

# Metodología de Generación de Modelos Virtuales Urbanos 3D para ciudades inteligentes

## *3D Urban Virtual Models generation methodology for smart cities*

M. Álvarez<sup>(\*)</sup>, J. F. Raposo<sup>(\*)</sup>, M. Miranda<sup>(\*)</sup>, A. B. Bello<sup>(\*)</sup>

### RESUMEN

En la actualidad la utilización de Modelos Urbanos 3D va más allá del mero soporte de imagen tridimensional para la visualización de nuestro entorno urbano. Los Modelos Urbanos Tridimensionales son en sí mismos herramientas fundamentales para gestionar los distintos fenómenos que ocurren en las ciudades inteligentes. Por tanto se hace necesario generar modelos veraces con el entorno, en los cuales se pueda integrar la información de diseño de edificios BIM con los SIG y otras tecnologías espaciales. La generación en la actualidad de Modelos Urbanos 3D se beneficia de la abundancia de datos procedentes de fuentes de captura de datos que incorporan las últimas tecnologías, como sensores aerotransportados LiDAR, y de la existencia de estándares internacionales como CityGML. En este artículo se presenta una metodología de desarrollo de un Modelo Urbano Tridimensional, basada en datos LiDAR y en el estándar CityGML aplicada a la ciudad de Lorca.

**Palabras clave:** LiDAR, Modelos 3D Urbanos, CityGML, SIG, Metodología.

### ABSTRACT

*Currently the use of Urban 3D Models goes beyond the mere support of three-dimensional image for the visualization of our urban surroundings. The three-dimensional Urban Models are in themselves fundamental tools to manage the different phenomena that occur in smart cities. It is therefore necessary to generate realistic models, in which BIM building design information can be integrated with GIS and other space technologies. The generation of 3D Urban Models benefit from the amount of data from sensors with the latest technologies such as airborne sensors and of the existence of international standards such as CityGML. This paper presents a methodology for the development of a three - dimensional Urban Model, based on LiDAR data and the CityGML standard, applied to the city of Lorca.*

**Keywords:** LiDAR, 3D Urban Models, CityGML, GIS, Methodology.

<sup>(\*)</sup> Universidad Politécnica de Madrid (UPM) - Universidad Complutense de Madrid (UCM)

Persona de contacto/Corresponding author: marina.alvarez@upm.es (M. Álvarez)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8760-3466> (M. Álvarez); <http://orcid.org/0000-0003-1393-3339> (J. F. Raposo); <http://orcid.org/0000-0001-8647-3041> (M. Miranda); <http://orcid.org/0000-0002-0108-7617> (A.B. Bello)

---

**Cómo citar este artículo/Citation:** Álvarez, M., Raposo, J. F., Miranda, M., Bello, A. B. (2018). Metodología de Generación de Modelos Virtuales Urbanos 3D para ciudades inteligentes. *Informes de la Construcción*, 70(549): e237. <http://dx.doi.org/10.3989/id.56528>.

**Copyright:** © 2018 CSIC. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de uso y distribución Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

Recibido/Received: 24/03/2017  
Aceptado/Accepted: 09/06/2017  
Publicado on-line/Published on-line: 12/04/2018

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad más del 80 % de la información de una ciudad es de naturaleza geoespacial y con el actual ritmo de crecimiento de la población mundial se prevé que en un futuro inmediato se multiplicaran las demandas de servicios de gestión urbana y vivienda. Es en este contexto donde el concepto de ciudades inteligentes, definidas como núcleos urbanos donde las herramientas TIC se pueden usar para la gestión inteligente del entorno urbano, cobra especial relevancia.

Para esta gestión inteligente es necesario modificar los modelos tradicionales conocidos en la arquitectura, edificación y construcción para adaptarlos a las nuevas tecnologías desarrolladas en el campo de la información. En este sentido la generación de modelos urbanos tridimensionales se puede beneficiar de los últimos avances en CAD, BIM, SIG y estándares del Open Geospatial Consortium (OGC) de reciente publicación [w1].

Los modelos 3D urbanos digitales son hoy en día una herramienta de gran utilidad para distintos propósitos:

- Diseño de ciudades energéticamente eficientes [1].
- Optimización del diseño arquitectónico basado en técnicas de inteligencia artificial.
- Gestión y mantenimiento de instalaciones, edificios y ciudades.
- Creación de plataformas Smart City basadas en la Web3D para la gestión de barrios y ciudades.
- Creación de plataformas para la gestión y conservación del patrimonio cultural y los centros históricos [2].
- La planificación y diseño de desarrollos urbanos.
- Cálculos de superficie edificada para su aplicación en la hacienda pública.
- Catastro 3D [3].

Su origen se puede remontar a la construcción de escenarios 2.5D para navegadores de aviones y automóviles. El posterior desarrollo de modelos 3D para videojuegos, animación y arquitectura supuso un gran avance, aunque los modelos generados aun siendo tridimensionales, servían solamente para visualización y no tenían ningún carácter geoespacial. La incorporación de las últimas tecnologías de Sistemas de Información Geográfica (SIG) ha propiciado el desarrollo de modelos 3D geográficos que se pueden gestionar con software SIG y visualizadores geográficos. Pueden ser exportados a otros sistemas como BIM y Google Earth cuyo formato KML [w2] es un estándar OGC desde 2008.

Existen dos aproximaciones metodológicas para el desarrollo de estos modelos, la que utiliza datos ya existentes, SIG y/o BIM y la que utiliza datos capturados ex novo. Entre las primeras se pueden citar la metodología que usa software shareware como CityEngine de ESRI [w3] y SketchUp de Trimble [w4] y datos CAD 2D existentes, y la que utiliza modelos tridimensionales procedentes de modelos BIM preexistentes o provenientes de bibliotecas de elementos 3D como 3D Warehouse de Google [w5].

Entre las metodologías que parten de datos ex novo se pueden citar aquellas que permiten generar modelos por restitución fotogramétrica de los edificios a partir de imágenes estereoscópicas y datos LiDAR [4] apoyándose en cartografía catastral. Con ellos se consiguen modelos realistas, con gran

cantidad de información, una gran fidelidad a la realidad y mucho detalle, pero de difícil gestión debido a su gran peso computacional.

Este problema puede ser resuelto utilizando metodologías que partiendo del mismo tipo de datos, imágenes fotogramétricas y datos LiDAR, permitan el almacenamiento de la información de forma jerárquica en varios niveles de detalle (LODs). Esta es la que propone el estándar OGC CityGML [w6] que utiliza 5 niveles de detalle para representar los modelos de la ciudad, y representa los objetos 3D con puntos, líneas, superficies y sólidos, mediante sus límites [5-6].

Los autores de este trabajo, que han utilizado este último enfoque para realizar un modelo 3D del casco antiguo de Alicante en el LOD1 [7] con una metodología propia basada en el estándar CityGML, figura 1, han dado un paso más en la aplicación del estándar a la generación de los modelos urbanos desarrollando el modelo en LOD2 de una zona de la ciudad de Lorca. Esta forma parte de una investigación en la que también se realizó el modelo de la misma zona en base a restitución fotogramétrica. En este artículo se muestra la construcción del modelo y se realiza un análisis de los resultados obtenidos.

## 2. EL ESTÁNDAR CITYGML

Es una iniciativa del OGC que lo público como estándar oficial en 2008 para desarrollar un modelo 3D que fuera georreferenciado e interoperable. Es también un modelo de datos abierto que permite la representación de Modelos Urbanos 3D, su almacenamiento, su exportación y el intercambio. Va más allá del gráfico, posibilitando la integración de los escenarios 3D urbanos con datos geográficos al ser un esquema de aplicación del GML3 [w7] que permite la integración de datos espaciales.

CityGML define los objetos y sus relaciones dentro del entorno urbano, estandarizando tanto la representación de la geometría, como las propiedades topológicas, semánticas, los atributos temáticos, las relaciones entre los objetos y propiedades espaciales de los mismos [8] [9] [10] [11].

Permite manejar datos vectoriales tridimensionales junto con una capa semántica de propósito general propia de las web semánticas, que lo diferencia de normas de geovisualización, como KLM de Google Earth, de la que CityGML es un estándar complementario.

La información se almacena en cinco niveles de detalle (LoD), lo que permite un modelado 3D multiescala, figura 2.

- LOD 0. Es un Modelo Digital del Terreno (MDT 2.5) que representa el territorio a escala global, con precisión 5 m.
- LOD 1. Representa un modelo a escala urbana en que los edificios se presentan como prismas simples con definición de sus alturas con una precisión de 5 m.
- LOD 2. Corresponde igualmente a una representación de un modelo a escala urbana, en el que en los edificios presentan las geometrías de las cubiertas, pudiendo aparecer otros elementos principales del volumen, con una precisión de 2 m.
- LOD-3. Representa elementos compositivos de fachada (ventanas, puertas,...) con un nivel de precisión 0,5 m.
- LOD 4. Al nivel de detalle anterior se añade el modelado del interior del edificio con precisión 0,2 m.

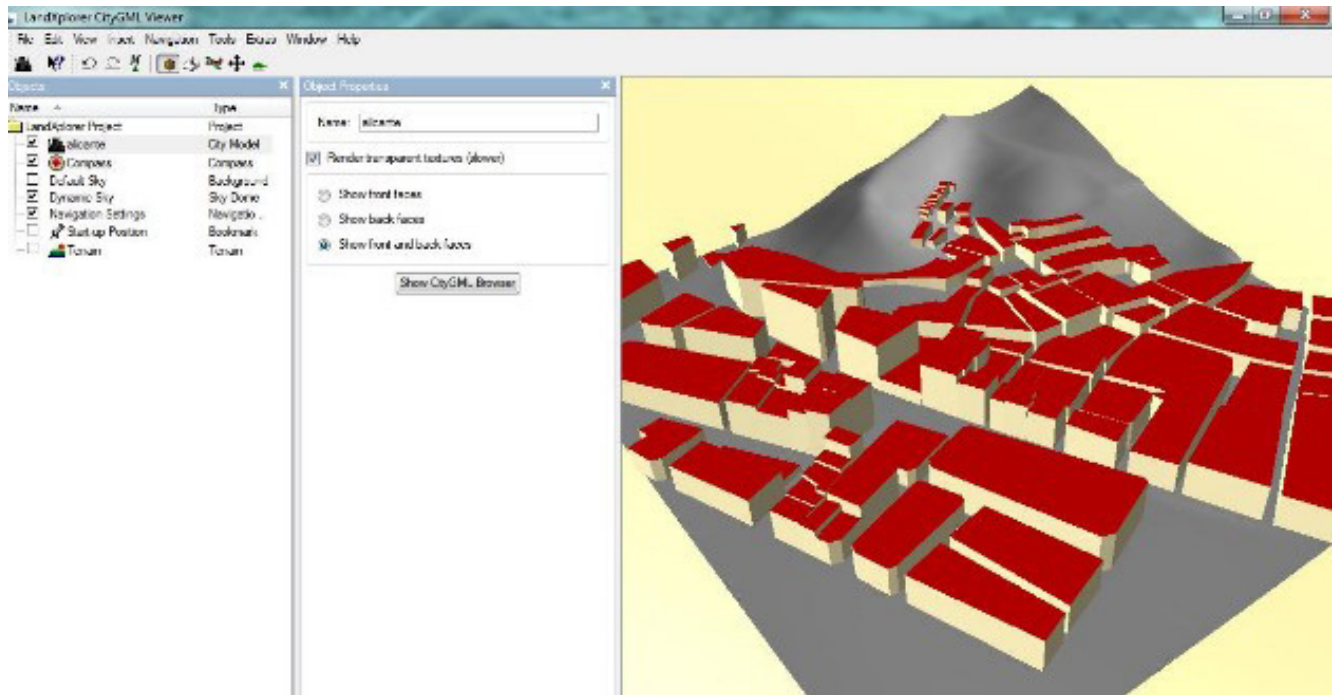


Figura 1. Resultado CityGML LOD1 de Alicante.



Figura 2. LoD0 a LoD3 de CityGML Random3Dcity.

El modelo en este nivel es asimilable a los modelos en formato IFC de los BIM [12].

### 3. METODOLOGÍA

En este apartado se presenta un modelo urbano 3D desarrollado con el estándar CityGML, datos LiDAR e imágenes fotogramétricas de una zona del casco de Lorca (Murcia). En este trabajo se realizó el modelo en el LOD2 cuyo proceso se desarrolla en las etapas siguientes, figura 3:

1. Recopilación de los datos.
2. Desarrollo de los modelos 3D.
  - Tratamiento de los datos y generación del modelo de terreno (MDT).
  - Definición de la zona.
  - Construcción del escenario tridimensional.
3. Control de calidad del Modelo generado.

En el desarrollo de la metodología se ha utilizado un software muy variado:



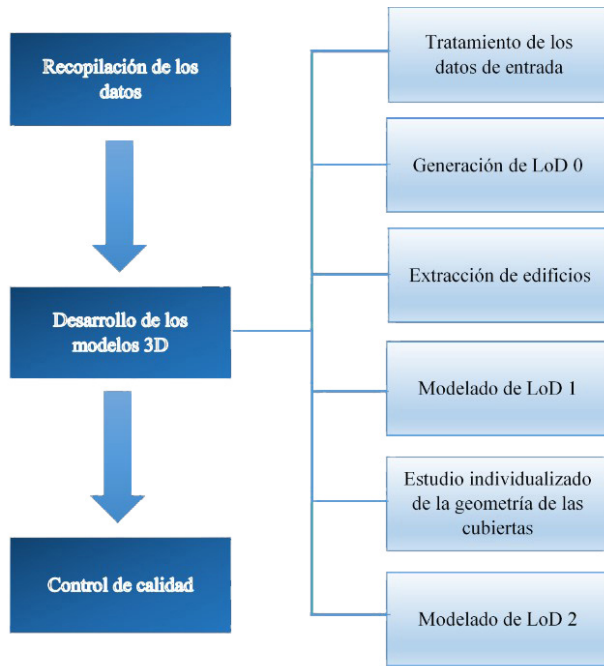


Figura 3. Proceso de generación del modelo CityGML.

- TerraSolid [w10] y Global Mapper [w11] para el tratamiento y clasificación automática de datos LiDAR
- DIGI3D[w12] para explotación de las imágenes por técnicas fotogramétricas
- MdtopX [w13] para clasificación supervisada y generación de MDT
- ArcGIS para gestión de los datos SIG [w14]
- AutoCAD [w15] para tratamiento de imágenes y datos CAD de edificios

- FZK Viewer [w16] y Aristóteles Viewer [w17] para visualización 3D

### 3.1. Recopilación de los datos

Los datos necesarios para el modelado tridimensional proceden de distintas fuentes.

- Imágenes aéreas de la región de Murcia proporcionadas por el IGN del Plan Nacional de Ortofotografía aérea (PNOA) [w8].
- Datos en formato Vectorial 2D y 3D de los edificios procedentes de la D. G. del Catastro [w9].
- Datos LiDAR y fotogramétricos.

Los datos LiDAR y fotogramétricos se obtuvieron de un vuelo realizado en agosto del 2013, figura 4. En el avión se montaron de forma simultánea una cámara fotogramétrica y un sensor LiDAR con el objetivo de reducir los tiempos de vuelo y mejorar el producto final al obtener datos brutos exactamente en las mismas condiciones de toma.

Por cada disparo de la cámara digital se capturaron 4 imágenes pancromáticas y 4 multiespectrales (rojo, verde, azul e infrarrojo próximo).

El resultado fue un conjunto de imágenes fotogramétricas aéreas de alta resolución y una nube de puntos de LiDAR con densidad media de 4 pts/m<sup>2</sup> y una separación entre puntos promedio de 0,5 m.

Los atributos asociados a los puntos son: coordenadas XYZ, intensidad RGB (rojo, verde y azul), número de devolución, cantidad de devoluciones, valores de clasificación de punto y puntos que están en el borde de la línea de vuelo.

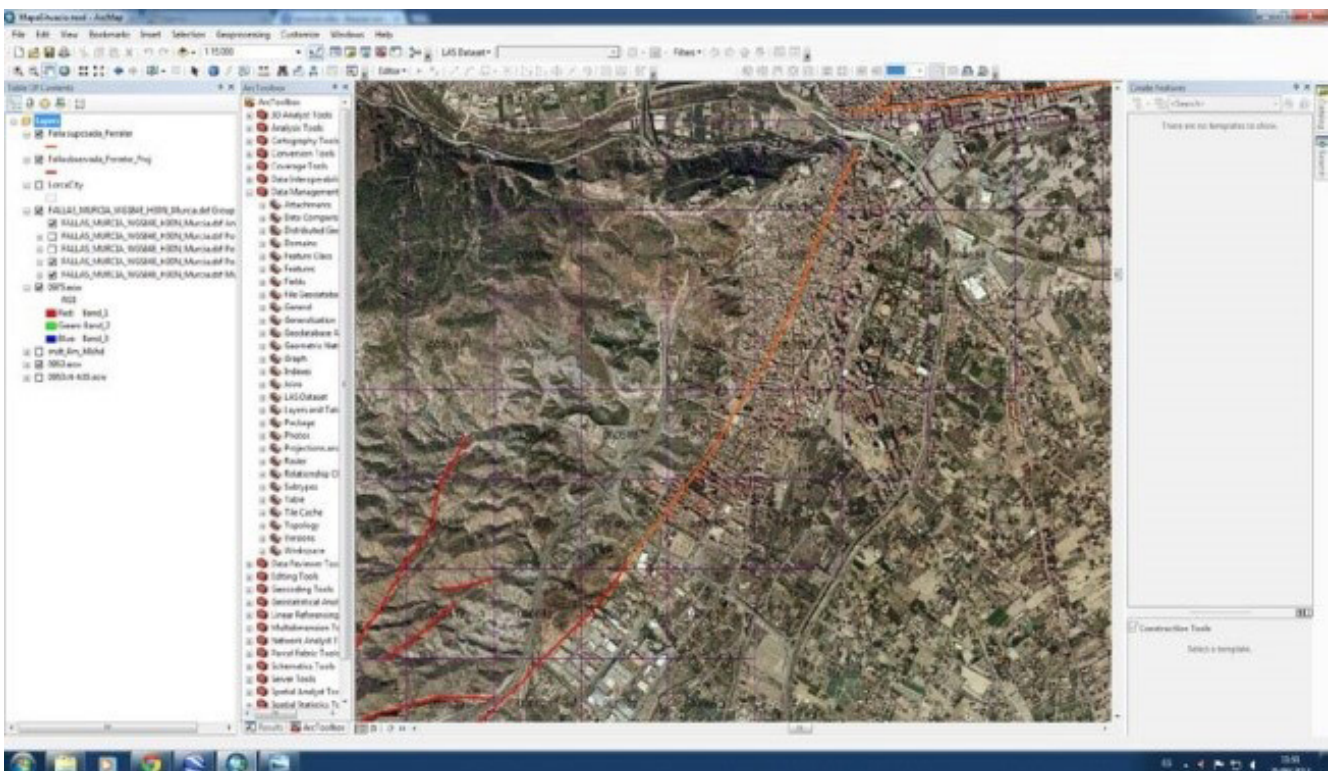


Figura 4. Área del vuelo.

Los datos LiDAR se almacenaron en formato .LAS (Log ASCII Standard) [13], que además de la nube de puntos proporciona información específica de su naturaleza.

### 3.2. Desarrollo de los modelos 3D

La generación de un modelo utilizando CityGML se debe ajustar las siguientes premisas:

- La geometría de los elementos geográficos debe seguir la Norma ISO 19107 [w18] y GML3.
- Todas las coordenadas deben pertenecer a un Sistema de Coordenadas de Referencia Mundial y no se permiten transformaciones locales.
- Los elementos geográficos se le pueden asignar más de una propiedad espacial de acuerdo a la Norma ISO 19109.

#### 3.2.1. Tratamiento de los datos

El tratamiento consistió en primer lugar en integrar los puntos LiDAR con su valor RGB, y hacerle corresponder a cada punto el nivel de intensidad, el incremento de la cota Z y el valor digital HSI [7].

A continuación se realizó un filtrado para eliminar errores y por último una clasificación de la nube de puntos con el objetivo de obtener tres clases principales: terreno, edificios y vegetación (alta, media y baja). Con las clases terreno y edificaciones se generó el Modelo Digital de superficies (MDS) que se utiliza para elaborar el LODO del CityGML.

##### 3.2.1.1. Definición de la zona de estudio

La nube de puntos obtenida con el vuelo es muy extensa y abarca una gran parte del municipio de Lorca, figura 5.

Por este motivo, se decidió limitar el área de trabajo a una zona del casco urbano, para lo cual se dividió en regiones de 200x200m, figura 6. Las zonas 4, 8 y 12 han sido eliminadas debido a que los datos tomados en el vuelo eran insuficientes en estos cuadrantes.

3	7	11
2	6	10
1	5	9

Figura 6. División del área de Lorca.

En el presente trabajo el modelado de la ciudad se ha iniciado en la cuadrícula 11, sobre la que se ha aplicado la metodología planteada. Se ha elegido ésta como zona idónea porque es una zona del casco urbano con una gran diversidad de tipologías de cubiertas de edificios y que incluye tanto edificios históricos como contemporáneos, figura 7.

La zona elegida contiene quince edificios, que se han numerado, para poder sistematizar y ordenar el trabajo.

#### 3.2.2. Construcción del LODO

MDT en formato Red de Triángulos Irregulares (TIN) con una precisión máxima de 5 m.

Se genera directamente a partir del MDS clasificado sin otros elementos que las construcciones, figura 8, y se almacena como archivo vectorial en un fichero con extensión .MDT.

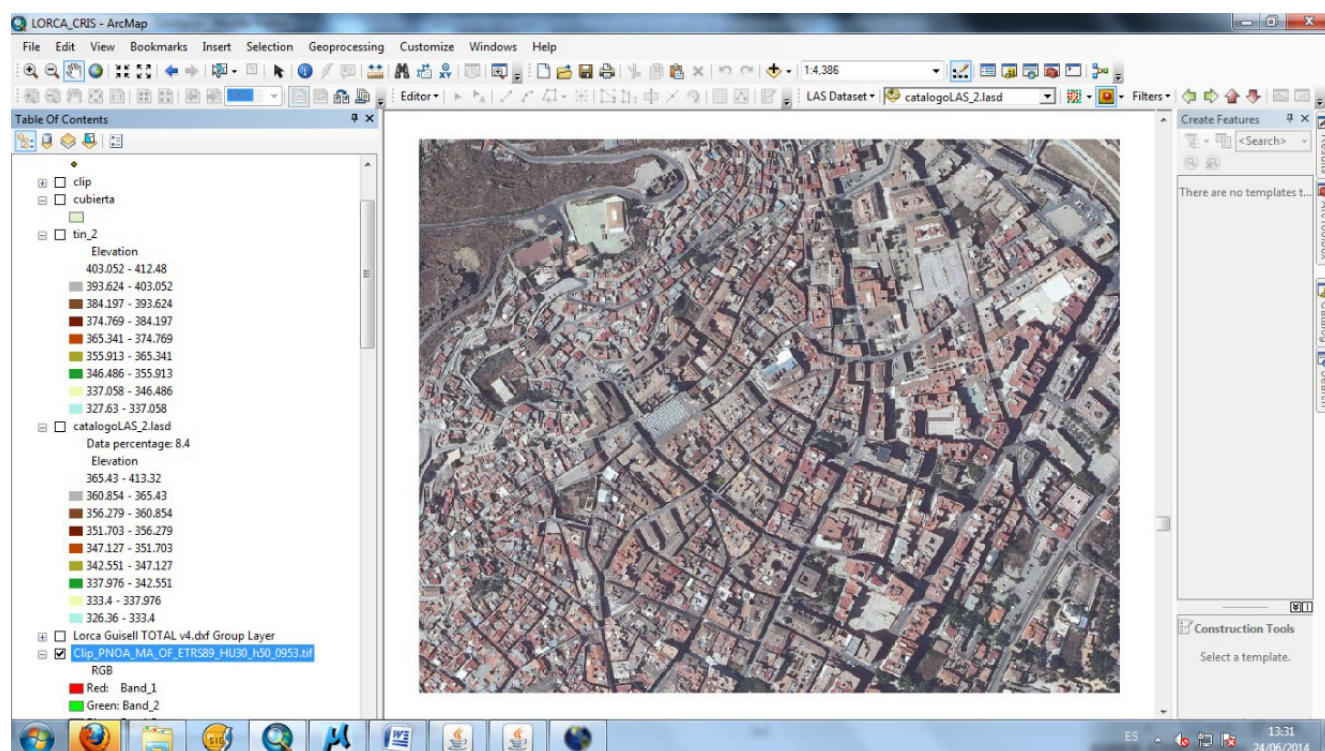


Figura 5. Lorca.



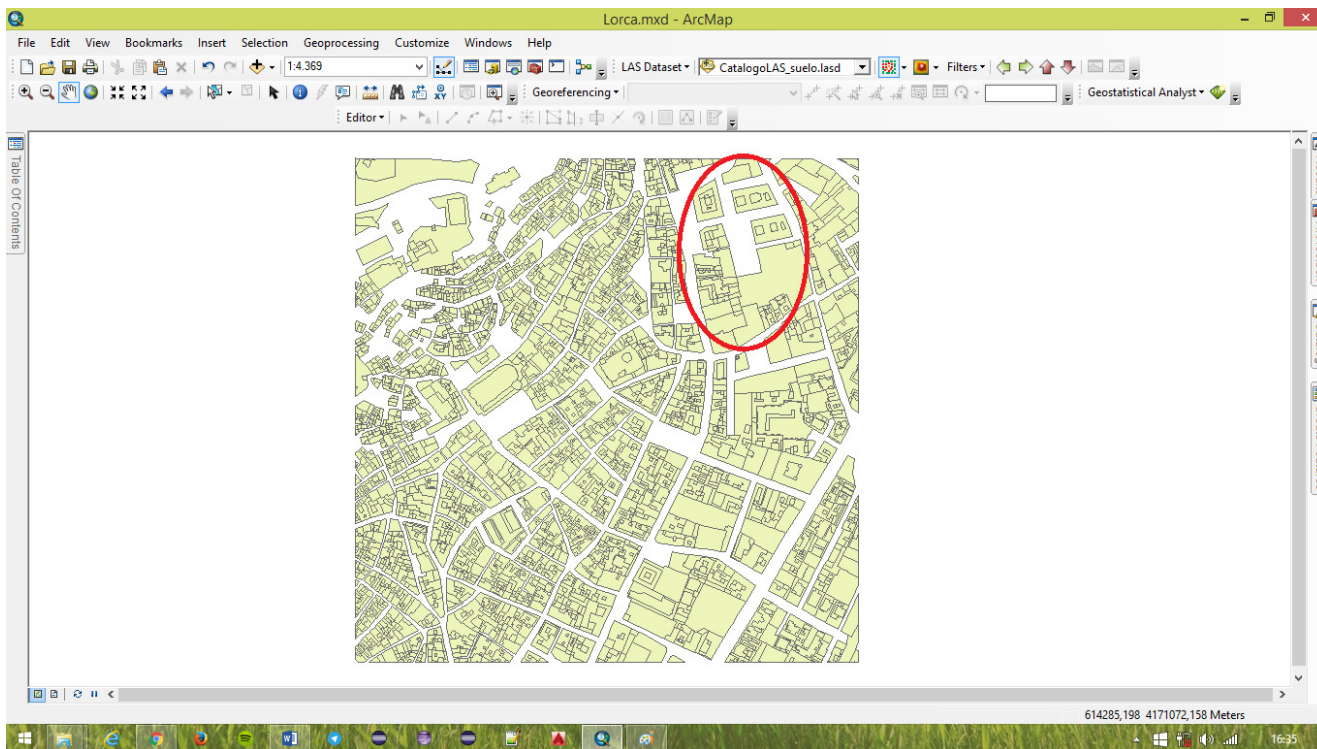


Figura 7. Zona de estudio.

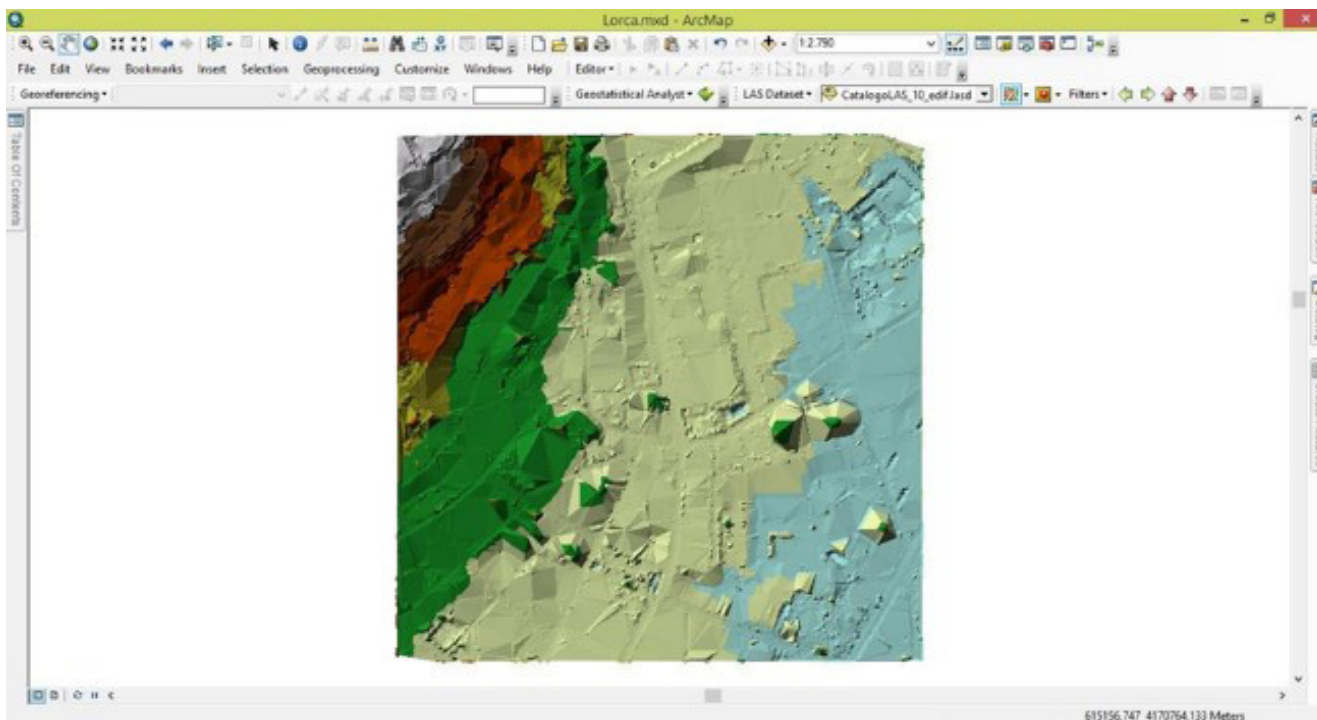


Figura 8. LODO de la zona de estudio.

### 3.2.3. Extracción de edificios

El proceso se desarrolla en dos fases:

- De la nube de puntos LiDAR clasificada se toman los puntos correspondientes a edificios.
- Se realiza una superposición de estos con los datos vectoriales de la D. G. de Catastro y se desechan los puntos fuera de los límites de los polígonos catastrales, figura 9.

### 3.2.4. Modelado del LOD1

Se representan los volúmenes de los edificios con definición de las alturas con precisión de máxima de 2 m. El proceso se realiza en dos fases:

- Se define el encuentro con el suelo, mediante el análisis de distribución de las coordenadas de los puntos exteriores al límite del edificio, figura 10.

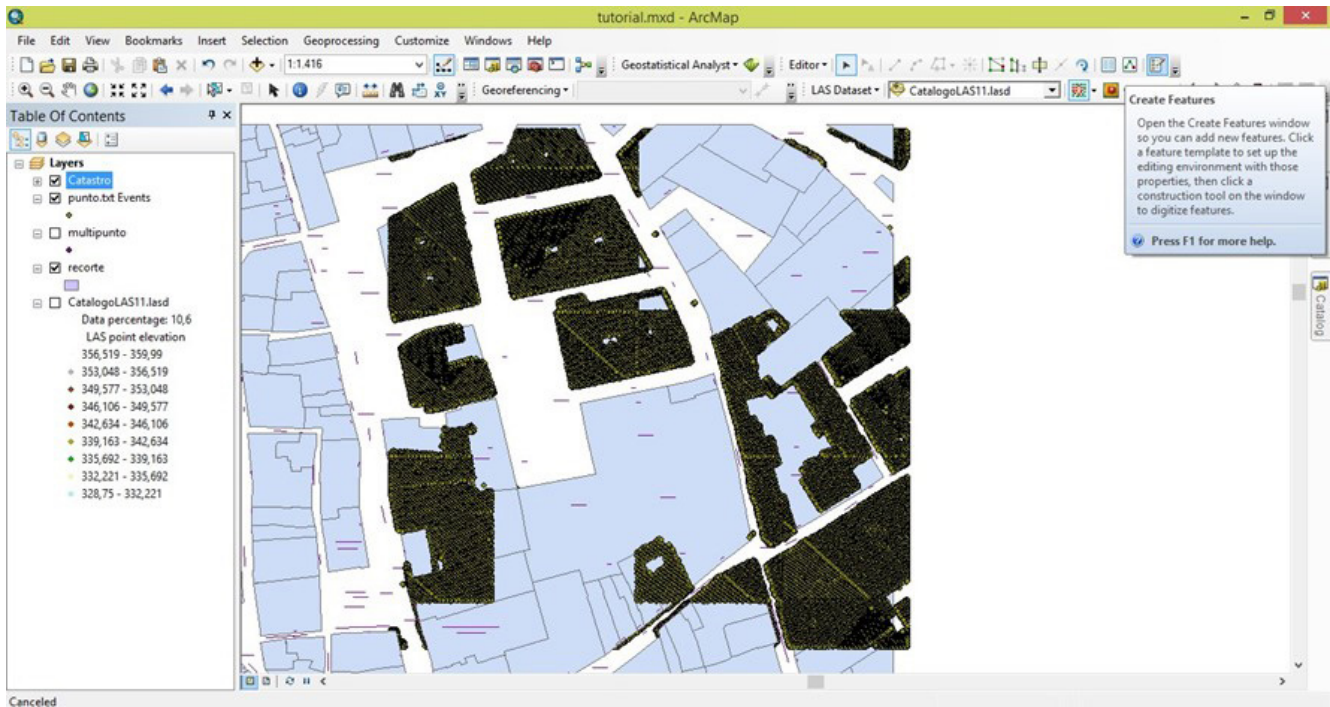


Figura 9. Polígonos 2D de los edificios.

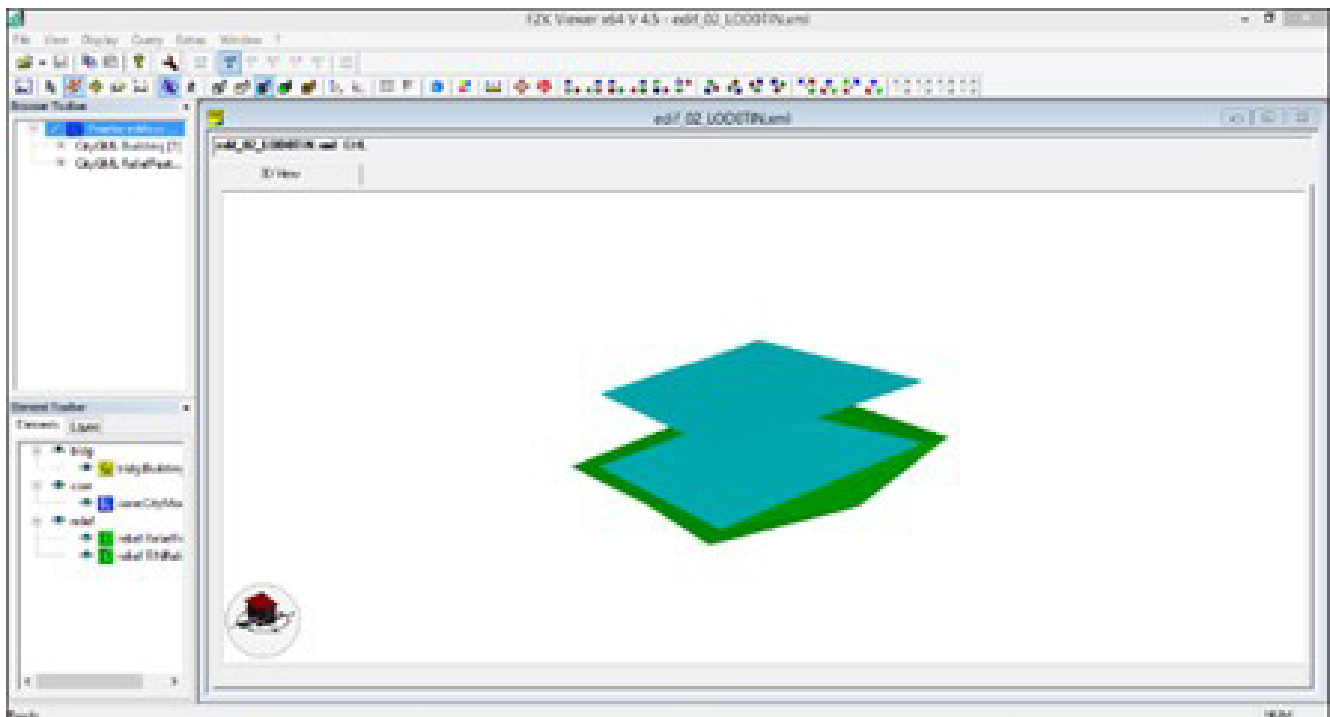


Figura 10. Encuentro con el suelo del edificio en LOD1.

- Se define la altura del edificio, mediante el análisis de distribución de las coordenadas z de los puntos situados en una franja de ancho la precisión requerida desde el límite del edificio. El resultado se muestra en la figura 11.

### 3.2.5. Estudio individualizado de las cubiertas

Es necesario para conocer las tipologías existentes en la zona, para proporcionar una mejor definición de las cubiertas y adecuar al máximo el Modelo Urbano 3D a la realidad existente.

El estudio debe poder adaptarse a las diferentes tipologías y elementos añadidos a las mismas (casetones, patios interiores, etc.) que se puedan ir encontrando durante la realización del mismo, ya que no todas las cubiertas son iguales

Previamente para cada edificio de la zona se realizó un estudio pormenorizado mediante la complementación de una ficha de análisis, figura 12, a partir de los datos que proporcionaban los puntos LiDAR. La ficha contiene distinta información relacionada con el edificio: ortofoto, datos catastrales, nube de puntos LiDAR y varias secciones.

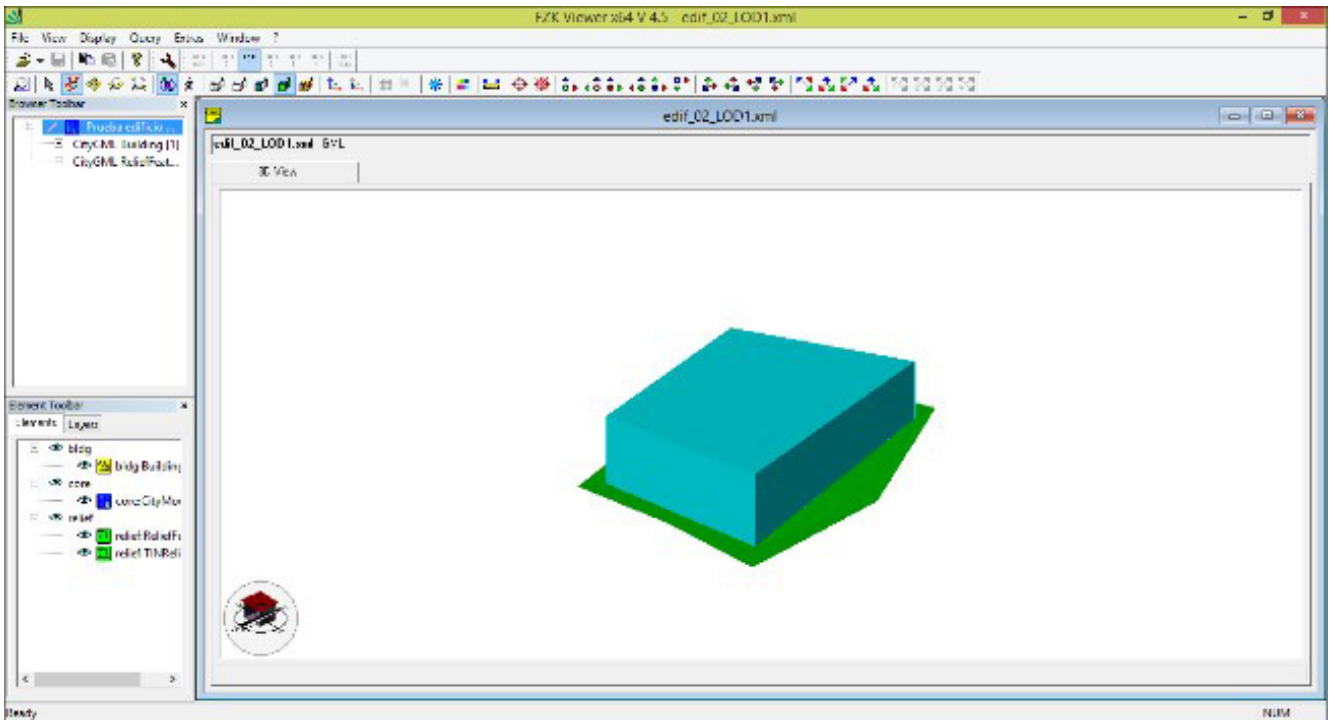


Figura 11. Resultado LOD1.

La metodología de construcción de las cubiertas se ha realizado de acuerdo a las pendientes de los aleros de cubiertas existentes en la zona, que eran bajas. Se utilizaron varias

herramientas de análisis geoestadístico para el análisis de la distribución de los valores de la coordenada z: histogramas, figura 13 y gráficas de la normal, figura 14. También se usaron secciones y perfiles sobre una nube de puntos LiDAR con suelo y edificios, figura 15.

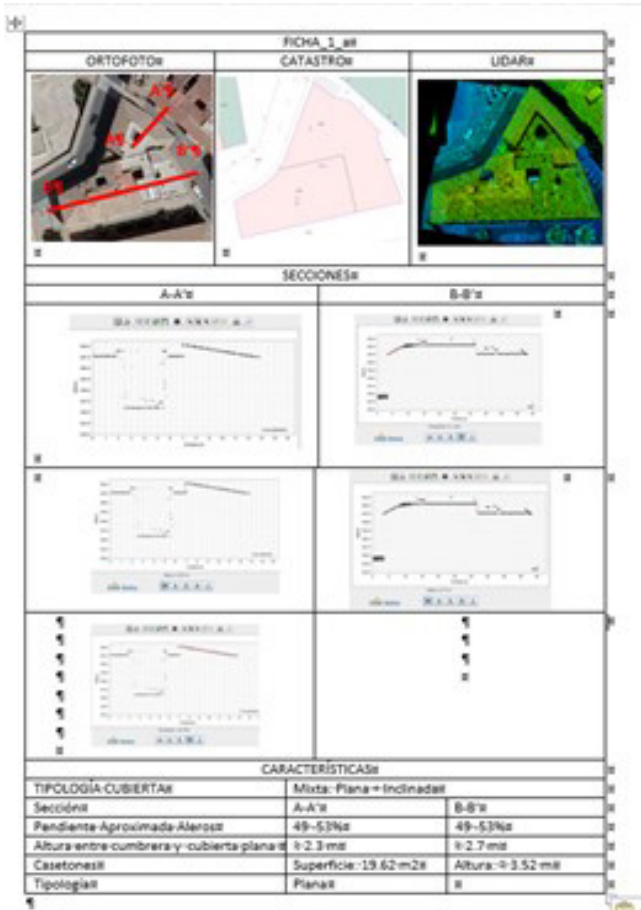


Figura 12. Ficha de los edificios de la zona de trabajo.

### 3.2.6. Modelado del LOD2,

Se representan edificios con la definición de las cubiertas con precisión máxima de 2 m.

El proceso que parte de la información obtenida para el LOD1 se desarrolla en las fases siguientes:

- Del estudio pormenorizado de las cubiertas de la zona seleccionada, se establecen las tipologías de cubiertas existentes en la zona.
- De cada tipología de cubierta, se realiza un análisis de las coordenadas z de las zonas de alturas máximas y mínimas de los puntos incluidos dentro del polígono del edificio.
- Se fija la altura de alero como se había realizado en la construcción del LOD1.
- Se fija la altura de cumbrera mediante el análisis de distribución de las coordenadas z de los puntos situados en una franja de ancho la precisión requerida en la zona de cumbrera.

En la figura 16 se muestra la visualización de la nube de puntos LiDAR de uno de los edificios modelizados.

En la figura 17 se muestra el edificio en LOD2 que anteriormente se ha definido en LOD1 (figura 11). En él, se puede observar la estructura de su cubierta, representada como superficies limitadas clasificadas según la cara exterior a la que pertenecen. También se definen dos casetones en la cubierta.

El modelo urbano 3D generado para la zona de estudio, figura 18, se muestra en la figura 19.



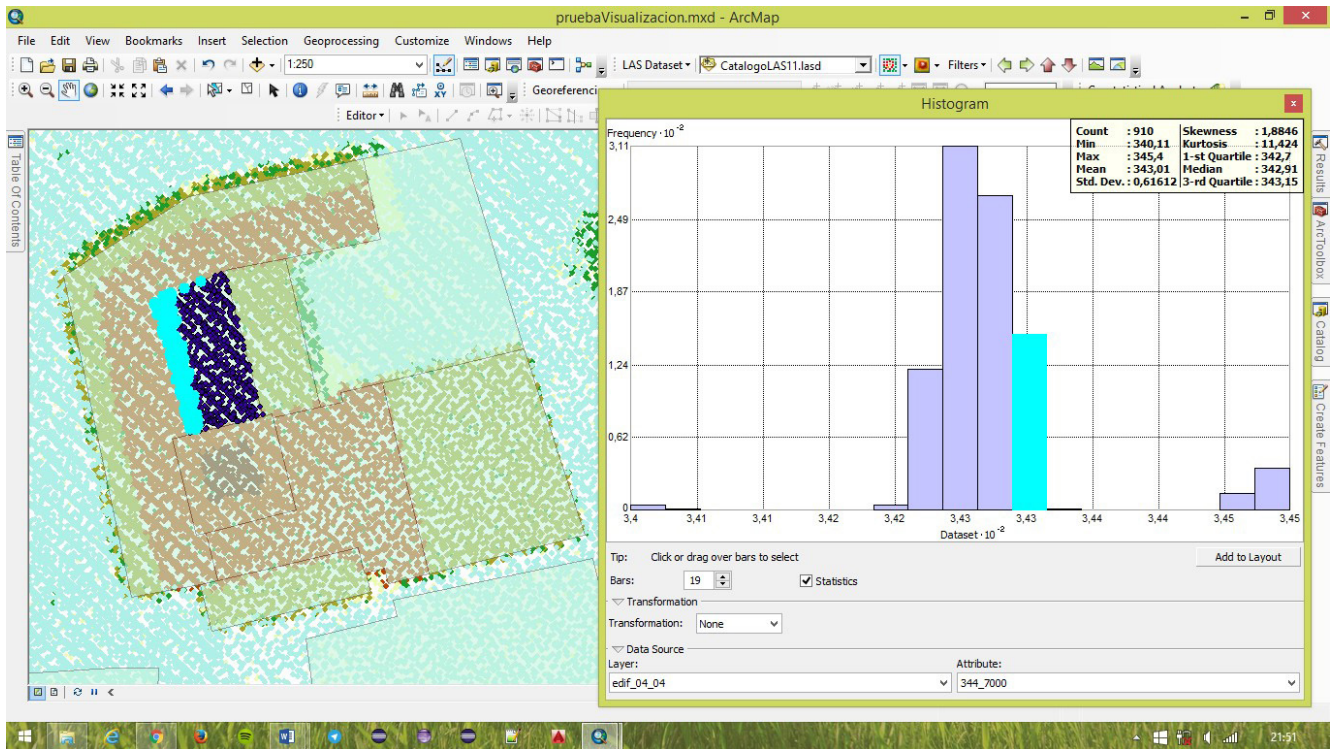


Figura 13. Histograma de un edificio.

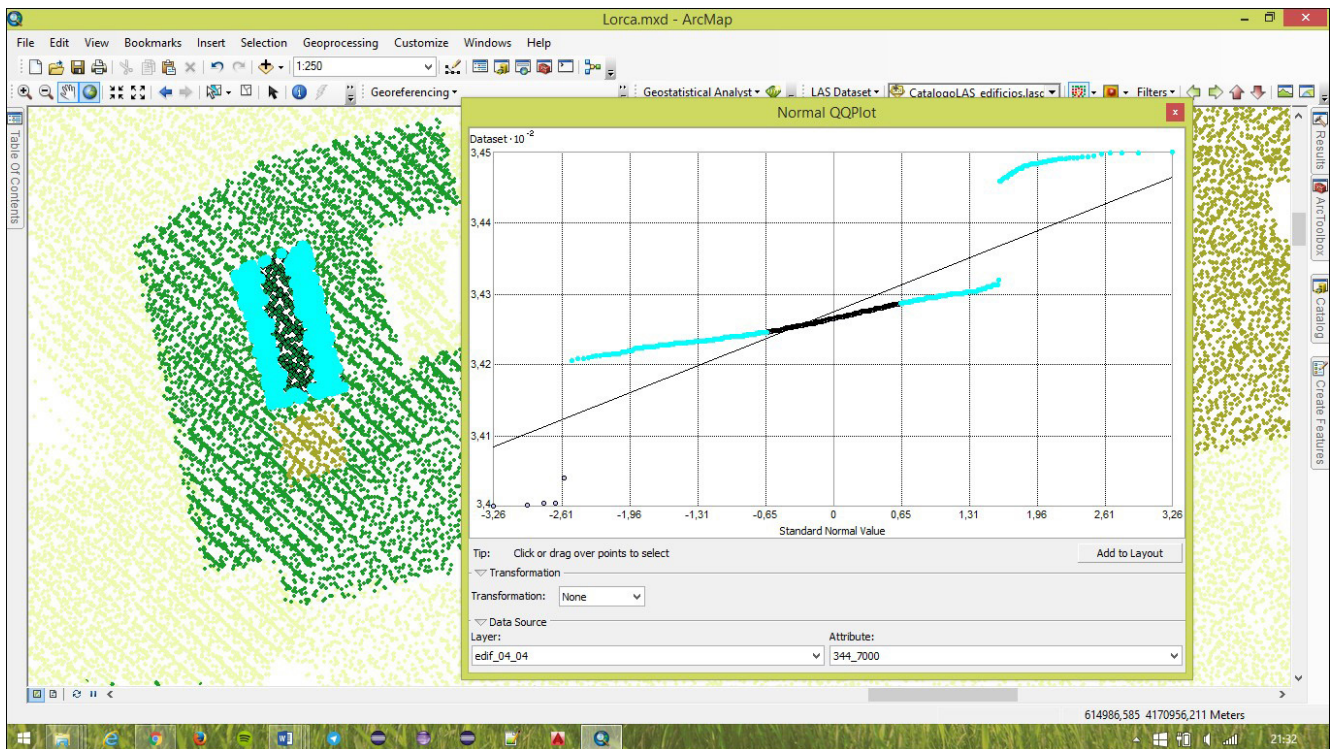


Figura 14. Gráfica de la normal de un edificio.

#### 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este trabajo se exponen los resultados obtenidos en el desarrollo de los niveles LODO, LOD1 y LOD2 del proceso de modelización espacial con CityGML. Es un proceso sistemático alternativo a los modelos clásicos que aporta la compatibilidad con futuros desarrollos propios o ajenos.

Con su aplicación se consigue una buena integración de los edificios con el terreno pero con un nivel de detalle limitado en los LODs más bajos. Se puede mejorar utilizando información proveniente de diversos sensores como escáner, escáner-láser, etc.

Una de las principales ventajas deriva de la capacidad de almacenar información semántica y geométrica 3D en el mis-

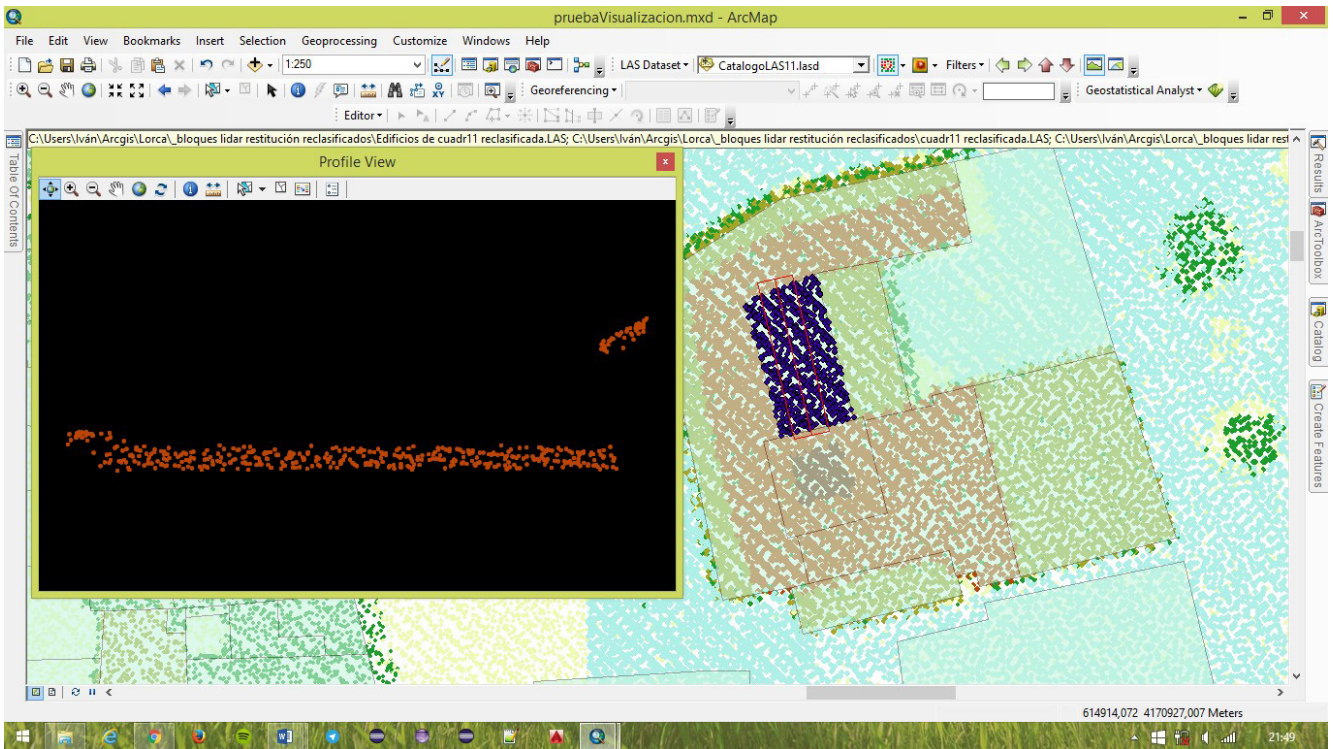


Figura 15. Perfiles de un edificio.

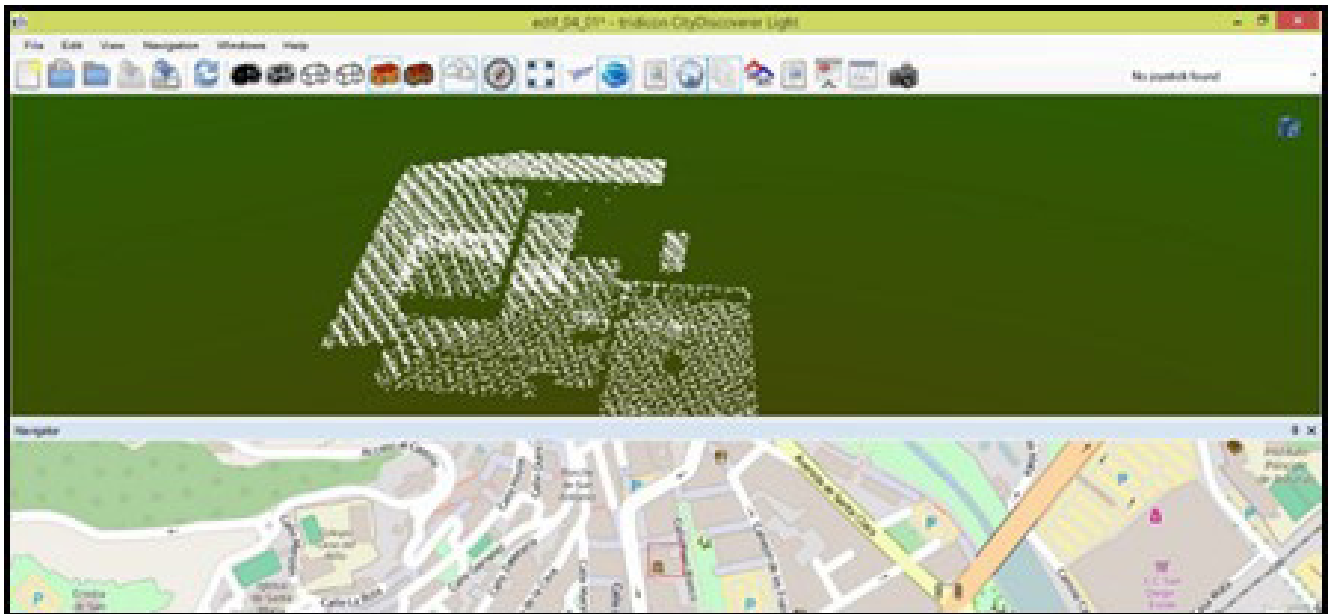


Figura 16. Nube de puntos 3D de un edificio.

mo modelo de datos que le proporciona la capacidad de interoperar con otras aplicaciones y modelos como BIM.

Al ser un estándar de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDEs) los modelos pueden ser compartidos vía geoservicios WEB y visualizados con visores de las IDEs en cualquier parte del mundo.

Actualmente se está desarrollando el LOD2 de la zona completa de Lorca y un visualizador de CityGML 3D específico para este trabajo.

## 5. CONCLUSIONES

La metodología expuesta y las técnicas descritas permiten generar modelos que integran información de diferentes fuentes y contienen de manera estructurada toda la información de una ciudad. Con ellos se pueden reducir los costes y se mantiene la consistencia de la información durante todo el proceso de proyecto y construcción de los edificios.

Desarrollar modelos basados en datos LiDAR necesita de un enorme volumen de datos con información exacta, en dife-



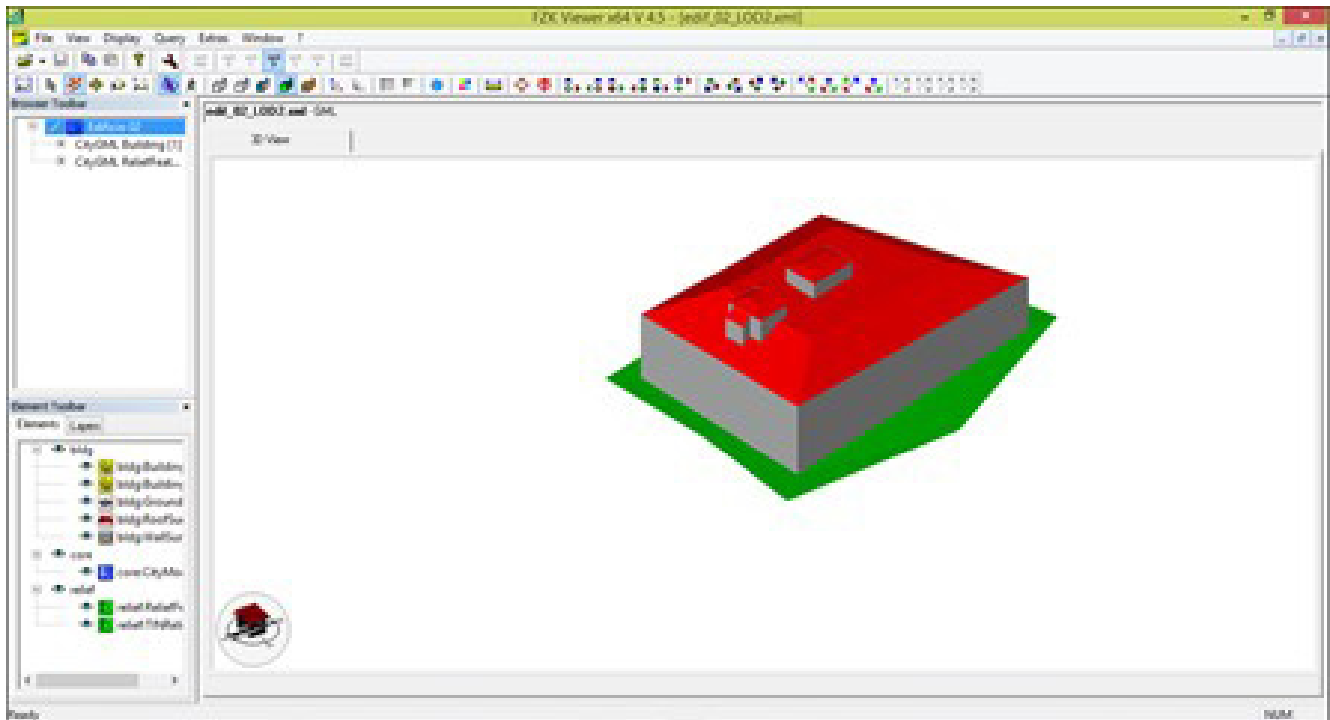


Figura 17. Resultado LOD2 de un edificio.



Figura 18. Edificios de la zona de estudio.



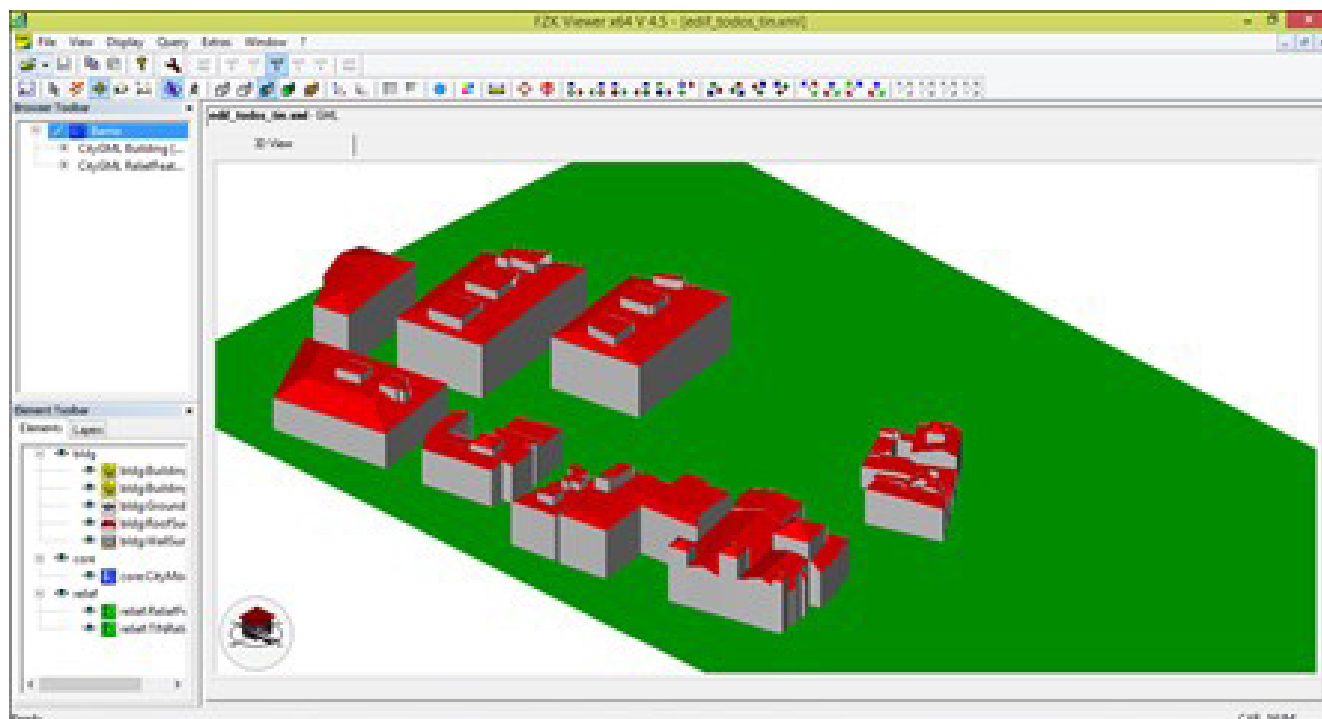


Figura 19. Resultado del modelo 3D LOD2 de la zona.

rentes formatos y estructuras como: ortofotos, Modelos Digitales de Elevación (principalmente Modelos Digitales del Terreno y Modelos Digitales de Superficie), nubes de puntos, elementos vectoriales y atributos no espaciales asociados con los elementos que se pueden presentar con diferentes resoluciones y precisiones.

El uso de estándares como CityGML garantiza la compatibilidad con futuros desarrollos al ser un estándar OGC para intercambio de datos en las IDEs.

#### AGRADECIMIENTOS

Los datos han sido obtenidos mediante la realización de un vuelo LiDAR y fotogramétrico sobre la zona, dentro del proyecto de investigación SHAKE, que realizan en colaboración la Universidad de Barcelona y la Universidad Politécnica de Madrid.

#### REFERENCIAS

- (1) Krüger, A., Kolbe, T.H. (2012\_08\_25). Building analysis for urban energy planning using key indicators on virtual 3D city Models- The energy atlas of Berlin. En Proceedings of the ISPRS International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (30). Melbourne.
- (2) Khodeir, L., Dalia, A., Shaimaa, T. (2016). Integrating HBIM (Heritage Building Information Modeling) Tools in the Application of Sustainable Retrofitting of Heritage Buildings in Egypt. *Procedia Environmental Sciences*, 34.
- (3) Ying, S., Guo, R., Li, L. (2015). Construction of 3D Volumetric objects for a 3D cadastral system. *Trans. GIS*, 19.
- (4) Suarez, J., Fuentes, C., Alonso, A. (2011\_02\_17). Modelización Tridimensional Semiautomática de Entornos Urbanos a partir de datos LIDAR combinados con Información Catastral. En *Congrés de la Setmana Geomàtica Internacional*, 15. Barcelona.
- (5) Björk, B.C. (1992). A Conceptual Model of Spaces, Spaces Boundaries and Enclosing Structures. *Automation in Construction*, 1.
- (6) Guney, C. (2016\_10\_16). Rethinking GIS towards The Vision Of Smart Cities Through CityGML. En *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, (XLII-2/W1), 2016 3rd International GeoAdvances Workshop. Estambul.
- (7) Rodríguez, R., Álvarez, M., Miranda, M., Díez, A., Papí, F., Rodríguez, P. (2013). Obtención de modelos urbanos tridimensionales. *Informes de la Construcción*, 65(530).
- (8) Kolbe, T. H. (2012-05-01). BIM, CityGML and related standardization. En *Proceedings of the 2012 Digital Landscape Architecture Conference*. Dessau.
- (9) Amelibia, I. (2013-11-13). CityGML: modelado urbano 3D. En *IV Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales*. Toledo.
- (10) Mao, B., Harrie, L. (2016). Methodology for the efficient progressive distribution and visualization of 3D building objects. *IPRS int. J. Geo-Inf.*, 5 (185).

- (11) Prieto, I., Izkara, J.L., Egusquiza, A. (2016). Web-Based Tool for the Sustainable Refurbishment in Historic Districts Based on 3D City. En *Advances in 3D Geoinformation*. Part of the series *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography* (pp 159-169). Heidelberg: Springer Professional.
- (12) Tobias, P. (2015). An investigation into the possibilities of BIM and GIS cooperation and utilization of GIS in the BIM process. *Geoinformatics, FCE, CTU 1(14)*.
- (13) Malambo, L. M., Hahn, M. (2010\_11\_01). LiDAR Assisted CityGML Creation. En *The Applied Geoinformatics for Society and Environment Conference (AGSE .... L.M)*. (13). Stuttgart.

## ENLACES

- [w1] [www.opengeospatial.org](http://www.opengeospatial.org)
- [w2] [developers.google.com/kml/](http://developers.google.com/kml/)
- [w3] [www.esri.com/software/cityengine](http://www.esri.com/software/cityengine)
- [w4] [3dwarehouse.sketchup.com/?hl=es](http://3dwarehouse.sketchup.com/?hl=es)
- [w5] <https://3dwarehouse.sketchup.com/collection/b766b1d8-e997-4cb2-981a-56014ac2c750/Google-Earthl>
- [w6] [www.opengeospatial.org/standards/citygml](http://www.opengeospatial.org/standards/citygml)
- [w7] [www.opengeospatial.org/standards/gml](http://www.opengeospatial.org/standards/gml)
- [w8] [centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/catalogo.do?Serie=FPNOA](http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/catalogo.do?Serie=FPNOA)
- [w9] [www.sedecatastro.gob.es](http://www.sedecatastro.gob.es)
- [w10] [www.terrasolid.com/](http://www.terrasolid.com/)
- [w11] [www.globalmapper.com](http://www.globalmapper.com)
- [w12] [www.digi21.net/digi3d](http://www.digi21.net/digi3d)
- [w13] [www.digi21.net/mdtop](http://www.digi21.net/mdtop)
- [w14] [www.arcgis.com](http://www.arcgis.com)
- [w15] [autodesk.es/products/autocad/overview](http://autodesk.es/products/autocad/overview)
- [w16] [www.iai.kit.edu/1302.php](http://www.iai.kit.edu/1302.php)
- [w17] [www.uni-koblenz-landau.de/de/koblenz/fb4/uebergreifend/er/stormodelling/tools/aristoteles](http://www.uni-koblenz-landau.de/de/koblenz/fb4/uebergreifend/er/stormodelling/tools/aristoteles)
- [w18] [www.iso.org](http://www.iso.org)

\* \* \*