

LA FUNCIÓN DEL DIGITALIZADOR TRIDIMENSIONAL (SCANNER LÁSER 3D) EN LA PRODUCCIÓN ACTUAL DE LEVANTAMIENTOS ARQUITECTÓNICOS

Ignacio Bosch Reig^a, José Herráez Boquera^b, Pablo Navarro Esteve^b, M^a Paz Cortés Alcober^a y Juan Serra Lluch^a
 Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la Universidad Politécnica de Valencia

^aUnidad de Análisis e Intervención en la Arquitectura Monumental e Histórica

^bLaboratorio Fotogramétrico

AUTOR DE CONTACTO: José Herráez Boquera, jherraez@cgf.upv.es

RESUMEN: *La evolución de la instrumentación para la obtención de cartografía desde los métodos de fotogrametría de principio de siglo basados en mediciones angulares y un pequeño apoyo topográfico. Con la aparición de instrumentos capaces de medir distancia rápidamente (100 puntos por segundo), la fotogrametría ha evolucionado pues ahora integra la medición de distancia dentro de su propio ámbito. La combinación de mediciones angulares y de distancia con scanner de láser y tomas fotogramétricas se revelan como un método sencillo y rentable de obtención de modelos tridimensionales, así como cualquier tipo de representación bajo límites muy poco estrictos. Sin embargo dado el tamaño de los archivos generados se requiere para su óptimo aprovechamiento el desarrollo de nuevas aplicaciones que permitan obtener las representaciones deseadas con equipos de bajo coste.*

PALABRAS CLAVE: escaner-láser, cyrax, reconstrucción 3D, digitalizador, levantamiento arquitectónico, fotogrametría

INTRODUCCIÓN

La aparición de los digitalizadores tridimensionales ha supuesto una enorme simplificación respecto al tradicional método fotogramétrico. No sólo porque se simplifica el trabajo de campo (preseñalización, apoyo topográfico, fotogramas, etc.), sino porque el modelo puntual que se obtiene puede observarse en cualquier tipo de proyección y situarse en las posiciones habituales de planta, alzado y perfil, tal como se necesitan para la elaboración de las proyecciones diédricas. En la fotogrametría tradicional el modelo se puede observar tridimensionalmente a partir de los fotogramas, pero siempre en proyección cónica. Las nubes de puntos del scanner son manejables y podemos disponer (aunque en forma de nubes de puntos) cualquier tipo de proyección. Además es posible obtener secciones del modelo puntual.

El trabajo de restitución propiamente dicho sigue siendo, al igual que en fotogrametría, lento y laborioso. Capturar y unir puntos en 3D necesita o bien la utilización de software específico que pueda mover archivos muy grandes (Cyclone Cloudwork) o trabajar con secciones reducidas de la nube puntos. En la práctica, nuestro equipo se decanta por soluciones más rápidas como colocar la nube de puntos en la proyección adecuada y digitalizar sobre una imagen (JPG, BMP, etc.) determinada.

MEDICIONES DE PRECISIÓN CON EL EQUIPO DE ESCÁNER-LÁSER

El equipo de escáner-láser 3D que se ha utilizado se denomina CYRAX 2500 y se caracteriza porque emplea un rayo láser verde de rápido disparo. Es un láser del tipo pulso, de clase II, seguro para la vista.

El rayo producido presenta un diámetro de 6 milímetros en un rango de medición que abarca desde 1,5 metros hasta 50 metros, según las especificaciones del aparato. Sin embargo, tras efectuar el manejo del equipo en campo, se ha llegado a la conclusión de que el rayo es operativo hasta un alcance de 150 metros.

El láser está fabricado con electrónica de última generación, que permite la realización de medidas a gran velocidad. Así, la velocidad de medición es de una columna por segundo y la velocidad máxima es de mil puntos por columna (segundo).

El funcionamiento del equipo escáner-láser emplea la siguiente secuencia:

- 1 - El láser es disparado y alcanza la superficie a escanear.
- 2 - Una parte del rayo láser es reflejada hacia el escáner.
- 3 - El escáner detecta el pulso de retorno.
- 4 - Finalmente, la electrónica del aparato determina la cantidad de tiempo empleada por el pulso láser en salir y regresar al equipo.

Conociendo la velocidad del rayo, el sistema determina a qué distancia ha viajado el pulso. El CYRAX 2500 puede calcular la distancia con precisión de 3 mm. dentro de un rango de 50 metros y genera muestras incluso más allá de ese rango, como se ha comentado.

El escáner utiliza un par de espejos motorizados de alta velocidad y de alta precisión para controlar la dirección del pulso láser mientras sale del sistema.

La exactitud angular de los motores es lo suficientemente adecuada como para dirigir el rayo láser a puntos dentro de 2 milímetros en el rango de alcance.



Figura 1. Escáner Cirax Láser 2500

Los ángulos de los espejos y la distancia a la superficie muestreada, cuando se combinan, pueden ser convertidos en un sencillo punto en coordenadas cartesianas. Estas coordenadas son relativas al escáner, y tienen una exactitud agregada esperable de al menos 6 milímetros.

Junto con los valores en coordenadas cartesianas de cada uno de los puntos escaneados, el láser también obtiene la intensidad obtenida del impulso reflejado en cada punto. Este valor de intensidad es una medida del color y textura de los objetos en los que refleja el láser.

El escáner tiene un campo de visión de 40x40 grados. Una cámara de ángulo amplio embebida en el escáner tiene el mismo campo de visión y toma imágenes de la escena frente al aparato. Esto permite al usuario ver la escena que es visible al escáner usando la ventana de control de escaneado.

Empleando la imagen como guía, se puede seleccionar una región de interés arrastrando un cuadro rectangular de selección en la ventana de control de escaneado. La región puede ser, por tanto, el campo de visión entero, o sólo una posición del mismo. Este sistema de selección permite un escaneado eficiente.

Además, la resolución o número de puntos que serán adquiridos, también se puede especificar en las direcciones horizontal y vertical independientemente. El equipo permite escanear una malla rectangular. Cyclone muestra los puntos que son recogidos en tiempo real en el visor del denominado espacio modelo abierto desde la ventana de control de escaneado. Se puede manipular la vista o realizar otras tareas mientras el sistema está escaneando sin interferir en dicha operación.

A causa de la naturaleza radial del barrido del escáner, ya que el rayo es disparado desde un punto central, los puntos recogidos más cerca del plano objetivo tienen un espaciado menor entre ellos, y los obtenidos más allá del plano presentan espaciados mayores,

MEDICIÓN DE LOS PUENTES DE SERRANOS Y TRINIDAD MEDIANTE EL EQUIPO LÁSER

Se ha realizado la medición de ambos puentes utilizando el equipo láser y realizando escaneos de pequeñas áreas del puente de modo que el empalme de todas las pequeñas áreas cubrieran la totalidad del puente.

El trabajo se ha realizado en las siguientes fases:

1. Realización de las sucesivas estaciones de scanner para obtener modelos independientes de precisión, de pequeñas áreas del puente.
2. Empalme de los sucesivos modelos para formar uno único.

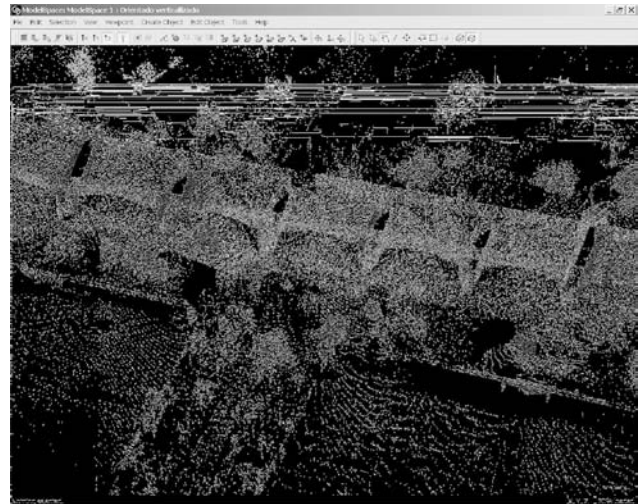


Figura 2. Vista en perspectiva de la malla de puntos

3. Establecimiento de un único sistema de coordenadas por cada puente de modo que se pudieran dibujar planos de planta alzados y secciones.

En la primera fase se ha realizado un máximo de 3 estaciones del scanner por cada ojo en cada lado del puente. En cada estación se ha obtenido un mallado de puntos fijando como objetivo la malla aproximadamente centimétrica.

El empalme de las decenas de modelos obtenidos en cada puente en cada lado y partes inferiores de los arcos permitió formar un único modelo geométrico de puntos de alta resolución.

Para la generación de las representaciones se eligió un sistema de coordenadas basado en la vertical y la dirección del eje del puente.

Para el manejo de la muy alta densidad de puntos se exportó el conjunto a formato pts, creando un programa de gestión que permitiera la simplificación del archivo completo en pequeños archivos donde pudiera seleccionarse el intervalo de coordenadas en que se desee trabajar.

OBTENCIÓN DE LAS REPRESENTACIONES DE PLANTAS, ALZADOS Y SECCIONES

Como se ha dicho anteriormente, la base geométrica para la obtención de las representaciones necesarias se obtiene a partir de la nube de puntos generada mediante el scanner, que permitirá representar la totalidad de las líneas necesarias, bien directa o indirectamente.

El proceso de la representación se realiza por áreas de trabajo, de modo que la suma de todas ellas cubra todas la representaciones a realizar.

La selección de cada área de trabajo se realizó por unidades estructurales, de modo que el trabajo en éstas requiere la selección en la nube de puntos de los que sean necesarios en esa representación.

Como se ha dicho anteriormente para esta fase se diseñó un programa de re-selección de puntos que permitiera con agilidad la creación de nuevos archivos de puntos resultantes del remuestreo del original con las limitaciones de área correspondientes al área de trabajo y al tipo de representación que se está realizando (sea planta, alzado, perfil o sección) de modo que no aparezcan puntos que no sean necesarios para la representación.

Importada la nube de puntos a AUTOCAD, dibujamos su posición absoluta en el espacio directamente sobre la nube de puntos. Dibujamos así todos los elementos que visualmente no tienen ninguna duda. En esta fase, como la nube de puntos es muy precisa y tridimensional puede obtenerse una representación plana (2D), para su impresión, o tridimensional (3D), para su gestión en un modelo virtual. En este proyecto sólo fue necesaria la primera opción (2D).

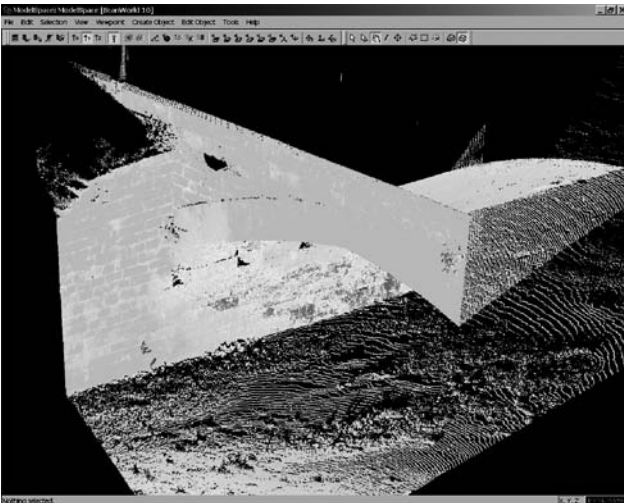


Figura 3. Vista en perspectiva del modelo

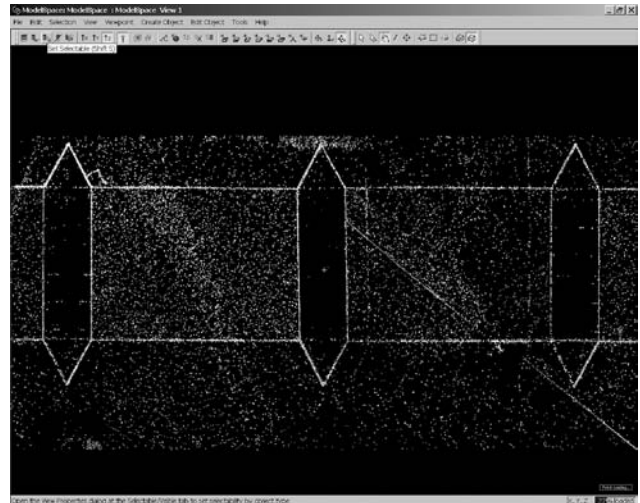


Figura 4. Planta de tres tajamares en el puente de Serranos

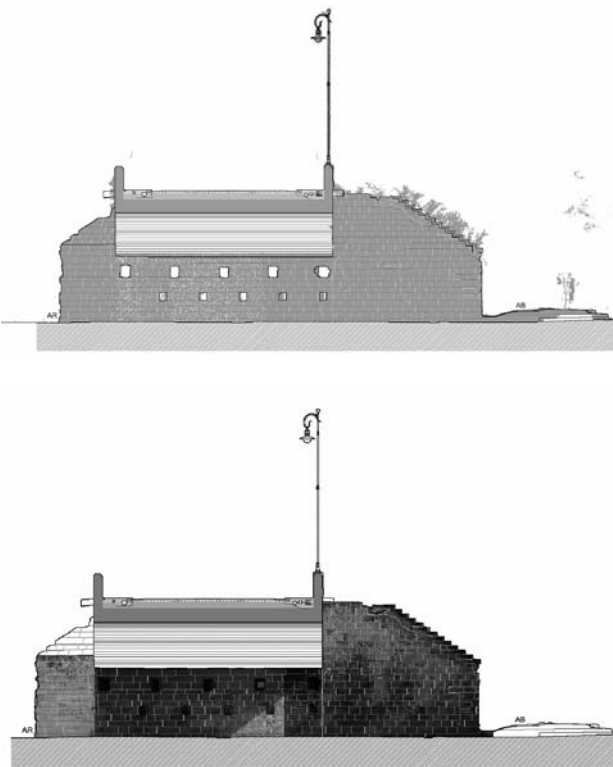
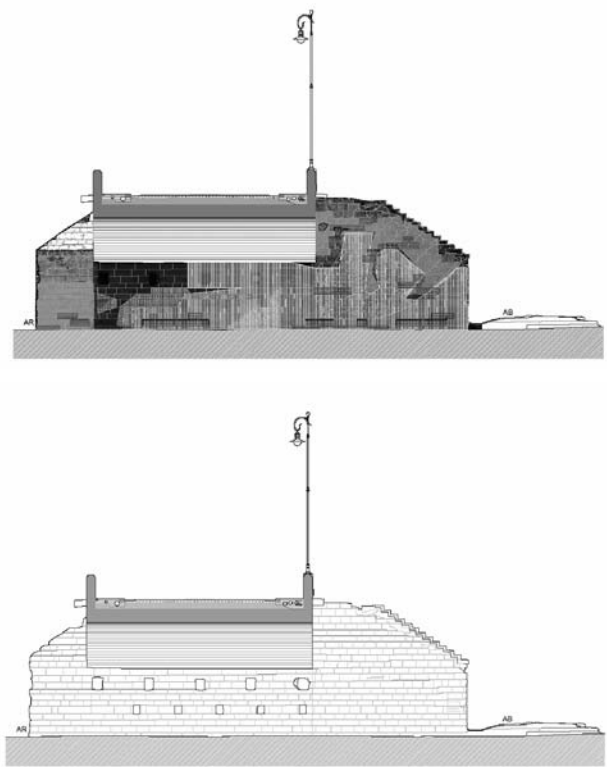


Figura 5. Vistas de alzados interiores



Por este procedimiento pudo representarse prácticamente toda la geometría de la estructura de los puentes, a falta de parte del despiece de los diversos bloques de piedra y los escasos daños estructurales y enfermedades de la piedra. Ello es debido a que en ese momento aún no se disponía de un software para incorporar a la nube de puntos la textura original obtenida a partir de fotografías de la misma área. Así pues los detalles geométricos basados en diferencias de color aún no eran visibles sobre la nube de puntos. Esto se resolvió de un modo alternativo superponiendo en AUTOCAD fotos digitales de buena resolución sobre la propia geometría de la nube de puntos. El método tiene la ventaja, sobre imponer color a la nube de puntos, que impone color también a los espacios entre los puntos, dando mucho mayor detalle a la imagen sobre la que dibujamos.

El ajuste de la imagen sobre AUTOCAD se realizó rectificando cada imagen en cada área de trabajo, con la ayuda del programa IRAS/C. Para ello en cada área que pudiera considerarse plana se seleccionó en la mejor imagen, 4 puntos bien distribuidos, obteniéndose sus coordenadas espaciales de la nube de puntos.

Introducidos los 4 puntos por sus coordenadas en el programa IRAS/C y la imagen se realizó a ésta:

1. Ajuste geométrico de la imagen con georeferenciación con una transformación proyectiva sobre los 4 puntos seleccionados.

2. Selección de un área rectangular que englobe el área de trabajo y recorte de la imagen rectificadas sobre el ésta área.
3. Creación en AUTOCAD del marco ajustado al área rectangular anterior (de recorte de la imagen), e insertado de la imagen anteriormente recortada (tras ser ajustada).

Con la ayuda de la nube de puntos y de la imagen ajustada la representación (2D) del resto de elementos resultó sencilla y completa ya que las imágenes utilizadas disponían de buena calidad y buen detalle.

BIBLIOGRAFÍA

- Beraldin, J.-A. (2004): "Integration of Laser Scanning and Close-Range Photogrammetry, - The Last Decade and Beyond", XXth Congress. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing. Commission VII, págs. 972-983. NRC 46567. Istanbul, Turkey, 2004.
- Boehler, W., (ed.) (2002): "Scanning. for cultural heritage recording. Corfu, Greece", en Proceedings of the CIPA WG 6 International Workshop. CIPA, Thessaloniki, 2002.
- Boehler W. ; Heinz, G., Marbs, A. (2001): The Potential of Non-Contact Close Range Laser Scanners for Heritage Recording Purposes. CIPA. Postdam.
- Bosch Reig, I.; Herráez Boquera, J.; Navarro Esteve, P. (1999): "Basílica de Nuestra Señora de las Desamparados. Reconstrucción Gráfica: levantamiento planimétrico", en EGA: Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica, 5. Universidad de Navarra. Pamplona.
- Bouroumand, M.; Studnicka, N. (2004): "The Fusion Of Laser Scanning And Close Range Photogrammetry In Bam Laser-Photogrammetric Mapping Of Bam Citadel (Arg-E-Bam)/Iran", en XXth Congreso ISPRS, Commission 5. Estambul.
- Bryer, A. (2003): Technologies pour le levé de monuments historiques: la photogrammétrie digitale comparée au laser scanner 3D. Levé de l'Arc d'Auguste à Aoste en Italie. Tesis Doctoral. Conservatoire National des Arts et Métiers. Paris.
- Chazali, E; Laroze, E. (2003) : "La relevé par escannage 3D cu temple d'Opet á Karnak, Egvpte", en Revue XYZ. N° 102. 21-26.
- CHI-YUAN YU et al. (2003): "The 3D scanner for measuring body surface area: a simplified calculation in the Chinese adult", en Applied Ergonomics, Volume 34, Issue 3, 273-278.
- D'Apuzzo, N. (2002): "Modeling human faces with multi-image Photogrammetry", en Corner, B. D., Parcas, R., Nurre, J.H. (EDS.), Three-Dimensional Image Capture and Applications V, Proc. of SPIE, Vol. 4661, San Jose, USA, 191-197.
- Dekeyser, F. ; Gaspard, F.; de Luca, L.; Lorenzano, M.; Chen, X.; Leray, P. (2003): Relevé du patrimoine architectural par relevé laser, vision par ordinateur, et exploitation des règles architecturales. Maquette Virtuelle et Patrimoine. Cluny.
- Der Rio Cidoncha, M. G.; Martínez Palacios, J.; Martín Salinas, J.; Ortiz Marín, R. (1999): "Estudio Comparativo de las Características para el Modelado Sólido en 3d de dos Aplicaciones Pro/Engineer y Mechanical Desktop", en XI Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. 1181-1192. Universidad Pública de Navarra. Pamplona.
- Docci, M. (1964): Principi di fotogrammetria e restituzione prospettica da architettura. Astra editrice. Roma.
- Docci, M.; Migliari, R. (1993): "Photogrammétrie et théorie de la représentation en Architecture". ICOMOS International Committee on Architectural Photogrammetry. Sri Lanka Central Cultural Foundation. Colombo.
- Escarpa Sánchez-Garnica, F.J.(2002): Introducción a los Sistemas de Medición Tridimensional con Láser. Mapping. Septiembre.
- Forest Collado, J. (2005): New methods for triangulation-based shape acquisition using laser scanners. Universitat de Girona. Girona.
- Grammatikopoulos, L.; Kalisperakis, I.; Karras, G.; Kokkinos, T.; Petsa E. (2004): "On Automatic Orthoprojection and Texture-Mapping of 3d Sur/ace Models", en XXth Congreso ISPRS. Commission 5. Estambul, 2004.
- Herráez Boquera, J.; Navarro Esteve, P. (1997): "Una práctica de fotogrametría desde principio a, jin. Fotogrametría aplicada a la arquitectura", en Resumen de las II Jornadas de Fotogrametría Arquitectónica. Ed. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid, Valladolid.
- Herráez Boquera, J.; Martínez Llarío, J. C. (2002): Modelado fotogramétrico de objetos mediante secuencias de video con imposición de condiciones de borde. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Herráez Boquera, J; Barrera, J.A.; Herrández Macías, D. (2005): "La muralla almohade de Sevilla. Aplicación de tecnologías de vanguardia a los levantamientos en arqueología y restauración", en Aparejadores. Sevilla. 48 - 55
- Lambers, K.; Sauerbier, M., Grun, A. (2004): La aplicación de la fotogrametría y el escaneo láser en la documentación de geoglifos y asentamientos arqueológicos en Palpa .v Nasca., Peru / Nuevos métodos y tecnologías para la investigación arqueológica en Palpa, Perú. Goethe-Institut. Lima.
- Sánchez Moreno, F. M. (2000): Reconstrucción 3D con iluminación láser: Aplicaciones a la Fotogrametría industrial. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Scopigno, R. (2002): "Three-dimensional modelling of statues: the Minerva of Arezzo". Journal of Cultural Heritage, Volume 3, Issue 4, Pág. 325-331, 2002.
- Thibault, G. (2001): "3D modeling of the Cosquer Cave kv laser survey, en ICOMOS, 2001", en International Newsletter on Rock Art 28.
- Van den Heuvel, F. (1998): "3D reconstruction from a single image using geometric constraints". I.S.P.R.S. en Journal of Photogrammetry & Remote Sensing. Volume 53 N° 6, December.
- Vosselman, G.; Dijkman, S. (2001): "3D building model reconstruction from point clouds and ground plans". en International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume XXXIV-3/W4. Annapolis, MD.

English version

TITLE: *Applications of the 3D laser scanner in the production of architectural drawing*

ABSTRACT: *It is described the evolution of the instrumentation employed in cartography, starting from the photogrammetric methods from the beginning of the last century, based on angular measures and a topographic support. With the development of instruments capable of measuring distances efficiently (100 spots per second), photogrammetry evolved to a subject that, nowadays, includes the measuring of distances by itself. The combination of angular measures and distance by means of a laser scanner and photogrammetric instruments are a simple and affordable method for achieving three-dimensional models, as well as any other sort of representation with few limitations. However, the size of the archives generated, necessary for the optimization of the information, calls for the development of new applications that allow processing the desired information with low budget equipment.*

KEYWORDS: *laser scanner, Cyrax, 3D reconstruction, digitalizer, architectural survey, photogrammetry*