

METODOLOGÍA PARA LA EXPLOTACIÓN DE DATOS ESCÁNER LASER TERRESTRE EN SIG PARA ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD FÍSICA AL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO ⁽²⁾

Pau Queraltó Ros

Geógrafo. Máster en SIG. Máster en Gestión y Valoración Urbana. Investigador en formación del CPSV
pau.queralto@upc.edu

Alejandro Marambio Castillo

Arquitecto. Coordinador Técnico del Laboratorio de Modelización Virtual de la Ciudad, LMVC
alejandromarambio@upc.edu

Pilar García Almirall

Dr. Arquitecto. Catedrática. Directora del Laboratorio de Modelización Virtual de la Ciudad, LMVC
pilar.garcia-almirall@upc.edu

Av. Diagonal 649, 4ª Planta, Barcelona, España
Teléfono: + 34 93 4016396
Departamento de Construcciones Arquitectónicas I
Centre de Política de Suelo y Valoraciones
Universidad Politécnica de Cataluña

Palabras clave: Accesibilidad, Escáner Láser Terrestre (ELT), Sistemas de Información Geográfica (SIG)
Keywords: Accessibility, Laser Scanner, Geographical Information System

(2) Esta ponencia se desarrolla como parte de las investigaciones realizadas el marco del Proyecto PATRAC. "Patrimonio Accesible: I+D+i para una Cultura sin Barreras", financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, MICINN, en la Convocatoria de Concesión de Ayudas del Programa Nacional de Proyectos de cooperación público-privada en el Subprograma de apoyo a Proyectos Singulares Estratégicos del año 2006 y siguientes. (PS-380000-2006-2).

Resumen

La posibilidad de conocer y disfrutar del patrimonio arquitectónico de una ciudad ha sido inicialmente objeto de investigaciones y acciones por parte de las administraciones públicas y, en los últimos años, ha constituido el principal tema de estudio de la comunidad científica especializada en accesibilidad. Esto se debe por un lado a la creciente tendencia a promover el turismo cultural mediante la valorización de los recursos patrimoniales propios y, por otro lado, al interés de identificar y solucionar incidencias relacionadas con la accesibilidad física que permitan adoptar medidas para eliminar los obstáculos en el entorno físico, especialmente para aquellos colectivos de personas que sufren algún tipo de discapacidad.

Existen determinados parámetros a tener en cuenta en un estudio de accesibilidad, como por ejemplo la existencia de pendientes o desniveles insuperables, el diseño y ubicación del mobiliario y la dimensión de los accesos, entre otros. El objetivo general de esta investigación es analizar la posibilidad de utilizar datos proporcionados por Escáner Láser Terrestre (TLS) para determinar y calcular algunos parámetros que permitan realizar una evaluación del grado de accesibilidad de un determinado entorno físico con valor histórico-arquitectónico.

El TLS es un instrumento topográfico que permite obtener gran cantidad de medidas en forma de millones de coordenadas espaciales en el sistema de referencia propio del instrumento, y en un tiempo relativamente breve. Con la repetición de las medidas desde distintas posiciones sucesivamente y su posterior unión en un único sistema de referencia a través del reconocimiento de puntos homólogos, es posible obtener un modelo 3D de un entorno complejo. La nube de puntos global obtenida se complementa e integra con imágenes digitales a alta resolución y se optimiza para una mejor gestión de los datos.

Una vez optimizada la nube de puntos, se pueden generar modelos digitales del terreno, a partir de los cuales y mediante análisis efectuados en un Sistema de Información Geográfica (GIS) es posible obtener

un mapa de pendientes. Esta información es de gran relevancia pues permite la aplicación de criterios de accesibilidad y la evaluación de medidas encaminadas a asegurar la accesibilidad sobre el modelo virtual del entorno físico analizado, determinar una anchura insuficiente o la presencia de escalones u otros obstáculos.

De la aplicación de la metodología propuesta a casos concretos se pretende validar su eficacia. Demostrar cómo a partir de la información aportada por el escáner laser, se puede explotar en un GIS, para evaluar algunos de los principales parámetros de accesibilidad física al patrimonio arquitectónico.

Abstract

The ability to know and enjoy the city's Architectural Heritage has been the main subject of studies by public authorities and the scientific community, specializing in research projects concerning accessibility planning in the last years. This is partly due to the growing trend to promote cultural tourism by promoting the assets themselves and, secondly, the interest to identify and fix issues related to physical accessibility for taking steps to eliminate barriers from the physical environment, especially for those groups of people with disabilities.

There are certain parameters to be considered in a study of accessibility, such as gradients or slopes, design and location of furniture and the dimensions of access, among others. The overall objective of this project is to analyze the possibility of using data from Terrestrial Laser Scanner (TLS) to determine and calculate some parameters that allow an assessment of the degree of accessibility of particular physical surroundings with architectural and historical value.

The TLS is a surveying instrument for obtaining large number of measures in the form of millions of spatial coordinates in the reference frame of the instrument itself, and in a relatively short time. With repeated measures from different positions successively and subsequent union into a single reference system through the recognition of homologous points, one can obtain a 3D model of a complex environment. The global point cloud obtained complements and integrates with high-resolution digital images and is optimized for better data management. Once optimized the point cloud, can generate digital terrain models, from which and through analysis in Geographic Information System (GIS) can yield a slope map. This information is very important because allows the application of accessibility criteria and evaluation measures to ensure the accessibility of the virtual model of the physical environment analyzed to determine an insufficient width or the presence of steps or other obstacles.

The implementation of the proposed methodology to specific cases is to validate its effectiveness. Demonstrate how from the information provided by the laser scanner, can be exploited in a GIS environment, to assess some of the main parameters of physical accessibility for Architectural Heritage.

1. Introducción

La posibilidad de conocer y disfrutar del patrimonio arquitectónico de una ciudad ha sido inicialmente objeto de investigaciones y acciones por parte de las administraciones públicas y, en los últimos años, ha constituido el principal tema de estudio de la comunidad científica especializada en accesibilidad. Históricamente, las personas han tratado de adaptar el entorno a sus necesidades. Hoy en día, el diseñar adecuadamente un entorno implica tener en cuenta a todos los usuarios. Por ello, la accesibilidad ha pasado a ser una característica básica a tener en cuenta desde el inicio de cualquier proyecto, lo que introduce la cuestión de cómo intervenir el patrimonio histórico para hacerlo accesible y poder solucionar incidencias relacionadas con la accesibilidad física que permitan adoptar medidas para eliminar los obstáculos en el entorno físico, especialmente para aquellos colectivos de personas que sufren algún tipo de discapacidad. A pesar de ello, la posibilidad de actuación sobre estos bienes es limitada debido a las necesidades de conservación de los mismos como parte fundamental de la cultura.

Teniendo en cuenta los antecedentes existentes en la comunidad científica, no encontramos referencias de investigaciones que utilicen datos del Láser Escáner Terrestre (en adelante TLS) como datos fuente.

Los datos de base para estudios de accesibilidad son tradicionalmente: planos CAD, cartografía y fotografías. Es decir, parte de la aportación de esta investigación es el uso de datos provenientes del TLS.

Esta investigación se desarrolla en el marco del proyecto ITACA (Inteligencia ambienTal para ACcesibilidad al pAtrimonio) cuyo objetivo se centra en el desarrollo de soluciones tecnológicas basadas en tecnologías de inteligencia ambiental para crear entornos accesibles para todos, que permitan a los usuarios disfrutar su visita a los monumentos y entornos culturales de forma segura y adaptada a las características de cada persona, aplicando nuevas herramientas y tecnologías en el conocimiento de entornos arquitectónicos y Patrimoniales.

2. Objetivos

El objetivo principal de esta investigación es delimitar una metodología para la explotación de datos provenientes del TLS mediante los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para ser aplicados a estudios de accesibilidad física al patrimonio arquitectónico.

Partiendo de este objetivo principal se encuentran relacionados o dependen de él los siguientes objetivos específicos:

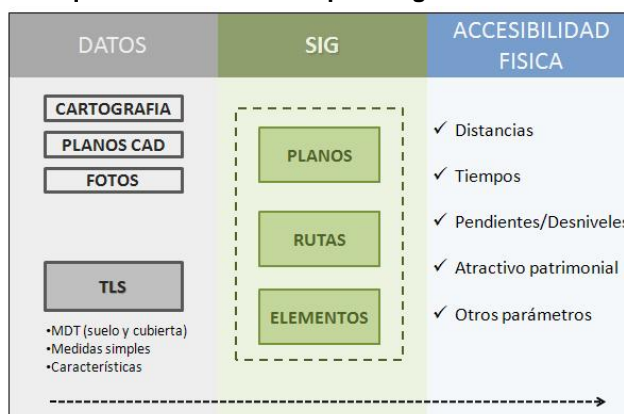
- Utilizar la herramienta SIG para realizar diferentes análisis, de los cuales los más significativos son el estudio de pendientes y el análisis de rutas óptimas.
- Confeccionar un sistema participativo basado en tecnología SIG interactivo e inteligente, el cual permita al usuario participar en él expresando sus preferencias.
- Realizar una aplicación web que permita al usuario participar de éste sistema inteligente que se pretende crear, con el fin de poder acceder a él desde cualquier punto.

3. Metodología para la explotación de datos del TLS en SIG

En cualquier estudio de accesibilidad los datos que se tiene de partida son tradicionalmente: planos CAD, cartografía y fotografías. El levantamiento con TLS aporta una nueva manera de registro de entornos arquitectónicos complejos. Una vez se genera un modelo 3D de millones de puntos (coordenadas X,Y,Z,i, RGB) es posible generar distintas salidas como soporte de información fiable para el estudio, ya sea en forma de orto imágenes, medidas simples, MDT, o modelos 3D de polígonos

Los Sistemas de información Geográfica trabajan con modelo de datos vectorial, así que para que estos datos puedan introducirse en el sistema es necesario que se transformen en: entidades polígonos, poli líneas y/o puntos. Estas entidades equivaldrán en nuestro análisis a planos, rutas y elementos. Con el análisis de estas entidades pretendemos obtener indicadores de accesibilidad física: distancia, tiempos de desplazamiento, pendientes, valorar el atractivo patrimonial, entre otros.

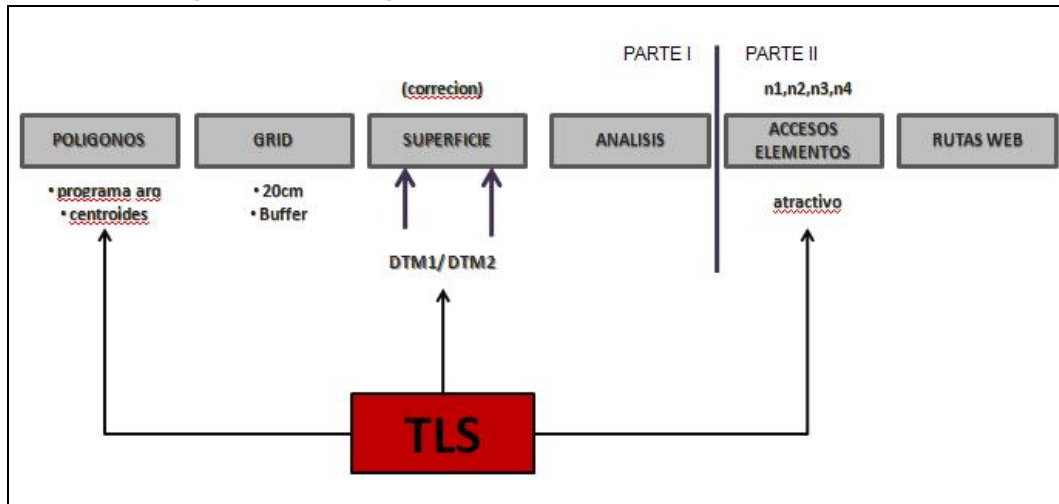
Figura 1. Esquema de información para la generación de indicadores



Fuente: Elaboración propia

La incorporación de datos provenientes del TLS en SIG se divide en dos partes: la primera corresponde a la integración de los datos en el SIG, y la segunda es el análisis de la información dirigida a la generación de indicadores de accesibilidad.

Figura 2. Metodología para la incorporación de datos TLS en SIG



Fuente: Elaboración propia

El desarrollo de la primera parte comienza con la generación de entidades: polígonos, que corresponden al programa arquitectónico del edificio, objeto del estudio. Los polígonos representan toda la superficie por la que cualquier usuario puede transitar. A estas superficies se les aplica un grid teórico para la obtención de celdas correspondientes a un 1 metro de distancia (equivalente a un paso) y que, posteriormente, se densifica a 20 centímetros con la finalidad de poder identificar los escalones y/o las rampas en la superficie transitable del edificio.

Es decir, se transforma las entidades polígonos en una malla densa de puntos, se puede aplicar un buffer, análisis que consiste en crear una área de influencia de determinado tamaño alrededor del elemento seleccionado, sobre los elementos fijos presentes en los espacios arquitectónicos como por ejemplo las columnas, para obtener de esta manera exclusivamente la superficie transitable para determinado tipo de usuario. A esta superficie resultante se le incorpora la información proveniente del modelo digital del terreno del suelo y de la cubierta del edificio generado a partir de la información del escáner láser, que coincide con la superficie transitable anteriormente mencionada. Es en este momento que con la ayuda del SIG se analizarán las rutas existentes posibles, finalizando esta primera parte metodológica.

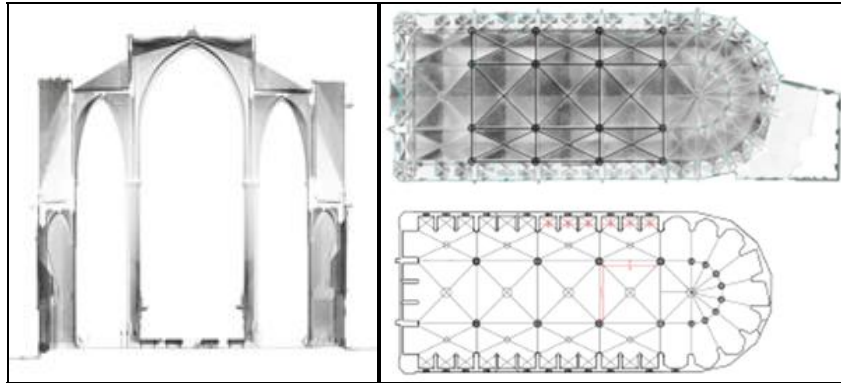
En la segunda parte se tienen en cuenta los elementos de interés que pueden estar presentes en esta área transitable y que condicionaran las posibles rutas, se trata de: los objetos, el mobiliario, los accesos, entre otros. Por lo que las rutas se generan a través de estos elementos sobre la superficie transitable del punto anterior.

Uno de los objetivos finales que se propone con esta metodología es crear una aplicación inteligente y participativa que pueda funcionar mediante la web, la cual permita almacenar todas las consultas y las opiniones de los distintos usuarios que enriquecerían de este modo la propia base de datos de la aplicación.

3.1 Polígonos

Respecto a los polígonos, el procedimiento para poder obtener los planos del edificio consta de introducir los datos del TLS en una herramienta CAD, obteniendo de este modo secciones del edificio o la cartografía correspondiente al plano arquitectónico de este.

Figura 4. Sección y planos del edificio obtenidos en CAD a partir de información del TLS



3.2 Superficies

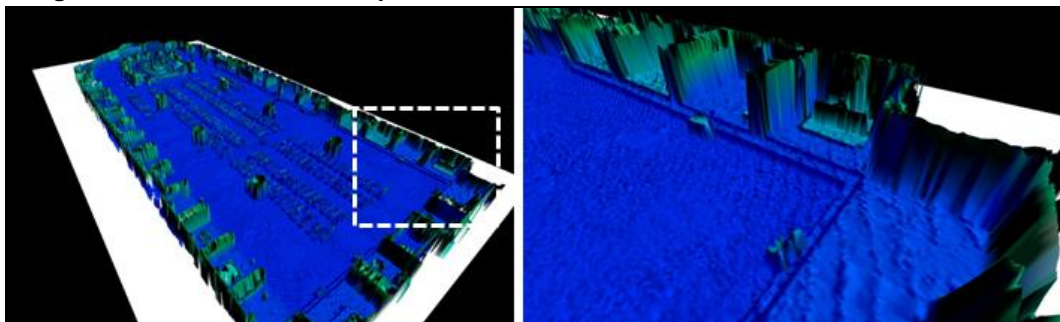
Respecto a la superficie, la información proveniente del TLS nos permite crear un Modelo Digital del Terreno (en adelante, MDT) raster del suelo de alta resolución, el cual será introducido en el SIG y, posteriormente, convertido a un MDT vectorial mediante la extensión de ArcInfo Workstation. Repetiremos el procedimiento con el MDT raster de alta resolución de la cubierta del edificio.

De este modo conseguiremos una red irregular de triángulos llamada Triangular Irregular Network (en adelante, TIN). Se trata de una estructura de datos basada en la modelización del relieve a partir de triángulos irregulares que unen los puntos de muestreo de partida, en nuestro caso son los nodos.

Generalmente, las estructuras TIN se calculan a partir del algoritmo de Delaunay, resultando en una de las mejores formas que existen para representar y trabajar con formas irregulares como la superficie terrestre. Los modelos TIN tienen una enorme ventaja sobre las estructuras de datos raster, pues permiten la incorporación de líneas de ruptura de las pendientes lo cual da lugar a una mayor precisión en el cálculo.

Cada uno de los TIN creados, el del suelo y el de la cubierta, a partir de la información proporcionada del TLS, tendrá un valor de altura. En este caso, el TIN del suelo tendrá valor de altura Z1 y el TIN de la cubierta Z2. En la figura 4 se puede apreciar el TIN del suelo (imagen superior) y una ampliación de éste que muestra la presencia de escalones (imagen inferior).

Figura 5. TIN suelo dónde se aprecian los desniveles, en este caso se trata de escalones



3.3 Accesos/ Elementos

Finalmente, los datos del TLS también intervienen en los accesos y/o elementos. El TLS proporciona información en forma de nube de puntos, los cuales tienen coordenadas x, y, z, que coloreada con imágenes de alta resolución permite obtener elementos de interés que se encuentran en el interior de un edificio.

Figura 6. Imagen obtenida a partir de la nube de puntos coloreada del TLS

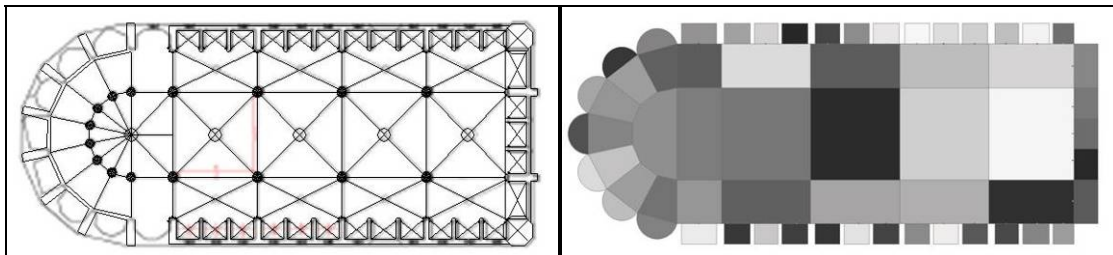


Fuente: Elaboración propia

4. Caso de Estudio: Santa María del Mar

En primer lugar se debe obtener la información correspondiente a los planos arquitectónicos que en la metodología propuesta son tratados como polígonos. Según la metodología, se utilizan las técnicas de digitalización de los datos provenientes del TLS para obtener la planta del edificio. A partir de ésta se delimitan los polígonos que se tendrán en cuenta.

Figura 7. Izquierda, digitalización de los datos del TLS. Derecha, transformación en polígonos SIG



Fuente: Elaboración propia

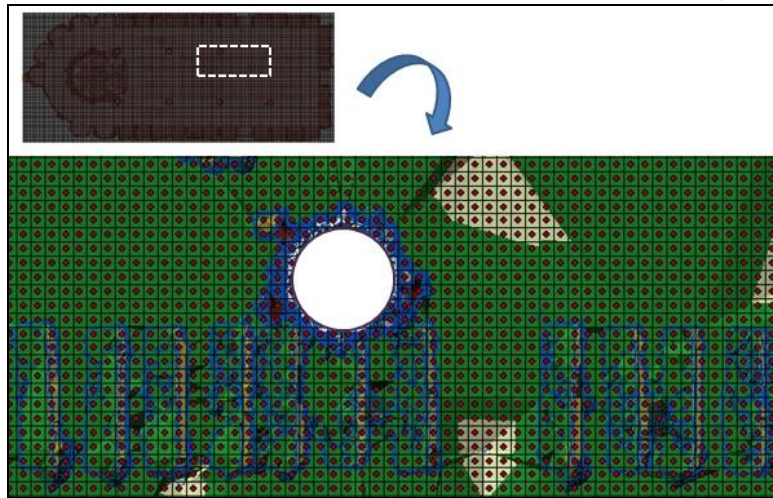
El siguiente paso es crear un grid teórico (o malla teórica) con celdas de 1 metro para toda la planta del edificio, el cual posteriormente se densificará a celdas de 20 centímetros para poder tener más detalle y, por ejemplo, ser capaces de identificar los escalones presentes.

Con este grid y mediante una herramienta presente en el SIG podemos conseguir crear una capa de puntos llamados centroides, los cuales corresponden al punto central de cada celda del grid que antes ha sido creado. Hasta el momento tenemos una malla de puntos, algunos de los cuales corresponden a elementos fijos presentes en el edificio, como por ejemplo las columnas.

Evidentemente como no serán transitables los centroides que se encuentran dentro una columna, el siguiente paso es identificar estos elementos fijos y suprimir los centroides que se encuentran en su interior, así como aplicar un buffer (se trata de una zona de influencia respecto a un elemento) a cada elemento fijo pues tampoco serán transitables los centroides que queden a menos de 20 centímetros del citado elemento.

Con este procedimiento que implica la metodología propuesta se pretende delimitar exclusivamente el espacio transitable en este caso de la planta del edificio, es decir, sólo mantener los centroides por dónde un usuario podrá transitar en una posible ruta del edificio.

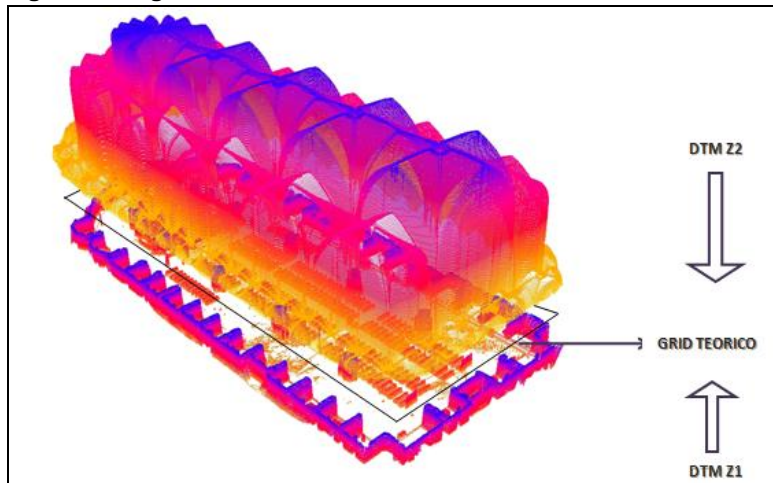
Figura 8. Arriba, Grid para toda la planta del edificio. Abajo, una ampliación dónde se percibe la eliminación de los centroides correspondientes a un elemento fijo (una columna)



Fuente: Elaboración propia

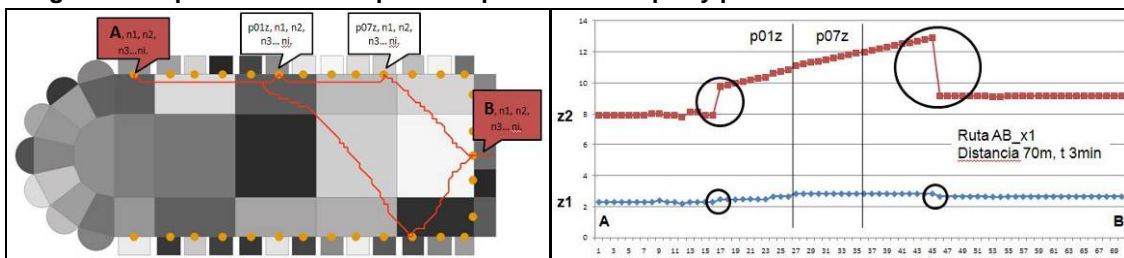
Cuando ya se dispone de los puntos transitables, el siguiente paso es dotar a estos puntos de alturas, las cuales son asignadas gracias a los MDT ráster del suelo y la cubierta realizados con anterioridad mediante datos de TLS y fotografías de alta resolución y convertidos en SIG a MDT vectoriales mediante la herramienta TIN.

Figura 9. Asignación de valores de altura de los MDT al Grid Teórico



Finalmente, es posible realizar un análisis de rutas óptimas mediante las herramientas que disponen el SIG, ya que se dispone de la planta del edificio con los centroides transitables y con información de altura de cada uno. Con esto finaliza la primera parte de esta aproximación metodológica.

Figura 10. Izquierda. Ruta A-B pasando por elementos p01 y p02. Derecha. Gráfico de esta ruta



En la segunda parte se tienen en cuenta los elementos y los accesos, los cuales pueden ser añadidos a las posibles rutas existentes analizadas anteriormente. Se pretende que sea el usuario el que añada tantos elementos como desee en las rutas, lo cual supondrá otra visita más para este elemento la cual quedará recogida en la base de datos adjunto a estos. Y, finalmente, el usuario recibirá la información solicitada en un gráfico representado en forma de sección, el cual contendrá los datos del SIG (distancia de la ruta, tiempo de recorrido, características de los elementos seleccionados, entre otros). En función de estos datos el usuario podrá escoger una u otra ruta.

5. Conclusiones

Este proyecto se encuentra actualmente en fase de investigación para incorporarse a la última etapa del proyecto PATRAC,¹ como una alternativa al estudio de accesibilidad en propuestas arquitectónicas de conjuntos urbanos históricos.

Aunque en esta investigación se revisa una escala arquitectónica y no urbana se puede resaltar que para la mejora de la gestión y las modificaciones de análisis de accesibilidad es necesario dividir el problema en dos partes; una, la arquitectónica (física), que corresponde a toda la superficie sobre la que algún usuario específico puede transitar, y otra, referente a los puntos de interés, los cuales son los que generan los recorridos o rutas específicas. La parte arquitectónica obtiene la información que proviene del escáner láser terrestre en forma de un Modelo Digital de Terreno, mientras que los puntos de interés, contienen diferentes parámetros para que a través de SIG y distintas consultas se obtengan rutas automáticas dirigidas a diversas necesidades.

Una propuesta de futuro es que algunos valores de los puntos de interés se alimenten a través de consultas en un espacio web donde las preferencias de los usuarios mejoren el sistema para que los resultados de los análisis se puedan comparar con los datos y puntuaciones que otorgan los expertos, convirtiéndose en una herramienta de participación ciudadana.

Bibliografía

- ANTOVA G. Precise Mapping With 3d Laser Scanning. Bulgaria, University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, 2006.
- AGUGIARO, G. Definition Of A Transition Surface With The Purpose Of Integration Between A Laser Scanner 3d Model And A Low Resolution DTM. Padova, Italia, Laboratorio de Rilevamento e Geomatica, 2009.
- BARNEA, S. Registration Of Terrestrial Laser Scans Via Image Based Features. En: ISPRS Workshop on Laser Scanning and SilviLaser, Finland, 2007.
- BOEHLER, W. Investigating Laser Scanner Accuracy. Mainz, Germany, Institute for Spatial Information and Surveying Technology, FH Mainz, 2007.
- BOSQUE, J. Sistemas de información geográfica. 2ª Ed., Barcelona, Ediciones Rialp, 1997. 504 p.
- CALLIERI, M. VCLab's Tools for 3D range data processing. Pisa, Italy, Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione, 2003.
- FELICISIMO, A. Modelos Digitales del Terreno: Introducción y Aplicaciones en las ciencias ambientales. Oviedo, Pentalfa Ediciones, 1994. 204 p.
- GOODCHILD, M., DE SMITH, J. and LONGLEY, P. Surface and Field Analysis. In: Geospatial analysis: A comprehensive guide to principles, techniques and software tools. 2nd Ed., United Kingdom, Troubador Publishing Ltd., 2007.
- PFEIFER, N. Laser Scanning – Principles And Applications. Austria, Institute of Photogrammetry and Remote Sensing of Technology Vienna University, 2007.
- VOSSelman, G. 3D Building Model Reconstruction from Point Clouds and Ground Plans. In: International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. XXXIV-3/W4, 2001.
- Accuracy of DEM generation from TERRA-ASTER stereo data. In: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 35(Part B): 5 p., 2004.
- A parametric statistical method for error detection in digital elevation models. In: ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 49(4): 29-33 pp., 1994.

¹ "Patrimonio Accesible: I+D+i para una Cultura sin Barreras", financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, MICINN, en la Convocatoria de Concesión de Ayudas del Programa Nacional de Proyectos de cooperación público-privada en el Subprograma de apoyo a Proyectos Singulares Estratégicos del año 2006 y siguientes. (PS-380000-2006-2).