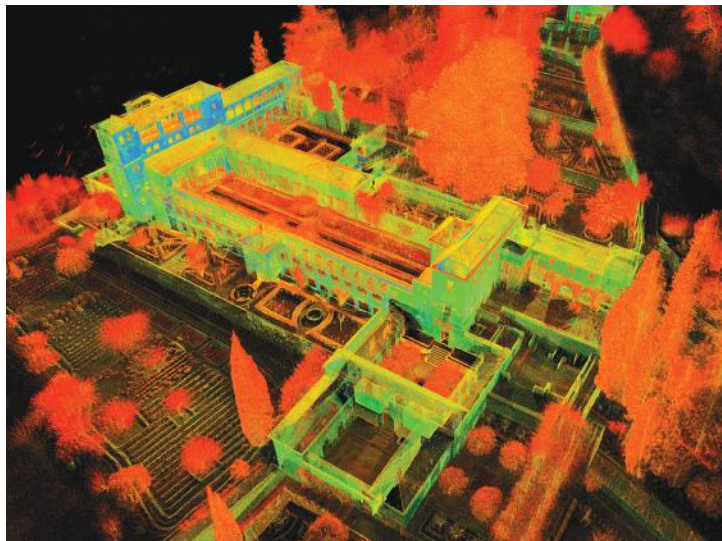
EL REGISTRO DE LAS ZONAS VERDES

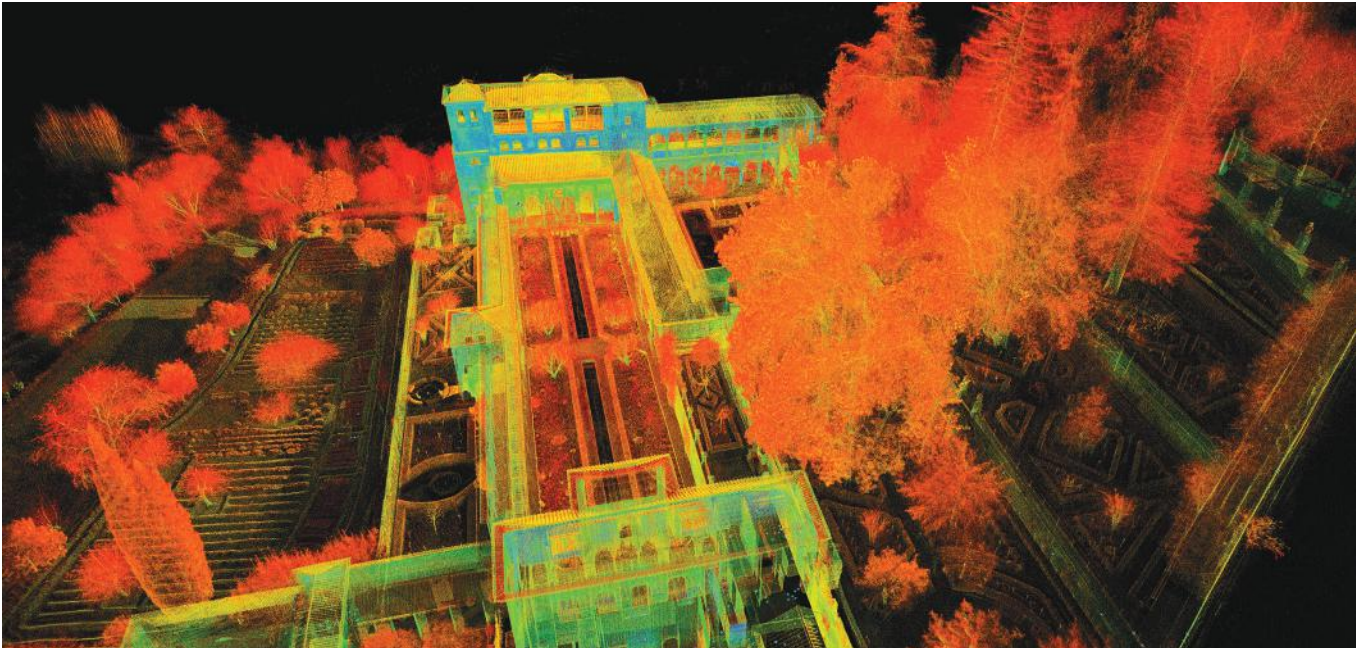
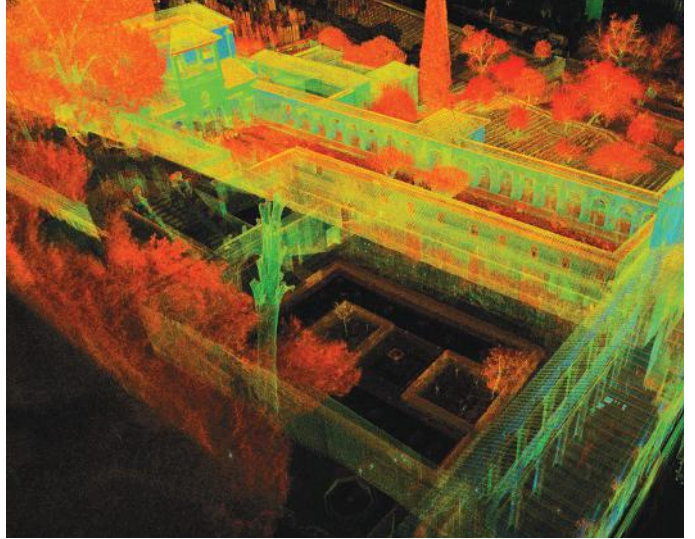
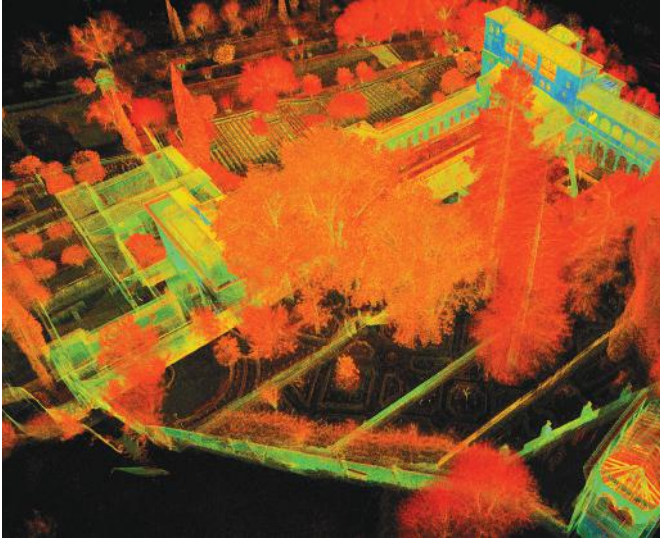
Se ha prestado especial atención al registro de porciones de zonas verdes dentro del complejo; el verde tiene una complejidad en el registro diferente de la arquitectura³⁸: el escaneado a partir de dos posiciones diferentes del follaje por el láser escáner produce aparentemente dos modelos 3D similares, de hecho las superficies reconocidas por el láser son diferentes y la superposición entre dos escaneos (útil para usar *cloud constraint*) no es óptima. Con respecto a los árboles altos, en presencia de corrientes de aire pueden oscilar, y se pueden medir en el mismo escaneo

como diferentes puntos del espacio: incluso en este caso, no se recomienda el uso del registro *cloud to cloud* por sí solo. Con el fin de lograr un registro fiable de las zonas verdes, se ha intentado, en lo posible, situar *targets* a grandes distancias y utilizar escaneos de densificación para evitar grandes rotaciones angulares. Cuando los objetivos son difíciles de ser fijados, como en el caso del jardín de la entrada del complejo, se decidió realizar, gracias a la densidad de los arbustos, comparable a los objetos de construcción, grabaciones de nube a nube con un alto nivel de superposición entre un escaneo y el siguiente de la poligonal.



Control de levantamiento: debe comprobarse que los puntos de las diferentes estaciones no están desalineados; en este caso siempre se obtuvieron errores inferiores a 7 mm.





NOTAS

¹ El acceso de la acequia del Tercio al palacio del Generalife se producía cerca de donde hoy está el mirador romántico. El agua caía por la escalera del Agua, con un caudal que podía ser regulado mediante una serie de llaves distribuidoras, y se unía al caudal de la acequia del Rey. En época cristiana el agua de la acequia del Tercio alimentaba también las fuentes de los jardines altos y permitía accionar los surtidores del los patios de la Sultana y de la Acequia, que alcanzaban una considerable altura gracias a la elevada presión con la que llegaba el agua.

² Se tiene noticia de la construcción de otra escalera en 1572, en la parte Este del pabellón septentrional, que también permitiría ir al jardín bajo o subir a los pisos altos. Este dato parece corroborar el mal estado de la escalera Oeste.

³ Castell Sant'Angelo, Roma, 2000.

⁴ Profesor de Investigación especializado en Arquitectura Islámica en la Escuela de Estudios Árabes de Granada, perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas; Director del servicio de Fotogrametría e Infografía de la EEA; Miembro del Comité Internacional de Documentación del Patrimonio, antiguo Comité Internacional de Fotogrametría Arquitectónica (CIPA), dependiente de ICOMOS (International Council of Monuments and Sites) y de ISPRS (International Society of Photogrammetry and Remote Sensing).

⁵ Cf. Almagro, A. (2004): Levantamiento Arquitectónico, Editorial de la UGR, Granada, p.19.

⁶ Cf. Almagro, A. (2004): Op. cit., pp. 26-27. Texto traducido del italiano por la Ana Almagro Vidal.

⁷ Cf. Chueca Goitia, F. (1993): Manifiesto de la Alhambra, Fundación Rodríguez-Acosta y Delegación en Granada del Colegio Oficial de

Arquitectos de Andalucía Oriental, Granada, p.54.

⁸ Cf. Chueca Goitia, F. (1993): Op. Cit., pp.65-67.

⁹ Cf. Chueca Goitia, F. (1993): Op. Cit., p.82.

¹⁰ Cf. Chueca Goitia, F. (1993): Op. Cit., p.63.

¹¹ Cf. Chueca Goitia, F. (1993): Op. Cit., p.64.

¹² Cf. Chueca Goitia, F. (1993): Op. Cit., p.93.

¹³ Cf. Chueca Goitia, F. (1993): Op. Cit., p.95.

¹⁴ Cf. Chueca Goitia, F. (1993): Op. Cit., p.97.

¹⁵ Ibn Zamrack, nacido en Granada en el año 1333, es el poeta que más adornó las paredes de la Alhambra: la Fuente de los Leones, la Sala de las dos hermanas, etc... Ibn Zamrack siguió las reglas de la poesía árabe tradicional con sus metros, sus rimas y sus hemistiquios.

¹⁶ Sobre el concepto de memoria cf. el estudio de Halbwachs que trata de la relación entre el espacio y la memoria de los lugares. Significativa es la conclusión de la obra donde el autor invita a recorrer el tiempo transcurrido para recordar el espacio colectivo a través del cual la establece «l'illusion de ne point changer à travers le temps et de retrouver le passé dans le présent; mais c'est bien ainsi qu'on poit definit la mémoire; et l'espace seul est assez stable pour puouvoir durer sans vieillir ni perdre aucune de ses parties». M. Halbwachs, *La mémoire collective*, Presses Universitaires de France, 1950, p. 38.

¹⁷ En este sentido, creemos que es muy significativa una frase que Frank Lloyd Wright deja plasmada en su Autobiografía (Einaudi, 1964): «Una casa nunca debe estar sobre una colina o sobre cualquier otra cosa.

Debe ser la colina, formar parte de ella, de modo que la colina y la casa puedan vivir juntas, cada cual más feliz por los méritos de la otra». Más recientemente, Norberg-Schulz en su volumen *Genius locis*, cit., p. 141 afirma con razón que observando un edificio «se debiera considerar como éste se apoya sobre el terreno y como se alza hacia el cielo, y prestar especial atención a las delimitaciones laterales o muros, que a su vez contribuyen de manera decisiva a definir el carácter del entorno urbano.....En general, el carácter de la "familia" de edificios que componen el lugar se condensa en motivos característicos, como las tipologías particulares de ventanas, puertas, techos...En el ámbito arquitectónico, variables y espacio se asocian, y entonces podemos reconocer como... la Arquitectura representa la separación entre el interior y el exterior».

¹⁸ En este sentido, por poner un ejemplo, la relación entre la distancia y la altura de dos cuerpos de fábrica debe ser considerada como parte del umbral arquitectónico-ambiental, ya que al pasar entre ellos se producirían sensaciones diferentes en función sus distintas disposiciones.

¹⁹ V. Gregotti, *Dentro l'architettura*, Torino, 1991, p. 35 e 37.

²⁰ El levantamiento planimétrico del complejo del Generalife comenzó el 19 de febrero de 2017, finalizando el 26 del mismo mes.

²¹ En este caso, los snippets se utilizaron para localizar las dianas que estaban a una distancia considerable y luego densificar el área localmente para permitir en la fase de grabación posterior la lectura, a través de software dedicado, de los mejores puntos a capturar.

²² La luz solar, al igual que la luz artificial, no afecta el correcto funcionamiento del escáner láser.

²³ El ruido es el factor que afecta la exactitud de los datos detectados. Describe el rango de desviación de las lecturas individuales dentro de una muestra de medición respecto al valor "real". El término "ruido" indica que las desviaciones observadas son aleatorias y no sistemáticas.

²⁴ Cada fase de trabajo de campo ha tenido en cuenta el flujo de turistas que desde las 8:30 am. sobre ellos comenzaron a cruzar las instalaciones al igual que cualquier otro trabajo de mantenimiento llevado a cabo durante las actividades diarias.

²⁵ Los protocolos metodológicos para la correcta toma de datos del levantamiento mediante escáner láser han sido definidos por el grupo de investigación de Pavia, en particular los procedimientos de detección siguen las prácticas llevadas a cabo por el laboratorio LS3D sobre la definición de bases de datos para el estudio de grandes complejos monumentales.

²⁶ El problema de conseguir una nube de puntos de un gran complejo

arquitectónico ya ha sido abordado en S. Bertocci, S. Parrinello (2015). *Digital Survey and Documentation of the Archaeological and Architectural Sites. Unesco World Heritage List*. p. 1-240, Firenze:Edifir-Edizioni Firenze.

²⁷ Se utilizó un láser Z + F 5010, que está diseñado para ver puntos de larga distancia, manteniendo la alta precisión y velocidad de adquisición.

²⁸ Escaneado de densificación significa escaneado detallado con una resolución mayor que la escaneado original de 360°: es posible seleccionar una parte de la nube de puntos y densificar la red de puntos.

²⁹ El target es simplemente una hoja de papel que identifica un punto en la fachada del edificio. El target tiene la función de materializar un punto; cada nube de puntos debe contener tres target para que se pueda orientar en el sistema de referencia en el que se va a orientar la base de datos.

³⁰ No es necesario hacer rotaciones porque el origen, el eje vertical y la rotación de los ejes X e Y entre los escaneos son los mismos

³¹ Se ha utilizado el software Cyclone v.9.1.5 de Leica Geosystem, que se ha recientemente perfeccionado en la gestión y registro de grandes bases de datos.

³² Para más detalles ver la contribución de Pancani G. en Bertocci S., Minutoli G., Mora S., Pancani G. (2015), *Complessi religiosi e sistemi difensivi sul cammino di Santiago de Compostela: rilievi ed analisi perla valorizzazione e il restauro della cattedrale di Santa Maria La Real a Sasamón*, Firenze, Università degli Studi.

³³ El operador elige los valores admisibles de tolerancia de movimiento y rotación en el reconocimiento automático de targets, para evitar errores demasiado grandes. En este caso, no se aceptaron en el reconocimiento automático targets con errores de movimiento mayores de 5 mm.

³⁴ El operador escoge los valores admisibles de tolerancia de movimiento y rotEl auto-reconocimiento de targets ha creado problemas solamente en áreas como las escaleras, donde los targets están muy juntos y se posicionan de manera similar; en este caso se han realizado alineaciones cloud to cloud.

³⁵ El auto-reconocimiento del objetivo ha creado problemas solamente en áreas como las escaleras, donde los objetivos están muy juntos, posicionándose en cualquier caso de manera similar; en este caso se han realizado alineaciones cloud to cloud.

³⁶ Ver. Pancani, G., (2017), The historic centre of Poppi, an urban-scale analysis for assesment of seismic risk. Disegnare con. Recuperado de <http://disegnarecon.univaq.it/ojs/index.php/disegnarecon/article/view/248>.

³⁷ La precisión requerida por el pre-alineamiento depende de la tolerancia asignada al cloud constraint. Con los ajustes básicos los puntos deben estar dentro de un radio de precisión de 10 cm.

³⁸ El tema del levantamiento y la representación de la vegetación ha sido tratado de una manera específica en el capítulo 7, donde se profundizan los temas relacionados con el diseño del verde y de la gestión de bases de datos 3D para la creación de atlas descriptivos del patrimonio vegetal.

³⁹ Tipología decorativa de la arquitectura musulmana, que se difundió a partir del siglo XII en todo el Islam. Fue una solución para cubrir un ámbito de planta cuadrangular con una cúpula mediante un dispositivo transitorio. Las muqarnas se desarrollan por niveles horizontales sobre escalones unidos por superficies planas y curvas descendiendo en cascada hacia el suelo. Simbólicamente son la representación de la luz divina, que difundida por el cielo, se cristaliza al nivel del terreno.

⁴⁰ Como recuerda E. T. Hall, el individuo lee y construye mentalmente el espacio en función de la misma gramática con la que se comunica y habla. Cf. Hall, E.T. (1968), *La dimensión nascosta. Vicino e lontano: il significato delle distanze tra i soggetti umani*, Bompiani, Milano.

⁴¹ Para un análisis exhaustivo de sistemas de lectura paisajística funcional al diseño de la estructura de un lugar Cf. Parrinello, S. (2013), *Disegnare il paesaggio*, Edifir, Firenze. El texto describe actitudes hacia la observación y prácticas para la traducción de formularios en signos y gráficos.

⁴² Cf. M. Heidegger, *Saggi e Discorsi*, 1964, pag. 103. Un tratado sobre este tema se puede encontrar leyendo in C. Norberg-Schulz, *Genius Loci, Paesaggio ambiente architettura*. Mondadori Electa, Documenti di architettura, 1992. p. 13.

⁴³ Detalles sobre el desarrollo de estructuras ornamentales en el complejo de la Alhambra están bien informados en el texto Eggleton, L. (2012), *History in the making: the ornament of the Alhambra and the past-facing present*, Journal of Art Historiography Number 6 June 2012. en particular, cf. p. 6.

⁴⁴ Acerca de los sistemas de escritura en las decoraciones y su uso Cf. Sutton, D. (2007), *Islamic Design, a genius for geometry*, Wooden Books Ltd., Glastonbury, Somerset, p. 12. el texto proporciona una orientación específica sobre la génesis geométrica de motivos ornamentales.

⁴⁵ Ibid., p. 10. una diversificación de las diferentes construcciones geométricas se puede explorar más en el párrafo: *Eight-Fold Rosettes and some construction principles*.

⁴⁶ Ministerio de Educación. Dirección General de Antigüedades y

Bellas Artes, Oficina Central del Catálogo, Normas para la Preparación de Tarjetas del Centro Histórico Municipal, Roma, 1972, p. I.

⁴⁷ Para una disertación sobre el uso de los diferentes modelos tridimensionales de arquitectura cf. Ippolito, A., Borgogni, F., (2011). *I modelli 3D nei rilievi di architettura*, in E. Chaivoni, M. Filippa, *Metodologie integrate per il rilievo, il disegno, la modellazione dell'architettura e della città*, Gangemi Editore.

⁴⁸ Un estudio de caso similar puede compararse consultando el artículo Fantini, F., Rodriguez Navarro, P., Di Tondo, S., (2012), *Il problema della mappatura del colore nei modelli digitali 3D a displaced subdivision surface da rilevamento laser scanner in ambito archeologico*, En Rossi, M., Siniscalco, A. (editado por) *Colore e colorimetria. Contributi multidisciplinari*", Atti dell'Ottava Conferenza Nazionale del Colore SIOF, Maggioli Editore, Bologna.

⁴⁹ En nuestro caso hemos utilizado Rhinoceros que es un software de modelado 3D capaz de crear, modificar, analizar, documentar, renderizar, animar y transformar curvas, superficies, sólidos, nubes de puntos, mesac poligonali y nurbs.

⁵⁰ NURBS es un acrónimo que significa Non Uniform Rational Basis-Splines, traducible en "Splines racionales definidas por una base no uniforme", una clase de curvas geométricas utilizadas en ordenadores gráficos para representar curvas y superficies.

⁵¹ Una mesh es una red que define un objeto dentro del espacio. Esta red está compuesta básicamente por tres elementos: vértices, aristas y caras. Contrariamente a un objeto sólido real, no tiene volumen; así que es una especie de volumen vacío, sin grosor, cuyas caras son precisamente los "velos" superficiales.

⁵² DAda Lab (Drawing Architecture Document-Action Laboratory) trabaja sobre la investigación, la formación y la transferencia de conocimientos en el campo del dibujo, la comunicación y la representación de la Arquitectura. Las actividades de investigación se ocupan de desarrollo de metodologías adecuadas para los trabajos preliminares con el fin de ofrecer una fiable base métrica y documental de soporte al diseño, la restauración, la planificación y la protección del espacio urbano, paisajístico, además de al diagnóstico y estudio del impacto sobre el medioambiente.

⁵³ El modelado se realizó mediante la experimentación de diseño de formas en el sistema NURBS. En particular, al grupo de trabajo, coordinado por Anna Dell'Amico, asistieron estudiantes que utilizaron la investigación para profundizar los temas del estudio realizando algunas porciones del modelo. Una parte del modelo tridimensional ha sido realizado por los estudiantes de ingeniería de la Università degli studi di Pavia, en concreto: Andrea Campotaro ha desarrollado el bloque del Patio de los Cipreses y de la Sultana, Luca Frigerio se ha ocupado

del bloque de edificios de cara a los dos patios en la entrada del Palacio, Giulia Montanaro ha realizado el modelo de la Casa Romántica que se encuentra en la parte superior de los Jardines Altos, y Giulia Porcheddu ha realizado el modelo de la zona ocupada por los Jardines Altos.

⁵⁴ Gerosa, M., (2008), *Rinascimento virtuale*, Maltemi editore, Roma, p.59.

⁵⁵ Esta consideración fue expresada por Maurizio Unali en el texto: Unali, M., (2014), *Atlante dell'abitare virtuale*, Gangemi editore, Roma. p.23

⁵⁶ Structure from motion es una técnica que tiene sus orígenes en la comunidad de la visión por computador, método fácil de utilizar, para la obtención de datos de alta resolución en un rango de escalas, capaz de representar un objeto 2D a 3D con sólo unas cuantas fotografías desde diferentes puntos de vista. El programa utilizado para la elaboración fotogramétrica es Agisoft Photoscan.

⁵⁷ El Blueprints es un sistema integrado en Unreal Engine 4 que permite crear visualmente los script vinculando nudos, eventos y funciones. El sistema de scripting de Unreal Engine 4 está basado en una interfaz estructurada alrededor de nudos y permite crear elementos de videojuego directamente dentro de Unreal Editor.

⁵⁸ Bini, M., (1982), *La dimensione dell'architettura. Note sulla rilevazione*, Alinea Editrice, Firenze. pag. 17.

⁵⁹ Las experiencias con la tesis doctoral: Parrinello, S., (2011) *Rilevare il verde urbano. Strategie per la rappresentazione e la comprensione dei sistemi di acquisizione e di informazione del verde urbano*, Firenze:Dipartimento di Progettazione dell'Architettura, Università degli Studi di Firenze han sido recogidas en artículos científicos de la bibliografía.

⁶⁰ Los sistemas comúnmente utilizados para la detección de la vegetación, sólo para la utilización en sistemas de gestión urbana, se centran generalmente en sistemas topográficos que buscan conocer el posicionamiento exacto de la unidad dentro de un contexto, el cual es, entonces, representado por medio de cartografías que generalmente no aportan ninguna información descriptiva adicional sobre las esencias consideradas; rara vez, sólo en los mejores casos, éstos se enriquecen con el equipo fotográfico. La figura correspondiente a un árbol se limita a menudo a un punto marcado en el tronco, que corresponde gráficamente a un círculo de tamaño diferente dependiendo de la tipología dimensional del árbol. El drama del simbolismo es obvio, no sólo debido a la ausencia total de descripción gráfica del árbol, sino porque mientras que los mapas modernos se están convirtiendo en sistemas totalmente tridimensionales, donde aunque la morfología y el equipamiento decorativo y tecnológico de los edificios se reproduce con simbología precisa y codificación, la vegetación sólo aparece como un mero símbolo todavía relegado a una superficie texturizada que muestra la presencia de un aglomerado vegetal, sin que se indiquen características o cualidades.

⁶¹ Cf. Torselli, V., *Arte visiva e tecnologie digitali*, in "XÁOS. Giornale di confine", Año II, N.2 Julio - Octubre 2003, URL: http://www.giornalediconfine.net/anno_2/n_2/21.htm.

⁶² Cf. Di Luggo, A., *Applicazioni di geometria descrittiva e rilievo dell'architettura. Nuove tecnologie per il rilievo dell'architettura: il laser scanner*. enlace web: www.federica.unina.it/architettura/applicazioni-di-geometria-descrittiva-e-rilievo-architettura/laser-scanner/.

⁶³ Para la posición real significa un punto colocado en el espacio con un error menor a lo que es aceptable para la escala 1:50, entonces 1.5cm.

⁶⁴ Se puede hablar de adquisición masiva porque el operador no elige qué puntos quiere medir, mientras el escáner adquiere indistintamente todos los puntos que ve en el espacio.

⁶⁵ Se utilizó un escáner láser Z + F 5010 para el levantamiento del Generalife, que tiene como característica un error lineal por debajo del milímetro y un ruido digital no superior a 0,5 mm en las superficies negras (para otros colores obtiene errores aún menores).

⁶⁶ El tema del conocimiento es cada vez más importante también desde un punto de vista normativo: en Italia las leyes NTC 2008 han incluido factores de seguridad en el cálculo en función del grado de conocimiento adquirido sobre el edificio. El tema del conocimiento y sus componentes que deben ser analizados para el proyecto de restauración son tratados por Bertocci S., Minutoli G., (2012), *Un database per il controllo della vulnerabilità sismica: il caso studio di Acciano*, in *Disegnarecon*. 5/10. Mingucci R., Bartolomei C., Bravo L., Garagnani S. Ed. .

⁶⁷ Para profundizar en la interpretación de los datos de la elevación map y el reconocimiento de "falsos positivos" de un edificio, comparar con Bertocci, S., Minutoli, G., Pancani, G. (2015). *Rilievo tridimensionale e analisi dei dissesti della Pieve di Romena*. in *Disegnarecon*. 8/14-gennaio. Carbonara G., Centofanti M., Mingucci R. Ed.

BIBLIOGRAFIA

Allen P. et al. (2004), *Seeing into the past: creating a 3D modeling pipeline for archeological visualization*, en Proceedings of 3DPVT'04, pp. 751-758.

Almagro A. (2004), *Levantamiento Arquitectónico*, Editorial de la UGR, Granada.

Álvarez de Cienfuegos I. (1959), "La Hacienda de los nasrīes granadinos". *Miscelánea de Estudios Árabes y Hebraicos*, VIII, pp. 99-124.

Apollonio F.I., Gaiani M., Benedetti B. (2012), "3D reality-based artifact models for the management of archeological sites using 3D GIS: a framework starting from the case study of the Pompei Archeological area", *Journal of Archeological Science*, 39, n. 5, pp. 58-68.

Apollonio F.I., Gaiani M., Sun Z. (2013), "3D modeling and data enrichment in digital reconstruction of Architectural Heritage", *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5/W2, pp. 43-48.

Arayici Y., Tah J. (2008), "Towards Building Information Modelling for Existing Structures". *Structural Survey*, 26, pp. 210-222.

Audisio L. (2011), "La catalogazione del disegno di architettura nell'era digitale". *Disegnarecon*, 4, n. 8, pp. 116-123.

Baglioni L. (2011), *Il modello strutturato*, en Albissini P., De Carlo L. (ed.), *Architettura disegno modello: Verso un archivio*

digitale dell'opera di maestri del XX secolo, pp. 93-96, Gangemi Editore, Roma.

Baik A., Alitany A., Boehm J., Robson S. (2014), "Jeddah historical building information modeling 'JHBIM'- Object Library". *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, II, 5, pp. 41-47.

Barrios Rozúa J.M. (2014), "El Generalife y las ruinas árabes de sus contornos. Un capítulo inédito de los Nuevos Paseos de Simón de Argote". *Al Qantara*, 35, pp. 29-59.

Benedetti B., Gaiani M., Remondino F. (2010), *Modelli digitali 3D in archeologia: il caso di Pompei*, Edizioni della Normale, Pisa.

Bercigli M. (2016), *Progetto di documentazione per la valorizzazione dell'altopiano di Masada: il disegno tridimensionale come strumento di conoscenza per il quartier generale del palazzo di Erode*, in *Le ragioni del disegno: pensiero, forma e modello nella gestione della complessità- Atti del 38° convegno internazionale dei docenti della rappresentazione, Congresso UID, Firenze 15, 16, 17 Settembre 2016*, Gangemi Editore, Roma.

Bermúdez López J. (2010), *La Alhambra y el Generalife. Guía oficial*, Granada.

Bermúdez López J. (1987), "Crónica Arqueológica", *Cuadernos de la Alhambra*, 23, pp. 131-145.

Bermúdez López J. (1988), "Crónica Arqueológica", *Cuadernos*

de la Alhambra, 24, pp. 195-223.

Bermúdez López, J. (1989): "Crónica Arqueológica", *Cuadernos de la Alhambra*, 25, pp. 199-204.

Bermúdez López, J. (2010), *La Alhambra y el Generalife. Guía oficial*, Granada.

Bermúdez Pareja J. (1965), "El Generalife después del incendio de 1958", *Cuadernos de la Alhambra*, 1, pp. 9-39.

Bermúdez Pareja, J. (1974), *El Generalife, Granada*. Editorial Caja de Ahorros de Granada.

Bertaut, F. (1682), *Journal du voyage d'Espagne*, Chez René Guignard, [s. l.].

Bertocci S., Minutoli G., Mora S., Pancani G. (2015), *Complessi religiosi e sistemi difensivi sul cammino di Santiago de Compostela: rilievi ed analisi per la valorizzazione e il restauro della cattedrale di Santa Maria La Real a Sasamòn*, Firenze, Università degli Studi di Firenze.

Bertocci S., Minutoli G., Pancani G. (2015), "Rilievo tridimensionale e analisi dei dissesti della Pieve di Romena", *Disegnarecon*, 8, 14, pp. 26.1-26.20.

Bertocci S., Minutoli G. (2012), "Un database per il controllo della vulnerabilità sismica: il caso studio di Acciano", *Disegnarecon.*, 5, 10, numero speciale (2012) - DOCO 2012, a cura di Mingucci R., Bartolomei C., Bravo L., Garagnani S.

Bertocci S., Parrinello S., Vital R. (2013), *Masada Notebooks, Report of the Research project*, Edifir, Firenze.

Bertocci S., Parrinello S., Vital, R. (2014). *Masada Notebooks. Report of the research project 2014*. Vol. II, Edifir, Firenze.

Bitelli G., Girardi F. (2010), *Problematiche nel rilievo e modellazione tridimensionale di oggetti di piccole dimensioni*

nel campo dei Beni Culturali, In Atti 14° Conferenza Nazionale ASITA, Brescia 9-12 novembre 2010, pp. 285-290.

Bini M. (1982). *La dimensione dell'architettura. Note sulla rilevazione*, Alinea Editrice, Firenze.

Blaire, M. M. (2015): *Les almunias nasrides: une approche histórico-artistique et archéologique d'une réalité matérielle*.

Bregianni, A. (2013). *BIM Development for Cultural Heritage Management*, Milano. Politecnico di Milano.

Brusaporci S. (editado por) (2011), *Sistemi Informativi Integrati per la tutela, la conservazione e la valorizzazione del Patrimonio Architettonico Urbano*. MIUR PRIN COFIN 2006, Gangemi Editore, Roma.

Broug E. (2006), *Islamic geometric patterns*, Thames & Hudson, Londra.

Calatrava Escobar J.; Ruiz Morales M. (2005), *Los planos de Granada 1500-1909. Cartografía urbana e imagen de la ciudad*, Diputación Provincial de Granada, Granada.

Caraccia F. (2006), *Metodi di modellazione nurbs con Rhinoceros*, Janotek, L'Aquila.

Cavannah Murphy J. (1835), *Arabian Antiquities of Spain*, Procyta, Londres.

Chueca Goitia F. (1993), *Manifiesto de la Alhambra*, Fundación Rodríguez-Acosta y Delegación en Granada del Colegio Oficial de Arquitectos de Andalucía Oriental, Granada.

De Luca L. (2011), *La fotomodellazione architettonica, Rilievo, moderazione rappresentazione di edificio partire da fotografie*, Dario Flaccovio Editore, Palermo.

De Luca L., Veron P., Florenzano M. (2006), "Reverse-

engineering of architectural buildings based on an hybrid modeling approach", *Computers & Graphics*, 30, 2, pp. 160-176.

De Rubertis R., (1994), *Il disegno dell'architettura*, La Nuova Italia Scientifica, Roma.

Di Luggo A., *Applicazioni di geometria descrittiva e rilievo dell'architettura. Nuove tecnologie per il rilievo dell'architettura: il laser scanner*. URL: <www.federica.unina.it/architettura/applicazioni-di-geometria-descrittiva-e-rilievo-architettura/laser-scanner/> [fecha de acceso: 26/09/2017].

Dodge M. (editado por) (2002), *Atlas of the cyberspace*, in Fisher, U., Pearson Education.

Dore C., Murphy M. (2012), *Integration of Historic Building Information Modeling and 3D GIS for Recording and Managing Cultural Heritage Sites*. En *VSM2012. Proceedings of the 18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia. Virtual Systems in the Information Society*, Milano, Politecnico di Milano, pp. 369-376.

Eastman C.M., Teicholz P., Sacks R., Listo, K. (2011), *BIM Handbook. A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*, John Wiley & Sons, New York.

Eggleton L. (2012), "History in the making: the ornament of the Alhambra and the past-facing present", *Journal of Art Historiography*, 6, pp.1-29.

Fai S., Graham K., Duckworth T., Wood N., Attar R. (2011), *Building Information Modelling and Heritage documentation*, URL: <<http://www.autodeskresearch.com/pdf/Fai.pdf>> [fecha de acceso: 26/09/2017].

Fantini F., Rodriguez Navarro P., Di Tondo S. (2012), *Il problema della mappatura del colore nei modelli digitali 3D a displaced subdivision surface da rilevamento laser scanner in ambito archeologico*, en Rossi M., Siniscalco A. (editado por), *Colore e colorimetria. Contributi multidisciplinari*, Atti dell'Ottava Conferenza Nazionale del Colore SIOF, Maggioli Editore, Bologna.

Fassi F., Achille C., Gaudio F., Fregonese L., (2011). "Integrated strategies for the modeling of very large, complex architecture", *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVIII-5/W16, ISPRS Trento 2011, Workshop, 2-4 Marzo 2011, Trento, Italy.

Fernández Puertas A.; Cabanelas Rodríguez D. (1978), "Inscripciones poéticas del Generalife". *Cuadernos de la Alhambra*, 14. pp. 3-86.

Ford R. (1955), *Granada. Escritos con dibujos inéditos del autor*, Patronato de la Alhambra, Granada.

Gaiani M. (a cura di) (2015), *I portici di Bologna, Architetture, modelli 3D e ricerche tecnologiche*, Bononia University press, Bologna.

Gámiz Gordo A. (2008), *Alhambra. Imágenes de ciudad y paisaje (hasta 1800)*. Patronato de la Alhambra, Granada.

Gámiz Gordo A. (2001), *La Alhambra nazarí. Apuntes sobre su paisaje y arquitectura*, Universidad de Sevilla, Sevilla.

Gámiz Gordo A. (2009), *Alhambra. Imágenes de ciudad y paisaje (hasta 1800)*. Fund. El Legado Andalusi, Granada.

García Pulido L.J. (2013), *El territorio de la Alhambra. Evolución de un paisaje cultural remarkable*. Patronato de la Alhambra y el Generalife, Granada.

García Mercadal J. (1953): *Viajes de extranjeros por España y Portugal desde los tiempos más remotos al siglo XVI*, Editorial Aguilar, Madrid.

Garzón Pareja M. (1968), "Notas para la historia del Generalife", *Cuadernos de la Alhambra*, 4, pp. 73-88.

Gerosa M. (2008), *Rinascimento virtuale*, Maltemi editore, Roma.

Garagnani G., Manferdini A.M. (2013), *Parametric accuracy: building information modeling process applied to the cultural heritage preservation*. En *3D-ARCH 2013*, Trento, ISPRS, pp. 87-92.

Garagnani S., Cinti S., Mingucci, R. (2011), *Building Information Modeling: la tecnologia digitale al servizio del progetto di*

architettura", *Disegnarecon*, Vol. 4, 7, pp. 5-19.

Del Giudice M., Osello A. (2013), *BIM for Cultural Heritage*, in Grussenmeyer P. (ed.), XXIV International CIPA Symposium, Trento, ISPRS, pp. 225-229.

Giuffrè A. (1991), *Lecture sulla meccanica delle murature storiche*, Edizioni Kappa, Roma.

Gregotti V. (1991), *Dentro l'architettura*, Bollati Boringhieri, Torino.

Gómez-Moreno Martínez M. (1966), "Granada en el siglo XIII", *Cuadernos de la Alhambra*, 2, pp. 3-41.

Guarnieri A., Remondino F., Vettore A. (2006), *Digital photogrammetry and TLS data fusion applied to Cultural Heritage 3D modelling*, en *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXVI, part 5. Dresden, ISPRS, pp.1-6.

Guidi G., Russo M., Beraldin J.A. (2010), *Acquisizione 3D e modellazione poligonale*, Editore McGraw – Hill, Milano.

Guidi G., Tucci G., Beraldin J.A., Ciofi S., Ostuni D., Costantini F., El-Hakim S. (2002), *Multiscale archaeological survey based on the integration of 3D scanning and photogrammetry*, en *Proceedings of the International Workshop on Scanning for Cultural Heritage Recording – Complementing or Replacing Photogrammetry*, Corfu, NRC-CNRC, pp. 58-64.

Halbwachs M. (1950), *La mémoire collective*, Les Presses universitaires de France, Paris.

Hernández Bermejo J.E., García Sánchez E. (2015), *Huertas del Generalife*. Editorial Comares, Granada.

Kagan R.L. (1986), *Ciudades del Siglo de Oro: Las vistas españolas de Anton van den Wyngaerde*. El Viso, Madrid.

Koukopoulos Z., Koukopoulos D. (2016), *Implementation and Usage Scenarios of a Participatory Platform for Cultural Environments*, en *Proceeding of 6th International Conference, EuroMed 2016 Nicosia, Cyprus "Digital Heritage, Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection*, Cyprus, Springer, pp. 3-14.

Kundert Gibbs J., Lee P. (2004), *Maya 5. Guida completa*, Apogeo editore, Milano.

Jimenez B., Morabito D., and Remondino F. (2016), "Access to complex reality-based 3D models using virtual reality solutions", *Journal of cultural heritage*, vol. 23, pp. 40-48.

Jones O. (1868), *The grammar of ornament. Moresque ornament from Alhambra*, Quaritch, London.

Ippolito A., Borgogni F. (2011), *I modelli 3D nei rilievi di architettura*, en Chaivoni E., Filippa M. (ed.), *Metodologie integrate per il rilievo, il disegno, la modellazione dell'architettura e della città*, Gangemi Editore, Roma, pp. 71-78.

Lensch H.P.A., Goesele M., Kautz M., Seidel H.P. (2001), *A framework for the acquisition, processing, transmission, and interactive display of high quality 3D models on the web*, en Tutorial Notes for DAGM, Paderborn, MAX-PLANCK-INSTITUT F U R" INFORMATIK, pp. 1-32.

Lerma J. L., Cabrelles M., Navarro S., Fabado S. (2013), "Dalla fotografia digitale alla fotogrammetria per i Beni Culturali Documentazione e Divulgazione", *Disegnarecon con la fotografia digitale*, vol.6, n. 12, pp. II/1-8.

Lévy P. (1997), *Il virtuale*. Raffaello Cortina editore, Milano.

Malpica Cuello A. (1991), "El complejo hidráulico de los albercones", *Cuadernos de la Alhambra*, 27, pp. 65-97.

Malpica Cuello A. (1995), "El agua y el poblamiento de la Alhambra de Granada", *El agua y la agricultura en Al-Andalus*, pp. 119-130.

Malpica Cuello A. (2002), "La Alhambra y su entorno. Espacio rural y espacio urbano", *Cuadernos de la Alhambra*, 38, pp. 183-203.

Malpica Cuello A. (2003), *"La hidráulica de la Alhambra", Ingeniería Hispano Musulmana. XII Curso de Verano de Ingeniería Civil*, Colegio Ingegneros Caminos, Madrid.

Manzano Martos R. (2002): "De la villa romana a la almunia islámica", en Halcón F., Herrera F. J., Recio A. (ed.), Pomar P. J. (co.) *Haciendas y Cortijos. Historia y Arquitectura en Andalucía y América*, Sevilla, Universidad de Sevilla, pp. 15-36.

- Marotta A., De Bernardi Mauro L., Bailo M. (2008), "La conoscenza dell'architettura, città e paesaggio: "Il Progetto Logico di Rilievo", in *una sperimentazione metodologica*", *Disegnarecon*, vol.1, 2, pp. 1-13.
- Martín Heredia M. (2003), "Patios de acceso al Palacio del Generalife: Rehabilitación de edificaciones de carácter doméstico", *Cuadernos de la Alhambra*, 39, pp. 121-134.
- Merlo A., Fantini F., Lavoratti G., Aliperta A., Lòpez Hernández J. L. (2013), "Texturing e ottimizzazione dei modelli digitali reality based: la chiesa della Compagnia de Jesús", *Disegnarecon*, vol. 6, 12, pp. XIV/1-14.
- Migliari R., Ciammaichella M., Curuni M., De Majo T., Paolini P. (2001), "Recenti linee di ricerca", *Disegnare idee immagini*, n 23, anno XII, pp. 71-83.
- Minutoli G. (2017), "Florence: urban layout and seismic vulnerability", *Disegnarecon*, vol.10, 18, pp. X/1-7.
- Münzer J. (2002), *Viaje por España y Portugal*, Editorial Polifemo, Madrid.
- Murphy M., McGovern E., Pavia S. (2013), "Historic Building Information Modelling – Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture", *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 76, pp. 89-102.
- Navagero A. (1983), *Viaje por España (1524-1526)*, Editorial Turner, Madrid.
- Navarro Palazón J. (2005), "Sobre palacios Andalusíes (siglos XII-XIV)", in VV. AA. *Vivir en Palacio en la Edad Media. Siglos XII-XV*. Segovia, Caja Segovia, pp. 111-144.
- Norberg-Schulz C., (1992), *Genius Loci, Paesaggio, Ambiente, Architettura*, Electa, Milano.
- O'Brien J., Marakas G. (2011), *Introduction to Information Systems* (16th Edition), McGraw Hill, New York.
- Orihuela Uzal A. (1996), *Casas y palacios nazaríes. Siglos XIII-XV*. Editorial Ludweg, Barcelona.
- Osello A. (2012), *The Future of Drawing with BIM for Engineers and Architects*, Palermo, Dario Flaccovio Editore.
- Pancani G. (2017), "The historic centre of Poppi, an urban-scale analysis for assesment of seismic risk", *Disegnarecon*, vol. 10, 18, pp. IX/1-10.
- Paris L. (2010), *Quantità e qualità nell'utilizzo dello scanner laser 3D per il rilievo dell'architettura*, en *X Convegno International Espresión gràfica aplicada a la edificaciòn*. vol.1, Alicante, ALCOY: editorial Marfil, pp. 279-289.
- Paris L. (2009), *Il progetto di ripresa nell'acquisizione di dati con lo scanner laser 3D*, in Macera M. (ed.) *Il complesso monumentale del Verlasce in Venafro*, Roma, Kappa Edizioni, pp. 69-74.
- Parrinello S. (2012), *I database e i sistemi di gestione dati georeferenziati GIS, applicazioni per il rilievo e il progetto*, en Bertocci S., Bini M. (ed) *Manuale di rilievo architettonico e urbano*, Torino, Città Studi Edizioni, pp. 418-424.
- Parrinello S. (2012), *Il disegno dell'imperfetto. Esigenze descrittive per l'analisi architettonica*, en APEGA_Asociación de profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación. *Investigación grafica expresión arquitectonica*, Valencia, Editorial Universitat Politecnica de València, pp. 375-381.
- Parrinello S. (2013), *Disegnare il paesaggio, esperienze di analisi e letture grafiche dei luoghi*. Edifir, Firenze.
- Parrinello S. (2014). *Il Santuario di Monte Senario*. Edifir, Firenze.
- Parrinello S. (2012) "Banche dati e sistemi integrati per la gestione del verde urbano", *Disegnarecon*, numero speciale, vol.5, 0, pp. 273-278.
- Parrinello S., Picchio F. (2013), "Dalla fotografia digitale al modello 3D dell'architettura storica", *Disegnarecon*, vol. 6, 12, pp X/1-14.
- Pauwels P., Verstraeten R., De Meyer R., Van Campenhout J. (2008), *Architectural information modeling for virtual heritage application*, en *Digital Heritage – Proceedings of the 14th International Conference on Virtual Systems and Multimedia*, Budapest, Archaeolingua, pp. 18-23.
- Pavón Maldonado B. (1977), "El Generalife", in Pavón Maldonado B. (ed.) *Estudios sobre la Alhambra II, Anejo II de Cuadernos de la Alhambra*, Granada, Urania, pp. 5-19.

- Penttilä H., Rajala M., Freese S. (2007), *Building Information Modelling of Modern Historic Buildings*, en *Predicting the Future: 25th eCAADe Conference Proceedings*, Frankfurt, FH Wiesbaden, pp. 607-613.
- Picchio F. (2016), *Samara e il suo paesaggio urbano, metodologie di analisi e acquisizione dello spazio pubblico*, Edifir, Firenze.
- Piñar Samos J. (ed.) (2003), *Imágenes en el tiempo. Un siglo de fotografía en la Alhambra. 1840-1940*, Granada, Patronato de la Alhambra.
- Prieto-Moreno Pardo F. (1970-1971), "Diario de obras y reparos en la Alhambra y Generalife", *Cuadernos de la Alhambra*, 6-7, pp. 131-135 y 81-83.
- Rinaudo F. (2003), *La tecnica laser scanning: applicazioni architettoniche e urbanistiche*, en Crosilla F., Galetto R. (ed.) *La tecnica laser scanning. Teoria e applicazioni*, Udine, Cism, pp.157-172.
- Rodríguez-Moreno C., Reinoso-Gordo J.F., Rivas-López E.J., Gómez-Blanco A., Ariza-López F.J., Ariza-López I. (2016), "From Point Cloud to BIM: An integrated workflow for documentation, research and Modelling of Architectural Heritage", *Survey Review*, 12/2016, pp. 1-20.
- Salmerón Escobar P. (1997), *La Alhambra: estructura y paisaje*, Granada, Biblioteca De La Alhambra.
- Silicon S. (2013), *GreenSpider, The Autodesk Revit point clouds plugin*, in TCPProject, URL: <<http://www.tcpproject.net/pivotx/?p=greenspider>> [fecha de acceso: 26/09/2017].
- Singh H., Smith D.K., Przybyla J.M. (2009), "Reducing facility management costs through integration of COBIE and LEED-EB", *Journal of Building Information Modeling*, spring volume, pp. 21-23.
- Sutton D. (2007), *Islamic Design, a genius for geometry*, Wooden Books Ltd., Glastonbury.
- Tito Rojo J. (2000), *La colina de la Alhambra y sus jardines en la fotografía del siglo XIX*, en González Alcantud J. A., Barrios Rozúa J. M. (ed.) *La Alhambra. Paisaje y memoria*. Granada, Diputación de Granada. pp. 35-53.
- Tito Rojo J., Casares Porcel M. (2011), *El jardín hispanomusulmán: los jardines de al-Andalus y su herencia*. Granada, Editorial de la Universidad de Granada.
- Torres Balbás L. (1939), "Con motivo de unos planos del Generalife", *Revista Al-Andalus*, IV, pp. 436-445.
- Torres Balbás L. (1965), "Diario de obras y reparos en el Generalife", *Cuadernos de la Alhambra*, 6, pp. 109-130.
- Torres Balbás L. (1948), "Dār al-`Arūsa y las ruinas de Palacios y Albercas Granadinos situados por encima del Generalife". *Al-Andalus*, 13, pp. 185-203.
- Torselli V., "Arte viva e tecnologie digitali", *XÁOS. Giornale di confine*, Anno II, 2. URL: <http://www.giornalediconfine.net/anno_2/n_2/21.htm> [fecha de acceso: 26/09/2017].
- Unali M., (2014), *Atlante dell'abitare virtuale*, Gangemi editore, Roma.
- Underwood J., Isikdag U. (ed.) (2009), *Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies*, IGI-Global, New York.
- Valladar y Serrano F de P. (1913), "El Generalife en los primeros años de la Reconquista", *Revista Alhambra*, 357, pp. 25-28.
- Valladar y Serrano F de P. (1913), "El Generalife en los primeros años de la Reconquista", *Revista Alhambra*, 358, pp. 49-52.
- Valladar y Serrano F de P. (1913), "El Generalife en los primeros años de la Reconquista", *Revista Alhambra*, 359, pp. 73-75.
- Valladar y Serrano F de P. (1913), "El Generalife en los primeros años de la Reconquista", *Revista Alhambra*, 360, pp. 97-100.
- Valladar y Serrano F de P. (1913), "El Generalife en los primeros años de la Reconquista", *Revista Alhambra*, 361, pp. 121-124.
- Valladar y Serrano F de P. (1913), "El Generalife en los primeros años de la Reconquista", *Revista Alhambra*, 362, pp. 145-149.
- Valladar y Serrano F de P. (1922), "El Generalife y sus contornos", *Revista Alhambra*, 549, pp. 66-69.
- Valladar y Serrano, F de P. (1922), "El Generalife y sus

- contornos", *Revista Alhambra*, 550, pp. 93-95.
- Valladar y Serrano F de P. (1922), "El Generalife y sus contornos", *Revista Alhambra*, 551, pp. 115-116.
- Valladar y Serrano F de P. (1922), "El Generalife y sus contornos", *Revista Alhambra*, 557, pp. 262-265.
- Valladar y Serrano F de P. (1922) "El Generalife y sus contornos", *Revista Alhambra*, 558, pp. 290-292.
- Valladar y Serrano F de P. (1923), "El Generalife y sus contornos". *Revista Alhambra*, 559, pp. 10-12.
- Valladar y Serrano F de P. (1923), "El Generalife y sus contornos", *Revista Alhambra*, 560, pp. 36-39.
- Valladar y Serrano F de P. (1923), "El Generalife y sus contornos", *Revista Alhambra*, 561, pp. 89-91.
- Valladar y Serrano F de P. (1923), "El Generalife y sus contornos", *Revista Alhambra*, 562, pp. 129-131.
- Valladar y Serrano F de P. (1923), "El Generalife y sus contornos", *Revista Alhambra*, 563, pp. 224-226.
- Van Riel, S. (2012), *Alcune precisazioni sul consolidamento degli edifici storici*, en De Vita M. (ed.) *Architetture rurali della Toscana, Esperienze di un laboratorio di restauro*, Città di Castello, Alinea editrice, pp. 24-34.
- Vílchez Vílchez C. (1988), *La Alhambra de Torres Balbás*, Granada, Editorial Comares.
- Vílchez Vílchez C. (1991), *El Generalife*, Granada, Proyecto Sur.
- Viñes Millet C. (1982), "La acequia Real de la Alhambra. Notas acerca de su distribución", *Cuadernos de la Alhambra*, 18, pp. 183-206.
- Voltolini F., Remondino F., Pontin M., Girardi S., Rizzi A., Gonzo L., (2012), *Integrazione di fotogrammetria e laser scanner per la documentazione di beni culturali*, en *Atti della 10a Conferenza Nazionale ASITA Federazione italiana delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali*, Varese, Artestampa, pp. 1869-1874.
- Williams P. (2007), *Building information modelling poised to revolutionize building design and construction*, en *Daily Commercial News and Construction Record*, 14 December, URL: <<http://dailycommercialnews.com/en-US/Technology/News/2007/12/Building-Information-Modeling-poised-to-revolutionize-building-design-and-construction-DCN025710W/>> [fecha de acceso: 26/09/2017].
- Wong J., Yang J. (2010), *Research and application of Building Information Modelling (BIM) in the Architecture, Engineering and Construction (AEC) industry: a review and direction for future research*, en *Proceedings of the 6th International Conference on Innovation in Architecture, Engineering & Construction (AEC)*, Pennsylvania, State University, pp. 356-365.
- Wright F. L., (1985), *Una autobiografía*, Jaca Book, Milano.
- Zihua X., Wu L., Shen Y., LI F., Wang Q., Wang R. (2014), "Tridimensional Reconstruction Applied to Cultural Heritage with the Use of Camera-Equipped UAV and Terrestrial Laser Scanner", *Remote Sensing*, 6(11), pp.10413-10434.
- Zoppi M. (2009), *History of the european garden*, Alinea, Firenze.

Impreso en el mes de septiembre 2017
por Pavia University Press
Ediciones de la Universidad de Pavia