LiDAR, una herramienta de análisis rápido para estudiar los bosques

A.L. Montealegre

e-mail: monteale@unizar.es





10.00 - TAXA PL2 TAXA * A







La tecnología LiDAR

Un **escáner láser** captura y registra la geometría y la información textural de las superficies visibles de los objetos.

Entre el **sensor** y el **objeto** no existe un contacto físico, pero sí una interacción por medio de la **luz láser**.

Este sistema proporciona una **representación digital 3D** (nube de puntos) de la superficie en un campo de visión determinado y con un cierto grado de error.

Los escáneres láser aeroportados y terrestres habitualmente se denominan sistemas LiDAR (Light Detection And Ranging).





La tecnología LiDAR

	Type of LiDAR	Platform	Applications			
	Terrestrial : collects very dense and highly accurate points (up to 4,000 points/m ²) , which allows precise identification of objects. The laser scanner rotates 360° continuously during operation.	Mobile: such as vehicles, trains, and even boats.	Mobile LiDAR data can be used to analyze road infrastructure and locate encroaching overhead wires, light poles, and road signs near roadways or rail lines.			
		Static: tripod or stationary device.	These systems are fully portable and can collect point clouds inside buildings and caves as well as exteriors. Common applications for this type of LiDAR are engineering, mining, surveying, and archaeology.			
	Airborne: collects point clouds from 100 to 0.5 points/m ² . The infrared laser light is emitted toward the ground and returned to the sensor using oscillating or rotating mirrors.	Helicopter Flying 50 to 800 m.a.g.l. Flying 400 to 2,500 m.a.g.l.	Topographic LiDAR can be used to derive surface models useful for many applications, such as forestry, hydrology, geomorphology, urban planning, landscape ecology, coastal engineering, survey assessments, and volumetric calculations. Bathymetric LiDAR is a type of airborne			
	Spaceborne: the returning echo is sampled every nanosecond and the digitized	Satellite: Geoscience Laser Altimeter System (GLAS)	acquisition that is water penetrating. Full waveform satellite LiDAR data have			
pi w	ulses are referred to as laser vaveforms. Operating between 2003-2009.	aboard the Ice Cloud and land Elevation Satellite (ICESat).	parameters or monitoring ice sheets from regional to continental and global extents			

¿Qué es un LiDAR aeroportado?

La tecnología LiDAR aeroportada, es un tipo de teledetección activa que se basa en la medición del tiempo transcurrido entre la emisión de un pulso de energía láser y su llegada al sensor, después de haber sido reflejado por algún elemento de la superficie terrestre.

Tiempo→Distancia desde el sensor al objeto detectado.

$D = v \times t_{l}/2$

Donde:

D=distancia medida en metros.

v=velocidad de la luz en el aire (299,792,458 m/sec).
t_i=tiempo transcurrido en segundos entre la emisión del pulso y la recepcción del retorno.





LIDA

Características de la

tecnología LiDAR

(Vosselman y Maas, 2010).

Método activo (tiempo de vuelo) para medir ópticamente una superficie 3D.

La interacción del láser con la vegetación



Comportamiento de los pulsos láser (Vosselman y Maas, 2010). El pulso láser es emitido desde el avión y reflejado por el suelo y/o la vegetación.

¿Qué es una nube de puntos?

Tras un procesamiento posterior al escaneo de la superficie terrestre, el sistema transforma las distancias en **coordenadas "X, Y, Z" muy precisas**, correspondientes a las localizaciones donde se han producido las reflexiones.





Nube de puntos = coordenadas 3D + otros atributos



Número de retorno: un pulso láser emitido puede tener hasta cinco retornos según las características de la superficie y las capacidades del sensor. El primer retorno será marcado como retorno 1, el segundo como retorno 2 y así sucesivamente.







Clase: códigos LAS que definen el tipo de objeto que ha reflejado el pulso láser.

	5 5 7 8 9 10 11 12 13
0	Created, never classified
1	Unclassified
2	Ground
3	Low vegetation
4	Medium vegecation
5	High vegetation
6	Building
7	Law paint (noise)
8	Model key-point (mass point)
9	Water
10	Reserved
11	Reserved
12	Overlap points
13+	Reserved

Intensidad: cantidad de energía reflejada del retorno que da lugar a un punto.

Color: los puntos pueden ser "coloreados" con bandas RGB (rojo, verde y azul).

X Easting	Y Northing	Z Elevatio	Intensity	ReturnNum	NumOfRetur	ScanDirFla	EdgeFlight	Classifica	ScanAngleR	UserData	PointSourc	GPS TIME
664121,35	4642002,24	773,84	157	1	1	1	0	1	-11	138	17	-20270771,77
664003,55	4642110,66	748,38	107	1	1	0	0	1	-14	139	17	-20270770,15
664003,66	4642005,16	757,77	29	1	1	0	0	1	-11	137	17	-20270770,36
664094.88	4642086.1	775.9	155	1	1	0	0	1	-13	140	17	-20270771.28



- Año 2008: necesidad de disponer de MDEs de alta resolución y precisión → incorporar la tecnología LiDAR.
- Proyecto cofinanciado y cooperativo: Administración General del Estado y CC.AA. bajo la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional y el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG).
- España, uno de los **primeros países** en abordar una cobertura LiDAR completa del territorio.
- Vuelo LiDAR único: especificaciones técnicas consensuadas con las Administraciones Públicas participantes.

COBERTURAS PUBLICADAS





MÁXIMA DENSIDAD PUBLICADA





BLOQUES DE VUELO



AÑOS DE INICIO DE VUELO



SENSORES PRINCIPALES

Leyenda Sensores





AÑO INICIO VUELO



BLOQUES DE VUELO



SENSORES PRINCIPALES

EICA ALSED LEICA ALS70 LEICA ALSED LEICA SPLIN RIEGL 1560

RIEGE LMS-070

Leyenda





Líneas de vuelo paralelas y transversales. Discrepancia altimétrica entre pasadas ≤ 0,40 m



Archivo LAZ (formato de compresión de ficheros LAS) de 2x2 km (distribución MTN50).

Puntos clasificados de manera automática y coloreados mediante RGB obtenido a partir de ortofotos del PNOA. Intensidad en 8 bits.

Hasta 4 retornos para cada pulso.

Sist. Geodésico de referencia ETRS89/REGCAN2001 UTM huso correspondiente.



Nomenclatura de los ficheros LAS



¿Qué y cómo investigamos?











A Comparison of Open Source LiDAR Filtering Algorithms in a Mediterranean Forest Environment

A. Montealegre, M. T. Lamelas, and J. de la Riva.

Abstract

Despite a growing body of peer-reviewed literature documenting the filtering methods of LiDAR data, there seems to be little information describing in detail the suitability of parameters for different forest scenarios, as well as a quality assessment to select the most appropriate to create digital elevation models. Furthermore most algorithms remain proprietary and have high purchase costs, while a few are openly available and are supported by published results.

This paper compares the accuracy of seven discrete return LiDAR filtering methods, implemented in **not proprietary tools** and software for removing non-ground measurements of the point clouds provided by the Spanish National Plan for Aerial Orthophotography (PNOA). Two test sites in different **landscapes with moderate to steep slopes** and various **land cover types** were selected.













Figura S. Normalización de la nube de puntos LiDAR (Fuente: Rodriguez y Fernández, 2013).





Clasificados los puntos podemos generar... MODELOS DIGITALES DE ELEVACIONES (MDE)



Interpolation Routines Assessment in ALS-Derived Digital Elevation Models for Forestry Applications

A. Montealegre, M.T. Lamelas and J. de la Riva.

Abstract

Airborne Laser Scanning (ALS) is capable of estimating a variety of forest parameters using different metrics extracted from the **normalized heights** of the point cloud using a Digital Elevation Model (DEM). In this study, **six interpolation routines were tested** over a range of land cover and terrain roughness in order to generate a collection of DEMs with spatial resolution of 1 and 2 m. The accuracy of the DEMs was assessed twice, first using a test sample extracted from the ALS point cloud, second using a set of **55 ground control points** collected with a high precision Global Positioning System (GPS).

The effects of terrain slope, land cover, ground point density and pulse penetration on the interpolation error were examined stratifying the study area with these variables. In addition, a Classification and Regression Tree (CART) analysis allowed the development of a prediction uncertainty map to identify in which areas DEMs and Airborne Light Detection and Ranging (LiDAR) derived products may be of low quality. The Triangulated Irregular Network (TIN) to raster interpolation method produced the best result in the validation process with the training data set while the Inverse Distance Weighted (IDW) routine was the best in the validation with GPS (RMSE of 2.68 cm and RMSE of 37.10 cm, respectively). remote sensing ISSN 2072-4292 www.mdpi.com/journal/remotesensing

Study area with the two test sites (T1 and T2). The red triangles denote the locations of the reference GPS benchmarks used in the accuracy assessment.



3D shaded surface models from unfiltered ALS point clouds of test sites to give perspective of topographic relief.





Classification tree resulting from CART analysis of absolute errors for a 1 m DEM using TIN to raster interpolation.

Análisis CART

Incertidumbre moderada, debido al relieve accidentado + alta densidad de puntos + pinares y matorrales.

Incertidumbre alta, debido a pendientes > 15° + densidad < 0,3 puntos/m²



Los **bosques mediterráneos** de pino se ven afectados por **incendios forestales** con diferentes frecuencias, intensidades y niveles de severidad que suponen consecuencias socioecológicas diversas.

> El LiDAR permite una aproximación geométrica fiable a los cambios ocurridos en la estructura vertical del bosque tras el incendio.

La **severidad del fuego** es un término descriptivo que integra los cambios físicos, químicos y biológicos de un ecosistema, como resultado de la acción del fuego.

SEVERIDAD DEL FUEGO: uno de los parámetros más influyentes en el proceso de regeneración post-fuego. Su valoración en campo, aunque está bien definida, resulta costosa.

2

........

.

.

La **TELEDETECCIÓN** es una herramienta de gran utilidad para su estimación.



Forest fire severity assessment using ALS data in a Mediterranean environment

A. Montealegre, M.T. Lamelas, M. Tanase and J. de la Riva.

Abstract

In order to **predict fire severity**, **spectral indices** derived from remotely sensed images have been used extensively.

Such spectral indices are usually used in combination with ground sampling to relate detected radiometric changes to actual fire effects.

However, the potential of the tridimensional information captured by **Airborne Laser Scanners (ALS) to severity mapping** has been less explored.

With the objective of addressing this question, in this paper, **explanatory variables extracted from ALS** point clouds are related to field estimations of the **Composite Burn Index collected in four fires located in Aragón** (Spain). Study area and Composite Burn Index (CBI) field plots location.

remote se





Modelo de regresión logística:

 $P = \exp (6.925 - 12.236 * Canopy relief ratio - 0.055 * Percentage of all returns above 1 m)/ 1+ exp (6.925 - 12.236 * Canopy relief ratio - 0.055 * Percentage of all returns above 1 m)]$

The canopy relief ratio: descriptor of the relative shape of the canopy ranging between 0 and 1 and reflecting the degree to which canopy surfaces are in the upper (> 0.5) or the lower (< 0.5) portion of the height interval: for high burn severity the canopy relief ratio value tends to 0, whereas the value is close to 0.5 for low burn severity.





The percentage of all returns above 1 m: if the percentage is low it means that treetops have been scorched by fire, with only tree trunks and some branches remaining, which indicates high burn severities.

Observed and predicted fire severity cross-tabulation for both training and validation datasets, Kappa index (K) and ROC curves.



El conocimiento de las masas forestales es fundamental para su correcta gestión y ordenación, siendo necesaria una valoración cuantitativa, mediante la estimación de variables dasométricas.

Las **nubes de puntos** proporcionan información con la que estimar **variables** directa e indirectamente sin necesidad de "medir todo el bosque"

Percentiles de la altura



Métricas de altura



Métricas de variabilidad de altura



Métricas de densidad





Diámetro y superficie de copa

USE OF LOW POINT DENSITY ALS DATA TO ESTIMATE STAND-LEVEL STRUCTURAL VARIABLES IN MEDITERRANEAN ALEPPO PINE FOREST

A. Montealegre, M.T. Lamelas, J. de la Riva, A. García-Martín and F. Escribano.

Abstract

LiDAR has been successfully used to describe a wide range of **forest metrics** from local to regional scales. However, little research has focused on the use of this technology to derive **key stand characteristics using low point density** Airborne Laser Scanner (ALS) data in *Pinus halepensis* Mill. forest.

The objective of this research was to develop models of Aleppo pine **mean height**, **squared mean diameter**, **basal area**, **timber volume**, **and stand density** at stand level from ALS point clouds and fieldwork information in an area located in northeastern Spain.

Stand metrics were obtained within **45 plots**, **30 m in diameter**, randomly selected across the study area. A **multiple regression analysis** was performed for each of the dasometric variable and a leave-one-out cross-validation (LOOCV) was conducted.













5. Cartografía de modelos combustibles

Los campos de maniobras del Ministerio de Defensa, como el Centro de Adiestramiento (CENAD) "San Gregorio", presentan un peligro alto de ignición.



Tipologías de combustibles: parámetros cualitativos y/o cuantitativos que determinan unas condiciones concretas para la propagación del fuego.

Cartografía de tipos de combustible forestal: esencial para la estimación de las condiciones de propagación del fuego y para la gestión forestal.

> Las técnicas de **clasificación** digital de imágenes de teledetección han demostrado cómo la combinación de información mejora los resultados.

11:38 RM



Prometheus:

Nº Parcela: Coordenadas X

Parcela SIG:

Modelo

Combustible

Centro Universitario de la Defensa Zaragoza

MEMORIA JUSTIFICATIVA DE LA SOLICITUD

Fecha: Hora inicio:

Hora fin:

TÍTULO

Autores:

Nº Fotos:

Cartografía de modelos combustibles mediante fusión de imágenes derivadas de sensores LIDAR, SAR y multiespectrales de alta resolución espacial como apoyo al plan de prevención

RESUMEN

El objetivo principal perseguido en esta investigación es responder a la necesidad de desarrollar metodologías operativas que permitan obtener una cartografía datallada de de campo con al

5. Cartografía de modelos combustibles



5. Cartografía de modelos combustibles



Ene state/he wide francises per el Preyeto de Investigación V 2015-04, concentito per el Centro Universitanto de la Ordenza de Zazagona con la calaboración del CDIVIO Yan Gregorio". Mannalego, A.L., Lavréan, M.J., del Nin, J., Cantel Hartin, A., Excitanza T. (2015). Catagonia de recibiona de architectualito de la Gregorio". En J R. et J. (2016). (Catagonia Statuto de la cal Debrar y Garantino Constructionario de la Catagonia de La Catagonia de Architectualito de Statuto de La Catagonia La Catagonia de La Catag

Conclusiones

- El LiDAR tiene un gran potencial en el ámbito forestal.
- Esta tecnología **permite** "**atravesar**" **la vegetación**, obteniendo diferentes retornos de la señal emitida (copas de los árboles, del terreno y de la vegetación intermedia).
- Algunos de los principales estudios que se pueden realizar son:
 - 1) Determinación y evolución del Coeficiente de Admisibilidad de Pastos (CAP)
 - 2) Inventario Forestal Nacional, tratamientos silvícolas, gestión forestal.
 - 3) Cartografía de Fracción de Cabida Cubierta.
 - 4) Modelado de incendios.
 - 5) Seguimiento de la evolución de los ecosistemas forestales y del estado de conservación.
 - 6) Análisis del paisaje y de hábitats.
 - 7) Cálculo y seguimiento del balance, fijación y huella de carbono.

