



# Uso de herramientas de geoproceso de los SIG sobre datos LIDAR, para el análisis territorial

J. Santamaría-Peña<sup>1</sup>, F. Sanz-Adán<sup>2</sup>, M.E. Palacios-Ruiz<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Mecánica-Universidad de La Rioja; jacinto.santamaria@unirioja.es

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Mecánica-Universidad de La Rioja; felix.sanz@unirioja.es

<sup>3</sup> Consejería de Fomento y Política Territorial-Gobierno de La Rioja; epalacios@larioja.org

**Resumen:** En la mayoría de estudios sobre elementos del territorio, la geolocalización es un aspecto fundamental. Fijar la posición exacta X,Y,Z del máximo de detalles del suelo y de cuanto está sobre él, ha sido siempre uno de los grandes objetivos de la humanidad. El desarrollo de la tecnología LIDAR en sus distintas variantes (satelital, aérea, terrestre) ha intentado dar respuesta a este deseo y hoy en día disponemos de abundante material para abordar análisis más o menos complejos del territorio. Los ficheros LIDAR contienen información de una inmensa cantidad de puntos y su tratamiento resulta difícil si no se conocen en profundidad programas informáticos que desarrollan algoritmos complejos para su tratamiento. Hoy en día disponemos de diverso software propietario orientado a la gestión de datos LIDAR, además de soluciones integradas en Sistemas de Información Geográfica. En esta comunicación pretendemos mostrar alguna de las soluciones LIDAR integradas en los Sistemas de Información Geográfica más utilizados actualmente y que se orientan claramente al análisis territorial, desgranando cada uno de los procesos y los resultados que generan. A pesar de la íntima relación existente entre SIG y LIDAR, que comparten muchos puntos de encuentro, deberían manejarse siempre como elementos diferenciados. Los datos LIDAR dotan a los SIG de un mayor potencial de análisis y los SIG constituyen un entorno natural para gestionar la información que extraemos de los datos LIDAR. Y en esta simbiosis está precisamente su fortaleza cuando trabajan conjuntamente.

**Palabras clave:** LIDAR-GIS; análisis territorial; geoprocensos; raster-vector

## 1. Introducción

El tratamiento de los datos LIDAR (Light Detection and Ranging) en el entorno de los Sistemas de Información Geográfica se ha desarrollado mucho en los últimos 15 años. La cada vez más necesaria utilización de datos geolocalizados con información tridimensional ha hecho que los Sistemas de Información Geográfica se hayan adaptado a este nuevo contexto.

Para la gestión o planificación territorial, originalmente se utilizaron los datos LIDAR obtenidos desde plataformas aéreas, que hoy día están ampliamente distribuidos por los organismos oficiales (PNOA-Instituto Geográfico Nacional; vuelos específicos de Organismos Autónomos, etc.). En la actualidad, se han incorporado otro tipo de materiales como los procedentes de escaneos mediante Laser Terrestre (estacionado y móvil) o vuelos LIDAR mediante drones. Todos estos materiales en definitiva constituyen inmensas cantidades de nubes de puntos con información precisa de elementos geolocalizados que es necesario organizar, filtrar, jerarquizar y explotar al máximo la información que almacenan.

El tratamiento y la explotación de la información georreferenciada ha sido y sigue siendo el principal de los objetivos de los Sistemas de Información Geográfica, existiendo en el mercado soluciones diversas tanto en el ámbito del software propietario como en los ámbitos freeware u open-source.

En esta comunicación, trataremos de indagar y poner de manifiesto la situación actual en torno al tratamiento de los datos LIDAR, estudiando las soluciones incorporadas por los dos grandes paquetes software más extendidos a nivel mundial en cada uno de los ámbitos antes descritos: ArcGIS y QGIS. Somos conscientes de que existen otras plataformas con objetivos similares, pero consideramos que estas dos herramientas SIG abarcan un gran espectro de soluciones con objetivos concretos de gestión y análisis territorial.

Tradicionalmente los SIG se han desenvuelto perfectamente en el entorno bidimensional de la información geográfica. Las herramientas típicas de geoproceso vectorial (intersección, diferencia, buffer,...) encontraban su material adecuado en las bases de datos con información georreferenciada en las que el “dato” ocupaba una posición x,y concreta y no tenía ninguna referencia a su altura u otra cualidad dimensionable. La irrupción del LIDAR en el análisis territorial ha tenido dos consecuencias importantes en el mundo de los SIG:

- por un lado, han de tratarse conjuntos de millones de puntos, que es necesario identificar, procesar y organizar.
- por otro lado, los puntos llevan otro tipo de información, además de su posicionamiento X,Y,Z, como puede ser la intensidad, la clase, el color,... Y de cada uno de estos datos surgen interesantes procesos de los cuales se puede obtener información útil.

A nivel de usuario, el tratamiento de datos LIDAR adopta dos metodologías bien diferenciadas: o bien optamos por soluciones específicas ajenas a los sistemas de información geográfica del tipo FUSION™ (desarrollado por el Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de Estados Unidos [USDA]), FUGROVIEWERTM (Fugro N.V.), DIELMOLIDARTM (DIELMO 3D S.L.), LASSTOOLSTM (Rapidlasso GmbH); o bien nos decantamos por soluciones LIDAR integradas en SIG del tipo (ArcGIS <https://www.esri.es/arcgis/>, QGIS <http://www.qgis.org> , SAGA-GIS <http://www.saga-gis.org/en/index.html> , gvSIG [www.gvsig.com/es](http://www.gvsig.com/es)). La integración en los SIG puede hacerse mediante desarrollos propios internos en diversos lenguajes de programación (caso típico en ArcGIS) o mediante desarrollos de interface que hacen llamadas a herramientas externas (caso típico de QGIS con herramientas de LASTools o con libLAS-PDAL).

En este trabajo trataremos de desarrollar alguna de las herramientas de geoproceso de datos LIDAR más utilizadas en el entorno GIS para el análisis territorial y las soluciones que alguno de estos paquetes han implementado.

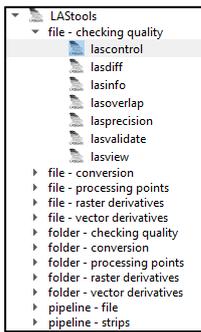
## 2. Materiales y métodos

El tratamiento de datos LIDAR requiere mucha capacidad de cálculo y, por tanto, el uso de algoritmos muy especializados que sean capaces de tratar un gran volumen de información. En esta comunicación vamos a tratar de describir el conjunto de herramientas para tratamiento de datos LIDAR denominado LASTools®, implementadas como complemento en QGIS.

### 2.1. Herramientas LASTools en QGIS

En QGIS es posible cargar mediante un complemento específico las herramientas LIDAR desarrolladas en LASTools®. Permite el procesamiento de nubes de puntos en formatos LAS, LAZ y ASCII. La apariencia en la caja de herramientas de procesos es la siguiente:

X CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA  
X CONGRESSO IBÉRICO DE AGROENGENHARIA  
3 – 6 septiembre 2019, Huesca - España



Las herramientas se organizan en cinco grandes bloques:

- a) Herramientas de control de calidad de los datos dentro de los ficheros.
- b) Herramientas de conversión
- c) Herramientas de procesamiento de puntos
- d) Procesos relacionados con soluciones ráster.
- e) Procesos relacionados con soluciones vectoriales.

2.1.1. Herramientas de control de calidad:

**LASCONTROL:** Esta utilidad, básicamente triangula los puntos terreno generando un TIN (*Triangulated Irregular Network*) y compara la cota de una serie de puntos de control con la cota de una zona de puntos alrededor (*por defecto 15m x15m*) de dichos puntos de control. El error medio encontrado lo aplica a las cotas de todos los puntos de la nube, generando un nuevo fichero LAS o LAZ con el sufijo “\_ajustado”. Es pues una forma de depurar los ficheros LIDAR originales mediante puntos de control de cota bien conocida.



**LASDIFF:** esta herramienta calcula la diferencia de cota entre los puntos de dos ficheros LIDAR y genera un nuevo fichero con el atributo de cota correspondiente a esta diferencia. El proceso más común realizado por esta herramienta es la llamada “normalización”, es decir, obtener la altura de los puntos de un Modelo digital de superficie (MDS) respecto al Modelo digital del terreno (MDT), para el cálculo de la altura de los árboles en una masa forestal.



**LASINFO:** realiza un informe del contenido de la cabecera del fichero y de la clasificación ordenada de los puntos

histogram of classification of points:	
7856	unclassified (1)
7319707	ground (2)
860418	low vegetation (3)
634300	medium vegetation (4)
30380	high vegetation (5)
4140	building (6)
583	noise (7)
2518069	overlap (12)

number of point records:	11375453
number of points by return:	11238742 133855 2756 99 1
scale factor x y z:	0.01 0.01 0.01
offset x y z:	0 0 0
min x y z:	510000.00 4710000.00 469.84
max x y z:	511999.99 4711999.99 1236.62

**LASOVERLAP:** esta herramienta lee los puntos LIDAR desde un fichero LAS/LAZ/ASCII/BIN/SHP y chequea el solapamiento de las líneas de vuelo y la alineación vertical y horizontal. Se pueden identificar las zonas de recubrimiento del vuelo LIDAR.

**LASPRECISION:** herramienta que comprueba si la precisión de los datos que indica la cabecera del fichero LAS es la que corresponde a los puntos.

**LASVALIDATE:** utilidad que comprueba si el fichero LIDAR es conforme a las especificaciones ASPRS LAS 1.0 a 1.4, generando un fichero \*.xml como informe.

**LASVIEW:** es un simple visualizador OpenGL para puntos LIDAR en formatos LAS/LAZ/ASCII, con opciones para editar, borrar puntos y generar TIN desde una selección.



**Figura 1.** Distintas visualizaciones con LASVIEW desde QGIS.

#### 2.1.2. Herramientas de conversión de ficheros:

**LAS2SHAPE – SHP2LAS:** convierte ficheros de puntos LAS/LAZ/ASCII a formato Shapefile de ESRI, por defecto, agrupándolos en grupos de 1024 puntos como entidades multipunto, y viceversa.

**LAS2TXT – TXT2LAS:** convierte la nube de puntos LAS/LAZ 1.0 - 1.4 a formato de texto ASCII, incorporando en cada línea distintos atributos.

**LASZIP:** comprime y descomprime los ficheros LAS a LAZ y viceversa, con mínima pérdida.

**LASMERGE:** une varios ficheros en formato LAS/LAZ/ASCII en uno solo y, si se quiere, luego lo trocea en varios ficheros del tamaño que se quiera.

**LASTILE:** crea mosaicos contiguos sin solapamiento desde ficheros LAS y los guarda en fichero individuales LAS/LAZ.

**LASPUBLISH:** crea un portal para visualización y descarga de ficheros LIDAR LAS/LAZ en cualquier navegador WEB.

#### 2.1.3. Herramientas de procesamiento de puntos:

**LAS2LAS\_filter:** para filtrar, transformar, proyectar, afinar o modificar de algún modo su contenido; por ejemplo, puntos que estén dentro de un rectángulo, o puntos que están entre dos cotas concretas, o puntos que sean primeros retornos o puntos de determinada clase.

**LAS2LAS\_project:** convierte un fichero LAS/LAZ en determinada proyección a otra proyección.

**LAS2LAS\_transform:** escala, traslada y sube o baja la nube de puntos original; además puede modificar la intensidad, el ángulo de escaneo, el tiempo GPS...

**LASCLASSIFY:** clasifica puntos como edificios y vegetación alta. Lo que hace es buscar puntos cercanos que estén a más de 2 metros del suelo y genera regiones de tejados y regiones de árboles.

**LASCLIP:** a partir de un fichero LAS/LAZ/TXT de puntos y de un fichero SHP/TXT de polígonos cerrados, extrae los puntos que quedan dentro de los polígonos y los guarda en un fichero LAS/LAZ/TXT.

**LAS COLOR:** asigna a cada punto LIDAR el color que le corresponde de acuerdo al pixel de la ortofoto TIF, definido el sistema de coordenadas con etiquetas GEOTIFF o mediante un fichero externo \*.tfw.

**LASDUPLICATE:** elimina todos los puntos del fichero LAS/LAZ/ASCII en los que coincidan la coordenada X y la Y, o en los que coincidan las coordenadas X,Y,Z, pudiendo elegir entre quedarse el de menos cota o el de más cota o generar un fichero nuevo LAS con los eliminados.

LASGROUND – LASGROUND\_NEW: extrae los puntos-terreno, asignándoles la clase = 2. En función del entorno se pueden ajustar pasos de búsqueda de entre 5 y 50 metros. Contiene otros muchos parámetros para afinar la búsqueda de dichos puntos.

LASHEIGHT: calcula la altura sobre el terreno de cada punto del fichero LAS/LAZ/ASCII. Primero construye un TIN con los puntos terreno y luego calcula la elevación de cada uno de los puntos con respecto al TIN.

LASINDEX: crea un fichero \*.lax, a partir de un fichero LS/LAZ que contenga información indexada, para acceder más rápidamente a determinadas zonas del fichero con los comandos de búsqueda espacial.

LASNOISE: esta herramienta busca puntos aislados y los etiqueta o elimina, fijando ciertos criterios de paso (por defecto 4 m) y de aislamiento (por defecto 5 puntos)

LASOVERAGE: lee los ficheros LAS/LAZ/ASCII/BIN y encuentra puntos que son cubiertos por más de una línea de vuelo, y los etiqueta o los elimina. El paso de búsqueda debería fijarse en torno a dos veces el espaciado medio entre los puntos.

LASSORT: ordena los puntos de un fichero LAS de acuerdo al tiempo GPS, al número de retorno o por el identificador del punto.

LASPLIT: trocea la nube de puntos en ficheros individuales de acuerdo a diversos parámetros (por líneas de vuelo, por clasificación, por intervalos de tiempo GPS, por intervalos de X de Y o de Z, por intervalos de intensidad, por intervalos de ángulo de escaneo, ...).

LASTHIN: genera una rejilla uniforme sobre los puntos en ficheros LAS/LAZ/ASCII y de cada celda solo mantiene el punto más alto, o el más bajo o toma uno aleatoriamente.

#### 2.1.4. Herramientas de geoprocreso ráster:

BLAST2DEM-LAS2DEM: esta utilidad lee ficheros de puntos LA/LAZ, los triangula en un TIN y genera un ráster DEM con el TIN, que puede ser dividido en mosaico. Los formatos de salida pueden ser BIL, ASC, IMG, XYZ, DTM, TIF, PNG o JPG. Los cuatro primeros almacenan información de la altura, la pendiente o la intensidad, mientras que los tres últimos se usan más para destacar sombreados, tonalidades de grises o falso color.

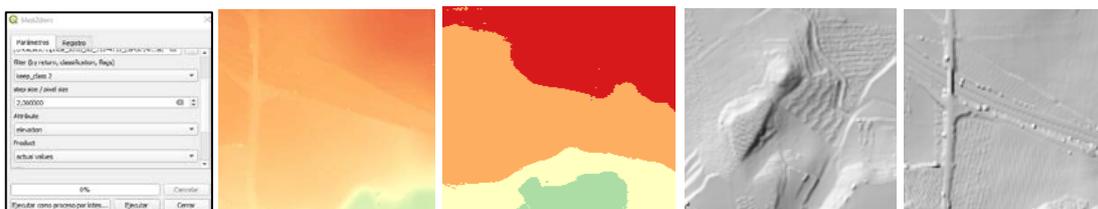
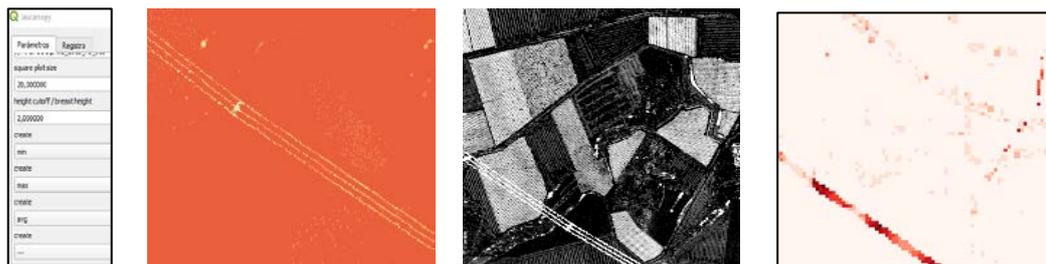


Figura 2. Proceso de trabajo con BLAST2DEM-LAS2DEM.

LASGRID: lee archivos LAS/LAZ/ASCII y genera un ráster con tamaño de pixel definido por el usuario, computando el valor más bajo, el más alto, la media, la desviación estándar o el rango de todos los puntos dentro de una celda. Los posibles formatos de salida son BIL, ASC, IMG, TIF, PNG, JPG, XYZ, CSV o DTM.

LASCANOPY: esta herramienta lee ficheros LAS/LAZ/BIN/SHP/QFIT/ASCII, realiza cálculos de utilidad forestal y genera un ráster en formato BIL, ASC, IMG, TIF, XYZ, FLT, o DTM. Es necesario ajustar bien el paso de trabajo del algoritmo, que por defecto es 20 m.



**Figura 3.** Ajustes y proceso de trabajo con LASCANOPY.

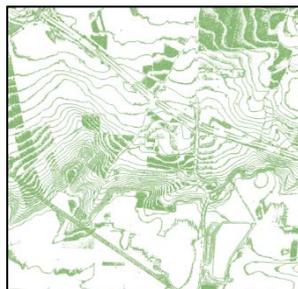
Ajustes - LASHEIGHT (genera LAZ con alturas respecto al suelo) – LASGRID (genera ráster con altura media en cada pixel sobre el suelo) – LASCANOPY (modelo de copas)

#### 2.1.5. Herramientas de geoproceso vectoriales:

LASBOUNDARY: lee los ficheros LAS/LAZ/ASCII y crea polígono cerrado que los abarca.

LAS2ISO – BALS2ISO: esta herramienta lee ficheros de puntos LA/LAZ, los triangula en un TIN y extrae las curvas de nivel, suavizadas, simplificadas, limpias o también, en forma de mosaico. Los formatos de salida pueden ser SHP, TXT, WKT, o KML.

LAS2TIN: lee ficheros LAS/LAZ/ASCII y triangula los puntos en un TIN.



**Figura 4.** Resultados con LAS2ISO

### 3. Resultados y discusión

Del análisis de las herramientas que QGIS (al igual que ARCGIS) dispone para el tratamiento de datos LIDAR a través de su complemento a LASTools® y su aplicación a ficheros LAS/LAZ procedentes de escaneos laser de vuelos aéreos (Airbone LIDAR), llegamos a una serie de resultados, que describimos a continuación:

- La cantidad de opciones que QGIS nos ofrece por medio de su interface para el acceso a datos LIDAR es muy abundante, y puede considerarse similar en las herramientas fundamentales a las que podemos acceder corriendo directamente el programa nativo LASTools®.
- Es cierto que QGIS y su complemento no disponen de herramientas de visualización y renderizado ágiles, como las que nos facilita FUGROVIEWER®, ya que la herramienta LASVIEW, aunque dispone de muchas opciones, es poco amigable y ciertamente limitada.
- El interface nativo de LASTools® es mucho más completo que el complemento de QGIS. En una única paleta tenemos todo lo necesario para realizar ajustes y afinar los resultados. En QGIS tenemos que conocer muy bien la estructura interna y la sintaxis de cada comando para extraer todo su potencial de análisis.

- Las herramientas LIDAR integradas en los SIG les dotan una mayor potencialidad para abordar el análisis territorial y deben entenderse como un complemento importante en la mayoría de los estudios e imprescindibles en algunos casos.

#### 4. Conclusiones

Después de comprobada la versatilidad de cada uno de los comandos del complemento LASSTools® para QGIS, llegamos a las siguientes conclusiones:

1. La existencia de complementos dentro de los SIG para el tratamiento de datos LIDAR, viene justificada más por la inmediatez y comodidad para los usuarios que por la agilidad de cálculo y herramientas a su disposición. Es cierto que cuando uno se acostumbra a trabajar en un entorno GIS agradece que todos los procesos puedan realizarse en dicho entorno. Pero hay que reconocer también, que cuando se controlan diversos programas de tratamiento específico de datos LIDAR, éstos suelen ser más versátiles, más específicos y generalmente más potentes.
2. Cuando los tratamientos primarios a someter a la nube de puntos original son importantes, suele merecer la pena trabajar con las herramientas originales.
3. Dentro de QGIS, las herramientas LIDAR deben considerarse como complementarias, para abordar ciertos trabajos en los que este material pueda aportar alguna propiedad de interés (DEM, MDT, curvas de nivel, métricas forestales, edificios, infraestructuras, ...).
4. Los datos LIDAR constituyen un material tan específico que por sí solo puede exigir el uso de software orientado y su inclusión como complemento dentro de los GIS, a veces, resulta casi anecdótico.

#### Referencias

1. Koukoulas, S.; Blackburn, G. Alan. Quantifying the spatial properties of forest canopy gaps using LiDAR imagery and GIS. *International Journal of Remote Sensing*, 2004, vol. 25, no 15, p. 3049-3072.
2. Palenzuela, J. A., et al. Landslide detection and inventory by integrating LiDAR data in a GIS environment. *Landslides*, 2015, vol. 12, no 6, p. 1035-1050.
3. Hills, John. Review of making spatial decisions using GIS and Lidar: a workbook!. *The Cartographic Journal*, 2017, vol. 54, no 2, p. 189-190.
4. Jo, Jin H., et al. Application of airborne LiDAR data and geographic information systems (GIS) to develop a distributed generation system for the town of normal, IL. *AIMS Energy*, 2015, vol. 3, p. 173-183.
5. Verso, A., et al. GIS-based method to evaluate the photovoltaic potential in the urban environments: The particular case of Miraflores de la Sierra. *Solar Energy*, 2015, vol. 117, p. 236-245.
6. Pérez, Luis Julián Santos. La tecnología LIDAR en el procedimiento de regularización catastral. Resultado de su validación. *CATASTRO*, 2015, p. 31.
7. NOVERO, Annabelle U., et al. The use of light detection and ranging (LiDAR) technology and GIS in the assessment and mapping of bioresources in Davao Region, Mindanao Island, Philippines. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 2019, vol. 13, p. 1-11.
8. Grigolato, Stefano; Mologni, Omar; Cavalli, Raffaele. GIS applications in forest operations and road network planning: an overview over the last two decades. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 2017, vol. 38, no 2, p. 175-186.
9. Rybansky, Marian, et al. Vegetation structure determination using LIDAR data and the forest growth parameters. En *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2016. p. 012031.
10. Torre Tojal, Leyre, et al. Diseño y contraste de nuevos modelos de estimación del potencial energético de biomasa forestal en el Territorio de Bizkaia mediante técnicas de análisis estadístico espacial usando herramientas GIS con datos LIDAR. 2016.