

CAPÍTULO 68

Ingeniería inversa
¿en qué punto nos encontramos?

MANUEL SÁNCHEZ FERNÁNDEZ

La llamada Ingeniería Inversa, documentación de lo ya construido, es una técnica con cierta trayectoria. En particular, en lo que levantamientos arquitectónicos se refiere, comenzó siendo realizada mediante topografía clásica. Con la llegada de la Fotogrametría Terrestre, esta labor se vio considerablemente revolucionada, permitiendo formar modelos tridimensionales escalados con pares de imágenes fotográficas. En estos últimos años coexisten la Fotogrametría Terrestre junto con los levantamientos con Láser Escáner Terrestre. En el ámbito de la investigación, ambas técnicas, se utilizan por igual, existiendo diferencias considerables entre ellas. Tanto con Fotogrametría Terrestre como con Láser Escáner llegamos a obtener productos similares aunque con diversas diferencias. Una de las grandes diferencias que separan estas dos técnicas reside en la inversión inicial, siendo el equipamiento de la Fotogrametría Terrestre considerablemente menos costoso que el equipo necesario para levantamientos con Láser Escáner. A día de hoy, no se ha establecido un rango de utilización razonado que defina qué técnica es más apropiada en según qué labor o para según qué productos. Analizando esta cuestión en profundidad podremos ver cómo con Láser Escáner vamos a conseguir mejores resultados en modelos tridimensionales complejos, así como una metodología de trabajo más simple, por otro lado llegaremos a la conclusión que, para levantamientos de fachadas simples o modelos tridimensionales no muy complejos, la fotogrametría terrestre nos ofrece una solución rápida, eficaz y económica. El estudio se ha realizado habiendo diferenciado el empleo de estas técnicas en los ámbitos de la Documentación del Patrimonio y de labores de Levantamientos Técnicos.

Dadas las técnicas introducidas, mi Trabajo Fin de Máster y una vez finalizado éste, mi Tesis Doctoral, se basa en la combinación de estas técnicas con otras, como estudios acústicos, para la auscultación de diferentes aspectos de construcciones en el ámbito de la Ingeniería Civil.

Para estudiar la evolución histórica en cuanto a ingeniería inversa se refiere, hemos de tener en cuenta la evolución que ha tenido ésta, sobre todo estudiando las técnicas que mayor plenitud le han aportado. Estas técnicas son la Fotogrametría Terrestre y el Láser Escáner Terrestre. Cada una de estas técnicas nos va a aportar cualidades diferentes las cuales van a marcar considerablemente la forma de realizar la labor de levantamientos arquitectónicos. Éstas han aparecido en puntos de la historia diferente, pero es en la actualidad, como no podría ser de otra forma, cuando gozan de plenitud en cuanto a desarrollo se refiere.

Diferentes autores definen procedimientos habituales en campo y gabinete para las técnicas estudiadas. Podremos hacernos una idea de qué técnica es más o menos funcional dependiendo del producto que requiramos (García y De Paula, 2012; Mañana, Blanco-Rotea

y Rodríguez, 2009; Núñez, Buill, Regot y De Mesa, 2012; Rodríguez, Valle, Casar y Esteban, 2008). Si se analizan los resultados que podemos obtener, dependiendo de la técnica que utilicemos, se observa que para levantamientos arquitectónicos de formas geométricas simples es mucho más económico utilizar la fotogrametría terrestre, siendo igual de funcional que con la técnica de Láser Escáner Terrestre.

Si bien se quiere realizar el levantamiento completo de una edificación, pretendiendo unir interiores y exteriores, así como las diferentes estancias, la técnica más idónea va a ser el Láser Escáner.

Fotogrametría Terrestre

Durante décadas la Fotogrametría terrestre ha sido la técnica empleada para la documentación de elementos existentes en 3D (Núñez *et al.*, 2012).

Esta técnica, basada en la estereoscopia formada por un par de fotogramas, precisa de la realización de al menos dos fotografías con una zona en común, así como conocer los parámetros de orientación interna de la cámara fotográfica empleada, y una serie de coordenadas de puntos situados en el objeto claramente identificables en la zona de solape del par de fotogramas citados.

Esta técnica ha existido desde los tiempos en que existían cámaras métricas analógicas hasta llegar al uso de cámaras digitales y *software* específicos desarrollados en torno a estas cámaras.

Dentro de un proceso fotogramétrico hemos de cumplimentar distintas fases (Núñez *et al.*, 2012):

- Toma fotográfica del objeto a documentar así como toma topográfica de los puntos de control que vayamos a requerir.
- Restitución de elementos, mediante líneas y puntos. Esto lo conseguimos a partir de la estereoscopia conseguida por un par de fotogramas (Puntos Homólogos).
- Aplicación de las transformaciones precisas para tener un modelo referenciado.

Los diferentes métodos de representación que podemos obtener por fotogrametría tenemos (Mañana *et al.*, 2009; Núñez *et al.*, 2012):

- Restitución: conseguimos las coordenadas espaciales de los puntos a partir de un mínimo de dos fotografías. Trabajamos entonces en la zona de recubrimiento.

En la actualidad los *softwares* de tratamientos de datos fotogramétricos identifican puntos homólogos de forma automática de modo que con varias fotografías podemos obtener modelos de nubes de puntos similares a los obtenidos por Láser Escáner.

- Rectificación. Nos proporciona información bidimensional.
Este proceso se basa en modificar la perspectiva de la fotografía de modo que la deja perpendicular al plano de interés.
- Ortofotografía. Lo podemos definir como el método fotogramétrico de obtención de cartografía 2D, corrigiendo las deformaciones producidas en la imagen. El resultado es una nueva imagen fotográfica digital corregida.

Láser Escáner Terrestre (TLS)

Hoy día vivimos bajo la revolución de los sistemas de escaneo láser 3D. Estos sistemas son capaces de medir millones de puntos por segundo y de esta forma poder caracterizar geoméricamente un objeto existente (Mañana *et al.*, 2009; Rodríguez *et al.*, 2008).



Figura 1. Documentación de la Ciudad Monumental de Plasencia. Con TLS Leica C10. Elaboración Propia. Equipo del grupo de investigación NEXUS (Ingeniería Territorio y Patrimonio).

Esta es una técnica novedosa por lo que se investigan las características de los equipos que se utilizan así como la forma de empleo y tratamiento de los datos obtenidos.

En la Figura 1 podemos ver uno de los TLS comercializado por la casa comercial Leica. Es un C10 lanzado en 2010.

Los equipos TLS se pueden clasificar principalmente según forma en que el equipo realiza la medición. Encontrando de esta forma equipos basados en la medición, del tiempo de vuelo (TOF), de la diferencia de fase y escáneres de basados en la triangulación óptica. Las diferencias entre estos tipos de escáneres son: la precisión de la medición, número de puntos por segundo medidos y distancias máximas y mínimas de medición. Las cualidades descritas han de ser valoradas a la hora de documentar un objeto o construcción.

El volumen de la información obtenida a partir de los sistemas TLS es considerable (1-4 GB, de datos sin tratar en un trabajo estándar), esto dificulta su tratamiento y almacenamiento. El mismo problema nos encontramos con la fotogrametría terrestre.

Otro de los hándicap a superar con este tipo de técnicas es la transcendencia en el tiempo de los datos tomados. Esto es porque la totalidad de los datos obtenidos se han de almacenar de forma digital (García y De Paula, 2012).

Visto el desarrollo de las técnicas estudiadas a día de hoy el siguiente paso es determinar los límites entre estas dos técnicas de modo que los levantamientos arquitectónicos dependiendo del fin que vayan a tener éstos se utilice la técnica más adecuada.

En la Figura 2 podemos observar una vista general del resultado obtenido a partir de tomas con láser escáner terrestre.



Figura 2. Nube de puntos de la Ciudad Monumental de Plasencia. Procesada en el Software Cyclone. Elaboración Propia.

REFERENCIAS

- García, D. F. y De Paula, F. (2012). El Láser-Escáner 3D aplicado al patrimonio arquitectónico de Priego de Córdoba: la Torre del Homenaje. *ANTIQUITAS*, 24, 277-302.
- Mañana, P.; Blanco-Rotea, R. y Rodríguez, A. (2009). La documentación Geométrica de Elementos Patrimoniales con Láser Escáner Terrestre. La experiencia del Lapa en Galicia. *Cuadernos de Estudios Gallegos*, LV(122), 33-65.
- Núñez, M. A.; Buill, F.; Regot, J. y De Mesa, A. (2012). Levantamiento arquitectónico de la Puerta de Antioquía (Alepo). *Informes de la Construcción*, 64(528), 487-496.
- Rodríguez, A.; Valle, J. M.; Casar, P.; Ignacio, J. y Esteban, J. (2008). *Aportaciones metodológicas a la gestión y explotación de nubes de puntos procedentes de escáneres tridimensionales, aplicados a la documentación geométrica del patrimonio. El caso de la Portada de los Hierros de la Catedral de Valencia*. IX Congreso Internacional de Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico y Edificación, Sevilla, España.

APUNTES BIOGRÁFICOS

Manuel Sánchez Fernández (Castuera, 15 de octubre de 1989) es Graduado en Ingeniería Civil – Construcciones Civiles por la Universidad de Extremadura. Becario de investigación desde el 2014 en el grupo de investigación NEXUS (Ingeniería Territorio y Patrimonio), de la UEX, en la Escuela Politécnica de Cáceres.

Contacto: msanchezdte@alumnos.unex.es