

# MAPPPING

VOL. 27 • Nº 192 • NOVIEMBRE-DICIEMBRE 2018 • ISSN: 1131-9100

KONGRESUA / CONGRESO



## KARTOGRAFIA ETA INFORMAZIO GEOGRAFIKOA CARTOGRAFÍA E INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

- Nuevo vuelo y ortofotografía urbana de la comunidad autónoma del País Vasco en 2017
- Evolución de los mapas en la web
- Servicios de posicionamiento GNSS y usos de la teledetección en la agricultura de precisión
- Prospección arqueológica en NDVI con drones. El uso de geoEuskadi como herramienta de ponderación de un nuevo método
- Visualizadores de cartografía temática colaborativa del Instituto Geográfico Nacional
- Sistemas LiDAR embarcados en RPAS
- Euskalgeo. La infraestructura de datos espaciales de Euskal Herria
- Servicios 3D con estándar i3S
- LiDAR: introducción a la tecnología
- geoEuskadi. Plataforma para el uso, explotación y difusión de mapas e información geográfica



# MAPPING

VOL.27 Nº192 NOVIEMBRE-DICIEMBRE 2018 ISSN 1131-9100

## Sumario



Pág. 4

Editorial



Pág. 6

**Nuevo vuelo y ortofotografía urbana de la comunidad autónoma del País Vasco en 2017.** *New flight and urban orthophoto of the autonomous community of basque country in 2017*  
Ion Martinez de Ilarduya Abarquero



Pág. 12

**Evolución de los mapas en la web.** *Evolution of web mapping*  
Alberto Peláez Rodríguez



Pág. 18

**Servicios de posicionamiento GNSS y usos de la teledetección en la agricultura de precisión.** *GNSS positioning services and the uses of remote sensing in precision agriculture*  
Xabier Garitano Plágaro



Pág. 24

**Prospección arqueológica en NDVI con drones. El uso de geoEuskadi como herramienta de ponderación de un nuevo método.** *Archaeological survey using NDVI with drones. The use of geoEuskadi as a tool for testing a new method*  
Juan José Fuldain González, José Ignacio Fuldain González



Pág. 30

**Visualizadores de cartografía temática colaborativa del Instituto Geográfico Nacional.** *Viewers of collaborative thematic cartography of the Spanish National Geographic Institute.*  
Ana Velasco Tirado, Candela Pastor Martín, Celia Sevilla Sánchez, César Iván Rodríguez Cano, Jaime Sánchez Fanjul



Pág. 38

**Sistemas LiDAR embarcados en RPAS.** *UAV LiDAR systems.*  
Alejandro Ávila Búa

Pág. 44

**Euskalgeo. La infraestructura de datos espaciales de Euskal Herria.** *Euskalgeo. The spatial data infrastructure of Basque Sountry.*  
Mikel Ayestaran Olano

Pág. 50

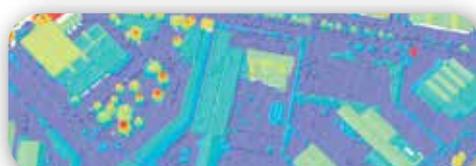
**Servicios 3D con estándar i3S.** *3D services using i3S standard.*  
Yansa Tejada Mengibar, José Jiménez

Pág. 56

**LIDAR: introducción a la tecnología.** *LIDAR: introduction to technology.*  
Nerea Zubizarreta Gisasola

Pág. 64

**geoEuskadi. Plataforma para el uso, explotación y difusión de mapas e información geográfica.** *geoEuskadi. Platform for use, exploitation and dissemination of maps and geographical information.*  
Juan Carlos Barroso Arroyo



## **El conocimiento de hoy es la base del mañana**

MAPPING es una publicación técnico-científica con 27 años de historia que tiene como objetivo la difusión de las investigaciones, proyectos y trabajos que se realizan en el campo de la Geomática y las disciplinas con ella relacionadas (Información Geográfica, Cartografía, Geodesia, Teledetección, Fotogrametría, Topografía, Sistemas de Información Geográfica, Infraestructuras de Datos Espaciales, Catastro, Medio Ambiente, etc.) con especial atención a su aplicación en el ámbito de las Ciencias de la Tierra (Geofísica, Geología, Geomorfología, Geografía, Paleontología, Hidrología, etc.). Es una revista de periodicidad bimestral con revisión por pares doble ciego. MAPPING está dirigida a la comunidad científica, universitaria y empresarial interesada en la difusión, desarrollo y enseñanza de la Geomática, ciencias afines y sus aplicaciones en las más variadas áreas del conocimiento como Sismología, Geodinámica, Vulcanología, Oceanografía, Climatología, Urbanismo, Sociología, Planificación, Historia, Arquitectura, Arqueología, Gobernanza, Ordenación del Territorio, etcétera.

## **La calidad de la geotecnología hecha revista**

*MAPPING is a technical- scientific publication with 27 years of history which aims to disseminate the research, projects and work done in the framework of the disciplines that make Geomatics (GIS, Cartography, Remote Sensing, Photogrammetry, Surveying, GIS, Spatial Data Infrastructure, Land Registry, Environment, etc.) applied in the field of Earth Sciences (Geophysics, Geology, Geomorphology, Geography, Paleontology, Hydrology, etc.). It is a bimonthly magazine with double-blind peer review. MAPPING is aimed at the scientific, academic and business community interested in the dissemination and teaching of Geomatics and their applications in different areas of knowledge that make up the Earth Sciences (Seismology, Geodynamics, Volcanology, Urban Planning, Sociology, History, Architecture Archaeology , Planning, etc.)*

# MAPPING

VOL.27 Nº192 NOVIEMBRE-DICIEMBRE 2018 ISSN 1131-9100

## DISTRIBUCIÓN, SUSCRIPCIÓN Y VENTA

eGeoMapping S.L.  
C/ Linneo 37. 1ºB. Escalera Central  
28005. Madrid. España  
Teléfono: 910067223  
info@mappinginteractivo.es  
www.mappinginteractivo.es

## MAQUETACIÓN

Atlis Comunicación - atlis.es

## IMPRESIÓN

Podiprint

Los artículos publicados expresan sólo la opinión de los autores. Los editores no se identifican necesariamente con las opiniones recogidas en la publicación. Las fotografías o imágenes incluidas en la presente publicación pertenecen al archivo del autor o han sido suministradas por las compañías propietarias de los productos. Prohibida la reproducción parcial o total de los artículos sin previa autorización y reconocimiento de su origen. Esta revista ha sido impresa en papel ecológico.



FOTO DE PORTADA:  
Cartel del Congreso geoEuskadi.

Autor: Congreso geoEuskadi.

Depósito Legal: M-14370-2015  
ISSN: 1131-9100 / eISSN: 2340-6542  
Los contenidos de la revista MAPPING aparecen en: Catálogo BNE, CIRC, Copac, Crue- Red de Bibliotecas REBIUN, Dialnet, DULCINEA, EBSCO, GeoRef, Geoscience e-Journals, Gold Rush, Google Académico, ICYT-CSIC, IN-RECS, Latindex, MIAR SHERPA/RoMEO, Research Bible, WorldCat.

## PRESIDENTE

Benjamín Piña Patón

## DIRECTOR

Miguel Ángel Ruiz Tejada  
maruiz@egeomapping.com

## REDACTORA JEFA

Marta Criado Valdés  
mcriado@egeomapping.com

## CONSEJO DE REDACCIÓN

Julián Aguirre de Mata  
ETSITGC. UPM. Madrid

Manuel Alcázar Molina  
UJA. Jaén

Marina A. Álvarez Alonso  
ETSII. UPM. Madrid

Gersón Beltrán  
FGH. UV. Valencia

Carlos Javier Broncano Mateos  
Escuela de Guerra del Ejército. Madrid

José María Bustamante Calabuig  
Instituto Hidrográfico de la Marina. Cádiz

Joan Capdevilla Subirana  
Área de Fomento de la Delegación del Gobierno. Cataluña

Diego Cerda Seguel  
KMLOT.COM. Chile

Efrén Díaz Díaz  
Abogado. Bufete Mas y Calvet. Madrid.

Mercedes Farjas Abadía  
ETSITGC. UPM. Madrid

Carmen Femenia Ribera  
ETSIGCT. UPV. Valencia

Javier Fernández Lozano  
Fac. Ciencias. USAL. Salamanca

Mª Teresa Fernández Pareja  
ETSITGC. UPM. Madrid

Florentino García González  
Abogado

Diego González Aguilera  
EPSA. USAL. Salamanca

Francisco Javier González Matesanz  
IGN. Madrid

Luis Joyanes Aguilar  
UPSAM. Madrid

Álvaro Mateo Milán  
CECAF. Madrid.

Israel Quintanilla García  
ETSIGCT. UPV. Valencia

Antonio Federico Rodríguez Pascual  
CNIG. Madrid

Roberto Rodríguez-Solano Suárez  
EUITF. UPM. Madrid

Andrés Seco Meneses  
ETSIA. UPNA. Navarra

Cristina Torrecillas Lozano  
ETSI. US. Sevilla

Antonio Vázquez Hoehne  
ETSITGC. UPM. Madrid

## CONSEJO ASESOR

Maximiliano Arenas García  
Acciona Infraestructuras. Madrid

César Fernando Rodríguez Tomeo  
IPGH. México

Miguel Bello Mora  
ElecNor Deimos. Madrid

Pilar Chías Navarro  
UAH. Madrid

Ignacio Durán Boo  
Ayuntamiento de Alcorcón

Ourania Mavrantza  
KTIMATOLOGIO S.A. Grecia

Julio Mezcua Rodríguez  
Fundación J. García-Siñeriz

Ramón Mieres Álvarez  
TOPCON POSITIONING SPAIN. Madrid

Benjamín Piña Patón  
Área de Fomento de la Delegación del Gobierno. Cantabria

Jesús Velasco Gómez  
ETSITGC. UPM. Madrid

La geolocalización de información o fenómenos de diversa índole sobre mapas proporcionan una gran capacidad de análisis, explotación y comunicación. Las últimas técnicas cartográficas y de geoinformación, junto con nuevas fuentes de información y BigData, aportan una gran potencialidad de análisis y gestión en diferentes sectores y disciplinas. Son muchas las organizaciones, tanto públicas como privadas, que están poniendo en marcha proyectos de geoinformación.

El Congreso geoEuskadi ha servido de foro de encuentro a múltiples instituciones, empresas, profesionales, estudiantes e investigadores del sector de la información geográfica en un sentido amplio. Han asistido más de 200 personas con 44 ponencias, 7 empresas colaboradoras con stands demostrativos, junto con un taller organizado por el Colegio Oficial de Ingeniería Geomática y Topográfica y otro taller práctico de las herramientas de geoEuskadi, además de una exhibición de vuelo de un dron.

Gobierno Vasco como entidad organizadora, mostró en varias ponencias diversas novedades en torno al proyecto geoEuskadi como plataforma para la gestión y publicación de mapas e información geográfica de diversa índole. Se presentó el reciente vuelo urbano de alta resolución de 10 cm. de todas las zonas urbanas de Euskadi, el comparador de imágenes aéreas, las potencialidades y futuras novedades del visor de mapas de geoEuskadi. También se expusieron los proyectos puestos en marcha por diversas organizaciones de Gobierno Vasco, como LurData de EUSTAT para la difusión de datos estadísticos sobre el territorio, la gestión de la información de la Agencia Vasca del Agua o las nuevas técnicas LIDAR y de agricultura de precisión por parte de HAZI Fundazioa. También y junto con otras ponencias de terceros, quedó plasmada la usabilidad de las herramientas y geoservicios de geoEuskadi por otras organizaciones tanto públicas como privadas gracias a la política abierta de datos con licencia CC by 3.0.

Además, han estado presentes y participando de forma activa, entre otros, el Instituto Geográfico Nacional, las Comunidades Autónomas de Baleares, Canarias, La Rioja, Madrid, Navarra y Valencia, los Ayuntamientos de Donostia y Bilbao, así como múltiples empresas, profesionales y personas investigadoras en múltiples disciplinas y temáticas como el medio ambiente, arqueología, estadística, ayuda médico-humanitaria, la gestión municipal, Smart-cities, inteligencia artificial y muchas más.

Por resaltar algunas de las técnicas o tendencias más representativas tratadas en el congreso, diversas ponencias mostraron la usabilidad práctica de drones o sensores tipo móvil Mapping en la captura de datos masivos, la aplicabi-

lidad de los nuevos satélites del proyecto europeo Copernicus o los novedosos microsátélites que permiten obtener información con alta resolución temporal. También destacar la amplia gama de investigadores u organizaciones que a través de iniciativas públicas de datos y servicios abiertos como geoEuskadi, están empleando las ortofotografías, los modelos digitales LIDAR y los servicios de posicionamiento GPS en aplicaciones como la localización de elementos arqueológicos, culturales o la modelización de fenómenos hidráulicos, geológicos o ambientales. Es de reseñar también el gran valor que tiene la información geográfica para la organización Médicos Sin Fronteras, para la que todo lo aquí presentado facilita su labor en la gestión de diversos conflictos médico-humanitarios.

Por otro lado, se contó con la colaboración del Colegio Oficial de Ingeniería Geomática y Topográfica en la organización del Taller denominado «la Georreferenciación en la coordinación Catastro y Registro», en la que participaron registradores de la propiedad, técnicos de los catastros forales y técnicos del Colegio Oficial de Ingeniería Geomática y Topográfica, entre otros. Durante este taller se mostraron algunos de los procedimientos definidos en los nuevos cambios legislativos tanto de la Reforma de la Ley Hipotecaria como del texto refundido de la Ley de Catastro, donde una representación gráfica del bien inmueble es necesaria.

El segundo taller impartido durante el Congreso corrió de la mano de los técnicos del Servicio de Información Territorial de Gobierno Vasco y de la empresa EJI, y en el mismo se explicaron detalladamente todas las funcionalidades de la Infraestructura de Datos Espaciales de Euskadi (geoEuskadi), así como de la descripción de toda la información disponible que puede encontrarse dentro de la plataforma, y de las diversas formas de acceder a ella. Se finalizó el taller con una explicación de cómo compartir información geográfica y de la API de geoEuskadi.

En definitiva, el congreso permitió compartir experiencias y buenas prácticas entre instituciones, empresas y profesionales del sector de la geoinformación, tanto en la captura de datos cartográficos y la teledetección, como en la aplicación en diferentes disciplinas de la información geográfica y los geoservicios. También puso en valor las iniciativas públicas de las llamadas Infraestructuras de Datos Espaciales, entre las que geoEuskadi es el nodo regional de la Comunidad Autónoma del País Vasco, que facilitan el acceso a la información geográfica y su reutilización por terceros. Por último la gran cantidad de aplicaciones multidisciplinares de la Información Geográfica que se pudieron ver, dejaron claro el crecimiento y potencialidad de un sector, el de la geoinformación, en ámbitos muy diversos.

**KONGRESUA / CONGRESO**



**KARTOGRAFIA ETA INFORMAZIO GEOGRAFIKOA**

**CARTOGRAFÍA E INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

# Nuevo vuelo y ortofotografía urbana de la comunidad autónoma del País Vasco en 2017

*New flight and urban orthophoto of the autonomous community of basque country in 2017*

Ion Martinez de Ilarduya Abarquero

REVISTA **MAPPING**  
Vol. 27, 192, 6-11  
noviembre-diciembre 2018  
ISSN: 1131-9100

## Resumen

El Gobierno Vasco ha realizado en 2017 un nuevo vuelo fotogramétrico y una nueva ortofotografía de 10 cm de resolución de todos los ámbitos urbanos de la comunidad autónoma del País Vasco. Estos productos se difunden a través de la IDE (Infraestructura de Datos Espaciales) de Euskadi, geoEuskadi, estando disponible toda la información relativa a este proyecto para cualquier persona u organización.

Este artículo trata de presentar ambos productos y explicar sus características y formas de difusión, a fin de que cualquier persona interesada pueda acceder a la información de esta iniciativa.

## Abstract

The Basque Government has carried out in 2017 a new flight photogrammetric and a new orthophotography with 10 cm of resolution of all the urban areas of the autonomous community of the Basque Country. These products are disseminated through the SDI (Spatial Data Infrastructure) of Euskadi, geoEuskadi, being available all the information related to this project for any person or organization.

This article tries to present both products and to explain their characteristics and forms of diffusion, so that any interested person can access the information of this initiative.

Palabras clave: Fotogrametría, vuelo, ortofotografía, suelo urbano, 2017, geoEuskadi, País Vasco, Euskadi.

Keywords: Photogrammetry, flight, orthophotography, urban land, 2017, geoEuskadi, Basque Country, Euskadi.

*Técnico de Información Territorial. Dirección de Planificación Territorial, Urbanismo y Regeneración Urbana. Gobierno Vasco*  
[i-martinezilarduya@euskadi.eus](mailto:i-martinezilarduya@euskadi.eus)

*Recepción 18/10/2018*  
*Aprobación 21/11/2018*

## 1. INTRODUCCIÓN

Dentro de la Dirección de Planificación Territorial, Urbanismo y Regeneración Urbana del Gobierno Vasco, al Servicio de Información Territorial le corresponde, entre otras funciones, la responsabilidad de dotar a toda la Administración General del País Vasco, así como, al resto de instituciones y a los ciudadanos, de toda la información geográfica y cartográfica necesaria para solventar todas las necesidades que existan en dicha materia.

El mencionado Servicio de Información Territorial se encuentra dentro del Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda del Gobierno Vasco. Este departamento está dando los últimos pasos para la firma de un convenio de colaboración en materia cartográfica con el IGN (Instituto Geográfico Nacional), en el cual, entre otras muchas cuestiones, se acuerda que desde la comunidad autónoma de Euskadi se realizará anualmente un vuelo fotogramétrico y una ortofotografía de 25 cm de resolución, de acuerdo a los condicionantes del PNOA (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea); excepto cuando dentro del Plan Nacional de Cartografía corresponda al Instituto Geográfico Nacional realizar dichos trabajos en el ámbito del País Vasco. Es decir, actualmente, una vez cada cuatro años.

Esta circunstancia se dio para el año 2017, por lo que desde la Dirección de Planificación Territorial, Urbanismo y Regeneración Urbana, se tomó la decisión de invertir en otro proyecto las partidas presupuestarias disponibles que normalmente se destinan al vuelo y a la ortofoto de 25 cm. Entre las distintas opciones disponibles, finalmente se optó por la de un vuelo fotogramétrico de un GSD (ground sample distance) de 9cm, para realizar posteriormente una ortofotografía de 10 cm de resolución, de todos los ámbitos urbanos del territorio de Euskadi. Entre los años 2007 y 2008 se obtuvo una ortografía del suelo urbano y urbanizable de la comunidad autónoma con 7 centímetros de resolución, por lo que este nuevo producto vendría a actualizar aquella cobertura, pero con algunas características diferentes.

El presente artículo describirá el proyecto realizado, dará a conocer todas las características del mismo, y mostrará todos los modos existentes desde los que se puede consumir la información generada.

## 2. DEFINICIÓN Y OBJETO DEL PROYECTO

Como se ha mencionado anteriormente, en 2007 y 2008 se capturó todo el suelo urbano y urbanizable del

País Vasco con 7 centímetros de resolución. En 2017, a diferencia de entonces, se determinó que 10 centímetros era adecuado para este tipo de información cartográfica, lo que también está en concordancia con los trabajos que realiza el IGN dentro del PNOA10.

Para la definición de los ámbitos a fotografiar se partió de la información existente dentro de Udalplan; un proyecto de la Dirección de Planificación Territorial, Urbanismo y Regeneración Urbana, con el propósito de recopilar y difundir el planeamiento urbanístico de todos los municipios de Euskadi.

De dicha fuente se obtuvieron todos los ámbitos categorizados con suelo urbano, tanto residencial como industrial, evitando el suelo urbanizable, el cual sí que se recogió en 2007 y 2008. Además, desde la Diputación Foral de Bizkaia se hicieron aportaciones a esta delimitación de zonas en base a intereses propios para la realización de diferentes proyectos.

Con todo ello, se determinó que la suma de todas las áreas de las que se debía obtener la ortofotografía de 10 cm ocupaba una extensión de 32.913,43 has, lo que supone el 4,55% de la extensión de la comunidad autónoma del País Vasco.

Una vez definidas las zonas a sobrevolar y, posteriormente a ortorrectificar, se definieron los trabajos a realizar dentro del proyecto. Se dividieron en dos partes principales, el vuelo fotogramétrico, por un lado, y los trabajos de postproceso, por otro. Para cada uno de ellos se realizó un concurso público diferente, y se definieron de la forma que sigue:

- Vuelo fotogramétrico digital completo GSD de 9cm (RBG + IR), para obtener cobertura fotográfica aérea urbana del País Vasco en 2017.
- Trabajos de postproceso a partir del vuelo urbano de 2017, los cuales consistieron en:
  - Realización del apoyo de campo y la aerotri-

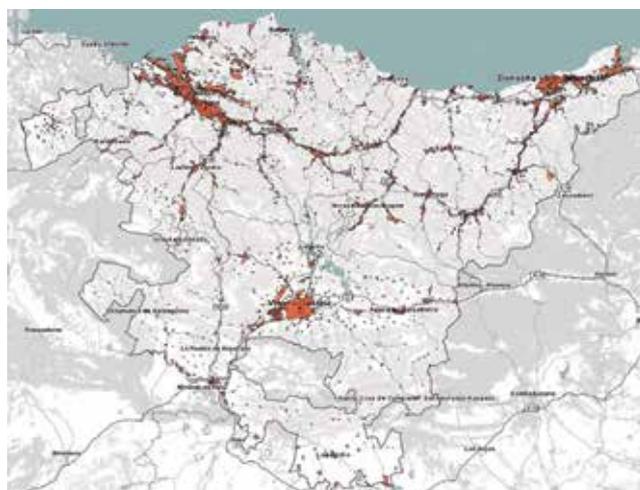


Figura 1. Distribución de las zonas a cartografiar

gulación.

- Elaboración de un Modelo Digital del Terreno para abordar correctamente el proceso de ortorectificación de los fotogramas del vuelo.
- Tratamiento y equilibrado radiométrico, ortoproyección y mosaicado.
- Ortofotografía Urbana RGBI de 2017 para la comunidad autónoma del País Vasco con una resolución de 10 cm.

### 3. VUELO FOTOGRAMÉTRICO

Para la contratación del vuelo fotogramétrico se optó por un concurso público abierto, de manera que diversas empresas, tanto nacionales como extranjeras, pudieron presentar sus ofertas. Se describe a continuación el procedimiento llevado a cabo.

#### 3.1. Condiciones de contratación

El 21-04-2017 terminaba el plazo de presentación de ofertas en base al pliego de prescripciones técnicas y las Cláusulas administrativas particulares.

A modo de resumen, se enumeran algunos de los condicionantes determinados por dichas bases técnicas:

- El pliego de prescripciones técnicas se basa en los pliegos del PNOA10.
- La cámara fotogramétrica debería ser digital y matricial, con una distancia focal mayor o igual a 100 mm, con un campo de visión transversal mayor o igual a 20° y menor de 80° sexagesimales. La resolución espectral del sensor tendrá:
  - 1 banda situada en el pancromático
  - 4 bandas situadas en el azul, verde, rojo e infrarrojo cercano.
- Se volaría con una altura solar mayor o igual a 40° sexagesimales para evitar sombras alargadas.
- Se debía realizar cada pasada a una altura de vuelo tal que se cumpliesen simultáneamente las condiciones siguientes:
  - El tamaño del píxel medio para toda la pasada debía ser de 0,09 m ± 10%
  - No se permitía más de un 20% de fotogramas en cada pasada con píxel medio del fotograma mayor de 0,10 m.
- Recubrimiento longitudinal mayor o igual al 80%
- Recubrimiento transversal dependiente de la zona a volar:
  - Zonas urbanas con edificaciones elevadas y las 3 capitales (Vitoria-Gasteiz,

- Bilbao y Donostia-San Sebastián) tendría un recubrimiento transversal medio mayor o igual al 60%.
- Resto de zonas del territorio se tomaría con un recubrimiento transversal mínimo, igual o superior al 40%
- Longitud máxima de cada pasada de 15 km.
- Toma de datos GNSS en vuelo:
  - Distancia entre receptores menor de 40 km. Se debían utilizar las estaciones de la Red GNSS de Euskadi.
- La precisión de postproceso de la trayectoria – EMC ≤ 10 cm (X, Y, Z).
- Presupuesto de licitación: 242.000,00€ (IVA incluido).

#### 3.2. Adjudicación del contrato

Finalmente, y tras superar todas las fases del proceso de resolución del concurso, el 20-06-2017 se adjudica la elaboración del vuelo fotogramétrico a la empresa SPASA, por un importe de 196.020,00€ (IVA incluido).

#### 3.3. Resultados del trabajo realizado

El vuelo se realizó con una cámara <<Vexcel ultracam X>>, con una focal de 100 mm. Con ella se tomaron 20.328 fotogramas, repartidos en las 343 pasadas que se planificaron para tal fin.

Los trabajos de vuelo comenzaron el 04-08-2017 y finalizaron el 28-09-2017, invirtiendo para la captura de la información un total de 14 jornadas. Tras el pertinente control de calidad llevado a cabo desde la dirección técnica se determinó que el trabajo realizado cumplía con los requisitos y condicionantes exigidos, por lo que se estaba en disposición de iniciar la segunda fase de la planificación inicial.

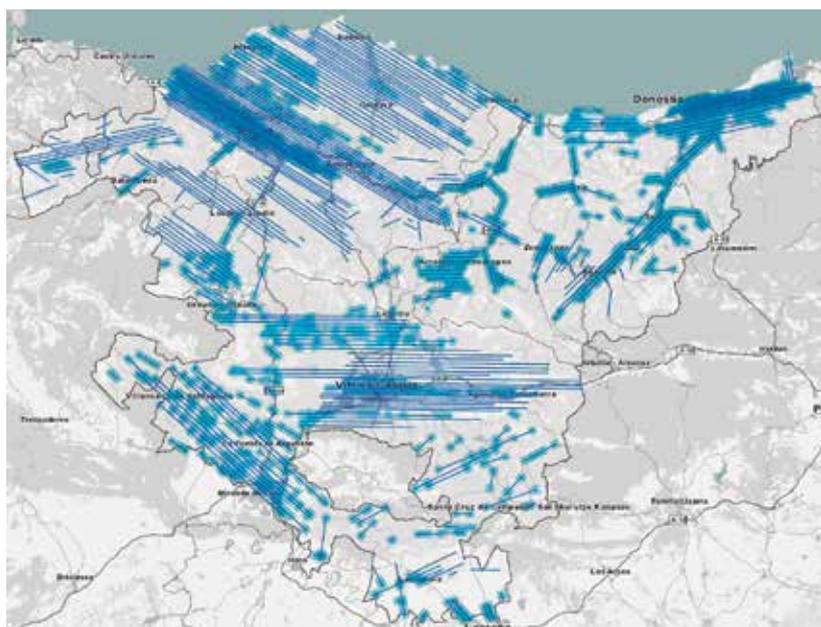


Figura 2. Gráfico de vuelo con las pasadas llevadas a cabo

## 4. TRABAJOS DE POSTPROCESO

En este caso se volvió a optar por un concurso abierto para determinar la empresa que realizaría los trabajos que seguidamente se describen.

### 4.1. Condiciones de contratación

De la consulta del pliego de prescripciones técnicas y de las cláusulas administrativas se desprenden algunos de los siguientes requisitos que debe cumplir el producto final, la ortofotografía de 10 cm de resolución.

- El ámbito geográfico para todos los trabajos y productos resultantes han de ser las hojas completas 1:1.000 de la comunidad autónoma que intersecten con los ámbitos urbanos sobrevolados. El corte de hojas es el dispuesto en base al Real Decreto 1071/2007, de 27 de julio.
- Sistema de Referencia ETRS89 Proyección UTM huso 30.
- Apoyo de campo:
  - Identificación inequívoca en la imagen, con un error inferior a 1 píxel.
  - Equipos de medición de doble frecuencia. Las medidas debían apoyarse en la Red GNSS de Euskadi o en la Red REGENTE existente en el territorio de Euskadi.
- Aerotriangulación:
  - Obligatoria digital, utilizando parámetros GNSS/IMU de vuelo. Exclusivamente se debían usar cotas ortométricas.
  - Mínimo 12 puntos de enlace en cada modelo (2 en cada zona Von Grüber).
  - Como comprobación del cálculo se permitía la inclusión de puntos de chequeo de precisión al menos 1/3 del error medio cuadrático (EMC) final del producto.
- Precisiones exigidas:
  - Precisión interna del ajuste del bloque – EMC  $\leq$  1/2 del tamaño del píxel en el sensor (micras).
  - Precisión planimétrica final – EMC  $\leq$  GSD (me-

tros). El GSD fue de 0,09 m.

- Precisión altimétrica final – EMC  $\leq$  GSD (metros). El GSD fue de 0,09 m.
- Residuo máximo en los puntos de control  $\leq$  1,5 veces el GSD
- Se deberá realizar la actualización del Modelo Digital del Terreno (MDT) y del Modelo Digital para Ortofotografía (MDO) de resolución 1 m y de todas las líneas de ruptura en base a los datos derivados del desarrollo de estos trabajos de Postproceso. Tanto el MDT como el MDO asumirán un error medio cuadrático  $\leq$  0,25 m y un error máximo  $\leq$  0,50 m en el 95% de los casos.
- Las ortofotos generadas serán en 4 bandas (RGB + IR), con un tamaño de píxel de 0,10 m y una profundidad de color de 8 bits por banda. El error medio cuadrático  $\leq$  0,20 m y el error máximo en cualquier punto  $\leq$  0,40 m.
- Presupuesto de licitación: 242.000,00€ (IVA incluido).

### 4.2. Adjudicación del contrato

El 16-11-2017 se adjudica el contrato a la UTE formada por las empresas OMEGA CARTOGRAFIA DIGITAL, SL y GESFOTO, SL, por un importe de 140 360.00€ (IVA incluido).

### 4.3. Resultados del trabajo realizado

Para obtener el resultado final se tomaron 1.812 puntos de apoyo y se resolvieron un total de 278 bloques de aerotriangulación. Finalmente se ortorectificaron 5075 hojas 1:1.000, que suman un total de 159.206,55 hectáreas, lo que supone el 22% del territorio de la comunidad autónoma del País Vasco.

Con todo ello se ha obtenido un Modelo Digital del Terreno actualizado con los cambios observados durante los trabajos de 1 m de resolución, y una ortofotografía de 10 cm de resolución para todos los ámbitos urbanos de Euskadi, organizados de la siguiente forma:

- Hojas 2.000 en formato geoTIFF.
- Hojas 50.000 en formato ECW.
- Mosaicos por términos municipales en formato ECW.



Figura 3. Hojas 1:1.000 que intersectan con los ámbitos urbanos

## 5. ACCESO, DIFUSIÓN Y DESCARGA DE LA INFORMACIÓN GENERADA.

Toda esta información, tras superar los pertinentes controles de calidad y la aceptación por parte de la dirección técnica del proyecto, pasa a formar parte

del catálogo de datos de la IDE de Euskadi, geoEuskadi. Desde dicha plataforma se puede acceder a la ortofotografía de ámbitos urbanos de 2017 de Euskadi de los modos que se citan a continuación.

### 5.1. Visor geoEuskadi

Es la forma más sencilla de acceso a esta información. Basta entrar en el visor de geoEuskadi, y seleccionar como capa base la Orto Urbana 2017 0,10 m.

### 5.2. Comparador de ortofotos

El comparador de ortofotos de geoEuskadi permite visualizar simultáneamente dos ortofotografías aéreas de la misma zona y apreciar las diferencias existentes a lo largo del tiempo.

### 5.3. Servicio WMS

geoEuskadi ofrece varios servicios WMS (Web Map Service) para difundir la información geográfica producida por los diferentes departamentos de Gobierno Vasco. En este caso concreto, la ortofotografía urbana está disponible desde el servicio WMS\_ORTOARGAZKIAK,

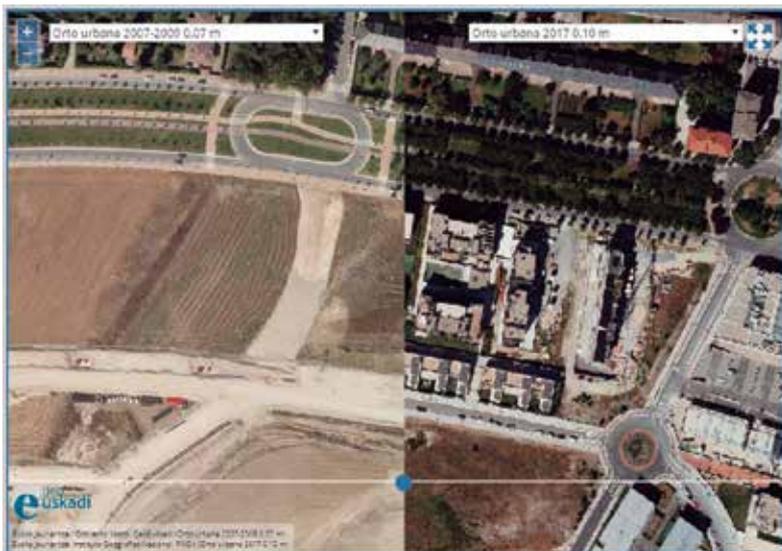


Figura 5. Se aprecia el suelo sin urbanizar en el año 2008 a la izquierda y el estado de suelo urbano consolidado en 2017

cuya url de acceso es [http://www.geo.euskadi.eus/WMS\\_ORTOARGAZKIAK](http://www.geo.euskadi.eus/WMS_ORTOARGAZKIAK).

Este, y el resto de servicios, funcionan bajo estándares, por lo que se puede acceder a ellos desde cualquier plataforma, favoreciendo la interoperabilidad y la difusión de información geográfica.

### 5.4. Servicio de descarga FTP

También está disponible para descarga física desde el servicio de descarga FTP de cartografía. Para la ortofoto se pueden descargar hojas 1:50.000 y mosaicos de los términos municipales, en formato EWC; y para el MDT, existe la posibilidad de descargar hojas 1:5.000 en formato ASC.

### 5.5. Metadatos

Desde el catálogo de metadatos de geoEuskadi se puede acceder a la descripción de esta información,



Figura 4. Ortofotografía Urbana 2017 como capa base en el visor geoEuskadi



Figura 6. Metadato de la ortofotografía generada

y desde el mismo acceder a la descarga o consulta de los datos.

### 5.6. Bajo petición

Además de la información publicada en la IDE de Euskadi, existe más contenido relativo a este proyecto que no está disponible para consulta o descarga desde Internet, dado que se trata de información que, o bien presenta un gran tamaño de archivo, lo que dificulta su carga en servidores y distribución a través de la red, o bien, es de carácter técnico y poco relevante para el público en general.

Por ello, existe la posibilidad de solicitar al Servicio de Información Territorial los datos de los puntos de apoyo, de la aerotriangulación, los fotogramas del vuelo en formato TIFF y la ortofotografía resultante, en hojas 1:2.000, en formato geoTIFF.

## 6. CONCLUSIONES

A modo de conclusión se dirá que el resultado obtenido es el idóneo para el proceso seguido en su generación. Dado que se tiene una toma del estado de los entornos urbanos en un mismo periodo de tiempo, el vuelo se produjo en un intervalo inferior a 2 meses, el producto final tiene numerosas aplicaciones para cartografía, urbanismo, ingeniería, gestión municipal, patrimonio, catastro...

Con la ejecución de este proyecto se consigue actualizar la información existente de este tipo, que databa del año 2008. Dado que se trata de un producto que presenta dificultades de planificación y ejecución, por un lado, y que es de un coste elevado, no puede realizarse de manera anual, pero se ha apreciado la necesidad del mismo, y adoptado el interés de realizar nuevas tomas de similares características en la medida de lo posible.

## REFERENCIAS

- Catálogo-geoEuskadi (2015). Catálogo de metadatos de datos y servicios. Recuperado de <http://www.geo.euskadi.eus/geonetwork/srv/spa/main.home>
- Comparador de ortofotos de geoEuskadi. Aplicación de la IDE de Euskadi. Recuperado de <http://www.geo.euskadi.eus/comparador-de-ortofotos/s69-geocont/es/>
- Concurso público para la contratación del vuelo urbano fotogramétrico de la Comunidad Autónoma del País Vasco (2017). Recuperado de [http://www.euskadi.eus/web01-s2ing/es/contenidos/anuncio\\_contratacion/exp74j26128/es\\_doc/es\\_arch\\_exp74j26128.html](http://www.euskadi.eus/web01-s2ing/es/contenidos/anuncio_contratacion/exp74j26128/es_doc/es_arch_exp74j26128.html)

[euskadi.eus/web01-s2ing/es/contenidos/anuncio\\_contratacion/exp74j26128/es\\_doc/es\\_arch\\_exp74j26128.html](http://www.euskadi.eus/web01-s2ing/es/contenidos/anuncio_contratacion/exp74j26128/es_doc/es_arch_exp74j26128.html)

Concurso público para la realización del postproceso fotogramétrico para la generación de la ortofotografía urbana 2017 de la Comunidad Autónoma del País Vasco (2017). Recuperado de [http://www.euskadi.eus/web01-s2ing/es/contenidos/anuncio\\_contratacion/exp74j27364/es\\_doc/es\\_arch\\_exp74j27364.html](http://www.euskadi.eus/web01-s2ing/es/contenidos/anuncio_contratacion/exp74j27364/es_doc/es_arch_exp74j27364.html)

FTP de descarga de información geográfica (2010). Servicio de descarga de la IDE de Euskadi. Recuperado de [http://www.geo.euskadi.eus/s69-geoser/es/contenidos/informacion/servicio\\_ftp/es\\_80/servicio\\_ftp.html](http://www.geo.euskadi.eus/s69-geoser/es/contenidos/informacion/servicio_ftp/es_80/servicio_ftp.html)

Geoportal geoEuskadi (2015). Portal de la IDE de Euskadi. Recuperado de [www.geo.euskadi.eus](http://www.geo.euskadi.eus)

Página web de la empresa Gesfoto, SL (2014). Recuperado de <http://www.gesfoto.cat/ca/home.php>

Página web de la empresa Omega Cartografía Digital, SL (2012). Recuperado de <http://www.omega-cartografia.com/>

Página web de la empresa SPASA (2016). Recuperado de <http://www.spasa.com/>

PNOA10 (2016). Plan Nacional de Ortofotografía Aérea del IGN. Recuperado de <http://pnoa.ign.es/caracteristicas-tecnicas>

Red GNSS de Euskadi (2010). Plataforma sobre la Red GNSS gestionada por el Gobierno Vasco. Recuperado de <http://www.gps2.euskadi.net/>

Udalplan (2017). Recuperado de [http://www.euskadi.eus/udalplan\\_es/web01-a3lurpla/es/](http://www.euskadi.eus/udalplan_es/web01-a3lurpla/es/)

### Sobre el autor

**Ion Martínez de Ilarduya Abarquero**

*Ingeniero en Geodesia y Cartografía por la Universidad Politécnica de Valencia y Licenciado en Geografía por la Universidad del País Vasco.*

*Desde 2014 desarrolla su labor como Técnico en Información Cartográfica en el Servicio de Información Territorial de la Dirección de Planificación Territorial, Urbanismo y Regeneración Urbana del Gobierno Vasco. Entre otras funciones asume la responsabilidad en materia fotogramétrica y captura de datos Lidar, así como sobre la publicación y difusión de los mismos a partir de la plataforma geoEuskadi.*

# Evolución de los mapas en la web

## *Evolution of web mapping*

Alberto Peláez Rodríguez

REVISTA **MAPPING**  
Vol. 27, 192, 12-16  
noviembre-diciembre 2018  
ISSN: 1131-9100

### **Resumen**

Este artículo muestra una cronología de los mapas en la web, para tratar de analizar cuáles han sido los mapas que más han marcado la historia de Internet y tratar de entender cómo las diferentes tecnologías han generado estos cambios.

### **Abstract**

That Article shows the web mapping chronology, to try to analyze which maps have been the most important part of the Internet history, and to try to understand how the technology has helped these changes.

Palabras clave: Mapping, web, evolución, historia, curiosidades.

Keywords: Mapping, web, evolution, history, curiosities.

Analista Programador, Eurohelp Consulting S.L.  
[pelaez.rodriquez.a@gmail.com](mailto:pelaez.rodriquez.a@gmail.com)

Recepción 18/10/2018  
Aprobación 21/11/2018

## 1. INTRODUCCIÓN

La Web es uno de los lugares que más rápido evoluciona y cambia. Desde sus inicios en 1991, la Web ha ido progresando en sus diferentes versiones. Desde una primitiva Web 1.0, pasando por una web más dinámica conocida como Web 2.0, hasta llegar a la actual Web 3.0.

Los mapas también han sido un elemento que ha estado presente en la Web que han ido cambiando con el paso del tiempo gracias a mejoras en los protocolos web, computación de servidores, nuevos estándares, ...

## 2. PRIMEROS MAPAS WEB

En las siguientes líneas se expondrán varios hitos relativos a la historia de Internet y los mapas web de manera cronológica.

### 2.1. XEROX PARQ MAP VIEWER (1993)

Año 1993, con un Internet bastante joven cuyo contenido son páginas web estáticas, sin ninguna animación ni movimiento, Steve Putz crea un experimento donde se pueden visualizar de manera «interactiva» imágenes de un mapa y realizar una navegación sobre el mismo.

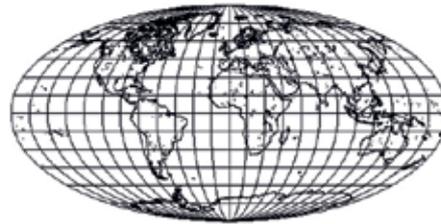
Hasta entonces, lo normal en Internet era utilizar archivos estáticos alojados en servidores web. Este nuevo concepto permite que los servidores sean los encargados de servir contenido dinámico dependiendo de las peticiones que haya realizado el usuario, mediante parámetros codificados en la petición a la URL. Estos parámetros permiten definir el nivel de zoom, el punto central del mapa, las capas cargadas en el mapa, la proyección del mapa ... entre otras cosas.

Este pequeño experimento estaba desarrollado en lenguaje CGI/Perl. Utilizando la propiedad «is-Map» de la especificación HTML, se consigue conocer el pixel exacto donde ha hecho clic el usuario y de esa manera, realizar una petición al servidor para mostrar la siguiente imagen, centrada en el punto indicado en un nivel de zoom inferior. Las imágenes generadas estaban en formato GIF, y se utilizaban 2 servidores: uno, para crear las imágenes rásteres

### Example Showing the Default World Map View

The links on this page connect directly to the [Map Viewer at Xerox PARC](#).

### Map Viewer: world 0.00N 0.00E (1.0X)



Select a point on the map to zoom in (by 2), or select an option below: Please read [About the Map Viewers, FAQ and Details](#)

#### Options:

- Zoom In: (2), (5), (10), (25); Zoom Out: (1/2), (1/5), (1/10), (1/25)
- Features: Default, All, -borders, -rivers
- Display: color; Projection: elliptical, rectangular, sinusoidal; Narrow; Source
- Change Database to USA only (more detail)
- Hide Map Image; No Zoom on Select; Reset All Options

Options can also be typed in as search keywords (e.g. "Zoom=100", see [details](#)). Current region is 360.00 deg. wide by 180.00 deg. (12420.00 miles) high.

#### Preset Coordinates:

- Globe, USA, Alaska, Hawaii, San Francisco Bay, United Kingdom

Figura 1. Visualizador de XEROX PARQ (1993)

con la información de la base de datos; y otro, para convertir esas imágenes rásteres en imágenes en formato GIF.

Esta web no está actualmente disponible, sin embargo, utilizando archivos históricos es posible tener una pequeña captura de cómo era en sus inicios.

### 2.2. MapServer, Atlas online de Canadá y OGC(1994)

En 1994, en la universidad de Minnesota, el investigador Stephen Lime crea una herramienta para poder investigar 1 millón de hectáreas vírgenes en la frontera de Canadá, llamando a esta herramienta UMN MapServer.

Debido al gran potencial de su herramienta y gracias a los fondos de la NASA y la Unión Europea, se convierte en la primera herramienta para poder visualizar imágenes satélite.

Una vez que el trabajo de Stephen Lime ha finalizado, en 1997, libera el proyecto MapServer como código abierto.

Hoy en día, MapServer se sigue utilizando para realizar diferentes estudios: seguimiento de huracanes, trazar rutas de envío, planear viajes en bicicleta, y un largo etcétera.

Durante 1994 también aparece el Atlas online de Canadá publicado en la web y se forma el OGC, inicialmente compuesto por 8 organizaciones y que ha llegado a crecer hasta conformar más de 500 organizaciones diferentes, definiendo más de 50 especificaciones GIS distintas.



Figura 2. Página web de inicio de MapQuest (1996)

### 2.3. MapQuest (1996)

En el año 1996, la empresa MapQuest decide crear un mapa comercial disponible en la web mediante un servicio que permite buscar los nombres de las calles y otro servicio para poder calcular rutas entre dos puntos.

MapQuest se puede considerar como uno de los primeros mapas interactivos que permite al usuario interactuar con él y la primera gran base de datos geográfica.

Actualmente los datos de MapQuest se están utilizando en diferentes mapas web como Google Maps.

### 2.4. TerraServer y ESRI (1998)

A finales de los años 90, en 1998, nace TerraServer, siendo un proyecto desarrollado entre Microsoft, Compaq y diversos organismos estatales como por ejemplo el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) o Sovinformsputnik, la Agencia Federal Espacial de Rusia. Microsoft trata de mostrar con este proyecto la gran escalabilidad y potencial de sus servidores Windows NT Server y sus bases de datos SQL Server, almacenando TeraBytes de información de imágenes.

TerraServer difundía imágenes aéreas, muchas de ellas en blanco y negro, y los primeros rásteres gráficos digitales. Poco a poco se va convirtiendo en uno de los servicios WMS más populares del mundo.

En la Figura 3 se pueden observar los diferentes lugares de los que TerraServer disponía información.

ESRI también aparece en Internet en el mismo año, sin embargo, no muestra ningún mapa en la web. En



Figura 3. Mapa mundial web de TerraServer (1998)

este momento ya dispone de casi 2000 empleados y trabaja con más de 250 000 clientes en todo el mundo.

### 2.5. GeoServer (2001)

Durante el año 2001, se desarrolla un nuevo servidor de mapas en lenguaje Java, el lenguaje de programación que más auge tenía durante su desarrollo. Se crea un nuevo proyecto de código abierto, pensado para la interoperabilidad y capaz de leer, interpretar y publicar datos y servicios estándares definidos por el OGC.

Paralelamente a este proyecto, se crea otro llamado GeoTools, también escrito en lenguaje Java, proporcionando una biblioteca de utilidades e implementaciones de los servicios estándares propuesto por el OGC. Este proyecto también se publica como software libre para que los usuarios y desarrolladores puedan utilizarlo libremente.

### 2.6. OpenStreetMap (2004)

Steve Coast está bastante indignado, debido a que la información geográfica no es pública y tiene un coste doble para los ciudadanos; al pagar los impuestos para generarla y al pagar de nuevo para poder adquirirla.

Además de esto, tiene el problema de que en la web empieza a encontrar cartografía y mapas que no indican de dónde han obtenido la información que muestran, y que tampoco están disponibles para su descarga.

El propósito en mente que tiene Steve Coast es crear la Wikipedia de los mapas. Este sueño consiste en poder disponer de información pública, creada por usuarios de todo el mundo, y que permita la descarga

libre y gratuita de la misma. Su sueño se empieza a cumplir en 2004 creando OpenStreetMap (OSM) y actualmente tiene más de 300 000 contribuidores, y sus datos son utilizados por grandes empresas como Apple, Foursquare, ...

### 2.7. GoogleMaps, Google Earth y OpenLayers (2005)

A principios de 2005 Google crea Google Maps, que permaneció en fase beta durante 6 meses. Unos meses más tarde, en junio, aparece disponible un API para desarrolladores web y el programa Google Earth también ve la luz.

En junio de ese mismo año, se desarrolla OpenLayers, una librería escrita en código Javascript y creada por la empresa MetaCarta. Aproximadamente un año más tarde, la librería es liberada como código abierto y pasa a ser mantenida por la comunidad de usuarios.

OpenLayers soporta un gran número de servicios y formatos estándares definidos por el OGC, además de otros propietarios, siendo la librería de mapas que más características incluye. Actualmente está disponible en su versión 5.

Un par de años más tarde, en mayo, se añade la característica llamada Google Street View, que permite a los usuarios poder visualizar imágenes panorámicas de diversos lugares del globo.

En 2012, Google cambia la política de uso de Google Maps y comienza a cobrar a las páginas web y compañías que usen sus mapas y que generan mucho tráfico sobre sus servidores, haciendo que muchas de estas compañías decidan utilizar alternativas gratuitas como la antes mencionada OSM. A finales de 2018, Google vuelve a cambiar su política de uso, haciendo que cualquier usuario que incluya sus mapas usando el API de desarrolladores tenga que pagar en caso de que superen el límite de uso.

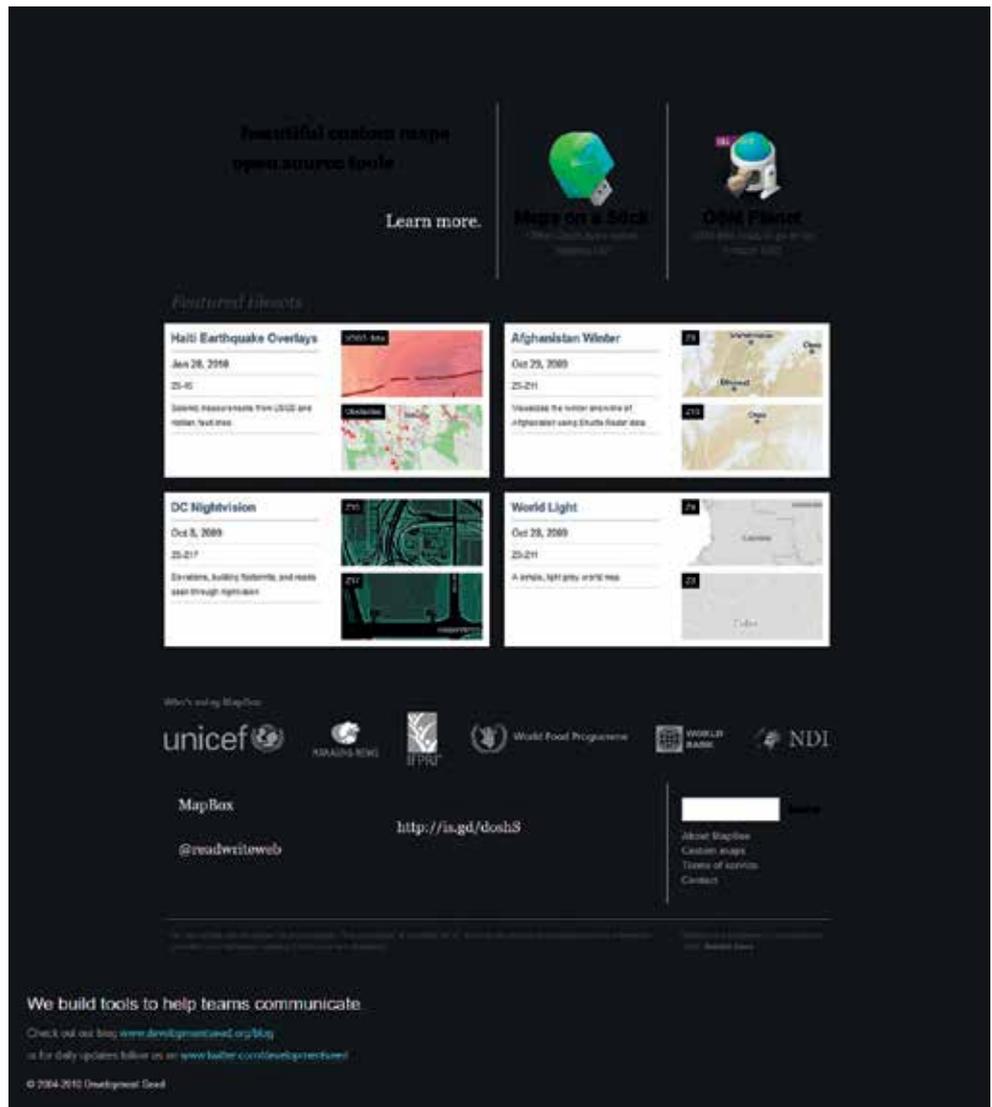


Figura 4. Página web de MapBox (2010)

### 2.8. MapBox (2010)

MapBox nace en 2010 con el propósito de crear mapas online para diferentes clientes que no quieren utilizar los mapas con ánimo de lucro, sino simplemente para mostrar su información. MapBox vende la idea de poder disponer de mapas con un estilo diferente que caracterice a estas compañías, creando hasta la fecha los mapas más llamativos y estéticamente elegantes de la web.

En su página oficial muestran una infinidad de mapas que han ido creando para sus diferentes clientes a modo de ejemplo de lo que son capaces de hacer.

### 2.9. Apple Maps y CartoDB (2012)

En 2012, Apple decide eliminar el uso de Google Maps en sus dispositivos y crear de esta manera un servicio propio de mapas llamado Apple Maps. Sin em-

bargo, el proyecto no tiene el resultado esperado y se encuentran diversos errores como: nombres incorrectos, etiquetas mal colocadas, falta de localizaciones, renderizados mal realizados, ...

Paralelamente en el mismo año, y con un resultado totalmente diferente, surge la empresa CartoDB, que posteriormente cambia su nombre a Carto, llevando el procesamiento GIS a la nube (usando sus propios servidores para transformar los datos en imágenes). Esto permite que los usuarios puedan visualizar sus propios datos de una manera relativamente rápida y sencilla sobre un mapa web, sin apenas tener conocimientos GIS, permitiéndoles realizar filtrados de datos, agrupaciones, diferentes modos de visualización, ...

### 2.10. Vector Tiles (2013)

En 2013 la empresa MapBox crea un nuevo estándar para el envío de información geográfica a través de la web de una manera más rápida y eficaz. Hasta el momento, la manera más eficiente era almacenando en los servidores las imágenes rásteres para que el consumo de estas se realizara de una manera más ligera accediendo directamente a las mismas, pero el almacenamiento en los servidores requería que por cada nivel de zoom y cada tesela se generasen las imágenes correspondientes.

Este nuevo estándar se basa en poder tener almacenados los datos de la misma manera que las imágenes, mediante niveles de zoom y teselas, pero almacenando únicamente la información vectorial de los datos y de manera generalizada (dependiendo del nivel de zoom). Además, se codifican los datos obtenidos mediante Google Protobufs, consiguiendo reducir el tamaño de los ficheros generados.

El navegador del usuario es el encargado de realizar el decodificación de los datos recibidos y dibujarlos sobre el mapa, permitiendo que con los mismos datos se puedan generar diferentes mapas, cambiándolos de color o no mostrando algunos tipos de datos.

## 3. CONCLUSIONES

La capacidad de procesamiento de los servidores, la velocidad de Internet, los nuevos protocolos web, nuevos estándares, nuevas ideas de desarrolladores, permitir el acceso a la comunidad GIS, ... todo ello ha contribuido a disponer de una amplia colección de mapas en la web donde su evolución ha sido bastante evidente a pesar de haber transcurrido poco más de 25 años.

El progreso no va a detenerse en el punto actual, y durante los próximos años se van a visualizar cada vez más mapas en la web de diversos tipos: mapas 3D, mapas orientados al IoT (Internet of Things), mapas basados en AI (Artificial Intelligence), mapas generados con drones en tiempo real, mapas que utilicen AR (Augmented Reality), mapas que utilizan datos de Big Data...

La gente se ha acostumbrado a ver e interpretar un mapa en Internet y esto va a producir que los mapas sean más asiduos en las páginas de Internet y sigan evolucionando.

## REFERENCIAS

- Boulton, Jim (2016, 28 junio). Plotting the past | Digital Archaeology. Recuperado 14 noviembre, 2018, de <http://digital-archaeology.org/plotting-the-past/>
- Wikipedia contributors. (2018, 10 noviembre). Web mapping - Wikipedia. Recuperado 14 noviembre, 2018, de [https://en.wikipedia.org/wiki/Web\\_mapping](https://en.wikipedia.org/wiki/Web_mapping)
- McKee, Lance (s.f.). OGC History (detailed) | OGC. Recuperado 14 noviembre, 2018, de <http://www.opengeospatial.org/ogc/historylong>
- Colaboradores de Wikipedia. (2018, 8 noviembre). OpenStreetMap - Wikipedia, la enciclopedia libre. Recuperado 14 noviembre, 2018, de <https://es.wikipedia.org/wiki/OpenStreetMap>
- Wikipedia contributors. (2018b, 14 noviembre). MapServer - Wikipedia. Recuperado 14 noviembre, 2018, de <https://en.wikipedia.org/wiki/MapServer>

### Sobre el autor

#### Alberto Peláez Rodríguez

*Analista Programador en la empresa Eurohelp Consulting S.L y trabaja para el Departamento de Medio Ambiente, Política Territorial y Vivienda del Gobierno Vasco – EJIE.*

*Ha realizado diferentes desarrollos de aplicaciones GIS y mapas en la web desde 2011, introduciendo las tecnologías más novedosas y dando soporte y asesorando a los diferentes departamentos de Gobierno Vasco.*

# GEODRONE

## CONYCA AERO



PRECISOS · VERSÁTILES · ROBUSTOS



Llega donde nadie ha llegado

Cartografía grandes áreas  
de manera sencilla, rápida  
y precisa.

GNSS PPK Y RTK A BORDO

DSM-MODELO DIGITAL, ORTOFOTO, RESTITUCIÓN, Y ADEMÁS...



TOPOGRAFÍA, DEFENSA, CATASTRO, AGRICULTURA, OBRA CIVIL, INSPECCIÓN,  
REALIDAD AUMENTADA Y VIRTUAL, RESTITUCIÓN ESTEREOCÓPIA.

WWW.GEODRONE.ES

info@geodrone.es

+34 91 382 40 72

# Servicios de posicionamiento GNSS y usos de la teledetección en la agricultura de precisión

*GNSS positioning services and the uses of remote sensing in precision agriculture*

Xabier Garitano Plágaro

REVISTA **MAPPING**  
Vol. 27, 192, 18-23  
noviembre-diciembre 2018  
ISSN: 1131-9100

## Resumen

El uso de datos provenientes de todo tipo de sensores, tanto in-situ como remotos, unidos al posicionamiento vía GPS/GNSS ofrece la posibilidad de generar recomendaciones útiles para que los agricultores tomen decisiones informadas sobre qué acciones realizar en sus parcelas. La aplicación de las dosis óptimas en el momento adecuado y en el lugar adecuado permite una reducción de tiempo, costes e impacto en el medio ambiente, así como un aumento de los rendimientos obtenidos en los cultivos. En este artículo se muestra la importancia de los sistemas GPS/GNSS en el campo de la agricultura de precisión y se describe el sistema de soporte a la decisión alimentado por las diferentes fuentes de información disponibles, prestando especial atención a la constelación Sentinel-2 del programa europeo Copernicus.

## Abstract

The use of data from all types of sensors, both in-situ and remote, together with positioning via GPS/GNSS, offers the possibility of generating useful recommendations for farmers to make informed decisions about what actions to carry out in their plots. The application of optimal doses at the right time and in the right place allows a reduction of time, costs and impact on the environment, as well as an increase in yields.

This article shows the importance of the use of the GPS/GNSS systems in the field of precision agriculture and describes the decision support system fed by the different sources of information available, paying special attention to the constellation Sentinel-2 of the European program Copernicus.

Palabras clave: Agricultura de precisión, GNSS, teledetección, Copernicus, Galileo, Sentinel, VRT, geoEuskadi.

Keywords: Precision farming, GNSS, Remote sensing, Copernicus, Galileo, Sentinel, VRT, geoEuskadi

Ing. Sup. en Geodesia y Cartografía, FUNDACION HAZI FUNDAZIOA  
xgaritano@hazi.eus

Recepción 18/10/2018  
Aprobación 22/11/2018

## 1. INTRODUCCIÓN

La gestión de las parcelas agrícolas mediante las técnicas de agricultura de precisión (*History of Precision Agriculture*, 2014) trata de hacer lo adecuado, en el momento adecuado y en el lugar adecuado, con herramientas que facilitan la optimización de los recursos disponibles. Utilizando las tecnologías actualmente existentes y que integran un gran número de disciplinas científicas, es posible saber cuándo, dónde y qué se debe hacer para obtener el mejor rendimiento de nuestra cosecha con un alto nivel de detalle y precisión (*European Agricultural Machinery*, 2017)

De entre todas las técnicas o tecnologías que se pueden aplicar destacan dos por encima de todas; una ya de sobra conocida y aplicada, el GPS y la otra, todavía por despuntar, la teledetección satelital.

## 2. LOS SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GPS/GNSS

El sistema GPS («GPS: The Global Positioning System A global public service brought to you by the U.S. government», 2018) resuelve la primera de las variables a resolver, el dónde. Se trata sin duda de la más conocida de las tecnologías utilizadas en la agricultura de precisión, constituye la base de la misma y es la que ha permitido que ésta se desarrollara y se aplicara.

El sistema GPS se utiliza en innumerables aplicaciones gracias al impulso que ha recibido de la mano de la aparición de nuevas constelaciones (Glonass, Galileo, Beidou,..)

(What\_is\_Galileo, 2018) y de métodos de explotación de los datos basados en las denominadas correcciones diferenciales (RTK). Este auge se ha visto reflejado en la Red GPS de Euskadi (Red GPS/GNSS Euskadi, 2018), como muestra el alto número de horas de conexión a la red en la llanada alavesa, zona eminentemente dedicada a la agricultura.

La Red GPS/GNSS del Gobierno Vasco, en colaboración con las DDFF de la CAPV, Instituto Geográfico Nacional y la Universidad del País Vasco y que es gestionada desde la Fundación Hazi emite correcciones que permiten a los receptores GPS de campo con una conexión de Internet situarse sobre el territorio con una precisión centimétrica. El uso de estas correcciones, tanto en la CAPV, como en el resto de redes del estado, es gratuito y libre. Ya se dispone de las constelaciones GPS, Glonass, Beidou y Galileo y la transmisión y estabilidad de las emisiones de estas correcciones ha mejorado notablemente a lo largo de los últimos años, disponiendo de un flujo de datos con situaciones de visibilidad de en torno a 16 satélites en prácticamente todo el territorio.

Históricamente el uso de estas correcciones se había visto limitado a la topografía pero tanto a nivel de usuarios de alta, como en horas de uso de correcciones diferenciales, ha experimentado un aumento muy marcado el uso en la agricultura. (*Agriculture and rural development*, 2017).

Más allá de los usos en la medición topográfica clásica, en el ámbito agrícola, el GPS se utiliza en el autoguiado de la maquinaria. Estos sistemas son capaces de guiar al tractor de manera autónoma, con una intervención mínima por parte del agricultor y con costes de instalación y de utilización relativamente reducidos. Este uso redundante en la comodidad del conductor ya que, además de obtener pasadas perfectamente alineadas, es posible trabajar con poca visibilidad y no hay solapes ni calvas; pero también tiene su repercusión en el ahorro de carburante, pesticidas, fertilizantes o demás productos o tratamientos en los que el coste puede verse muy afectado por una aplicación más precisa de los mismos. Este aumento de precisión y reducción de costes es precisamente el que está buscando el agricultor, las empresas de maquinaria y en general todos los actores involucrados en el cuidado medio ambiente (Gibbons, G., 2000)

Un paso más allá en el uso del GPS en la agricultura de precisión, y que se está abriendo paso en el mercado, es elVRT o tecnología de aplicación variable. Esto se trata de, por ejemplo, sabiendo dónde se encuentra la máquina y en función de las necesidades que tenemos detectadas, aplicar una dosis concreta a la planta que lo necesita y no a la que tiene al lado. Para eso se debe preparar la maquinaria para poder hacer esta aplicación variable, unos datos precisos sobre dónde es necesaria determinada cantidad de producto y un software que lo gestione. Esto se trata del cuándo y el qué al que se hacía referencia al comienzo del artículo.

Evidentemente esto es algo mucho más complejo que



Figura 1. Distribución de horas de conexión a la Red GPS/GNSS Euskadi en el año 2017. (fuente:www.gps2.euskadi.eus)

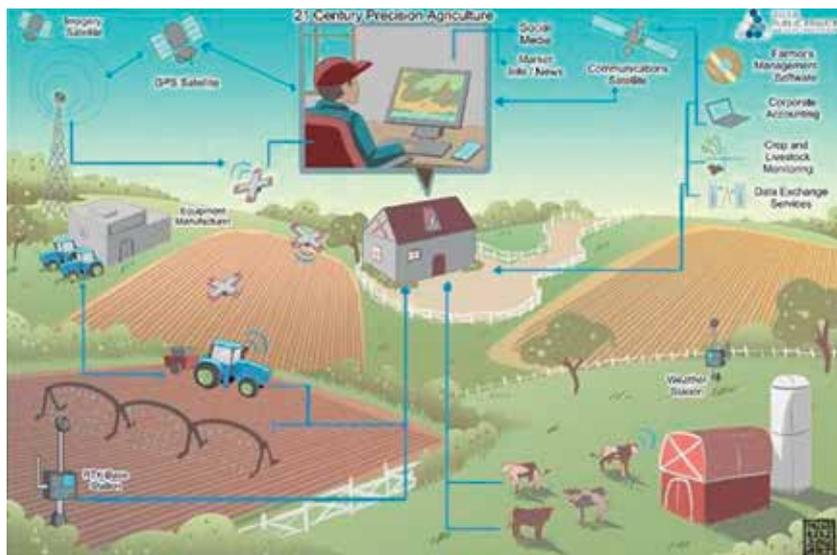


Figura2. Agricultura de precisión (Fuente:Department of Homeland Security , USGOV, 2018)

la mera utilización del GPS y es donde entran en juego los DSS o sistema de apoyo a las decisiones. Estos sistemas dan como salida un mapa o producto que debe ser interpretado y traducido a recomendación. Si se genera un mapa en el que se muestran las zonas más secas, se puede generar una recomendación de zonas con necesidades de riego mayores, o en el caso de tratarse de un mapa en el que se mostrasen necesidades de fertilización (Precision Agriculture, AGCO, 2011) se obtendrían las cantidades a aplicar dentro de la parcela. Estas recomendaciones deben contar siempre del conocimiento del propio agricultor quien validará que dichas prescripciones son correctas.

Para poder generar estas recomendaciones se necesitan gran cantidad de datos de todo tipo. Datos obtenidos con GPS, drones, satélites, vuelos fotogramétricos, sensores sobre el terreno (humedad del suelo, pH, conductividad eléctrica,...) o incluso sensores embarcados en el propio tractor; y para gestionar todos esos datos, es necesaria una Base de Datos Espacial, un SIG al fin y al cabo. A estos datos se les aplica una



Figura 3.Integración de información en la maquinaria(fuente:Department of Homeland Security , USGOV, 2018)



Figura 4. Recomendaciones (Fuente:NITROGEN MODELING, 2018)

serie de modelos y es con éstos con los que se generan las recomendaciones.

Un ejemplo de aplicación de técnicas de agricultura de precisión a lo largo del ciclo del cultivo.

- Medición delimitación de la parcela.
- Escaneo de los suelos para ajustar el plan de abonado en función de la fertilidad estimada.
- Cálculo de las líneas de siembra.
- Riego y fertilización del cultivo según las recomendaciones.
- Escaneo y monitorización de la evolución del cultivo mediante sensores en la maquinaria, drones, imágenes de satélite y mediciones en campo.
- Cosecha y obtención de mapas de rendimiento.

Se trata de un ciclo cerrado en el que el resultado, una vez analizado, entra a formar parte de las nuevas prescripciones que se hagan.

### 3. LA TELEDETECCIÓN

Especial atención merece el ya mencionado uso de la información obtenida mediante teledetección como fuente para la obtención de datos de los cultivos.

La captura remota ha experimentado un aumento con el abaratamiento de las imágenes de pago, el lanzamiento de



Figura 5. Mapas de rendimiento (Fuente:AGCO, 2011)

muchas constelaciones como las de microsátélites pero sobre todo con el proyecto Copernicus (*Copernicus project*, 2018) de la comunidad europea.

Este proyecto de costes billonarios ha puesto en órbita varios satélites con diferentes instrumentos que hacen mediciones con instrumentos radar y sensores multispectrales o térmicos, entre otros. Los más conocidos son los Sentinel-2 (*Sentinel missions*, 2018) que capturan una imagen completa de un área cada 5 días con un tamaño de pixel de 10 metros y con 13 bandas. Estas imágenes, de libre acceso y utilización gratuita (*Copernicus Open Access Hub*, 2018), están siendo usadas en innumerables proyectos y la propia programación de la PAC para el periodo 2020 introduce el concepto de monitorización (*Modernising the CAP: satellite data authorised to replace on-farm checks*, 2018), que no es otra cosa que la utilización de las imágenes satelitales para el control continuo de los cultivos.

La utilización de esta fuente de datos pasa por el estudio de la firma espectral o respuesta en las diferentes bandas de captura de los diferentes elementos de la superficie terrestre. Las respuestas en algunas de estas bandas están relacionadas con los pigmentos, otras con el contenido de clorofila, y otras con la estructura interna o contenido de agua.

En función de cómo se combine la información de estas bandas capturadas por el satélite, se ponen de manifiesto unas características u otras. Visualizando, por ejemplo, las bandas roja, azul y verde, obtenemos una imagen como la que vemos con nuestros ojos o al visualizar las bandas del verde, rojo e infrarrojo veremos una imagen donde las hojas sanas y que tienen alta reflectancia en el infrarrojo se ven muy rojas. Esto está relacionado con la cantidad de clorofila de una planta.

Podemos buscar combinaciones en las que destacan las infraestructuras artificiales o que destaquen ciertas estructuras más relacionadas con la geología según el tipo de suelo.

Con estas bandas, es posible generar además una serie de índices aplicando diferentes fórmulas matemáticas. Uno de estos índices es el NDVI o índice de vegetación de diferencia normalizada (*Office of Research, University Centre, & University of Guelph*, 2016). Se usan las bandas infrarroja y roja para crear imágenes con valores entre los valores de -1 a 1 que se relacionan con la actividad fotosintética, yendo de un elemento artificial o sin actividad a algo cubierto de vegetación. Se pueden calcular multitud de índices que informan sobre el contenido de humedad o de vigor de la vegetación, entre otras muchas variables.

A lo largo del año, todo lo que cubre la superficie terrestre va variando su respuesta en estas bandas. Las coberturas vegetales varían mucho su respuesta y no tanto las superficies artificiales y el agua.

Así mismo, la respuesta varía entre diferentes vegetaciones. Al disponer de imágenes cada 5 días, es posible analizar como varían esas firmas a lo largo del año comparándolas con

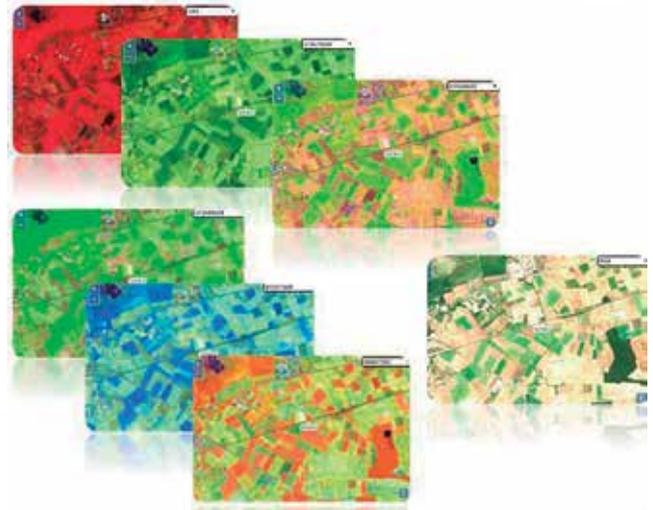


Figura 6. Composiciones con bandas Sentinel-2. (Fuente: Fundacion HAZI)

una curva espectral de referencia de, por ejemplo, el cultivo objeto de estudio. Esto es algo muy útil para el estudio de la fenología ya que es posible analizar la información de la curva espectral para extraer información del estado en el que se encuentra un cultivo en determinado momento del año por comparación con esa curva espectral de referencia. ((Remco Schrijver (VetEffect), 2016))

Es posible detectar, por ejemplo, situaciones de estrés hídrico (Aron Schepers, 2012) o ver si el cultivo se está desarrollando correctamente e intervenir para evitar situaciones peores.

Con el objetivo de salvar el salto entre el mundo de la teledetección y la agricultura, tanto desde el Servicio de Cartografía del Gobierno Vasco como desde la Fundación Hazi se está trabajando con esta información para generar herramientas, servicios y productos enfocados a las necesidades de los usuarios. Así, se están descargando y procesando de manera sistemática todas las imágenes que se generan desde la constelación Sentinel 2 y Landsat 8 en la CAPV. Una vez se descar-

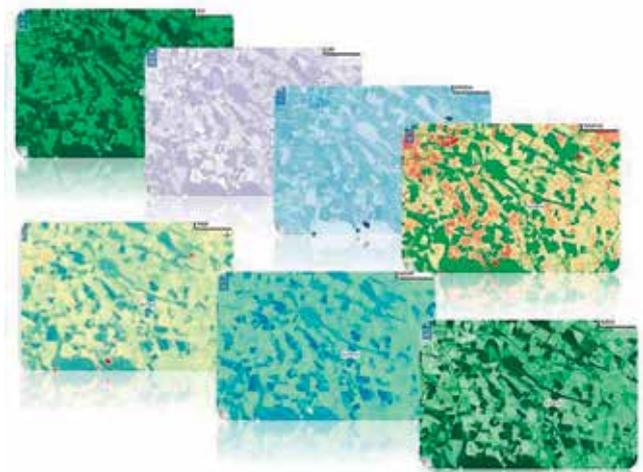


Figura 7. Índices con imágenes Sentinel-2. (Fuente: Fundacion HAZI)

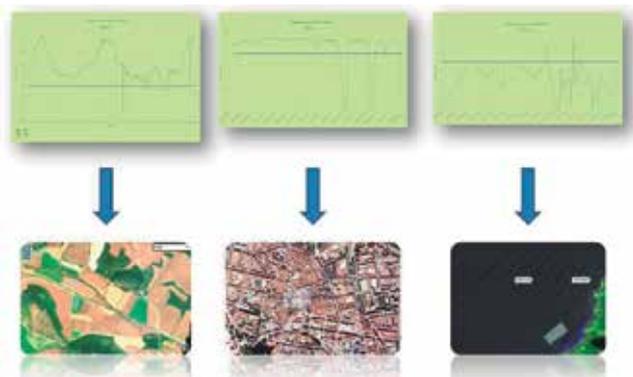


Figura 8. Firmas espectrales vegetación, urbano y agua. (Fuente: Fundacion HAZI)

gan estas imágenes, se generan una serie de composiciones visuales así como índices que posteriormente se publican tanto en el visor de geoEuskadi como vía servicios estándar.

En el visor de geoEuskadi se muestran las combinaciones RGB e IIRG mensuales que se seleccionan como mejores, dando información más actualizada que la ortofotografía anual. Por otro lado, las direcciones <http://geo.hazi.eus/GEOEUSKADI/wms?> y <http://geo.hazi.eus/GEOEUSKADI/wcs?> difunden no solo esas imágenes seleccionadas sino todos los productos generados.

Una de las herramientas que se han desarrollado para poder explotar toda esta información que se está generando de manera sencilla es el comparador de fechas y generador de índices accesible via la url <http://www.iktlan.net/mapa/>

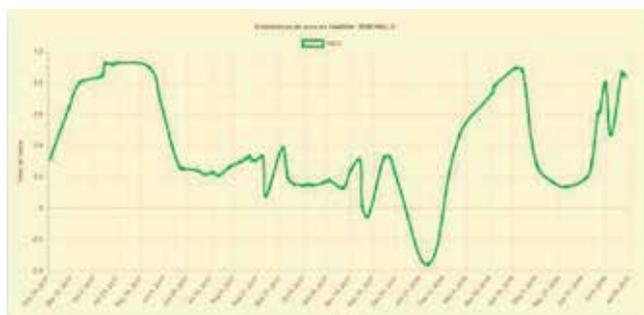


Figura 9. Firma espectral cultivo de Febrero 2017 a Julio 2018. (Fuente: Fundacion HAZI)

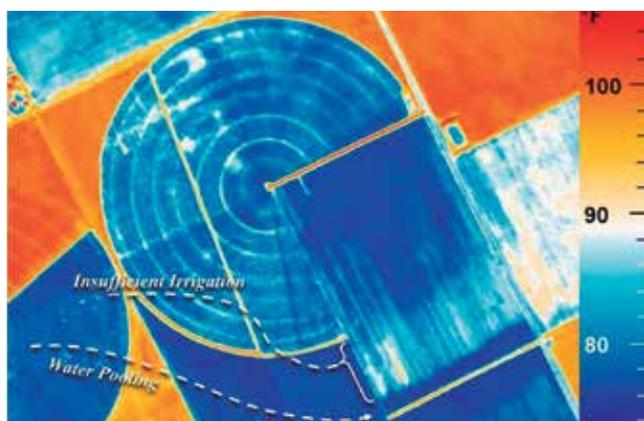


Figura 10. Imágenes térmicas y necesidades hídricas (Fuente: Aron Schepers, 2012)

[proyectos/teledetekzioa/comparador/index.html](http://www.iktlan.net/mapa/proyectos/teledetekzioa/comparador/index.html). En ella cualquier usuario puede visualizar la evolución de los índices en el punto o área de interés.

Otra herramienta, accesible en <http://www.iktlan.net/mapa/proyectos/teledetekzioa/animations/index.html>, es una que genera un fichero en formato gif entre las fechas seleccionadas para ver de una manera visual la evolución una zona.

## 4. CONCLUSIONES

Todas estas técnicas ya se van introduciendo en nuestro territorio como demuestra el hecho de la cantidad de empresas que ofrecen diferentes productos y servicios de agricultura de precisión. Aun así, todavía hay mucho margen de mejora en la integración de todas las partes que la componen (*Joint Research Centre (JRC) of the European Commission; Monitoring Agriculture ResourceS (MARS) Unit H04; Pablo J. Zarco-Tejada, Neil Hubbard and, & Philippe Loudjani*, 2014).

Por otro lado, es necesario señalar que, es posible medir parcelas con GPS, generar mapas del suelo que se pueden visualizar vía web, capturar datos con sensores y satélites, sembrar utilizando el autoguiado en los tractores y aplicar fertilizante con dosis variable mediante VRT, pero no debe perderse de vista que se trata de recomendaciones que deben ser analizadas y que la base del sistema de la agricultura de precisión es el propio agricultor (Anh Nguyen, Jason Yosinski, & Jeff Clune, 2015).

No se trata de ignorar lo que ya se sabe, se trata de enriquecer la información que maneja .

## AGRADECIMIENTOS

El presente artículo divulgativo se ha realizado gracias a la colaboración del área de GIS y Forestal de HAZI Fundazioa

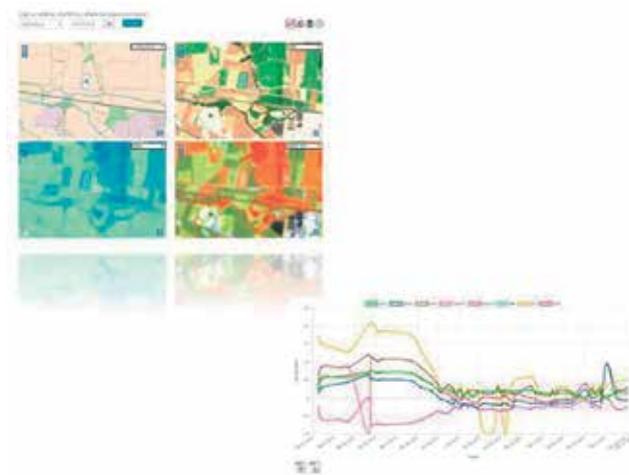


Figura 11. Generador de gráficas. (Fuente: Fundacion HAZI)

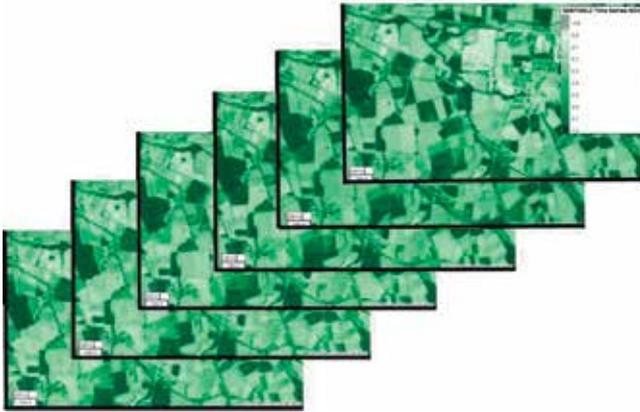


Figura 12. Evolución temporal NDVI mediante imágenes Sentinel-2. (Fuente: Fundación HAZI)

con el Servicio de Cartografía del Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda.

## REFERENCIAS

Agriculture and rural development. (2017).  
 Anh Nguyen, Jason Yosinski, & Jeff Clune. (2015). Deep Neural Networks are Easily Fooled: High Confidence Predictions for Unrecognizable Images.  
 Aron Schepers. (2012). Using Thermal Imagery for Agriculture. Copernicus Open Access Hub. (2018). Recuperado de <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>  
 Copernicus project. (2018). Recuperado de <http://copernicus.eu/>

European Agricultural Machinery. (2017). Digital Farming: what does it really mean?  
 Gibbons, G. (2000). Turning a farm art into science-an overview of precision farming. Recuperado de [www.precision-farming.com](http://www.precision-farming.com)  
 GPS: The Global Positioning System A global public service brought to you by the U.S. government. (2018). Recuperado de <https://www.gps.gov/>  
 History of Precision Agriculture. (2014). Recuperado de [http://www.delmarlearning.com/companions/content/140188105X/trends/history\\_pre\\_agr.asp](http://www.delmarlearning.com/companions/content/140188105X/trends/history_pre_agr.asp)  
 Joint Research Centre (JRC) of the European Commission, Monitoring Agriculture ResourceS (MARS) Unit H04; Pablo J. Zarco-Tejada, Neil Hubbard and, & Philippe Loudjani1. (2014). PRECISION AGRICULTURE: AN OPPORTUNITY FOR EU FARMERS - POTENTIAL SUPPORT WITH THE CAP 2014-2020.  
 Modernising the CAP: satellite data authorised to replace on-farm checks. (2018). Recuperado de [https://ec.europa.eu/info/news/modernising-cap-satellite-data-authorised-replace-farm-checks-2018-may-25\\_en](https://ec.europa.eu/info/news/modernising-cap-satellite-data-authorised-replace-farm-checks-2018-may-25_en)  
 Office of Research, University Centre, & University of Guelph. (2016). Precision Agriculture Research.  
 Precision Agriculture, AGCO. (2011).  
 Red GPS/GNSS Euskadi. (2018). Recuperado de <http://www.gps2.euskadi.eus>  
 Remco Schrijver (VetEffect). (2016). Precision agriculture and the future of farming in Europe.  
 Sentinel missions. (2018). Recuperado de <http://copernicus.eu/main/sentinels>  
 What\_is\_Galileo. (2018). Recuperado de [https://www.esa.int/Our\\_Activities/Navigation/Galileo/What\\_is\\_Galileo](https://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/Galileo/What_is_Galileo)

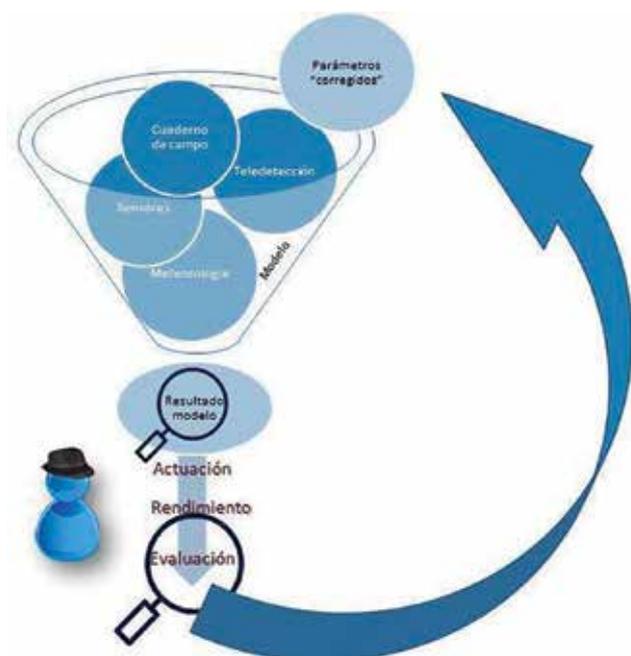


Figura 13. Ciclo de la captura, procesado y análisis de la información. (Fuente: Fundación HAZI)

## Sobre el autor

### Xabier Garitano Plágaro

Ingeniero Superior en Geodesia y Cartografía por la Universidad Politécnica de Valencia y MSc in Geographical Information Management por la Universidad de Cranfield, Reino Unido. Lleva más de 9 años como trabajador de la Fundación HAZI Fundazioa, empresa vinculada al sector primario del País Vasco, en el departamento de Sistemas de Información Geográfica realizando tareas tanto de producción cartográfica como de gestión de la Red GPS/GNSS de Euskadi y tratamiento de información obtenida por captura remota, desde los datos LiDAR como de satélite.

# Prospección arqueológica en NDVI con drones. El uso de geoEuskadi como herramienta de ponderación de un nuevo método

REVISTA **MAPPING**  
Vol. 27, 192, 24-12  
noviembre-diciembre 2018  
ISSN: 1131-9100

*Archaeological survey using NDVI with drones. The use of  
geoEuskadi as a tool for testing a new method*

Juan José Fuldain González, José Ignacio Fuldain González

## Resumen

El objetivo de este experimento es comprobar la validez de la fotografía multispectral a baja altura para hacer prospecciones arqueológicas.

El experimento consistió en hacer fotos multispectrales desde RPA de diez parcelas de terreno por las que se suponía pasaba la calzada romana Iter 34 por Álava.

Con dichas fotografías se procedió a hacer orto-mosaicos georeferenciados de estas zonas y a calcular el índice NDVI, esperando que este índice mostrará en los cultivos marcas de crecimiento diferencial, de otro modo imperceptibles, correspondientes con la calzada romana.

Como resultado del análisis comparativo de las fotos históricas de geoEuskadi con las fotografías NDVI se puede afirmar que las unidades estratigráficas negativas (zanjas, pozos, silos...) dejan marcas de crecimiento positivas en NDVI y que las unidades estratigráficas positivas (muros, pavimentos, derrumbes...) dejan marcas de crecimiento negativas.

En ocho de las diez zonas prospectadas se ve claramente la calzada romana, pudiendo además ver en dos de estas zonas restos de asentamientos antiguos por lo que se puede considerar que el experimento fue un éxito y que la validez de la prospección arqueológica mediante fotografía aérea a baja altura con drones y cámaras multispectrales queda demostrada.

## Abstract

The objective of this experiment was to test the validity of multispectral low altitude photography in archaeological surveying.

The experiment involved taking multispectral photographs from a UAV of ten plots of land through which the Roman road Iter 34 is thought to have passed.

These photographs were used to create georeferenced orthomosaics of the zones and to calculate the NDVI index, anticipating that this index would show differential growth marks in the crops, imperceptible by other means, which correspond with the Roman road.

A comparative analysis of the historical photographs in the geoEuskadi database with the NDVI photographs confirms that negative stratigraphic features (ditches, wells, pits...) produce positive readings in NDVI whereas positive stratigraphic features (walls, surfaces, demolition deposits) result in negative readings.

The Roman road was seen clearly in NDVI in eight of the ten surveyed zones, furthermore two ancient settlements were identified in two of these zones. The experiment can therefore be considered a success and has demonstrated the validity of the method applied to archaeological survey.

**Palabras clave:** NDVI, arqueología, prospección, dron, geoEuskadi, teledetección, agricultura de precisión, multispectral, RPA.

**Keywords:** NDVI, archaeology, survey, dron, geoEuskadi, remote sensing, precision farming, multispectral, UAV.

Senior illustrator, Museum of London Archaeology

[jjfuldain@gmail.com](mailto:jjfuldain@gmail.com)

Piloto y gerente, Full-Drone S.L

[josfuld@gmail.com](mailto:josfuld@gmail.com)

Recepción 18/10/2018  
Aprobación 21/11/2018

## 1. INTRODUCCIÓN

El uso de fotografías aéreas en arqueología, es una técnica con gran recorrido, desde los primeros vuelos en globo sobre Persépolis en 1879 por Friedrich Stoltze (Ceraudo, 2013) hasta nuestros días, se ha convertido en una herramienta clave para buscar nuevos yacimientos y obtener topografías detalladas en cantidades de tiempo muy reducidas.

De particular utilidad en la prospección arqueológica son las marcas de crecimiento diferencial en los cultivos (Figura 1), el crecimiento de las plantas se ve condicionado por el sustrato en que se encuentran, permitiéndonos así obtener información a través de ellas de variaciones en el sustrato (Webber, Heyd, Horton, Bell, Matthews y Chadburn, 2017). Donde hay una acumulación de piedras, las raíces de las plantas tendrán más dificultades en penetrar en el suelo, por lo que las plantas que estén directamente encima crecerán menos, por el contrario, las plantas que estén sobre canalizaciones enterradas, fosos, pozos y estructuras de corte similares encuentran en el sustrato una tierra menos compactada y más rica en nutrientes y/o agua, por lo que estas plantas crecen más (Figura 2). Para poder ver estas marcas claramente las fotos han de sacarse cuando los cultivos están en su momento de máximo crecimiento, en un día soleado y a primera



Figura 1. Marcas de crecimiento diferencial ocasionadas por los restos enterrados de una villa romana en Huermece, Burgos. Foto tomada de Google Earth © 2018 Google.



Figura 2. Distintos tipos de estructuras enterradas crean distintos tipos de marcas de crecimiento diferencial.

o última hora del día, a fin de que la luz rasante del sol haga sombras fáciles de ver desde el aire debidas a la diferencia de crecimiento de las plantas. Estas marcas de crecimiento diferencial de los cultivos han producido imágenes notablemente bellas y han descubierto gran cantidad de yacimientos arqueológicos, pero para obtenerlas estamos condicionados a hacerlas en un momento muy determinado del año, en un día soleado y en dos momentos muy concretos del día.

Tras varios años de experimentación con cometas y drones, sacando fotos en infrarrojo cercano, en 2017 Rafael Varón nos permitió por fin iniciar este experimento. Él, se encontraba en la necesidad de prospectar de manera rápida, económica y no invasiva grandes áreas por las que suponía que pasaba la calzada romana, mientras que nosotros estábamos deseando testar de manera extensiva el método que ahora se describirá.

La fotografía en infrarrojo cercano ha demostrado ser más eficaz que la fotografía convencional para mostrar las marcas de crecimiento diferencial (Verhoeven, 2012), no solo porque de más contraste sino porque permite ver a simple vista la salud de la cobertura vegetal (Figura 3). Cuanto mejor está haciendo la fotosíntesis una planta menos radiación infrarroja absorbe, por lo que en una foto de infrarrojo cercano las plantas aparecen como blancas, cuanto más saludables más blancas. Esto permite hoy en día con el uso de drones, cámaras digitales preparadas para capturar infrarrojo cercano y software especializado hacer análisis rápidos de grandes extensiones cultivadas. Uno de los índices más útiles para las nuevas técnicas de agricultura de precisión es el NDVI (*normalized difference vegetation index*), en el que la información de una foto de infrarrojo cercano se combina con la de una foto de luz visible para tener una idea de que plantas están funcionando bien y cuales están bajo estrés.

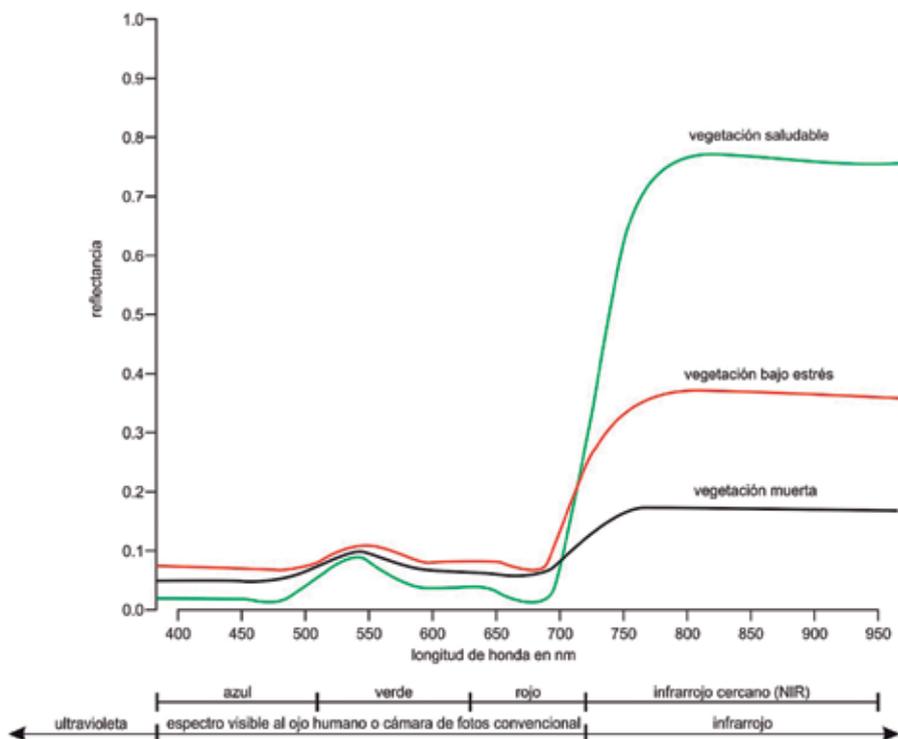


Figura 3. Reflectancia de vegetación en espectros visible e infrarrojo cercano, las fotos en infrarrojo cercano tienen mayor contraste entre la vegetación saludable y vegetación bajo estrés que las fotos en el espectro visible.

Los dos objetivos de este experimento eran, uno, ver si usando técnicas de agricultura de precisión se pueden ver marcas de crecimiento diferencial en los cultivos, en lugares y condiciones en que no serían apreciables en fotografía convencional y dos, comprobar si estas técnicas pueden constituir una herramienta válida de prospección arqueológica extensiva.

## 2. MATERIAL Y MÉTODO

Se prospectaron diez áreas, sumando un total de 88,34 hectáreas, para tratar de encontrar la calzada romana Iter 34 en los puntos donde R. Varón necesitaba comprobar su existencia.

Las cámaras usadas para tomar las fotos fueron Canon Power Shot S 100, una tal como viene de fábrica, otra modificada para tomar fotos en infrarrojo cercano por encima de 760 nm y una última modificada para tomar fotos en pseudo-NDVI con un filtro Kodak Wratten 25a.

Las cámaras fueron llevadas por tres RPA: un Yuneec Typhoon, un DJI Inspire y un Walkera Scout. Se voló a 120, 75 y 25 metros de altura tomando fotos en espectro visible, infrarrojo cercano y Wratten 25a. Los mejores resultados fueron volando a 75 metros de altura, lo que da una resolución espacial de 3,2 cm por píxel y

haciendo el NDVI con las fotos de la cámara equipada con el filtro Wratten 25a.

Las fotos fueron procesadas en Dron Deploy y los ortomosaicos resultantes se importaron en Qgis para calcular en índice NDVI y analizar los resultados.

En teoría, una estructura como la de una calzada romana, ha de mostrarse tanto en NDVI como en infrarrojo cercano, como una línea más oscura, correspondiente al empedrado de la calzada, bordeada por dos finas líneas más claras correspondientes a las zanjas de drenaje laterales.

En ocho de las diez zonas estudiadas aparecieron anomalías en el índice NDVI que parecían corresponder perfectamente con la calzada romana, pero la falta de estudios similares y la imposibilidad en aquel momento de contrastarlas con la excavación de dichas supuestas estructuras imponía mucha prudencia a la hora de interpretar estos resultados.

Además de las marcas posiblemente asociadas con la calzada romana, se pueden observar otras muchas anomalías en NDVI, buscando en las colecciones de fotos históricas de geoEuskadi se vieron estructuras aún sin sedimentar que correspondían con algunas de esas otras marcas, en un primer momento permitió descartar como no antiguas algunas de las marcas ob-

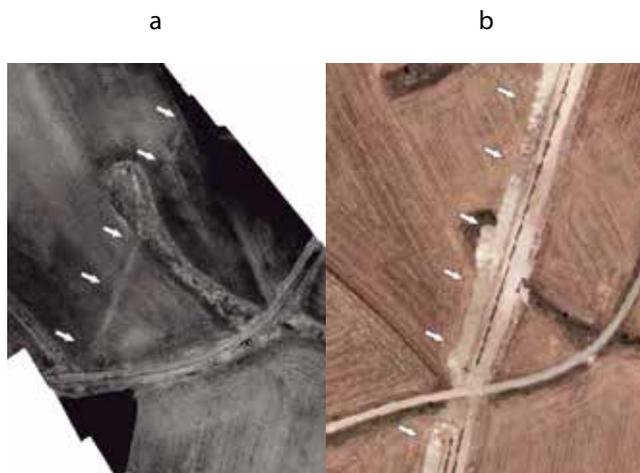


Figura 4. Unidades estratigráficas negativas. 4a marca de crecimiento diferencial positiva cruzando la foto en diagonal, Full-drone 2017. 4b zanja para la instalación del gaseoducto, geoEuskadi 2008.

servadas, y más importante aún, el análisis comparado de las fotos históricas con las fotos en NDVI permitió corroborar que tipo de anomalías en NDVI son producidas por que tipo de estructura enterrada.

En la Figura 4a podemos observar el índice NDVI del vuelo realizado en 2017 y en la Figura 4b la ortofoto de geoEuskadi del 2008, la línea más clara que aparece en el NDVI en diagonal corresponde con la zanja hecha para el gaseoducto. La zanja del gas ha dejado una interfaz de corte negativa en el terreno haciendo que

en el relleno la tierra este más suelta y por lo tanto el cereal aparezca como más saludable al hacer la fotosíntesis mejor.

En la Figura 5a se puede ver en NDVI la marca de crecimiento negativa, causada por el muro que en la Figura 5b se ve en superficie en la fotografía aérea del vuelo Americano de 1956-57, aquí el muro enterrado afecta negativamente al crecimiento de los cultivos.

La Figura 6a nos muestra las marcas dejadas en NDVI por el corte en el terreno de dos caminos, que en la Figura 6b se ven en superficie en el vuelo americano de 1956-57.

La Figura 7 es un ejemplo de un paisaje agrario desaparecido pero que se muestra perfectamente en NDVI, la Figura 7a muestra en NDVI las marcas positivas dejadas por las zanjas de lindes de parcelas anteriores a la parcelaria y el camino antiguo cruzando en diagonal que corresponden exactamente con el paisaje agrario mostrado en la Figura 7b por la ortofotografía del vuelo

a

b



Figura 5. Unidades estratigráficas positivas. 5a marca de crecimiento diferencial negativa cruzando la foto en diagonal, Full-drone 2017. 5b muro causante de la marca de crecimiento diferencial de la figura 5a, geoEuskadi vuelo americano 1956-57.

a



b

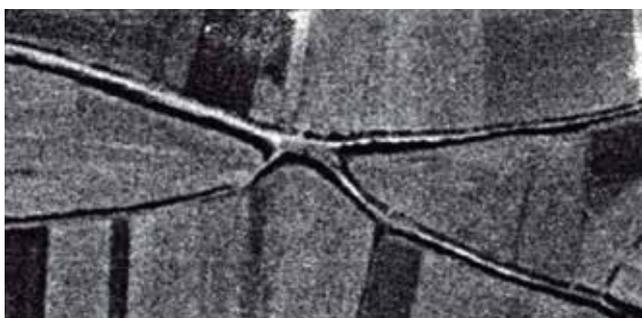


Figura 6a. Imagen en NDVI, marcas de crecimiento diferencial positivas causadas por el recorte en el terreno correspondiente a dos caminos, también son visibles varias marcas positivas producidas por corrientes de agua y por la zanja de una canalización de agua moderna, Full-drone 2017. Figura 6b. Imagen de los dos caminos vistos en la Figura 6a antes de ser enterrados, geoEuskadi vuelo americano 1956-57.

a



b

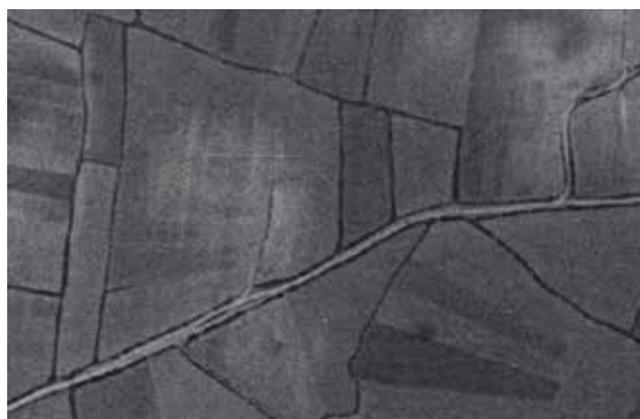


Figura 7a. Imagen NDVI, marcas de crecimiento diferencial positivo muestran las antiguas zanjas de lindes de parcelas y el camino antiguo, Full-drone 2017. Figura 7b. Paisaje agrario desaparecido con la unificación parcelaria coincidente con las marcas en NDVI de la Figura 7a, geoEuskadi vuelo americano 1945-46.

americano de 1945-46.

Las observaciones hechas gracias a las colecciones de fotografías históricas de geoEuskadi permitieron comprobar que efectivamente pequeñas alteraciones hechas por el hombre se pueden ver en infrarrojo cercano bastante tiempo después de ser enterradas, que la teoría funcionaba, por lo que procedimos a interpretar de manera similar otras anomalías más difusas aparecidas en nuestras fotos.

### 3. RESULTADOS

Se procederá ahora a presentar algunos ejemplos de estructuras antiguas descubiertas durante este trabajo.

En la Figura 8 se pueden observar dos detalles de la calzada romana Iter 34 objeto del estudio, en ellas se

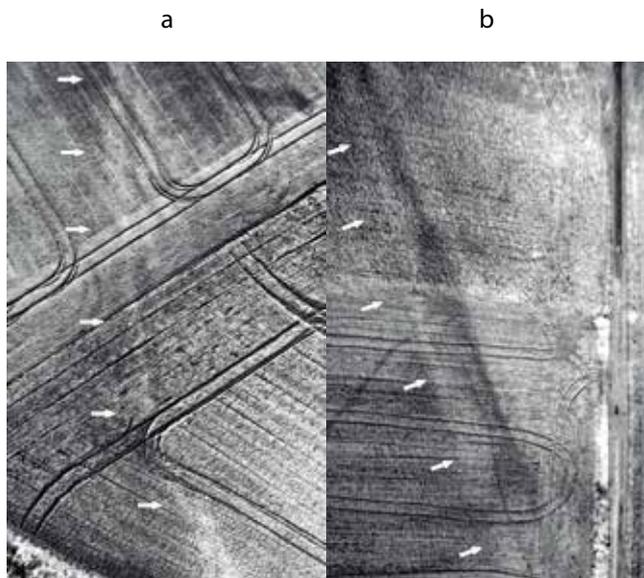


Figura 8. Fotos de detalle de la estructura identificada como la calzada romana, Full-drone 2017



Figura 9. Una zanja de una obra cercana permite ver en sección la calzada que en 2007 se vio en NDVI en la Figura 8b. Rafael Varón.

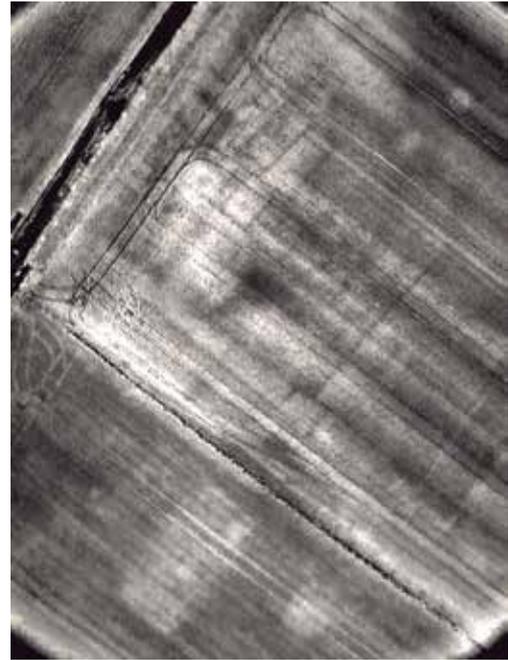


Figura 10. Paisaje agrario romano desaparecido pero aún visible en NDVI a las afueras de la ciudad romana de Iruña-Veleia, se pueden apreciar muros de las últimas casas de la ciudad romana, así como canales, pozos y muros de los huertos mas cercanos a la ciudad, Full-drone 2017.

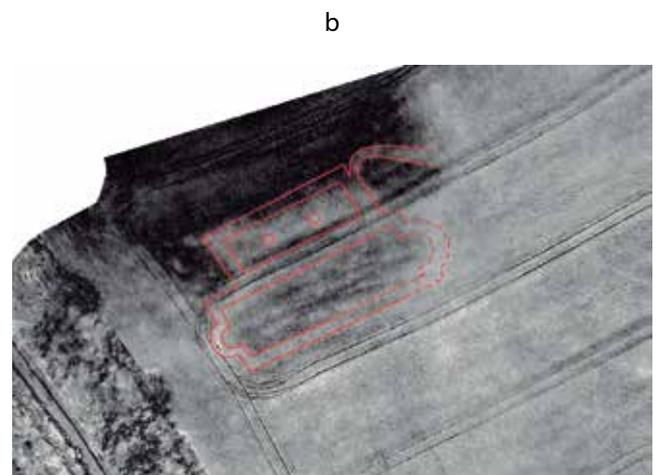
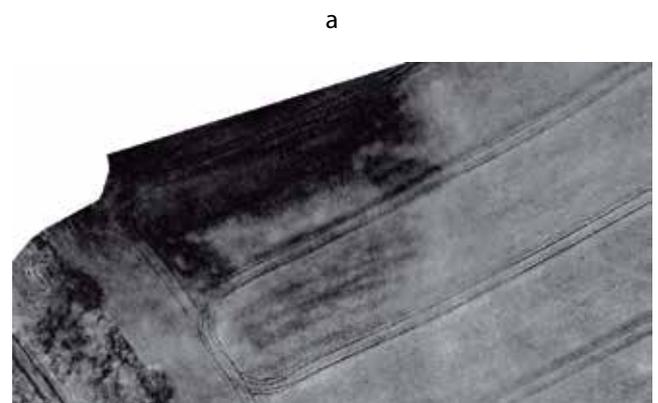


Figura 11. Posible zanja de expolio de un edificio antiguo, Full-drone 2017.

puede ver perfectamente como el empedrado central crea una marca negativa o más oscura y las zanjas de drenaje laterales crean marcas positivas, más claras. Se puede incluso distinguir a grosso modo el estado de conservación de la calzada.

A unos metros del área mostrada en la figura 8b una zanja de una obra ha permitido verificar la existencia de la calzada romana donde se vio en NDVI, en la foto (Figura 9) se puede ver una de las zanjas de drenaje lateral y el empedrado de la calzada.

En la Figura 10 se muestra un grupo de edificios en la parte superior de la fotografía gracias a las líneas oscuras que crean los muros enterrados, en la parte inferior se ven dos grandes rectángulos que dan una lectura positiva, tal vez edificios con sótanos profundos, en la parte derecha de la foto se ve una sucesión de muros, zanjas y pozos o silos.

Por último, la Figura 11 muestra una gran anomalía negativa, lo que bien puede ser un edificio cubierto y preservado por su propio derrumbe o bien un afloramiento de roca madre. En este caso parece tratarse de un edificio en el que el derrumbe ha sido cortado por una zanja posterior, como pasa en muchos casos, para expoliar los muros hasta sus cimientos, dejándonos zanjas donde los muros han sido robados, lo que vemos del edificio es la marca que ha dejado el expolio de sus muros.

## 4. CONCLUSIONES

De las diez áreas a prospectar, solo se prospectaron nueve ya que en una de ellas no había vegetación que analizar en NDVI; en todas las nueve restantes se ven restos arqueológicos, en ocho de ellas se localizó la calzada objeto de este estudio.

Como conclusión podemos decir que consideramos que el experimento ha sido un éxito, que la fotografía aérea a baja altura en infrarrojo cercano y que herramientas de agricultura de precisión como el índice NDVI permiten ver marcas de crecimiento diferencial de los cultivos que de otra manera serían inapreciables, y que es un sistema de prospección arqueológica no invasivo, rápido y económico perfectamente válido.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio se pudo realizar gracias a la financiación del Gobierno Vasco. Hay que agradecer igualmente a R. Varón la fe que depositó en este nuevo método cuando se lo propusimos.

## REFERENCIAS

- Ceraudo, G. (2013). Aerial Photography In Archaeology. En C. Corsi (Ed.), *Good Practice in Archaeological Diagnostics, Natural Science in Archaeology* (pp. 11-30). Suiza: Springer International Publishing, doi: 10.1007/978-3-319-01784-6\_2
- Verhoeven, G.J. (2012). Near-Infrared Cropmark Aerial Archaeology: From its Historical Use to Current Digital Implementations. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 19, 132-160, doi: 10.1007/s10816-011-9104-5
- Webber, H., Heyd, V., Horton, M., Bell, M., Matthews, W. y Chadburn, A. (2017). Precision farming and archaeology. *Archaeological and Anthropological Sciences*. doi.org/10.1007/s12520-017-0564-8

### Sobre los autores

#### **Juan José Fuldain González**

Licenciado en Geografía e Historia y diplomado en Arqueología por la Universidad de Deusto. Trabajó durante quince años como arqueólogo y como ilustrador arqueológico en España, desde 2008 trabaja en el Museum of London Archaeology Service como senior illustrator siendo sus responsabilidades principales la elaboración de mapas, planos e ilustraciones estratigráficas para informes y publicaciones, así como encargarse de aumentar y analizar la colección de cartografía histórica del Museum of London Archaeology Service, especialmente la perteneciente al Londres de los siglos XVI al XVIII.

#### **José Ignacio Fuldain González**

Licencia de Piloto Privado  
Piloto Avanzado de Drones de más de 125 Kg.  
Gerente de Full-Drone SL  
Instructor de Teoría y de Práctica de Pilotos Avanzados de Drones en Airpull Aviation.  
Especialidad en fotogrametría, agricultura de precisión, inspección de infraestructuras y fotografía multiespectral.

# Visualizadores de cartografía temática colaborativa del Instituto Geográfico Nacional

## *Viewers of collaborative thematic cartography of the Spanish National Geographic Institute*

Ana Velasco Tirado, Candela Pastor Martín, Celia Sevilla Sánchez, César Iván Rodríguez Cano, Jaime Sánchez Fanjul

REVISTA **MAPPING**  
Vol. 27, 192, 30-36  
noviembre-diciembre 2018  
ISSN: 1131-9100

### Resumen

El Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) han desarrollado un conjunto de aplicaciones web para la visualización de cartografía temática. Se trata de aplicaciones interactivas específicas para cada tipo de información: Caminos de Santiago en Europa, recursos de naturaleza, cultura y ocio y los Parques Nacionales de España. La singularidad de estas aplicaciones es su concepción como cartografía colaborativa hipermedia. Colaborativa, porque se asientan sobre un plan de colaboración entre una serie de organismos oficiales productores de información temática con componente espacial y el IGN y el CNIG, como agentes que centralizan y publican los datos. Hipermedia, en cuanto a que los datos que se muestran tienen asociados hiperenlaces que conducen al sitio web del organismo propietario de los datos, donde está almacenado el resto de información multimedia. Cada aplicación constituye así un punto de encuentro de federaciones y organismos de distintos ámbitos, que centraliza los datos, los representa sobre cartografía oficial y los pone a disposición del usuario a través de un visualizador. El usuario puede navegar libremente y disponer de la información a la carta en función de sus intereses. Por otro lado, los colaboradores participan no solo como productores del contenido sino también como gestores de sus propios datos, teniendo acceso directo a las bases de datos.

### Abstract

The Spanish National Geographic Institute (IGN) and the Center of National Geographic Information (CNIG) have developed a set of web applications for the visualization of thematic cartography. They are specific web applications for each type of information: Saint James' Way in Europe, information about nature, culture and leisure time and the National Parks of Spain. The singularity of these web applications is the concept of hypermedia collaborative cartography. They are collaborative because they are based on a collaboration plan between official producers of thematic information with a spatial component, and the IGN and CNIG, as agents centralizing and publishing data. They are also hypermedia, as the thematic data redirects to the web page of the collaborating organization where the rest of the multimedia information is stored. Each web application becomes a meeting point of federations and organizations from different fields. It centralizes, represents and publishes data through a viewer over official cartography to the general public.

Palabras clave: Cartografía temática, colaboración, naturaleza, cultura, ocio, tiempo libre, visualizador, Parques Nacionales, IGN, CNIG.

Keywords: Thematic cartography, collaboration, nature, culture, leisure, free time, viewer, National Parks, IGN, CNIG.

*Ingeniera geógrafa, Centro Nacional de Información Geográfica (Instituto Geográfico Nacional)*  
[avelasco@fomento.es](mailto:avelasco@fomento.es)

*Máster en Ingeniería en Geodesia y Cartografía, Centro Nacional de Información Geográfica (Instituto Geográfico Nacional)*  
[candela.pastor@cnig.es](mailto:candela.pastor@cnig.es)

*Ingeniera geógrafa, Centro Nacional de Información Geográfica (Instituto Geográfico Nacional)*  
[cssanchez@fomento.es](mailto:cssanchez@fomento.es)

*Ingeniero técnico en topografía, Instituto Geográfico Nacional*  
[cirodriguez@fomento.es](mailto:cirodriguez@fomento.es)  
*Máster en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica, Centro Nacional de Información Geográfica (Instituto Geográfico Nacional)*  
[jaime.sanchez@cnig.es](mailto:jaime.sanchez@cnig.es)

Recepción 18/10/2018  
Aprobación 22/11/2018

## 1. INTRODUCCIÓN

Los proyectos Naturaleza, Cultura y Ocio (NCO), los Caminos de Santiago en Europa y los Parques Nacionales responden a las necesidades del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) de poner a disposición de los ciudadanos la información geográfica relativa a los fenómenos de naturaleza, cultura y ocio de interés turístico, extraídos de las fuentes oficiales responsables de cada uno de estos recursos, sobre la cartografía básica del IGN.

Por este motivo, desde los inicios de estos proyectos se plantearon estrategias colaborativas, basadas en el establecimiento de convenios mediante los que las distintas organizaciones aportan su información y son las responsables de que ésta se mantenga completa, veraz y actualizada.

El CNIG tiene entre sus funciones la de propiciar y facilitar el uso de la cartografía oficial y desarrollar productos y servicios a demanda. Por ello, el IGN y el CNIG ofrecen la posibilidad de dar un valor añadido y mayor visibilidad a los datos, generando visualizadores web temáticos que los colaboradores pueden integrar en sus propias páginas, en los que se ofrece al ciudadano la posibilidad de consultar las opciones de ocio que le brinda una región determinada, activando y desactivando capas de información tales como rutas, alojamientos, monumentos, videos informativos, etc. Es decir, los colaboradores pasan de ofrecer una información muy completa, pero monotemática, a facilitar la navegación a la carta por toda la información que puedan necesitar los usuarios y todo ello sobre cartografía oficial.

Para destacar aún más el aspecto colaborativo de estos proyectos, cabe señalar que los visualizadores pueden integrarse en la página web de los colaboradores y que gran parte de la información, como las rutas o las fichas de información de los diferentes monumentos, se pueden descargar en dispositivos electrónicos y se pueden reutilizar bajo licencia CC-BY 4.0.

Cada uno de los visualizadores ofrece un tipo de información determinada, pero todos muestran información temática de interés para las actividades de ocio y tiempo libre, como puntos de interés, rutas a pie o en bicicleta, o alojamientos. Siendo el objetivo principal de cada uno de los proyectos fomentar la colaboración entre organismos y administraciones para facilitar el acceso y la visualización de los datos temáticos al ciudadano.

## 2. NATURALEZA, CULTURA Y OCIO

### 2.1. Colaboración entre administraciones

Actualmente, el grueso de datos de NCO es fruto de una serie de acuerdos bilaterales con los distintos organismos responsables de la información. Estos acuerdos responden a una necesidad de trabajar sinérgicamente entre el IGN y el CNIG y los distintos colaboradores, de forma que todos los actores puedan cumplir sus objetivos de una forma más eficiente.

El visualizador contiene información completa y veraz que periódicamente es supervisada y actualizada por los organismos responsables de los datos. Actualmente, las entidades colaboradoras del proyecto son las siguientes:

- Federación Española de Asociaciones de Amigos del Camino de Santiago (FEAACS), que facilita la información de todos los Caminos de Santiago actuales, incluyendo rutas terrestres y marítimas.
- Red Española de Albergues Juveniles (REAJ), que proporciona las localizaciones de los albergues de dicha red.
- Fundación de Ferrocarriles Españoles (FFE), que proporciona la información sobre Vías Verdes.
- Organismo Autónomo Parques Nacionales, del Ministerio para la Transición Ecológica, que suministra la información sobre Parques Nacionales y Reservas de la Biosfera.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, que aporta los Caminos Naturales.
- Consejo Jacobeo, órgano de cooperación entre la Administración General del Estado y las Comunidades Autónomas por las que transcurren los caminos históricos de Santiago y cuya secretaría es ejercida por una Dirección

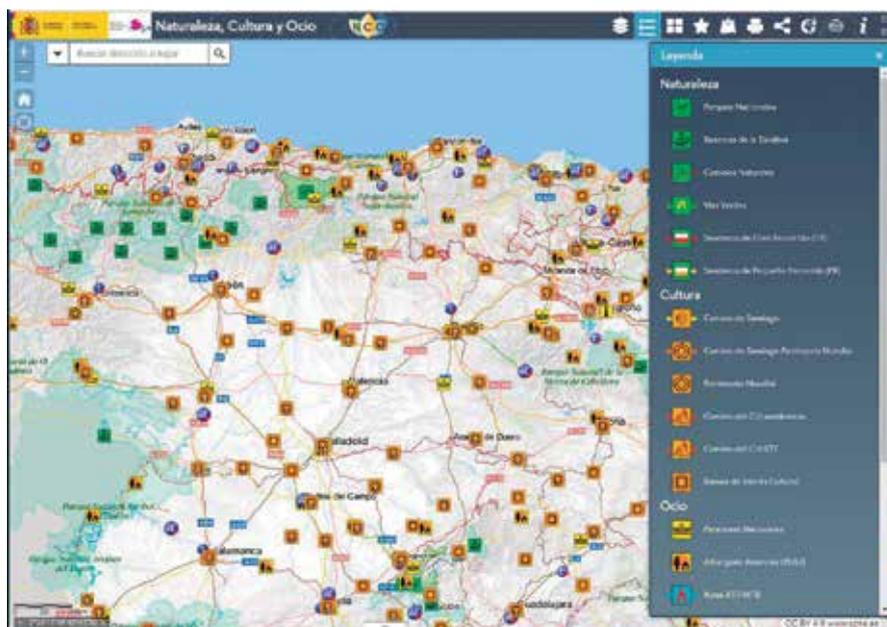


Figura 1. Visualizador cartográfico Naturaleza, Cultura y Ocio

General del Ministerio de Cultura y Deporte (MCD), que aporta la información tanto de los Caminos de Santiago declarados Patrimonio Mundial como los bienes de interés cultural asociados.

- Federación Española de Deportes de Montaña y Escalada (FEDME), que actualmente proporciona los senderos de Gran Recorrido (GR) y Pequeño Recorrido (PR) homologados.
- International Mountain Bicycling Association (IMBA) España, que homologa gran parte de las rutas de bicicleta de montaña de nuestro país.
- Consorcio Camino del Cid, que gestiona los itinerarios del Camino del Cid, así como de los puntos de interés asociados e éstos.
- Actualmente se está tramitando un nuevo convenio conjunto con las organizaciones que participan en el producto turístico «Rutas Culturales de España», de Turrespaña (Ministerio de Industria, Comercio y Turismo).

## 2.2. Capas de información

Además de los datos obtenidos gracias a los convenios de colaboración, en el proyecto NCO también se incluye información incorporada de forma autónoma por el propio IGN a partir de fuentes oficiales de acceso público.

En su conjunto, las capas de información temática incluidas hasta el momento, clasificadas según tema principal (naturaleza, cultura u ocio), son las siguientes:

- Naturaleza:
  - Parques nacionales, con la delimitación de los parques así como el enlace a la web de cada parque y una visita virtual del mismo.
  - Reservas de la Biosfera, se puede consultar su delimitación y un enlace a las fichas de la Red Española de Reservas de la Biosfera.
  - Caminos naturales, con el enlace a los documentos de características que ofrece el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, así como la posibilidad de visualizar el recorrido, consultar el perfil de elevaciones y descargar los ficheros kml de cada camino.
  - Vías Verdes, en esta capa se puede consultar y descargar el kml de la vía, ver el perfil de la vía y como acceder a través del hipervínculo a la página oficial donde se encuentra la ficha técnica con una descripción detallada de cada una.

- Senderos de Gran Recorrido (GR) homologados por la FEDME, con el enlace a la página de la ruta que facilita la Federación, así como el perfil longitudinal de los senderos.
- Senderos de Pequeño Recorrido (PR) homologados por la FEDME.

- Cultura:
  - Camino de Santiago, que enlaza la completa información que facilita la FEAACS, así como el perfil de las etapas y el kml para seguir la ruta.
  - Camino de Santiago Patrimonio Mundial. Esta capa contiene la información que proporciona el Consejo Jacobeo.
  - Patrimonio Mundial, en la que se encuentran los bienes declarados Patrimonio Mundial por la UNESCO.
  - Camino del Cid, clasificada para distintos medios de locomoción (senderismo, bicicleta de montaña BTT), de la que se disponen las fichas técnicas en su página web y gran cantidad de bienes asociados a estos itinerarios. Así como los ficheros kml de las rutas.
  - Bienes de Interés Cultural. En esta capa encontramos la información definida por «España es Cultura», dependiente del MCD.
- Ocio:
  - Paradores Nacionales.
  - Albergues Juveniles de la REAJ.
  - Rutas para bicicleta BTT/MTB de IMBA España.
  - Patronatos Provinciales de Turismo, con las sedes oficiales de turismo de toda España.
  - El Tiempo, que consta de un enlace a la previsión me-

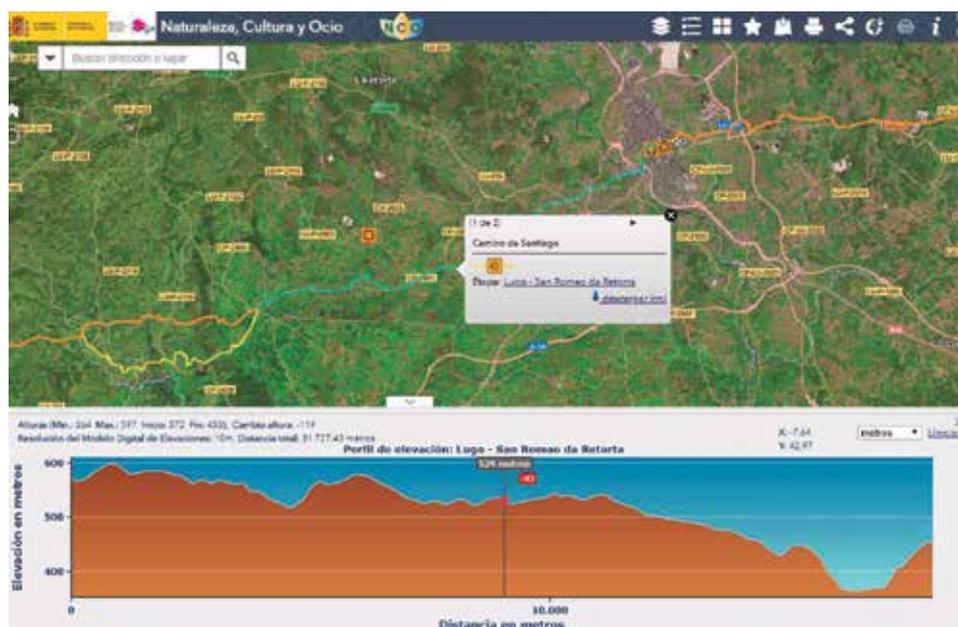


Figura 2. Consulta de una etapa del Camino de Santiago en el visualizador NCO.



Figura 3. Visualizador cartográfico Caminos de Santiago en Europa.

teológica de la Agencia Española de Meteorología (AEMET).

- Vídeos de diferentes programas culturales emitidos por RTVE: «Las claves del románico», «Destino España», «La luz y el misterio de las catedrales» y «Un país para comérselo».

La mayoría de las organizaciones colaboradoras ya han embebido la última versión del visualizador de NCO, que se publicó en mayo de 2018, en sus páginas web.

### 3. CAMINOS DE SANTIAGO EN EUROPA

El visualizador de los Caminos de Santiago en Europa muestra los caminos de Santiago en los países europeos. La Federación Española de Asociación de Amigos del Camino de Santiago (FEAACS) y la sociedad Xacobeo de la Xunta de Galicia, han sido las organizaciones que han contribuido junto al IGN y CNIG en la elaboración de este visualizador.

Fue la sociedad Xacobeo quien facilitó los contactos y los trabajos de la FEAACS para coordinar a las asociaciones e instituciones jacobeanas más representativas en cada país europeo. En total han colaborado 26 asociaciones jacobeanas de casi toda Europa proporcionando los trazados de aquellos caminos que mantienen señalizados, dotados de instalaciones de acogida al peregrino y documentados como itinerarios tradicionales hacia Santiago.

Se catalogaron 286 caminos (44 en España), con un total de 80.843 km. Por primera vez se han catalogado las rutas

marítimas tradicionales y se han recogido 31 de ellas, con 14.111 millas náuticas de recorrido. En total se dispone de información de 28 países.

Tras la elaboración por parte del IGN de un mapa impreso, que se presentó en octubre de 2017, el CNIG publicó en enero de 2018 el visualizador cartográfico de los Caminos de Santiago en Europa.

En el visualizador se muestra la información de las rutas por etapas. Cada uno de los trazados muestra el nombre del camino y el país donde se encuentra, el código del camino y el código de la etapa junto a su nombre, la longitud de la etapa en kilómetros, y ofrece la posibilidad de su

descarga en los formatos kml y gpx.

### 4. PARQUES NACIONALES

El proyecto de los Parques Nacionales de España tiene como objetivo mejorar la forma en la que el IGN y el CNIG junto con el Organismo Parques Nacionales proveen datos cartográficos de todos los Parques Nacionales, para lo que se están publicando visualizadores 2D y 3D de cada uno de ellos.

En la actualidad se han generado los prototipos de visualizadores 2D y 3D para los parques de Picos de Europa y Ordesa y Monte Perdido. Cada uno muestra las rutas y los puntos de interés clasificados en: alojamientos, equipamiento, naturaleza, servicios, patrimonio, turismo de montaña y turismo acuático.

Para conseguir la tercera dimensión en el visualizador 3D se han generado escenas tridimensionales a partir de las ortofotografías aéreas del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), utilizando una nueva técnica denominada correlación superdensa, lo que ha supuesto un gran ahorro de recursos, ya que los Parques Nacionales se extienden a lo largo de muchos kilómetros cuadrados.

Para algunos puntos de interés como ermitas o miradores, se han realizado vuelos con drones para obtener detalles de las fachadas y otros elementos verticales. Se han generado modelos tridimensionales de estas fachadas, consiguiendo una reproducción altamente realista.

Debido a los buenos resultados obtenidos a partir de los dos proyectos piloto, se consideró adecuado extender el proceso al resto de Parques Nacionales. Este año se volarán

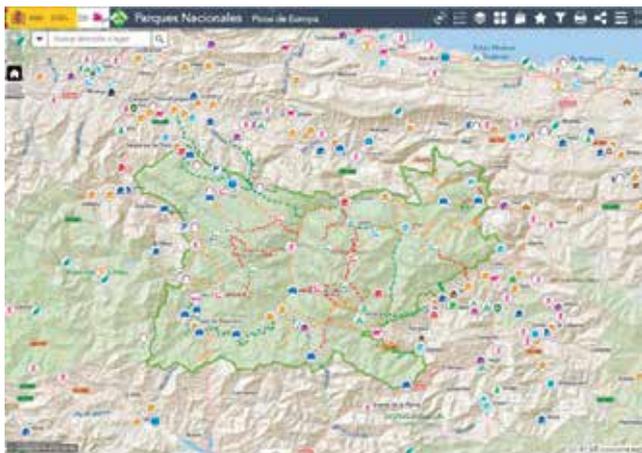


Figura 4. Visualizador cartográfico Parques Nacionales: Picos de Europa 2D

los puntos de interés más representativos de la Sierra de Guadarrama y de los cuatro Parques Nacionales de las islas Canarias.

## 5. TECNOLOGÍA DE ALMACENAMIENTO Y VISUALIZACIÓN

### 5.1. Introducción

Los visualizadores objeto de este texto consisten en mapas interactivos a través de la web que permite navegar sobre información geográfica básica y capas temáticas asociadas, que además se puede insertar en otras páginas web como un sencillo bloque de código HTML. Los visualizadores de cartografía temática del IGN son:

- Colaborativos, porque los propietarios de la información temática pueden cargar y editar la información geoespacial y alfanumérica asociada a través de una aplicación de gestión de contenidos geográficos.
- Hipermedia, porque almacena los vínculos a las páginas web de los organismos colaboradores en los que reside la información multimedia.
- Bilingües en español e inglés.
- Multiplataforma, ya que su diseño adaptativo permite utilizarlos en dispositivos de cualquier tamaño y formato, empleando cualquiera de los navegadores de internet disponibles en la actualidad.
- Contienen puntos de interés turístico, rutas y zonas protegidas de interés medioambiental.

### 5.2. Características técnicas

La tecnología empleada en el proyecto combina software libre y propietario:

En los proyectos de NCO y Caminos de Santiago, las

capas se almacenan en una base de datos PostgreSQL con extensión geográfica PostGIS. En el caso de los Parques Nacionales, la información alfanumérica está almacenada en una base de datos MySQL y la información geográfica se almacena en forma de archivos independientes en formato kml.

Todas las aplicaciones de visualización emplean la tecnología ESRI. Se han creado servicios web de ArcGIS, mapas diseñados en Portal for ArcGIS y aplicaciones realizadas con Web App Builder (WAB). La elección de esta plataforma, además de obedecer a criterios corporativos, responde a la facilidad de creación y uso de los mapas y las aplicaciones por su entorno amigable, y a la posibilidad que ofrece de realizar edición en remoto, muy necesaria para garantizar la posibilidad de gestión de los datos de las entidades colaboradoras del proyecto.

### 5.3. Funcionalidades

En la parte superior izquierda, los visualizadores disponen de una caja de búsqueda que permite localizar tanto direcciones, como topónimos, y elementos de las capas temáticas. El buscador utiliza como fuentes para la geolocalización:

- Callejero de CartoCiudad
- Nomenclátor Geográfico Básico de España
- Capas temáticas

Tanto el callejero de CartoCiudad como el Nomenclátor Geográfico Básico de España se ofrecen a través de servicios web estándar. Por tanto, siempre se consultan direcciones y topónimos oficiales, a excepción del buscador del visualizador de Caminos de Santiago en Europa, que por su ámbito, utiliza otros buscadores privados.

A este lado de la pantalla los visualizadores disponen de



Figura 5. Buscador de direcciones, topónimos y elementos temáticos



Figura 6. Herramientas de los visualizadores cartográficos del IGN

las herramientas de navegación que permiten al usuario explorar el entorno del mapa, variar los niveles de zoom, para aumentar o disminuir la escala, navegar por el mapa o volver a la vista de inicio.

En la parte superior derecha se encuentran diversas herramientas, entre otras, de consulta de las capas de información, leyenda, impresión de pantalla, vistas favoritas, inserción de datos propios o a través de servicios web o selección del mapa base. Los mapas base que se pueden elegir son:

- Callejero, formado con las bases topográficas del IGN y del SCNE.
- Callejero gris, que es una versión neutra del anterior.
- Mapa, que va mostrando, según la escala, los distintos Mapas topográficos del IGN a escalas 25.000, 50.000, 200.000, 500.000 y 1.125.000.
- Imagen, que tiene las ortoimágenes del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) y, a escalas pequeñas, imágenes de satélite SPOT.
- Híbrido, consiste en la imagen anterior sobre la que se superponen los elementos cartográficos básicos: poblaciones, topónimos, carreteras.
- Relieve, que consiste en el modelo digital del terreno del SCNE.

Los mapas base se ofrecen como servicios de visualización web teselados conformes con el estándar *Web Map Tile Service* (WMTS) del *Open Geospatial Consortium* (OGC).

Una de las funcionalidades más interesantes es la posibilidad de compartir el mapa. El mapa se puede compartir en redes sociales, por correo electrónico o simplemente facilitando el enlace, manteniendo, si así se desea, el contexto de trabajo: la extensión, las capas activas o el mapa base.

Además, es posible compartir el código *iframe* de la aplicación para añadirlo a una página web. Esta funcionalidad está especialmente pensada para que los colaboradores de los proyectos puedan disponer del visualizador integrado en sus propias páginas web. La inclusión del código en el HTML de la página final permite navegar utilizando las funcionalidades del visualizador original.

Aunque esta posibilidad nació para dar servicio a los

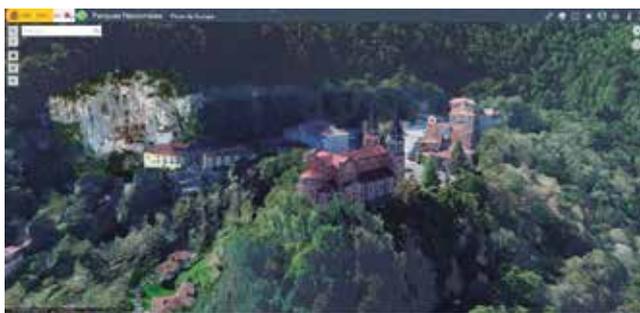


Figura 7. Vista del visualizador 3D del Parque Nacional Picos de Europa

colaboradores, la funcionalidad puede utilizarla cualquier usuario con página web, de hecho múltiples asociaciones culturales y deportivas disponen de alguno de los visualizadores embebidos en sus propias web.

#### 5.4. Visualizador 3D

Los Parques Nacionales, además de disponer de un visualizador como los que se han explicado en apartados anteriores, disponen de visualizadores 3D.

El visualizador 3D permite ver las rutas y los puntos de interés integrados en la escena tridimensional, lo que hace que los usuarios se hagan una idea lo más realista posible de la ruta a realizar al poder ver el entorno a recorrer, la pen-



Figura 8. Visualizador NCO embebido en las webs del Camino de Santiago y de Vías Verdes

diente, etc. Además, este visualizador incorpora en la parte inferior un acceso directo a los puntos de interés de mayor resolución volados por medio de drones, para que los usuarios vayan a la zona de manera rápida.

Otra funcionalidad es la posibilidad de cambiar la luz de la escena.

## 6. TRABAJOS ACTUALES

Los avances en los visualizadores de cartografía temática en los que se está trabajando en la actualidad son los siguientes:

- Actualización continua del contenido: se está implementando una herramienta de edición más cómoda que permita a los colaboradores ser autónomos en cuanto a la carga, edición y borrado de los elementos de los que son responsables.
- Descarga de todas las capas en el Centro de Descargas del CNIG: en la actualidad se ofrecen a descarga las rutas de los Parques Nacionales, el Camino de Santiago, las Vías Verdes y el Camino del Cid. Próximamente estarán todas disponibles para, por ejemplo, poder utilizarlas con la app móvil Mapas de España del IGN o su versión sencilla Mapas de España Básicos. También se incluirán para descarga las fichas en pdf con la descripción al detalle de cada ruta.

- Colaboración con nuevos proveedores de información temática.
- Creación nuevas aplicaciones para el resto de Parques nacionales de España.
- Nuevos vuelos de drones sobre el resto de Parques nacionales de España.

## REFERENCIAS

Naturaleza, cultura y ocio. (2018). Instituto Geográfico Nacional. Recuperado de <https://nco.ign.es/VisorNCOConMarco/>

Caminos de Santiago en Europa. (2018). Instituto Geográfico

Nacional. Recuperado de <https://nco.ign.es/CaminoSantiago/>

Parques Nacionales: Picos de Europa 2D. (2018). Instituto Geográfico Nacional. Recuperado de [https://parquesnacionales.ign.es/picos\\_2d/](https://parquesnacionales.ign.es/picos_2d/)

Parques Nacionales: Picos de Europa 3D. (2018). Instituto Geográfico Nacional. Recuperado de [https://parquesnacionales.ign.es/picos\\_3d/](https://parquesnacionales.ign.es/picos_3d/)

Parques Nacionales: Ordesa y Monte Perdido 2D. (2018). Instituto Geográfico Nacional. Recuperado de [https://parquesnacionales.ign.es/ordesa\\_2d/](https://parquesnacionales.ign.es/ordesa_2d/)

Parques Nacionales: Ordesa y Monte Perdido 3D. (2018). Instituto Geográfico Nacional. Recuperado de [https://parquesnacionales.ign.es/ordesa\\_3d/](https://parquesnacionales.ign.es/ordesa_3d/)

## Sobre los autores

### Ana Velasco Tirado

*Ingeniera Técnica en Topografía e Ingeniera en Geodesia y Cartografía. Funcionaria de carrera del cuerpo de Ingenieros Geógrafos del IGN, trabajando en el CNIG. Tiene experiencia en Sistemas de Información Geográfica, publicación de cartografía en internet y la Directiva europea INSPIRE. Durante diez años ha formado parte de los proyectos CartoCiudad y la Información Geográfica de Referencia de las Redes de Transporte. Actualmente es responsable de los recursos educativos del IGN y de la publicación web de cartografía temática en proyectos como Naturaleza, Cultura y Ocio o los Caminos de Santiago en Europa.*

### Celia Sevilla Sánchez

*Ingeniera Técnica en Topografía del IGN desde el año 2000 e Ingeniera Geógrafa desde 2004. Jefa de Área de Proyectos Internacionales del CNIG en el que se desarrollan diversos proyectos como: SignA, Parques Nacionales, Mapa a la Carta, Naturaleza, Cultura y Ocio, Recursos Educativos, Atlas Interactivo, etc. Secretaria del Comité Técnico de Normalización de Información Geográfica CTN/AEN148 y delegada del ISO/TC211, tutora y coordinadora del curso de SIG on line, participación en el proyecto España Virtual, perteneciente al grupo de expertos en calidad de Eurogeographics, intercambio de 4 meses con el Reino Unido en el Ordnance Survey, etc.*

### Candela Pastor Martín

*Graduada en Ciencias Ambientales y Máster en Ingeniería en Geodesia y Cartografía. Desde 2015 ha trabajado en*

*campos relacionados con el tratamiento de datos espaciales y técnicas de análisis para estudiar fenómenos terrestres e hidrogeomorfológicos aplicados a conocer la evolución del terreno a través de los ríos como moldeadores del paisaje. Desde 2017 está trabajando en el CNIG a través de una beca de formación. Sus labores han estado encaminadas a la mejora del diseño y el desarrollo de funcionalidades para la aplicación web Naturaleza, Cultura y Ocio. También ha colaborado en las aplicaciones web de los Caminos de Santiago de Europa y los Parques Nacionales.*

### César Iván Rodríguez Cano

*Ingeniero Técnico en Topografía e Ingeniero en Geodesia y Cartografía. Funcionario de carrera del cuerpo de Ingenieros Técnicos en Topografía del IGN. Tiene experiencia en Sistemas de Información Geográfica y cartografía temática. Desde hace ocho años forma parte del área de Cartografía Temática y Atlas Nacional de España del IGN. Actualmente es responsable de contenidos de cartografía temática en proyectos como Naturaleza, Cultura y Ocio, así como los recursos en papel de cartografía temática del IGN.*

### Jaime Sánchez Fanjul

*Ingeniero Técnico en Topografía y Máster en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica por la Universidad de Oviedo. Becario de formación en el Instituto Geográfico Nacional. Ha participado en las primeras fases de producción de la Información Geográfica de Referencia de Hidrografía. Actualmente colabora en la creación, diseño y puesta en funcionamiento de los visualizadores cartográficos de los Parques Nacionales y también en el Sistema de Información Geográfica Nacional (SignA).*

# MAPS & CRAFTS



[www.mapsandcrafts.com](http://www.mapsandcrafts.com)

[info@mapsandcrafts.com](mailto:info@mapsandcrafts.com)

*Nuestra pasión es la Cartografía  
y la artesanía hecha con ella*

# Sistemas LiDAR embarcados en RPAS

## UAV LiDAR Systems

Alejandro Ávila Búa

REVISTA **MAPPING**  
Vol. 27, 192, 38-43  
noviembre-diciembre 2018  
ISSN: 1131-9100

### Resumen

La tecnología LiDAR embarcada en sistemas RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems), permite, a diferencia de los métodos de detección pasiva como la fotogrametría, penetrar en la vegetación y operar en situaciones de escasa iluminación. La tecnología LiDAR es una tecnología más sencilla de usar que proporciona datos más rápidos y fáciles de procesar. Estas soluciones aéreas con sistemas LiDAR embarcado en RPAS, permiten escanear grandes áreas, de una forma más rápida y con unos resultados más consistentes que el uso de tecnologías de escaneo terrestres actuales.

### Abstract

LiDAR 3D mapping is a versatile technology that unlike passive sensing methods such as photogrammetry can penetrate vegetation and operate in dark lighting situations. LiDAR is a more applicable, user-friendly technology providing data that is faster and easier to process. These aerial solutions allows to scan area swaths faster and with more consistent results than using current ground scan technologies, whether they're utilizing terrestrial or mobile mapping methods..

Palabras clave: LiDAR, RPAS, mapping, escaneo, cartografía, GPS, IMU, RTK.

Keywords: LiDAR, RPAS, mapping, scanning, cartography, GPS, IMU, RTK.

Director División Industrial en AEROMEDIA UAV.  
Ingeniero Técnico en Topografía  
[alejandro.avila@aeromedia.es](mailto:alejandro.avila@aeromedia.es)

Recepción 18/10/2018  
Aprobación 23/11/2018

## 1. INTRODUCCIÓN

El propósito del presente artículo es el de poder divulgar y dar a conocer la tecnología LiDAR embarcada en RPAS y lo que hace que este tipo de soluciones sean una herramienta única e innovadora para una variedad de aplicaciones.

## 2. UN POCO DE HISTORIA

El inicio del desarrollo de la tecnología LiDAR (que procede del acrónimo del inglés Light Detection and Ranging) se remonta a la década de los 70, dentro de los programas de investigación llevados a cabo por la Agencia Espacial Estadounidense.

Su elevado coste y sus limitadas posibilidades para la época, frenaron durante años su utilización generalizada, pero pronto se pudo comprobar su elevado número de aplicaciones.

La introducción de los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) a finales de los años 80, proporcionó la alta precisión posicional requerida para el uso del LiDAR de alta resolución. A la llegada de los sistemas GPS se le sumó la utilización de relojes ultra-precisos para la medida del tiempo de retorno del pulso láser, y las unidades de medida inercial (Inertial Measurement Units – IMU), que permiten el cálculo de los parámetros de orientación de los sensores láser.

La rápida evolución de estos componentes permitió finalmente el aumento de la resolución y fiabilidad de los sistemas LiDAR, y su utilización en un gran número de aplicaciones.

## 3. LA TÉCNICA DEL SISTEMA LIDAR

El sensor LIDAR mide el ángulo de lectura de cada uno de los pulsos láser. Se mide el tiempo necesario para que cada uno de los pulsos emitidos se reflejen en el suelo y vuelven al sensor.

Conocida la velocidad de la luz a la que se desplaza el pulso, conoceremos la distancia recorrida, esta será:

$$R = \frac{1}{2} C \cdot t$$

Siendo:

R= Distancia Recorrida

C= Velocidad de la Luz

t= Tiempo

El sistema LiDAR emplea la luz en forma de láser

pulsado para medir distancias variables, atravesando la vegetación hasta el terreno. De esta forma, el sistema puede capturar datos de la superficie escaneada precisos, al medir el tiempo que tarda el láser en regresar a su fuente.

El sistema LiDAR necesita de 4 sistemas a su vez para operar correctamente:

1. La propia unidad LiDAR, que emite pulsos de luz. Cuando se monta en un UAV escanea una franja predefinida anteriormente.
2. Un receptor GPS que rastrea las coordenadas x, y, z de la unidad.
3. Una Unidad de Medición Inercial (IMU) que rastrea la inclinación del sensor LiDAR en el espacio para lograr mediciones precisas.
4. Un ordenador que registra todos los datos transmitidos.

Los pulsos de luz y sus capacidades para producir retornos múltiples, combinados con otros datos registrados por el sistema, se procesan para crear información tridimensional altamente precisa sobre la superficie que se vaya a escanear.

Gracias a la tecnología LiDAR se genera lo que se conoce como «nube de puntos», una colección de retornos de pulsos láser individuales que, colectivamente dan datos de elevación sobre un área determinada. Estas nubes de puntos suelen necesitar un filtrado robusto, ya sea desde el propio sensor, o mediante post-procesamiento, para eliminar puntos de datos erróneos.

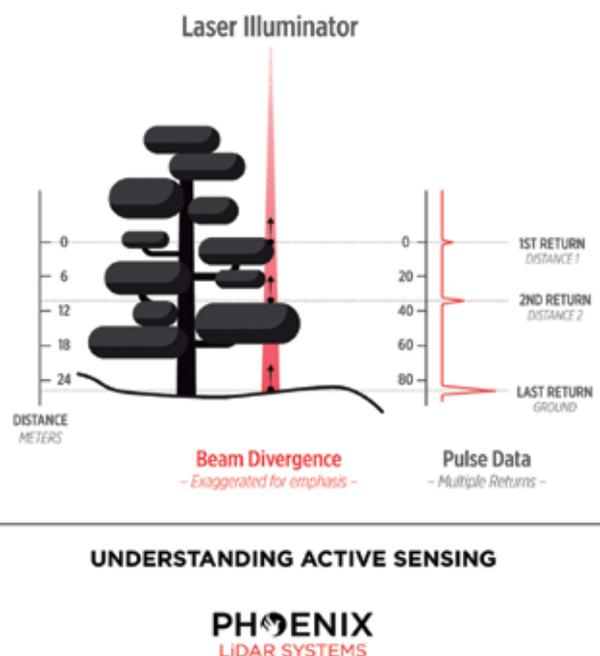


Figura 1. Esquema sobre tecnología LiDAR (Fuente: Phoenix LiDAR Systems)

## 4. FLUJO DE TRABAJO

La técnica empleada para derivar la precisión a nivel centimétrico se denomina sistema satelital de navegación global en tiempo real (RTK GNSS). Este sistema utiliza la onda portadora de la señal del satélite junto con el contenido de información de la señal y se basa en una única estación de referencia GNSS para proporcionar correcciones en tiempo real.

Pero, ¿qué sucede si durante algún período se interrumpe la conectividad con el GNSS? Es en este momento donde entra en funcionamiento el Sistema de navegación inercial (INS).

El INS usa un ordenador, sensores de movimiento (acelerómetros) y sensores de rotación (giroscopios) que ayudarán a calcular continuamente la posición, la orientación y la velocidad del sistema. Para combinar los dos sistemas, se emplea un algoritmo muy sofisticado, conocido como estimación cuadrática lineal (LQE), que opera en flujos de datos de sensores ruidosos para producir una estimación estadísticamente óptima de la posición del sistema en cualquier momento.

Al fusionar esta información con los datos LiDAR, se genera y visualiza una nube de puntos en tiempo real utilizando el SW Phoenix Aerial Spatial Explorer.

En caso de que las correcciones en tiempo real de la estación de referencia GNSS no estén disponibles o las interrupciones más prolongadas impidan la transmisión de datos al Rover, un paquete de software de terceros llamado Inertial Explorer™ o el software de Phoenix LiDAR Systems LiDARMill, pueden producir una trayectoria precisa a partir de postprocesamiento.

Ambos tipos de trayectorias (generadas en tiempo

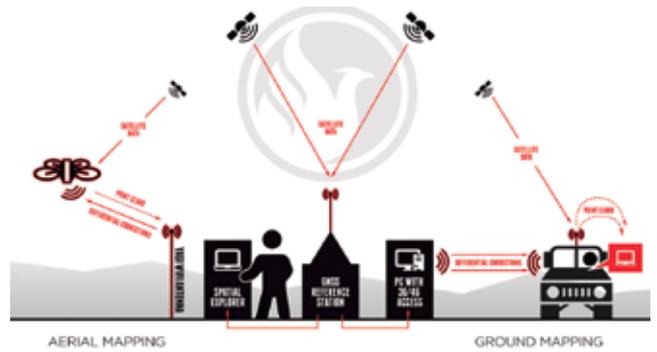


Figura 3. Flujo de trabajo con sistemas LiDAR Terrestres y Aéreos (Fuente: Phoenix LiDAR Systems)



Figura 4. Sistema LiDAR Propiedad de AEROMEDIA UAV

real desde el INS o desde Inertial Explorer™/LiDARMill en postproceso) pueden fusionarse con datos LiDAR con Phoenix Aerial Spatial Explorer para crear nubes de puntos en formato LAS.

Las soluciones Phoenix LiDAR Systems están diseñadas para acoplarse a casi cualquier vehículo y, por primera vez, el software que lo acompaña es tan flexible como el módulo. Al dividir el control del sensor y la interfaz de usuario, resulta posible el realizar la adquisición de datos en diversas plataformas.

### 4.1. Mapeo aéreo

Las soluciones Phoenix LiDAR Systems se pueden usar para mapear con diversas plataformas diferentes, RPAS helicópteros, aviones de ala fija, etc.

Como se muestra en la imagen mostrada en el punto anterior, el operador estará en campo, conectado a la estación de referencia GNSS. Como se explicó con anterior-

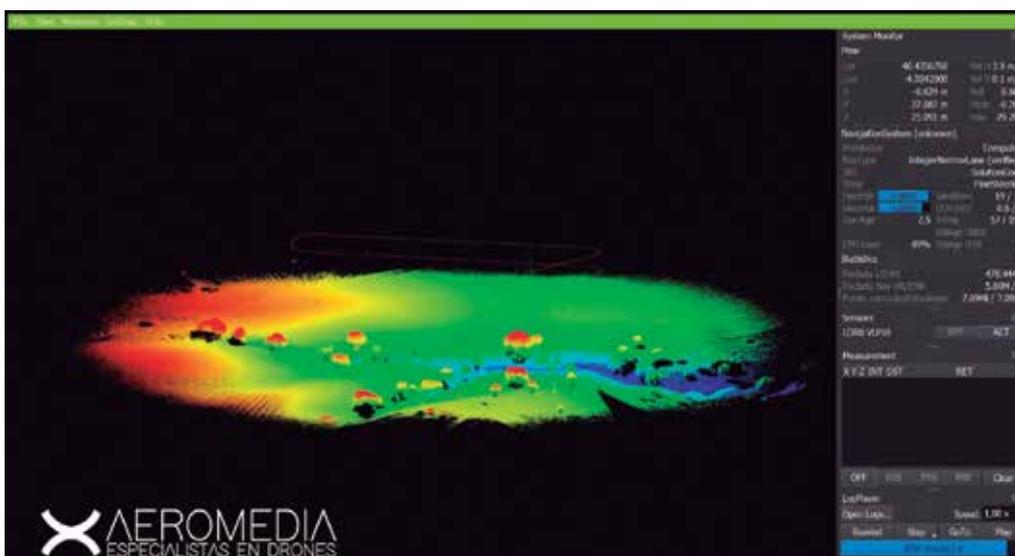


Figura 2. Nube de puntos capturada en tiempo real (Fuente: AEROMEDIA UAV)

alidad, gracias al SW SpatialExplorer, el operador transmite los datos de corrección al Rover a través de un sistema WiFi de largo alcance. El Rover fusiona estos datos en tiempo real y transmite una nube de puntos de muestra al operador.

#### 4.2. Mapeo terrestre

Cuando el operador viaja con el Rover en un automóvil, barco o quad, puede conectarse directamente al Rover utilizando WiFi o un cable Ethernet. Los datos de corrección se pueden transmitir desde la estación de referencia GNSS al software SpatialExplorer a través de WiFi de largo alcance o una dirección IP pública (utilizando, por ejemplo, 3G / 4G). Con el disco duro SSD integrado de 240 gigas, el operador puede escanear durante 6 horas sin tener que detenerse para descargar los datos.

Hay que añadir que a cualquiera de los equipos LiDAR comentados, se les puede acoplar diversas mejoras como cámaras fotográficas RGB, DSLR, Térmicas, hiperespectrales, cámaras 360°...

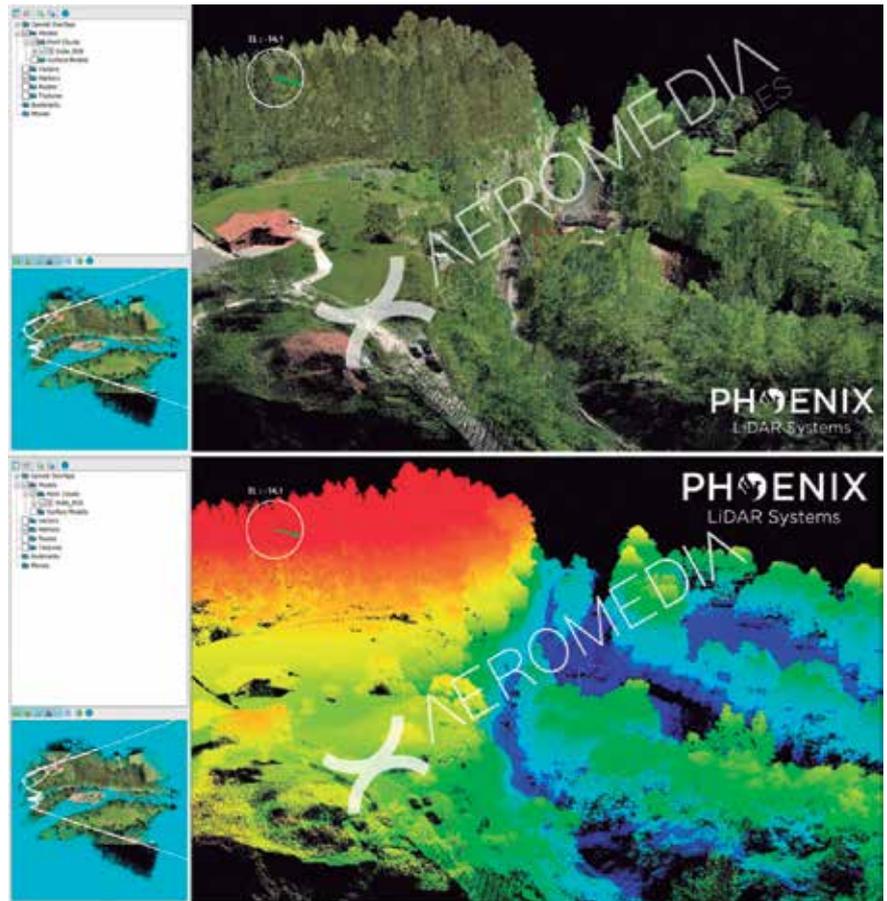


Figura 6. Nubes de puntos adquiridas con sistema LiDAR (Fuente: AEROMEDIA UAV)

## 5. VISIONADO DE NUBES DE PUNTOS EN TIEMPO REAL

Como ya se ha comentado con anterioridad, los sistemas de Phoenix LiDAR Systems proporcionan la capacidad de poder visualizar la adquisición de la nube de puntos mientras se está realizando la captura.

Esta capacidad tiene las siguientes ventajas:



Figura 5. Sistemas de escaneo Mobile Mapping. (Fuente: Phoenix LiDAR Systems)

1. El operador puede determinar inmediatamente si los resultados coinciden con las expectativas. Anteriormente, los resultados estaban disponibles solo después del aterrizaje, en cuyo caso se requiere mucho tiempo y acarrea costes el tener que realizar cambios.
2. El operador puede visualizar cómo va adquirien-

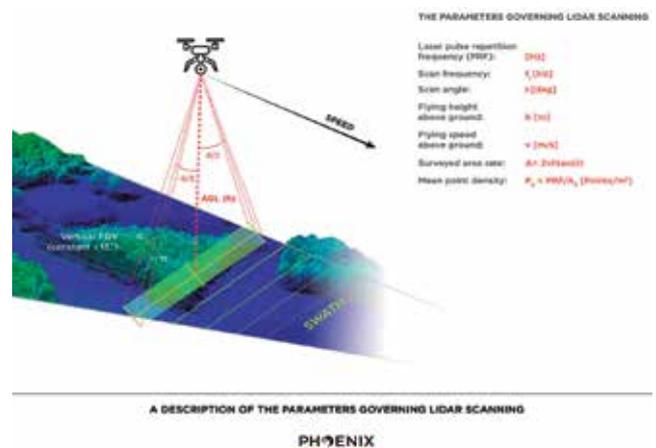
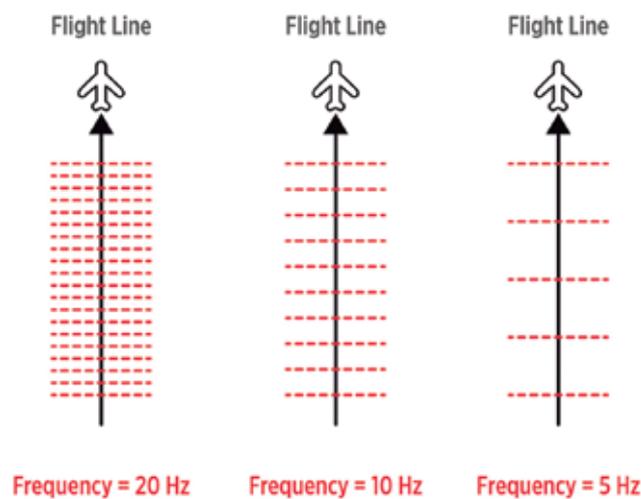


Figura 7. Descripción de los parámetros a tener en cuenta en escaneos LiDAR aéreos (Fuente: Phoenix LiDAR Systems)

do la nube de puntos en una pantalla de ordenador y con estos datos puede localizar áreas que no se han escaneado correctamente y alterar rápidamente la trayectoria del RPAS.

3. A través de la red 4G, el operador puede compartir su pantalla de forma remota con los clientes en tiempo real, para confirmar / alterar la nube de puntos LiDAR.

## 6. PARÁMETROS A TENER EN CUENTA EN EL ESCANEO A TRAVÉS DE RPAS



### THE CONCEPT OF FREQUENCY SETTING



Figura 8. Definición de rango de escaneo LiDAR (Frecuencia)  
(Fuente: Phoenix LiDAR Systems)

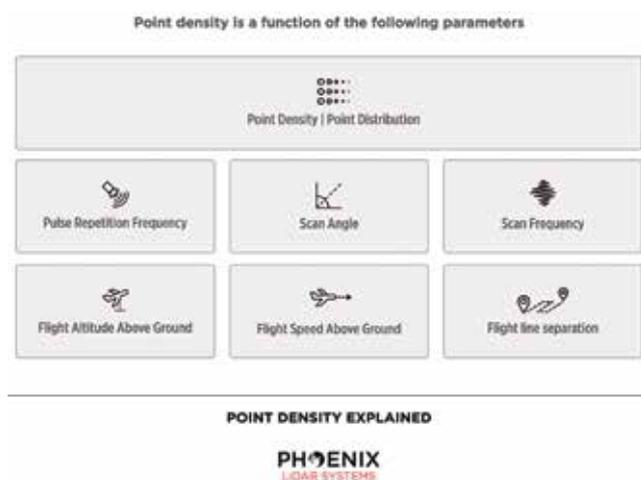


Figura 9. Parámetros de los que depende la densidad en la nube de puntos LiDAR  
(Fuente: Phoenix LiDAR Systems)

## CUENTA EN EL ESCANEO A TRAVÉS DE RPAS

El levantamiento topográfico desde un equipo en movimiento, está acompañado por ciertos parámetros que debemos de tener en cuenta: la velocidad, el área de escaneo, la altitud, la frecuencia, la frecuencia del pulso, el ángulo de escaneo y la densidad del punto, todos juegan un papel muy importante en la captura de datos. Hay que tener en cuenta que estos parámetros van a definir los rangos y densidades de las franjas de exploración.

La precisión real depende de las opciones de procesamiento del GPS (RTK, PPK, WAAS), las condiciones ionosféricas, la visibilidad del satélite, la altitud de vuelo (AGL) y otros factores.

## 7. RESULTADOS

La pregunta más frecuente que suelen hacer, es sobre la precisión de las nubes de puntos producidas. Entonces, ¿Cuál es la precisión obtenida con este tipo de sistemas?

En primer lugar, hay diferentes tipos de precisión: centrándonos principalmente en lo que llamaremos precisión absoluta y relativa. La precisión absoluta describe cuánto se desplaza toda la nube de puntos en cualquier dirección, lo que lleva a un error constante en la georreferenciación. Este error depende casi exclusivamente de una estación de referencia GNSS configurada correctamente y, por lo tanto, no se analizará más. Mucho más interesante es la precisión relativa, que indica cuánto es de consistente la nube de puntos resultante.

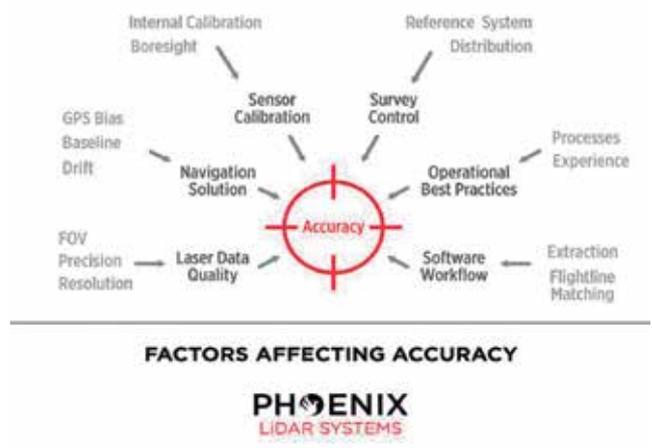


Figura 10. Factores que afectan a la precisión  
(Fuente: Phoenix LiDAR Systems)

Para responder a esta pregunta, sigamos el historial de origen del punto de una nube de puntos: primero lo analiza un sensor LIDAR y luego se transforma en un sistema de coordenadas global utilizando la posición y la orientación obtenidas por el sistema de navegación inercial / GNSS.

Los sensores LIDAR HDL-32E y VLP-16 (Puck) de Velodyne están especificados para medir distancias con errores de unos 2,5 cm. El VUX-1 de Riegl muestra un error máximo de menos de 1 cm.

Debido a que el sensor LIDAR y la IMU son fijados entre sí a través de una sola pieza plana de aluminio, podemos considerar que están perfectamente alineados, y no introduciremos un desplazamiento de alineación (ni estático, ni aún peor, dinámico. De esta forma, se reducen las posibles vibraciones, existentes cuando los sensores IMU y LIDAR se encuentran más separados.

La precisión horizontal del sistema GNSS/inercial se muestra como 1 cm + 1 ppm, donde la última cifra indica que por cada kilómetro de distancia a la estación de referencia GNSS (llamada línea de base), se espera un milímetro adicional de error. Dependiendo de la geometría de la constelación de satélites, el error de posición vertical generalmente se estima en un 150% del error horizontal.

En este tipo de sistemas LiDAR, el alcance y la precisión van de la mano. Esto quiere decir que las inexactitudes en la orientación, harán que el error en el punto crezca de manera lineal con su distancia al sensor.

En el siguiente esquema se explica la relación existente entre el error posicional de rango constante y el desplazamiento debido al error de orientación.

En general, los errores de posición y orientación son valores RMS (Error Medio Cuadrático) enumerados en la especificación del sistema de navegación. En la práctica, los errores no cambian rápidamente, sino que se desviarán lentamente.

Como ocurre con cualquier equipo GNSS, dependiendo de la cobertura del satélite, la geometría de la conste-

lación, las vibraciones, la línea de base RTK y la elección de las antenas, pueden variar las precisiones obtenidas.

## 8. CONCLUSIONES

La experiencia de Phoenix LiDAR Systems, y el compromiso de su distribuidor en España y Portugal, AEROMEDIA UAV son evidentes, debido a las frecuentes innovaciones introducidas a lo largo de los años. A pesar de las mejoras continuas, como el desarrollo de nuevos productos como el Planificador de Vuelo, el SW de procesamiento de datos... la tecnología LiDAR sigue siendo una tecnología compleja.

Mediante las opciones de hardware y software que oferta, Phoenix LiDAR Systems toma medidas para poder simplificar y automatizar, tanto la adquisición de datos como las tareas de post-procesamiento.

Gracias a este tipo de mejoras continuas, y al empleo de plataformas RPAS que cada vez podrán realizar trabajos LiDAR cada vez más rápido y con mayores autonomías, este tipo de tecnologías se extenderán en el campo de adquisición masiva de datos para cualquier aplicación en ingeniería.

## REFERENCIAS

Ben Adler, Ph. D. (2017). CTO, Co Fundador de Phoenix LiDAR Systems, <https://www.phoenixlidar.com/>

### Sobre el autor

**Alejandro Ávila Búa**

Director del Área Industrial y Responsable de Producto LiDAR en AEROMEDIA UAV.

Ingeniero en Topografía por la Universidad de Santiago de Compostela, con más de 15 años de experiencia en el campo de la ingeniería, construcción, topografía, catastro, cartografía y fotogrametría.

Especialista internacional en sistemas LiDAR, con amplia experiencia en empresas del sector de la geomática, ha trabajado con los sistemas más avanzados en el campo de las nuevas tecnologías aplicadas a la topografía (Sistemas LiDAR, técnicas topométricas y RPAS para adquisición masiva de información).

Piloto RPAS certificado en plataformas DJI PHANTOM Series y DJI S900, con experiencia de vuelo de más de dos años en trabajo de campo.



Figura 11. Trabajos realizados en Líneas Eléctricas Aéreas con sistema LiDAR+RPAS  
(Fuente: AEROMEDIA UAV)

# Euskalgeo. La infraestructura de datos espaciales de Euskal Herria

*Euskalgeo. The spatial data infrastructure of Basque Sountry*

Mikel Ayestaran Olano

REVISTA **MAPPING**  
Vol. 27, 192, 44-49  
noviembre-diciembre 2018  
ISSN: 1131-9100

## Resumen

El portal <http://www.euskalgeo.eus> es una IDE transfronteriza que tiene como objetivo servir los datos geoespaciales relativos a Euskal Herria. El proyecto nace de la mano de GAINDEGIA, el observatorio para el desarrollo socio-económico de Euskal Herria. Los objetivos de la IDE son servir los datos espaciales relativos a Euskal Herria en formatos estándares, facilitando de esta manera recursos para investigaciones transfronterizas y fomentando de esta manera el conocimiento geográfico sobre Euskal Herria. Este servicio se dirige principalmente a investigadores, docentes y periodistas. Actualmente, sirve 48 capas divididas en siete categorías, la mayoría de ellas centradas en las divisiones administrativas y funcionales.

En cuanto a la parte tecnológica, el portal Euskalgeo ha sido desarrollado con el servidores de mapas GeoServer, el servidor de metadatos GeoNetwork y con PostgreSQL+PostGIS como motor de servidor de base de datos además de la librería Leaflet.js para visualización.

Finalmente, la puesta en marcha de la plataforma ha venido acompañada de una estrategia de formación y comunicación, con el objetivo de acercar e impulsar el análisis espacial en las investigaciones que se realicen sobre el territorio que abarca la IDE, así como de interactuar con los usuarios.

## Abstract

The internet portal <http://www.euskalgeo.eus> is a cross-border SDI. Its main objective is to provide geospatial data relating to Basque Country. This project has been performed by Gaindegia, the Observatory for social and economic development of the Basque Country.

The SDI serve geospatial data about Basque Country using different standardized formats. The project promotes two key aspects: it makes information available for transborder researches on the one hand, and it promotes knowledge about the Basque Country on the other.

This service is aimed at researchers, teachers and journalists. Currently, there are 48 layers available divided in seven different categories, most of them focusing on administrative and functional boundaries.

Concerning the technological aspect, the internet portal Euskalgeo has been developed with the map server GeoServer, the metadata server GeoNetwork and the database management system PostgreSQL+PostGIS. The visualization has been carried out using the library Leaflet.js.

Finally, the implementation of the internet platform has been accompanied by a formation and communication strategy aiming to support the spatial analyses in the research developed in the territory covered by the SDI as well as interact with users.

**Palabras clave:** Infraestructura de Datos Espaciales, IDE, Euskal Herria, Euskalgeo, Gislan, transfronteriza, SIG.

**Keywords:** Spatial Data Infrastructure, SDI, Euskal Herri, Basque Country, Euskalgeo, Gislan, cross-border, GIS.

Responsable área SIG, Gislan Koop. Elk.  
[m.ayesta@gislan.eus](mailto:m.ayesta@gislan.eus)

Recepción 18/10/2018  
Aprobación 23/11/2018

## 1. INTRODUCCIÓN

Euskalgeo es un proyecto desarrollado por GISLAN Koop. Elk. para GAINDEGIA. Se enmarca dentro de la plataforma de recursos de libre acceso que ha desarrollado GAINDEGIA para facilitar su disponibilidad y con ello su uso en la docencia o el análisis socioeconómico. Dicha plataforma la componen, además de la IDE, un atlas ([www.atlasa.eus](http://www.atlasa.eus)) y un repositorio de datos ([www.datuak.eus](http://www.datuak.eus)).

EL año 2004 se creó el observatorio GAINDEGIA con el objeto de fomentar el conocimiento y la reflexión sobre el futuro de Euskal Herria, su economía y su sociedad. Esta entidad, por tanto, desarrolla su actividad en dos ámbitos, el investigador y el intelectual, siempre desde la premisa de aportar elementos de juicio objetivos a los agentes económicos y sociales del país. Su carácter es por tanto, meramente funcional. Sus promotores fueron agentes económicos y sociales de distintos ámbitos y se constituyó a modo de asociación, entidad sin ánimo de lucro.

Esta entidad fue creada con el objetivo de generar recursos y conocimiento sobre la realidad socio-económica del territorio, habida cuenta de que Euskal Herria no cuenta con un reconocimiento específico que facilite el estudio de sus dinámicas económicas, sociales y territoriales. Desde sus inicios surgió la necesidad de realizar ejercicios de análisis espacial que permitieran conocer y comparar distintas realidades territoriales. La no disponibilidad de datos espaciales, ni de entidades encomendadas a dicha tarea, en relación a este ámbito territorial hizo necesaria su implementación por parte de GAINDEGIA para poder hacer uso de ella. Fue en el año 2007, cuando se dio el paso de crear una infraestructura espacial básica, en este caso corporativa, con el objeto de que fuera utilizada en sus estudios internos.

La infraestructura espacial básica que se ha implementado estos años puede entenderse que es limita-

da en comparación con otros catálogos. Sin embargo, en su austeridad resulta ser una herramienta especialmente útil en el ámbito de los estudios socio-económicos pues solventa con eficacia el hándicap de la división administrativa lo que así mismo dificulta la disponibilidad de recursos e incluso estudios que abarquen el conjunto del territorio, un hecho anómalo en una Unión Europea altamente regionalizada en las áreas transfronterizas.

La división administrativa del territorio ha sido durante las últimas décadas un hándicap en la tarea cotidiana de cualquier investigador que haya intentado estudiar aspectos económicos o sociales de Euskal Herria (desde investigadores a medios de comunicación, docentes...). El observatorio también ha padecido y padece dicho problema. El hecho de ser una región transfronteriza implica una búsqueda constante de datos, así como el estudio de su compatibilidad, sean estos espaciales o no, sobre distintas plataformas. No es menor el esfuerzo a realizar para la homogeneización de los datos a tratar.

Sin embargo, antes de publicar esta IDE la Asociación en su ánimo de fomentar el conocimiento sobre nuestra geografía socio-económica publicó en el año 2008 la primera versión del atlas socio-económico de Euskal Herria ([www.atlasa.eus](http://www.atlasa.eus)), en formato digital y apoyado en la infraestructura espacial creada el año anterior, ofreciendo la posibilidad de generar mapas temáticos en línea.

También publicamos un segundo atlas en relación a la eurociudad Baiona-Donostia, entidad que viene desarrollándose desde el año 1993 en el territorio costero que va desde Donostia a la ciudad de Baiona. Este proyecto ha tenido como eje la colaboración entre las instituciones de ambos lados de la frontera con especial incidencia en el área costera y que cuenta con su correspondiente SIG para la zona de Txingudi (Bidasoa-Sud Pays Basque), pero no para el conjunto de la euro-ciudad.

Por tanto la IDE Euskalgeo ([www.euskalgeo.eus](http://www.euskalgeo.eus)) surge tras un periodo de maduración y divulgación.

Los datos que ofrece Euskalgeo, vienen a ser una fusión de los datos espaciales disponibles de cada territorio en las IDE correspondientes (Navarra, Euskadi y la Mancomunidad de Municipios de Iparralde que abarca el conjunto de municipios de Lapurdi, Nafarroa Behera y Zuberoa, y forma parte de zona sur del departamento de los Pirineos Atlánticos en la parte francesa).

Coincidiendo con el desarrollo de la filosofía OpenData y entendiendo que los datos espaciales debieran estar al alcance de todos, Gaindegia dio el paso de



Figura 1. Vista del visor de mapas de Euskalgeo

implementar tres plataformas de distinto carácter pero complementarias entre sí en el año 2013. Por una parte publicó una versión del atlas ([www.atlasa.eus](http://www.atlasa.eus)). Por otra implementó un portal de datos abiertos y georreferenciados, ([www.datuak.eus](http://www.datuak.eus)) y por último, liberó los datos espaciales del territorio en la IDE Euskalgeo ([www.euskalgeo.eus](http://www.euskalgeo.eus)), comenzando su andadura.

## 2. ANTECEDENTES

A la hora de desarrollar la IDE Euskalgeo se analizaron distintas experiencias en lo relativo a la implementación de infraestructuras de datos en zonas transfronterizas. Los ejemplos analizados fueron los siguientes:

### 2.1 IDE OTALEX

La IDE OTALEX (Observatorio Territorial y Ambiental Alentejo Extremadura Centro) abarca la zona geográfica relativa a las regiones Alentejo y Centro de Portugal Y Extremadura de España. A parte de publicar los datos espaciales de la zona, realizan diversos estudios relativos a la socio-economía teniendo en cuenta la relación existente entre ambos lados de la frontera.

### 2.2 Proyecto INNOV-MUGABE

El proyecto INNOV-MUGABE concierne a la comarca del Bidasoa y Sud Pays Basque. Es un proyecto de desarrollo empresarial que, a través de colaboraciones entre empresas y universidades o centros tecnológicos trabaja e impulsa proyectos conjuntos en torno a materias que promueven y facilitan procesos de innovación.

Dentro de dicho proyecto se encuentra el visor de empresas que abarca los polígonos y empresas de la zona de actuación.

### 2.3 AIRO

AIRO (All-Island Research Observatory) es el observatorio socioeconómico que abarca la totalidad de la isla de Irlanda. Están especializados en análisis socio-demográficos, análisis espaciales y análisis de datos.

Los análisis son realizados en base a la componente espacial por lo que cuentan con una infraestructura espacial robusta, alimentada con datos tanto de la República de Irlanda como del Reino Unido.

## 3. OBJETIVOS

El objetivo principal de Euskalgeo es poner a disposición de los usuarios los datos espaciales que abarquen el conjunto de Euskal Herria. Entendemos que pueden ser usuarios de este recurso tanto investigadores, docentes

como profesionales de los medios de comunicación.

De esta manera, Euskalgeo pretende:

- Facilitar el conocimiento geográfico de Euskal Herria, y en especial de su zonificación institucional y sus áreas transfronterizas.
- Superar el habitual hándicap de los investigadores interesados en el estudio del conjunto de Euskal Herria o de alguna de sus áreas transfronterizas.
- Poner a disposición de quien estuviere interesado los datos espaciales relativos a la estructura administrativa, económica y social del territorio en formato estándar.
- Fomentar el uso de los datos espaciales y el análisis espacial para la investigación y la divulgación de problemáticas socio-económicas, tanto locales como internacionales.



Figura 2. Fuentes de información de Euskalgeo

## 4. BENEFICIOS

A la hora de realizar los estudios sobre el territorio que engloba la IDE existe una falta de datos espaciales que abarquen su totalidad. Hasta el presente cada investigador ha tenido que realizar el trabajo de recopilar los datos espaciales por su cuenta, teniendo que realizar una labor de edición sobre ellos. Este trabajo extra ha sido un inconveniente a la hora de realizar estudios transfronterizos. Con el objetivo de fomentar estos estudios, los datos espaciales de Euskal Herria se han publicado mediante estándares internacionales.

La publicación de datos espaciales que engloban el territorio de acción de la IDE, supone un paso adelante a la hora de fomentar los estudios transfronterizos puesto que las comarcas que se encuentran en la frontera de

los dos estados han tenido y tienen una gran influencia entre ellas, aunque su estudio haya resultado muy difícil dado lo limitado de los datos alfanuméricos homologados disponibles, así como la ausencia de datos espaciales. Con esta herramienta se quiere facilitar la realización de estudios y publicaciones que tengan el territorio como base, superando para ello la carencia actual.

## 5. CRITERIOS DE TRABAJO

La IDE se ha ejecutado siguiendo la directiva INSPIRE, priorizando la interoperabilidad de los datos, para una mayor difusión de los mismos. Respecto al catálogo, siendo GAINDEGIA un observatorio centrado en la economía y la sociedad, se han priorizado los datos espaciales de este ámbito como son las divisiones administrativas, las áreas funcionales o las infraestructuras de transportes.

Teniendo en cuenta el tamaño y los recursos de la organización, se ha intentado producir la información espacial en colaboración con organismos de carácter investigador o académico. También hemos realizado un importante esfuerzo por servir la denominación euskaldun normativa y los gentilicios de todos los municipios y comarcas en euskara, a partir de los datos de Euskaltzaindia (Academia de la Lengua Vasca).

Entendemos que el futuro de este catálogo precisa de nuevas colaboraciones que permitan abarcar nuevos ámbitos temáticos.

## 6. CATÁLOGO ACTUAL DE DATOS

En la actualidad la IDE la componen un total de 48 capas de información espacial de distintos ámbitos de estudio. El objetivo es seguir alimentando la IDE con el tiempo y según la disponibilidad de nuevos datos y recursos económicos.

Básicamente hemos implementado las capas relativas a las divisiones administrativas vigentes, áreas funcionales, infraestructuras de transportes o del medio ambiente.

Este es el catálogo actual:

- Zonificaciones administrativas (Provincias, Entidades menores, Facerías, Municipios, Comarcas, Comunidades de municipios, Partidos judiciales, Delimitación del área de acción de la IDE, Estados)
- Equipamientos (Ayuntamientos, Centros de enseñanza, Puntos de recogida de residuos, Estaciones de bomberos, Infraestructuras deportivas, Museos,

Oficinas de información turística, Infraestructuras sanitarias, Infraestructuras policiales, )

- Infraestructuras (Polígonos industriales, Puntos activos GNSS)
- Infraestructuras de movilidad (Carreteras principales, Centros logísticos aéreos, Centros logísticos de carretera, Centros logísticos ferroviarios, Centros logísticos marítimos, Puertos, Red ferroviaria)
- Medio ambiente (Divisoria de aguas, Unidades paisajísticas, Unidades hidrológicas, Red Natura 2000, Mapas de riesgo de inundación, Hidrografía)
- Zonificaciones funcionales (Comarcas estadísticas, Mancomunidades de recogida de residuos, Zonificación lingüística de Navarra, Comarcas de montaña, Zonificación sanitaria, Clasificación DEGURBA, Áreas funcionales de ciudades, Malla 1x1 de habitantes)
- Idioma (Municipios y gentilicios de Euskaltzaindia, Comarcas de Euskaltzaindia, Municipios dentro de UEMA, Terreno euskaldun)

## 7. METODOLOGÍA

La metodología que se usa para la producción de la información espacial está basada en las IDE regionales existentes en el territorio que abarca EUSKALGEO. Como se ha definido anteriormente, existen tres administraciones regionales en el territorio. Por un lado la Comunidad Autónoma del País Vasco, por otra la Comunidad Foral de Navarra y por último la Mancomunidad de Municipios que abarca el conjunto de municipio de Lapurdi, Nafarroa Beherea y Zuberoa, que administrativamente forma parte del departamento de los Pirineo Atlánticos. Cada una de ellas dispone de su IDE y la información espacial de estos servicios es la base para el desarrollo de Euskalgeo.

El desarrollo de la directiva INSPIRE por parte de las administraciones que ocupa la IDE Euskalgeo ha sido básica a la hora de emprender el proyecto. Gracias a la liberación de datos espaciales producidos por las administraciones, se han podido generar las distintas capas con las que cuenta la IDE.

<http://www.geo.euskadi.eus> es la IDE de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Los datos espaciales que



Figura 3. Niveles de servicio y software de Euskalgeo

sirve geoEuskadi se encuentran mayormente en los formatos WMS, SHP y RASTER. Para los datos vectoriales se trabaja con el formato SHP y la descarga se realiza desde las ftp de la IDE (<ftp://ftp.geo.euskadi.eus/cartografia/>).

La IDE de la Comunidad Foral de Navarra es IDENA (<http://idena.navarra.es>). La información espacial se encuentra en los formatos estándares y la descarga se realiza desde la misma IDE.

También se utiliza la IDE PIGMA (<http://www.pigma.org>), Plataforma de Información Geográfica Agrupada de Aquitania. El acceso a los datos vectoriales está restringido por lo que se realiza una digitalización de los datos de interés, siempre y cuando la escala lo permita.

Por último y tras el desarrollo de la filosofía OpenData por parte de las administraciones se han incorporado nuevas fuentes de datos como son los portales de datos abiertos de las administraciones que se encuentran dentro de la zona que abarca la IDE. Estas son:

- OpenData Euskadi (<http://opendata.euskadi.eus/>)
- Gobierno Abierto de Navarra (<https://gobiernoabierto.navarra.es>)
- data.gov.fr (<https://www.data.gouv.fr>)

A la hora de adquirir la información espacial, destacan las dificultades para poder obtener la información vectorial de la zona bajo administración francesa. La administración francesa todavía debe dar pasos en la liberación de datos espaciales, puesto que muchos conjuntos de datos espaciales están bajo licencias muy restrictivas.

Aparte de la información de las IDEs regionales, según la temática, se usan las IDEs estatales tanto del Reino de España (<http://www.ideo.es>) como de la Republica Francesa (<http://www.geoportail.fr>).

La información que se descarga es tratada en gabinete para su ensamblado. Las distintas fuentes no garantizan una unión topológica de los datos por lo que hace falta realizar una edición de los datos para poder ofrecer una calidad topológica mínima. Además de todo ello, los distintos sistemas de referencia espacial que se utilizan en los dos países (ETRS89 UTM en España y LAMBERT 93 en Francia) hacen imprescindible el tratamiento de los datos.

Esto se realiza en WGS84 y posteriormente se transforma a ETRS89 UTM Zona 30 para su publicación (descarga). El servicio WMS da la opción de poder visualizar los datos en los sistemas de referencia oficiales de ambos países.

Por último, la publicación de los datos se realiza mediante los servidores de mapas, en los formatos WMS, WFS y SHP (para descarga).

## 8. SERVICIOS

La IDE cuenta con los servicios básicos de visualización de mapas, de búsqueda de datos espaciales, los servicios OGC y el servicio de descarga.

Para el almacenamiento y gestión de los datos espaciales cuenta con una base de datos PostGIS en el que se almacenan todos los datos espaciales que se sirven desde los servidores de mapas. Los datos se mantienen y actualizan con el software QGIS y se almacenan en el sistema de referencia ETRS89 UTM Zona 30N.

El servidor de mapas que utiliza la infraestructura es GeoServer. Desde este servidor se sirven los servicios OGC. En el caso de GeoServer se han habilitado los servidores WMS y WFS.

El visualizador se ha desarrollado sobre Leaflet.

El catálogo de datos está sobre el servidor de metadatos GeoNetwork. En él están los metadatos de todas las capas servidas. Los metadatos se han cumplimentado sobre la norma ISO 19139.

Tanto GeoServer como GeoNetwork están alojados sobre el contenedor web Apache Tomcat Servlet.

El servicio de descarga se realiza mediante la página de la IDE desarrollada sobre Druppal.

Por último, y con el objetivo de difundir la IDE, se han realizado cursos on-line tanto de SIG aplicado al estudio de la economía y sociedad como sobre geoprociamiento vectorial y ráster en colaboración con UEU (Universidad Vasca de Verano). En ellos se ha centrado en la nueva posibilidad de realizar estudios de índole transfronteriza gracias a las herramientas que ha puesto en la red GAIN-DEGIA ([www.datuak.eus](http://www.datuak.eus) y [www.euskalgeo.eus](http://www.euskalgeo.eus)).



Figura 4. Vista de la página principal de Euskalgeo

## 9. FUTUROS PASOS

En este momento la IDE Euskalgeo se encuentra, en una fase de consolidación y desarrollo.

Durante el presente ejercicio se va a seguir ampliando el catálogo de datos espaciales. El objetivo es introducir datos de distinta temática, para poder ofrecer un catálogo de datos lo más diverso posible.

Para cumplir con este objetivo, es imprescindible la búsqueda de colaboraciones con organismos de distintos ámbitos a los del observatorio. En este sentido GAINDEGIA pretende establecer convenios de colaboración con distintas entidades de investigación, desde medioambientales a arqueológicas o históricas que pudieran estar interesadas en poner a disposición de los usuarios sus propios datos espaciales.

Asimismo, cabe destacar la dificultad para financiar con suficiencia el proyecto, lo cual nos obliga tanto a la búsqueda de sponsorización como a la facturación de servicios formativos o de consultoría.

Por último, es preciso realizar una labor constante de difusión y divulgación tanto de la IDE como de sus contenidos y usos a través de distintas herramientas como bien pudieran ser las redes sociales o la oferta formativa.

## 10. CONCLUSIONES

Este proyecto además de superar un hándicap histórico con respecto al estudio de Euskal Herria puede servir como ejemplo para cualquier organismo interesado en favorecer el estudio de áreas transfronterizas donde se carezca de datos espaciales homologados.

Desarrollar este tipo de IDEs, accesibles económicamente y muy eficientes a efectos de investigación y divulgación es una consecuencia directa de la aplicación de la directiva INSPIRE y abre la puerta a las IDE de carácter monográfico. Del mismo modo, el desarrollo de la filosofía OpenData abre el abanico de datos.

Para la implementación del proyecto ha sido clave apostar por el software libre. El desarrollo de los GIS libre en la última década ha sido exponencial y gracias a esta tecnología se ha podido llevar a buen puerto la implantación de la IDE.

No obstante cabe destacar en su desarrollo la importancia de la cooperación así como de una adecuada administración de los tiempos, los recursos y las prioridades. Sin ello resultaría imposible desarrollar y mantener el proyecto en el tiempo lo que resulta imprescindible para que la infraestructura cumpla con su misión de facilitar y mejorar los estudios correspondientes.

Del mismo modo, es imprescindible la liberación de datos espaciales por parte de las administraciones francesas, puesto que al ser un servicio transfronterizo, es indispensable tener datos de calidad de las distintas administraciones que conforman el territorio que cubre la IDE.

No quisiéramos dejar pasar esta oportunidad para destacar la importancia de difundir tanto los SIG como los servicios OGC con el objeto de que lleguen a ser complementos imprescindibles de los estudios económicos y sociales.

## AGRADECIMIENTOS

El proyecto ha sido financiado por GAINDEGIA y la Diputación Foral de Gipuzkoa. Del mismo modo, Agradecemos la aportación de la gente que ha colaborado con Euskalgeo todos estos años y en especial, a las personas que trabajaron en la infraestructura básica del año 2007. Así como a los testadores que probaron la primera versión de Euskalgeo, dando su opinión y aportando las mejoras para su publicación definitiva.

## REFERENCIAS

- GAINDEGIA, <http://www.gaindegia.eus/es>  
Innov-Mugabe, <http://www.bidasoa-sudpaysbasque.com/es.html>  
INSPIRE, <http://inspire.ec.europa.eu/>  
Euskaltzaindia (Academia de la lengua vasca), <http://www.euskaltzaindia.eus/index.php?lang=es>  
IDE de al CAPV, <http://www.geo.euskadi.eus/s69-15375/es>  
IDE de al CFN, <http://idena.navarra.es/busquedas/catalog/main/home.page>  
IDE de Aquitania, <http://www.pigma.org/>  
IDE de España, <http://www.idee.es/>  
IDE de Francia, <http://www.geoportail.gouv.fr/accueil>  
OGC, <http://www.opengeospatial.org/>  
PostGIS, <http://postgis.net/>  
QGIS, <http://www.qgis.org/>  
GeoServer, <http://geoserver.org/>  
GeoNetwork, <http://geonetwork-opensource.org/>

### Sobre el autor

**Mikel Ayestaran Olano**

*Ingeniero Superior en Geodesia y Cartografía, por la Universidad Politécnica de Valencia. Tras trabajar como profesor en la Universidad del País Vasco durante 3 años, desde 2011 desempeña su labor como consultor GIS en GISLAN koop. Elk.*

Yansa Tejada Mengibar, José Jiménez

### Resumen

En estos últimos años se ha incrementado la demanda de contenido geoespacial en 3D ya que proporciona una visión del mundo real mucho más precisa, así como permite realizar diferentes tipos de análisis teniendo en cuenta la coordenada Z. Desde Esri, se ha estado trabajado con el componente 3D desde hace años, siempre enfocado hacia la interoperabilidad y eficiencia. Actualmente, nos encontramos en una situación donde el contenido 3D es grande, heterogéneo y necesita ser distribuido. Es por ello, y dada la gran importancia que tienen los estándares para Esri, se ha querido cubrir esta necesidad con el desarrollo de la especificación de un servicio web 3D abierto, llamado i3S (Indexed 3D Scene Layer). Además, el estándar incluye la especificación para el paquete de capa de escena (Scene Layer Package, \*.slpk), que consiste en un fichero que captura toda la información de una capa de escena y permite su acceso directo desde diferentes dispositivos. El resultado ha sido un estándar multiplataforma para la difusión y visualización de datos 3D, basado en modernos estándares tecnológicos, recientemente aprobado por el OGC.

### Abstract

In recent years, the demand for 3D geospatial content has increased since it provides a much more accurate view of the real world, as well as allowing different types of analysis using Z coordinate. Esri has been working with 3D data as an essential component for years, always focused on interoperability and efficiency. Currently, we are in a situation where available 3D content is large, heterogeneous and needs to be distributed. Therefore, to address this need and given the importance of standards for Esri, we developed the specification of an open 3D web service named i3S (Indexed 3D Scene Layer). In addition, this standard includes the specification for Scene Layer Package (\*.slpk), which is a container that captures in a file all the information of a scene layer and allows its direct access from different devices. The result has been a multi-platform standard for the dissemination and visualization of 3D data, based on modern technological standards, recently approved by OGC.

**Palabras clave:** OGC, 3D, i3S, servicio Web, Scene Layer, SLPK, ArcGIS, Esri

**Keywords:** OGC, 3D, i3S, servicio Web, Scene Layer, SLPK, ArcGIS, Esri.

*Solution Engineer. Área de Tecnología e Innovación. Esri España*  
[yansa.tejada@esri.es](mailto:yansa.tejada@esri.es)  
*Solution Engineer. Área de Tecnología e Innovación. Esri España*  
[jose.jimenez@esri.es](mailto:jose.jimenez@esri.es)

*Recepción 18/10/2018*  
*Aprobación 21/11/2018*

## 1. INTRODUCCIÓN

Las mejoras en los dispositivos y avances tecnológicos de los últimos años han incrementado la tipología de datos en formato 3D: datos LiDAR, tecnología BIM, imágenes esféricas, panorámicas u oblicuas de alta resolución, mallas de texturas, etc. Así como conjuntos de datos susceptibles de ser usados en visualizaciones 3D: datos procedentes de sensores, drones, vídeos, datos a tiempo real, redes subterráneas, etc. Esta heterogeneidad de formatos y la multitud de tecnologías disponibles para la visualización y explotación de datos 3D hace necesario trabajar en pos de la interoperabilidad.

El SIG en 3D tiene un gran valor intrínseco, ya que se consigue una representación precisa del mundo real, así como permite la visualización de estructuras no visibles a ojos humanos o que aún no existen, facilitando su comunicación (por ejemplo: infraestructuras subterráneas, nuevos diseños urbanos, etc.)

Frente a los formatos y visualizaciones tradicionales en 2D, la difusión de imágenes, cartografía, estudios y análisis en 3D apela directamente a la experiencia real del usuario; salvo deficiencias visuales, todos experimentamos el mundo que nos rodea en tres dimensiones, siendo una experiencia común para todo tipo de usuarios, desde perfiles más técnicos a usuarios no técnicos.

Visualmente es un formato muy atractivo, casi irresistible al ser inmersivo, lo que permite realizar análisis teniendo en cuenta la coordenada altitudinal o atributos asociados, integrarlo con otros formatos de datos, a tiempo real y sencillo de usar.

Los usuarios más jóvenes están acostumbrados a experiencias inmersivas gráficas, juegan a videojuegos sobre escenarios de realidad virtual o realidad aumentada desde distintos dispositivos, y como tal, demandan nuevas experiencias SIG.

Ante este paradigma y condicionantes es importante dotar de un nuevo valor al SIG 3D. Lo que hace unos años era casi imposible por limitaciones técnicas o materiales poco a poco se va volviendo una realidad.

## 2. QUÉ ES I3S

Se trata de una especificación abierta para la distribución de contenido 3D, sin dependencias comerciales. Como tal no es un formato, sino un conjunto de especificaciones que describen tipos de capas y perfiles para almacenar y distribuir contenido geoespacial 3D.

Las capas de escenas i3S se pueden difundir vía clientes web, móviles y aplicaciones de escritorio utilizando patrones diferentes. Puede ser usado como contenedor

para almacenar datos 3D en un único fichero (SLPK para visualización directa y compartición) o servir vía web una variedad de tipos de contenidos como servicio de escenas (i3S) bajo interfaz RESTful.

### 2.2. Antecedentes e historia

Los estándares geográficos han sido siempre uno de los principales núcleos de trabajo de ESRI, en concreto para el desarrollo de este estándar se ha trabajado durante los últimos cinco años. A nivel de imágenes y contenidos, el proyecto para crear un estándar de difusión de datos 3D se inició en Esri en 2013. La capacidad para emplear escenas y servicios web de tipo Indexed 3D Scene Layer se habilitó dentro de la plataforma ArcGIS en 2014. Se lanzó públicamente en 2015, publicándose en GitHub la especificación abierta bajo dominio público y distribuida bajo licencia Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Unported License. Quedando aprobado como estándar de la comunidad por el OGC en abril de 2017.

En el desarrollo de esta especificación se marcaron ocho requisitos para su diseño:

1. **Amigable para entornos Web:** basado en JSON + Typed Arrays (REST / HTTP)
2. **Amigable para dispositivos móvil:** ofrecer buen rendimiento con diferente ancho de banda (por ejemplo: que pueda usarse una malla que cubra toda la ciudad en 3D sin tener que descargar teras y teras de datos).
3. **Extensible:** Soporte a diferentes tipos de contenidos.
4. **Declarativo:** Reducir conocimiento implícito requerido: no es necesario un conocimiento previo del estándar para trabajar, que se ofrezca en un formato legible a nivel humano.
5. **Eficiente:** Uso de indexado espacial para entrega rápida, y así ofrecer un contenido web sin sacrificar el rendimiento.
6. **Escalable:** soporte a distintos niveles de detalle (LoD Level of Detail).
7. **Protegido:** asegura que el contenido está protegido, datos empaquetados y compatibles con protocolos de seguridad web.
8. **Abierto:** la especificación completa está accesible al público, con el fin de fomentar la adopción por parte de la comunidad, incitar a la retroalimentación y asegurar que las organizaciones tengan flexibilidad en el acceso a datos 3D. Cualquier usuario puede usar la especificación en servicios, clientes o herramientas de procesamiento sin restricciones.

### 2.3. Tipología de datos y capas

El estándar I3S está diseñado intrínsecamente para admitir contenido geoespacial en 3D, soportar el empa-

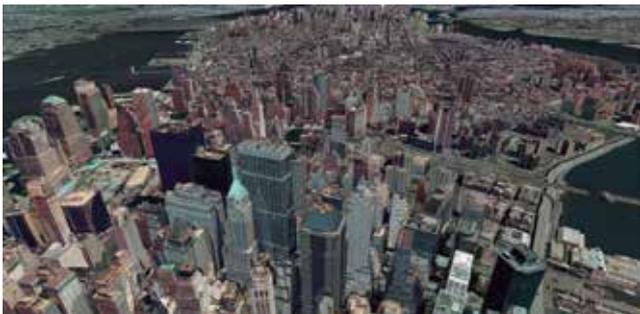


Figura 1. Vista de edificios texturizados de Manhattan, amplia gama de distancias y LOD



Figura 2. Detalle de infraestructura urbana, vehículos y edificios



Figura 3. Malla de Girona, España

quetado y la transmisión de datos muy grandes. Es heterogéneo en cuanto al tipo y tamaño de los datos que puede contener, puede abarcar áreas o pequeñas escenas locales de poca superficie incluyendo millones de objetos 3D discretos con atributos y mallas.

Un único conjunto de datos i3S, denominado capa de escena, actúa como contenedor para distintos datos geográficos 3D pudiendo contener distintos tipos de capas:

- **Objetos 3D:** son objetos 3D que suelen derivar de datos SIG o modelos de escenas 3D en diversos formatos (por ejemplo: texturas exteriores de edificios) (Figura 1).
- **Puntos:** suelen ser puntos de interés (POIS) con o sin valor Z, simbolizados como modelos 3D (como hospitales, árboles, coches, edificios significativos) (Figura 2).
- **Mallas de puntos** (Mesh Pyramid Profile o Integrated



Figura 4. Escena LiDAR desde un tren

Mesh). Mallas que representan la superficie de la tierra de forma continua. Suelen proceder de datos de imágenes satelitales, aéreas o de drones o derivados de procesos fotogramétricos. Se suele usar como mapa base 3D incluyendo vegetación, edificios y carreteras. (Figura 3).

- **Nubes de puntos:** nubes de puntos procedentes de sensores o derivados fotogramétricamente (por ejemplo, conjunto de datos LiDAR y datos de mobile mapping) (Figura 4).

#### 2.4. Características técnicas

La especificación es compatible con los sistemas de coordenadas globales 3D, así como con los sistemas de coordenadas de mapas 3D aplicables localmente, que se basan en proyecciones de mapas bien conocidas para el plano x-y junto con información de altura adicional para el eje z.

Esta especificación se basa en JSON y REST: los recursos de i3S están diseñados para ser accedidos directamente desde una clave única. Una capa i3S se caracteriza por una combinación de perfil y tipo de capa que describe completamente el comportamiento de la capa y la manera en que se realiza dentro de la especificación.

#### 2.5. Organización y estructura de i3S

La mayoría de los usuarios interactuarán con las capas de la escena utilizando aplicaciones en la nube o la información basada en el servidor utilizando interfaces / servicios REST. En estos casos, el caché de la capa de escena, incluidos los nodos i3S y sus cargas útiles, reside en el servidor y se devuelve a los clientes a través de una interfaz REST que expone la capa de la escena, sus nodos y sus recursos asociados (geometrías, atributos, texturas) como recursos web direccionables.

La especificación i3S contiene una descripción completa de los recursos web accesibles y su esquema de URL.

i3S organiza la información utilizando una estructura de índice espacial jerárquica basada en nodos en la que la carga útil de cada nodo puede contener características

con geometría, texturas y atributos asociados. La clave está en balancear el nivel de detalle y el número de elementos en detalle en función de la extensión que se esté visualizando en pantalla y no pintar todo de golpe. En la figura inferior se puede observar la estructura del estándar, los rectángulos azules son los nodos y los círculos verdes los atributos asociados.

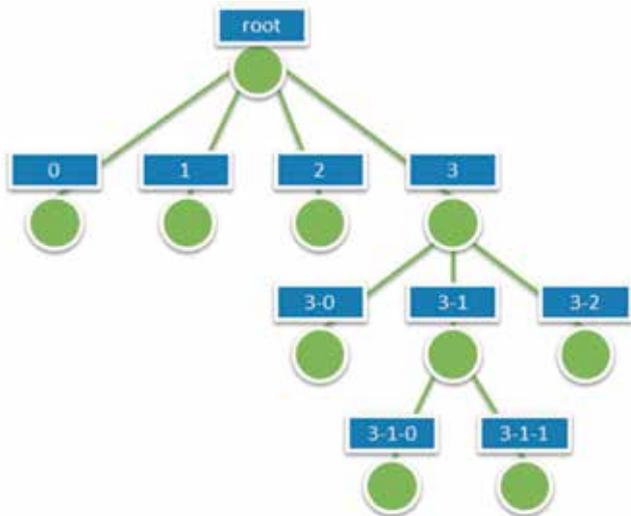


Figura 5. i3S jerarquía de nodos. Modelo de indexación

i3S es agnóstico con respecto al modelo utilizado para indexar objetos / características en el espacio 3D. Se admiten tanto las particiones regulares de espacio (por ejemplo, quadtrees y octtrees) como la partición de espacio dependiente de la densidad (por ejemplo, R-Trees). El esquema de partición específico está oculto para los clientes que navegan por los nodos en el árbol a través de la API REST. La partición da como resultado una subdivisión jerárquica del espacio 3D en regiones representadas por nodos, organizada en una jerarquía de árbol de volumen delimitador (BVH). Cada nodo tiene una dirección basada en su clave de árbol. La especificación admite tanto esferas de delimitación (MBS) como cuadros de delimitación orientados (OBB) como volumen de delimitación de un nodo.

La información se organiza de forma jerárquica, basada en una estructura de nodos-índices espaciales donde cada nodo puede contener entidades con los datos de la entidad, geometría asociada, texturas, atributos y descriptores compartidos.

El estándar i3S usa el concepto de Level of Detail (LoD) o niveles discretos de detalle con múltiples representaciones de entidades y nodos. Solo las entidades 'adecuadas' al nivel de detalle se incluyen en el nodo. Cada nivel con mayor detalle de un nodo y sus características reemplaza completamente el nivel anterior del nodo y el reemplazo se aplica a todas las características o elementos cubiertos

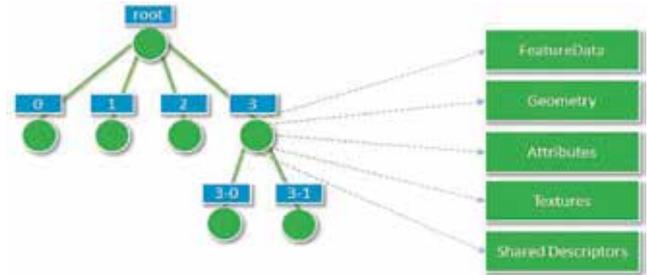


Figura 6. i3S recursos por nodo: datos de entidad, geometría atributos, texturas y descriptores

por los nodos. El Node index document o documento de índice de nodo es un recurso ligero que captura la topología de árbol BVH para el nodo, además del volumen delimitador del nodo y los metadatos utilizados para las métricas de cambio de LoD. Este recurso permite el recorrido del árbol sin la necesidad de acceder al contenido más voluminoso asociado con un nodo (geometría, datos de textura, atributos), donde la decisión de renderizar el nodo se basa en la visibilidad del nodo delimitador de volumen en la vista 3D actual y determinación de la calidad visual realizada por el cliente utilizando la información incluida en el documento de índice de nodo. La calidad del nodo se estima en función de los parámetros de la vista actual, el volumen delimitador del nodo y el valor de umbral de selección LOD del nodo.

La información asociada a un nodo se almacena en múltiples recursos accesibles individualmente. La organización física de la información dentro de los nodos es la siguiente:

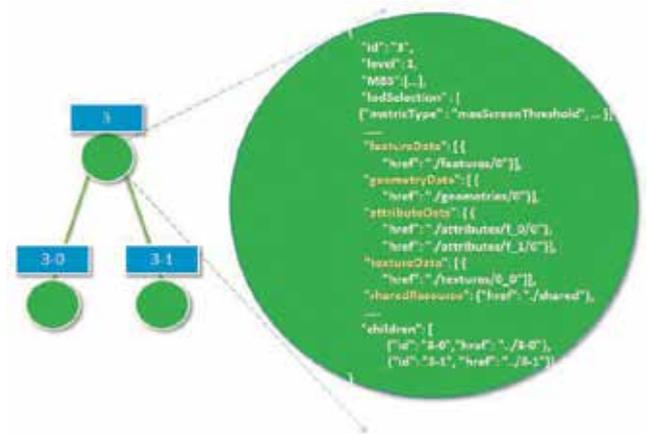


Figura 7. i3S contenido del nodo

- **Node index document o documento de índice de nodo:** describe la topología del nodo dentro del árbol e incluye referencias a otros sub-recursos.
- **Feature-data:** recurso de texto que contiene los identificadores para el conjunto de entidades dentro de un nodo. Almacena la geometría y los atributos de todas





Figura 10. Flujo de trabajo de creación contenido 3D en ArcGIS

vas para poder visualizarlo directamente:

- ArcGIS Pro, aplicación SIG de escritorio para visualizar, analizar, crear y compartir datos espaciales en 2D y 3D.
- ArcGIS Earth, software web y móvil gratuito diseñado para el consumo de contenido 3D, bien en local o como servicios web.

En caso de querer publicar el fichero slpk, se utilizará ArcGIS Online / Enterprise para convertirlo en un servicio web i3S y se podrán utilizar diferentes herramientas de la plataforma ArcGIS para su explotación. Como plantillas para crear visores de escenas 3D, StoryMaps, constructores de aplicaciones como Web AppBuilder, o las APIs y SDKs para crear aplicaciones personalizadas y nativas.

Además, los servicios web i3S también se podrán explotar tanto desde ArcGIS Pro como desde ArcGIS Earth.

En la Figura 11 se presenta el flujo indicado.



Figura 11. Flujo de visualización y publicación de contenido 3D i3S.

## 5. CONCLUSIONES

El estándar i3S y su funcionalidad se resume en los siguientes puntos:

- Estándar abierto y multiplataforma para transmisión de datos en el marco de la OGC y 3DPS.
- Se puede usar con servicios OGC WMS, WMTS, KML y

otros formatos OGC para crear visualizaciones cartográficas en 2D y 3D.

- Herramienta común para empaquetar y difundir gran variedad de contenido SIG 3D: mallado, modelos 3D, entidades vectoriales y nubes de puntos.

## REFERENCIAS

GitHub – Esri/i3S spec: <https://github.com/Esri/i3s-spec> (20/11/2018)

OGC - Indexed 3D Scene Layers (i3s): <https://www.opengeospatial.org/standards/i3s> (20/11/2018)

OGC Testbed-13: 3D Tiles and I3S Interoperability and Performance ER: <http://docs.opengeospatial.org/per/17-046.html> (20/11/2018)

### Sobre los autores

#### Yansa Tejada Mengibar

Ingeniera Superior en Geodesia y Cartografía por la Universidad Politécnica de Madrid y Licenciada en Geografía por la Complutense. Especialista en Gestión y Análisis de información espacial, busca la democratización de la geoinformación, mediante un mejor acceso e intercambio de datos espaciales entre administraciones públicas, empresas y ciudadanos. Cuenta con más de 10 años de experiencia en tecnología GIS Esri, donde actualmente trabaja como Solution Engineer para Administración Pública. Dentro del equipo de Tecnología e Innovación, lidera las iniciativas de interoperabilidad y estándares geográficos (oficiales / de facto), con especial dedicación a la implementación de Directiva Inspire e IDEs.

#### José Jiménez Viciano

Ingeniero en Geodesia y Cartografía por la Universidad Politécnica de Valencia, especializado en el campo de los Sistemas de Información Geográfica y sus múltiples aplicaciones. Cuenta con más de 10 años de experiencia como consultor y analista SIG, así como más de 4 años como director de proyectos SIG. Tiene un amplio conocimiento de la tecnología de Esri, así como otro tipo de software libre y propietario. Actualmente, trabaja como Solution Engineer para Administración Pública en Esri España. Entre sus labores actuales cabe destacar el liderazgo de la iniciativa de gestión de los diferentes organismos cartográficos de España.

# LiDAR: introducción a la tecnología

## *LiDAR: introduction to technology*

Nerea Zubizarreta Gisasola

REVISTA **MAPPING**  
Vol. 27, 192, 56-63  
noviembre-diciembre 2018  
ISSN: 1131-9100

### Resumen

El LiDAR es una tecnología de teledetección óptica que utiliza la luz de un láser pulsado para obtener mediciones de las coordenadas X, Y Z del terreno. Actualmente, se emplea en multitud de aplicaciones, desde el ámbito topográfico hasta aplicaciones tan novedosas como la autonomía de los vehículos de transporte. El objetivo principal de este artículo es dar a conocer la tecnología LiDAR desde sus bases teóricas hasta las aplicaciones que se llevan a cabo en los ámbitos cartográficos y forestales. Se dan a conocer una serie de pautas para tratar los datos brutos obtenidos desde un vuelo LiDAR para poder obtener mapas de alta resolución del territorio que se quiera estudiar.

### Abstract

LiDAR technology is a surveying method that illuminates a target with pulsed laser light and makes an accurate digital 3D representation. LiDAR is commonly used in a wide variety of surveying applications, such as geodesy, geomatics and forestry and it is also been employed nowadays to develop the control and navigation systems of autonomous cars. Thus, the aim of this paper is to explain how LiDAR technology works and how it is employed to improve forestry and geomatic surveys, explaining how the LiDAR measurement is performed and some processing steps to obtain high-resolution LiDAR-based maps.

Palabras clave: LiDAR, mapas de alta resolución, cartografía, topografía, forestal, geoEuskadi

Keywords: LiDAR, high-resolution maps, cartography, surveying, forestry, geoEuskadi.

*Ingeniera en geomática y topografía,*  
FUNDACIÓN HAZI FUNDAZIOA  
[nzubizarreta@hazi.eus](mailto:nzubizarreta@hazi.eus)

*Recepción 18/10/2018*  
*Aprobación 22/11/2018*

## 1. INTRODUCCIÓN

La tecnología "Light Detection and Ranging" o "Laser Imaging Detection and Ranging" (LiDAR) es una de las herramientas revolucionarias tanto en el área de la cartografía como en el área forestal. El LiDAR es una tecnología que permite determinar la distancia desde un emisor láser a un objeto o superficie utilizando un haz láser pulsado. La distancia al objeto se determina midiendo el tiempo de retraso entre la emisión del pulso y su detección a través de la señal reflejada (National Ocean Service, 2013). Habitualmente se emplea para la adquisición de puntos del terreno en forma de nube de puntos tridimensional, utilizándose principalmente para recoger datos de elevación precisos y productivos.

Aunque la tecnología LiDAR se emplea habitualmente en aplicaciones topográficas, ya que permite capturar una nube de puntos masiva sobre diferentes tipos de superficies terrestres (vegetación, edificaciones, suelo...) (English Heritage, 2007), tiene otra multitud de aplicaciones en campos como: geología, sismología y física de la atmósfera (Gigli & Casagli, 2013; Riquelme, Abellán, & Tomás, 2015). Entre las aplicaciones más novedosas de la tecnología LiDAR están: la conducción autónoma de los vehículos de transporte (Mahashreveta Choudhary, 2018; Rathod, 2013) donde el reto tecnológico es la adquisición y tratamiento de la nube de puntos en tiempo real, o la aplicación de la tecnología LiDAR para la realización del control de calidad en procesos de fabricación industriales como forja y fundición (Galantucci, Piperi, Lavecchia, & Zhavo, 2015) donde la incertidumbre de medida requerida se sitúa por debajo de 2 mm.

Por lo tanto, este artículo presenta la tecnología LiDAR como una herramienta novedosa en las áreas de cartografía y forestal. Entre las aportaciones más importantes del artículo están: Descripción de la tecnología y sus diferentes formas de uso, aspectos claves en la adquisición y tratamiento de las nubes de puntos y la descripción para un buen uso de la tecnología en aplicaciones cartográficas y forestales.

## 2. MATERIAL Y MÉTODO

### 2.1. Componentes y especificaciones del LiDAR

El LiDAR aerotransportado consiste en un sensor láser instalado en una aeronave junto a un Sistema

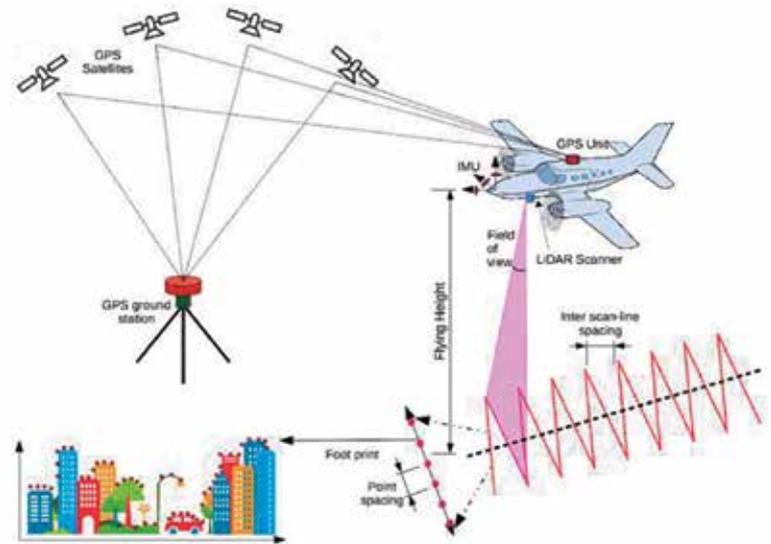


Figura 1. Componentes del LiDAR Aerotransportado (Lohani & Ghosh, 2017).

de Posicionamiento Global (GPS) (Parthasarathy & Vi, 2006), el cual posiciona de forma absoluta la tecnología LiDAR y un Sistema de Navegación Inercial (INS) (Munguía, 2014), que determina la orientación, determinando los 6 grados de libertad del LiDAR en el espacio. Como resultado, se consiguen mediciones precisas del terreno en forma de nube de puntos tridimensional.

Es interesante conocer que además de este tipo de LiDAR también existen los LiDAR tipo terrestres, los cuales pueden ser instalados en un vehículo o montados en un trípode y que actualmente están siendo aplicados para resolver la conducción autónoma de los vehículos de transporte (Rathod, 2013). Por otro lado están los LiDAR satelitales, donde el sensor está situado en satélites cubriendo grandes áreas con menor detalle (Popescu, Zhao, Neuenschwander, & Lin, 2011).

En función del tipo de trabajo que se quiera realizar y los datos que se deseen adquirir para ello, se determinan los costes y viabilidad del proyecto. Por ello, es necesario conocer las principales especificaciones de un sistema LiDAR (Lohani & Ghosh, 2017):

- Frecuencia de pulso: número de pulso por segundo. A mayor frecuencia mayor número de puntos obtenidos, hoy en día se trabaja con frecuencias superiores a 150 kHz.
- Altura y velocidad de vuelo: a mayor altura y velocidad el coste del vuelo es menor. Sin embargo, cuando la altura disminuye, el avión vuela más cerca del terreno, la precisión aumenta de manera considerable.
- Patrón de escaneo: recorrido que realiza el haz láser. Los 4 patrones principales son: lineal, zigzag, elíptico y de fibra óptica (Gatziolis & Andersen, 2008).

- Frecuencia de escaneo: número de líneas de barrido por segundo.
- Divergencia del rayo: desviación de los fotones de la línea del rayo, cuanto mayor sea la distancia mayor será el diámetro del rayo.
- Ángulo de escaneo: ángulo del pulso perpendicular a la línea de vuelo, el cual determina el campo de visión o Field of View (FOV). Cuanto menor sea el FOV más detallado será el escaneado.
- Diámetro de la huella: área de muestreo que ocupa el rayo en un plano, el cual difiere respecto a la altura del vuelo y la divergencia del rayo.
- Distancia entre huellas: distancia entre los rayos en la línea de vuelo. Distancia entre las superficies cubiertas por dos haces consecutivos.
- Longitud del pulso: duración de la emisión del pulso en nanosegundos.
- Longitud de onda: según el tipo de superficie a medir se determina el tipo de sensor con su longitud de onda correspondiente. Para medir el terreno se trabaja en el infrarrojo cercano (1040-1060nm) en cambio para batimetría además del infrarrojo cercano se trabaja en la región del verde (500-600nm).

Además, es importante considerar que los sistemas LiDAR tienen que ser calibrados de forma adecuada

para garantizar que los datos que se obtienen del sistema son precisos y repetitivos (Iordan & Popescu, 2015). Para la calibración de los sistemas LiDAR se aplican procedimientos de calibración metrológicos que consisten en medir un patrón previamente calibrado y conocido para determinar con técnicas de cálculo inversas los parámetros principales del sistema LiDAR. Esta caracterización del sistema permite calibrar el sistema LiDAR si fuese necesario (Bileschi, 2009, 2018; Pusztai, Eichhardt, & Hajder, 2018; Ye & Liu, 2017).

## 2.2. Datos LiDAR

Los datos obtenidos en los LiDAR aerotransportados son recogidos en nubes de puntos con coordenadas (X, Y, Z), dando la posición de cada elemento que el láser escáner ha encontrado en su camino. Las nubes de puntos obtenidas por el LiDAR son muy densas, ya que pueden llegar a contener centenas de millones de puntos en una sola adquisición. El formato de salida más extendido para el tratamiento de los datos LiDAR es el formato LAS. Este formato, se han convertido en un estándar para trabajar con este tipo de datos, ya que es un formato binario y permite el intercambio de ficheros en una nube de puntos tridimensional. (Figura 2).

Los principales atributos capturados por los sistemas LiDAR son los siguientes (American Society for

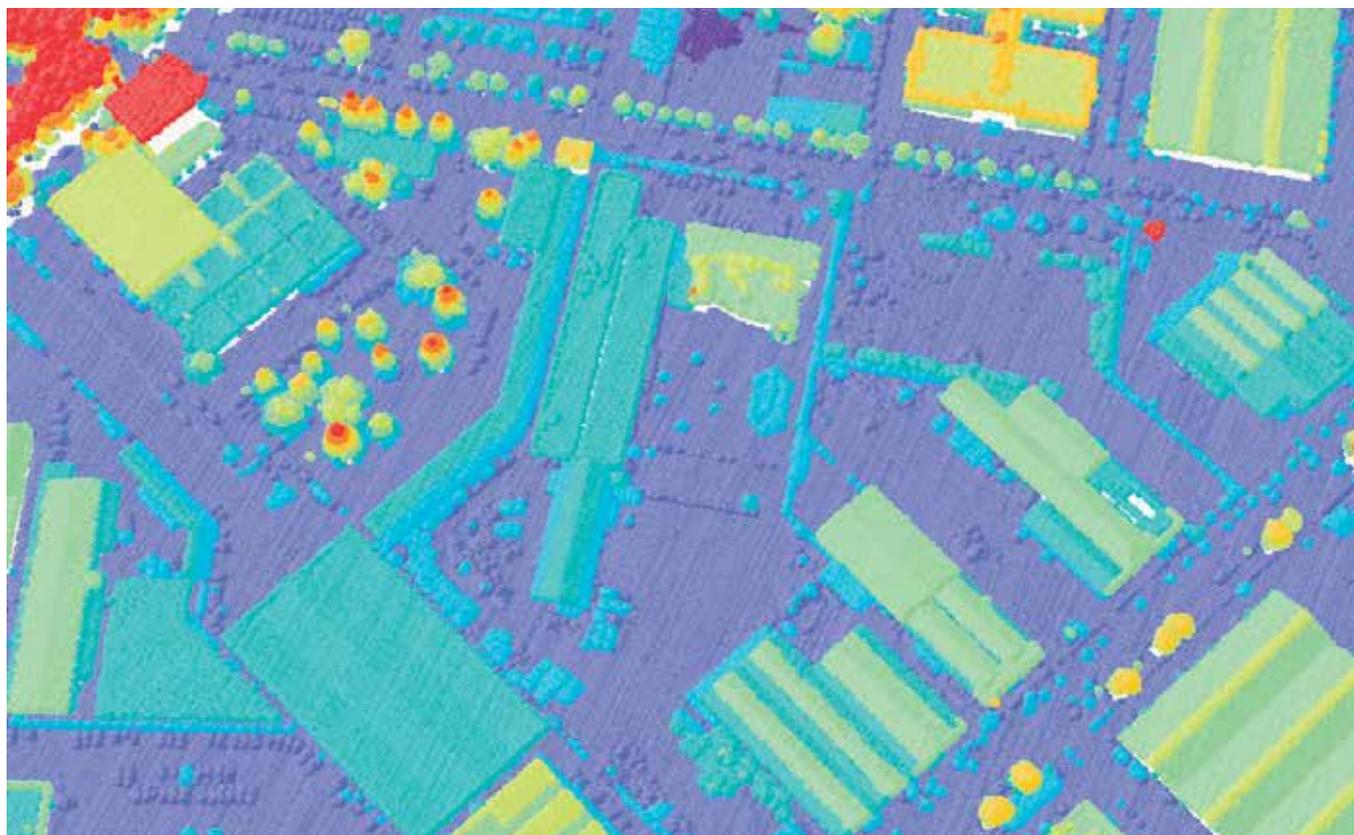


Figura 2. Nube de puntos LiDAR dibujados por altitud. (fuente: FUNDACIÓN HAZI FUNDAZIOA)

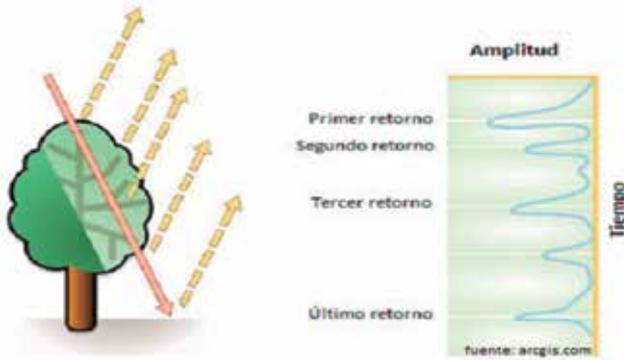


Figura 3. Ejemplo de los retornos del pulso láser en un árbol. (fuente: ArcGIS)

**Photogrammetry & Remote Sensing (ASPRS), 2011):**

- Coordenadas tridimensionales X Y Z.
- Intensidad: energía reflejada del láser en cada retorno.
- Número de retorno: Orden del retorno generado del pulso láser emitido.
- Número total de retornos: total de devoluciones de cada pulso. En zonas de vegetación alta el pulso tendrá varios rebotes hasta que llegue al suelo siendo de gran utilidad para conocer la estructura de las copas de los árboles.

En la Figura 3 se muestran los múltiples retornos del pulso láser del LiDAR desde un árbol. Estos retornos son claramente visibles tras ser filtrados por su amplitud en el tiempo, permiten detectar los diferentes tipos de superficies en un árbol (Hancock et al.,

Classification Value	Meaning
0	Created, never classified
1	Unclassified
2	Ground
3	Low Vegetation
4	Medium Vegetation
5	High Vegetation
6	Building
7	Low Point ("low noise")
8	High Point (typically "high noise"). Note that this value was previously used for Model Key Points. Bit 1 of the Classification Flag must now be used to indicate Model Key Points. This allows the model key point class to be preserved.
9	Water
10	Rail
11	Road Surface
12	Bridge Deck
13	Wire - Guard
14	Wire - Conductor (Phase)
15	Transmission Tower
16	Wire-structure Connector (e.g. Insulator)
17	Reserved
18-63	Reserved
64-255	User definable - The specific use of these classes should be encoded in the Classification lookup VLR.

Tabla 1. Clasificación estándar de un fichero LAS según ASPRS (American Society for Photogrammetry & Remote Sensing (ASPRS), 2011).

2015).

En la tabla 1 se muestra una clasificación tipo de puntos LiDAR donde se distinguen las diferentes clases de retorno que se pueden obtener en una captura de puntos, según los esquemas de clasificación predefinidos por la Sociedad Americana de Fotogrametría y Teledetección (ASPRS) para obtener la categoría de datos deseada (American Society for Photogrammetry & Remote Sensing (ASPRS), 2011):

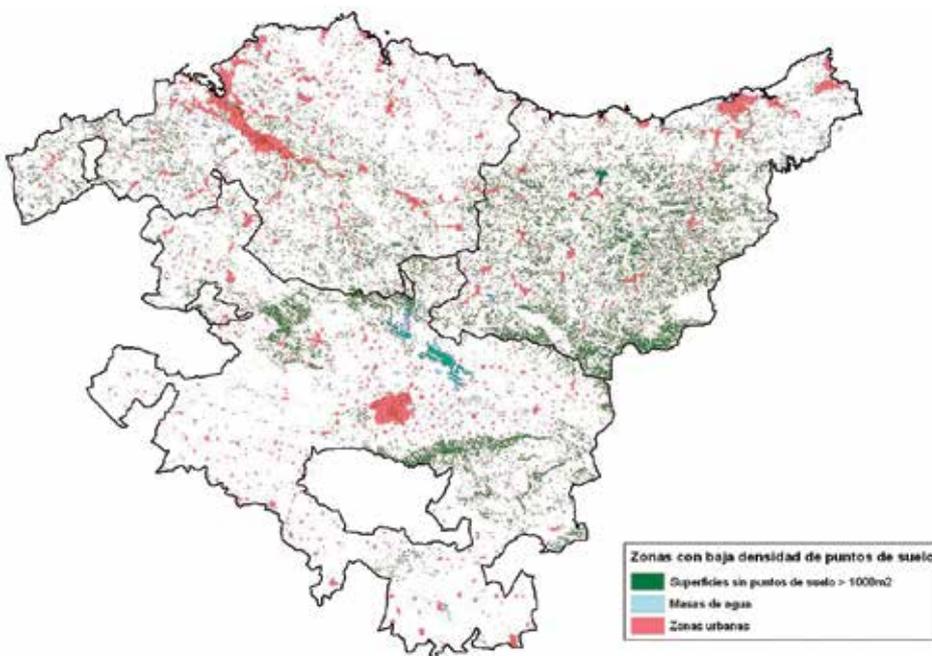


Figura 4. Control de las zonas con baja densidad de puntos clasificados como suelo. (fuente: FUNDACIÓN HAZI FUNDAZIOA)

- Puntos que son borde de pasada: los puntos que se encuentran en el borde de la línea del vuelo tienen un valor de 1 mientras que los demás tienen valor 0.
- Valores RGB: a cada punto se le atribuye la banda RGB (rojo, verde, azul) derivada de la imagen recopilada durante el vuelo.
- Tiempo GPS: fecha de emisión del pulso.
- Ángulo de escaneo: Ángulo con el que se emitió el pulso, varía entre -90, el pulso está a mano izquierda del avión, 0 debajo del avión en nadir, y +90 al lado derecho.
- Dirección de escaneo: es la dirección del espejo de escaneo.

### 2.3. Control calidad y mejora de los datos

Una vez obtenida la nube de puntos es necesario identificar posibles errores y para ello se llevan a cabo una serie de controles de calidad que se describen a continuación.

En primer lugar, se realiza un análisis de la documentación que se entrega junto al vuelo LiDAR con el fin de revisar la metodología llevada a cabo, medios técnicos utilizados y parámetros de precisión obtenidos. Para ello, están a disposición las especificaciones técnicas del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea del Instituto Geográfico Nacional (Fomento, 2012).

Por otra parte, se realizan una serie de controles para conocer la precisión de los datos entregados. Se revisa la densidad de puntos LiDAR por m<sup>2</sup>, las zonas no cubiertas por puntos, el recubrimiento entre pasadas, las diferencias de cota entre los puntos de diferentes pasadas, la clasificación automática de los ficheros LAS, puntos fugados etc. (Figura 4).

Por último, se realiza un control geométrico de la nube de puntos comparando con coordenadas de puntos de control obtenidas en campo mediante equipos que funcionan por navegación satélite, Global Navigation Satellite System (GNSS) (Wikipedia, 2018).

La precisión global horizontal nadiral después del

procesado será inferior a 30 cm RMSE<sub>x,y</sub> (1 sigma) y la vertical nadiral será inferior a 20cm RMSE<sub>z</sub> (1 sigma) (Fomento, 2012). Sólo en zonas de vegetación cerrada y pendientes acentuadas se admitirán errores de hasta 3 veces el RMSE.

La precisión general altimétrica tendrá un error medio cuadrático RMSE<sub>z</sub> ≤0,20 m y un error máximo ≤0,40 m en el 95% de los casos. No podrá haber ningún punto con un error superior a 0,60 m.

Con el fin de mejorar la clasificación automática procedente del vuelo LiDAR, se realiza una segmentación de los archivos LiDAR en base al inventario forestal y el resultado del cálculo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) (Martorell., 2018). De modo que se consigue relacionar la nube de puntos del fichero LAS con los píxeles relacionados con superficies vegetales.

## 3. APLICACIONES

Las aplicaciones cartográficas y forestales llevadas a cabo por Hazi Fundazioa se han realizado a partir de los Vuelos LiDAR realizados en la CAPV, los cuales están disponibles en la ftp de geoEuskadi ftp://ftp.geo.euskadi.eus/lidar (Gobierno Vasco, 2018).

	Vuelo LiDAR 2008 (Gran Bilbao, Bizkaia y Alava)	Vuelo LiDAR 2008 Gipuzkoa	Vuelo LiDAR 2012 CAPV	Vuelo LiDAR 2017 CAPV
<b>Sensor LiDAR y equipos auxiliares</b>				
Sensor	Lite Mapper 5600		ALS50-II	IGI LM6800i sn 9997894
Campo de visión transversal (FOV)	60º		39º	60º
Frecuencia de escaneado	80 Hz		22,4 Hz	70 Hz
Frecuencia de pulso	120 KHz		85,6 KHz	Pulse Repetition Rate = 100 KHz
Resolución espacial. Densidad promedio	2,5 puntos por metro cuadrado		1,18 punto por metro cuadrado	0,7 puntos por metro cuadrado
<b>Vuelo y cobertura de puntos LiDAR</b>				
Fechas	Gran Bilbao Bizkaia Alava 16/09/2008 08/02/2008 18/06/2008 19/09/2008 13/02/2008 10/07/2008	13/03/2008 16/10/2008	17/07/2012 28/08/2012	23/05/2017 11/10/2017
Velocidad del avión en el momento de captura de los datos LiDAR	Velocidad promedio = 110kn.		140 nudos	Velocidad mínima = 100 kn. Velocidad máxima = 150 kn. Velocidad promedio = 110 kn.
Altura de vuelo	900 m sobre el terreno Con incrementos de variación de 600 m		2400±450 m	Velocidad mínima = 700 m. Altura máxima = 1400 m. Altura promedio = 1100 m.
Precisión global horizontal nadiral después del procesado	Alava Bizkaia Emedia=0.093 m Emedia=0.093m	Emedia=0.09m	Emedia=0.07 m	Emedia=-0,129 m
Precisión general altimétrica: error medio cuadrático	RMSEZ =0.23m		RMSEZ =0.11 m	RMSEZ =0.307 m
<b>Toma de datos GPS en vuelo</b>				
Distancia entre receptores			40 km	80 km
Estaciones de referencia	GNSS GOBIERNO VASCO		GNSS GOBIERNO VASCO	Elgeta (ELGE), Igeldo (IGEL), Pasaia (PASA) y Lazkao (LAZK) de la red GPS de Euskadi y Socoa (SCOA) de la red GPS del IGN de Francia, todas ellas a una frecuencia de 1 Hz  ESTACIONES PERMANENTES DE CASTILLA Y LEON (ITACYL), ESTACIONES PERMANENTES DEL IGN Y ESTACIONES PERMANENTES FRANCIA

Tabla 2. Resumen de las especificaciones de los Vuelos LiDAR disponibles en la CAPV. (fuente: FUNDACIÓN HAZI FUNDAZIOA)

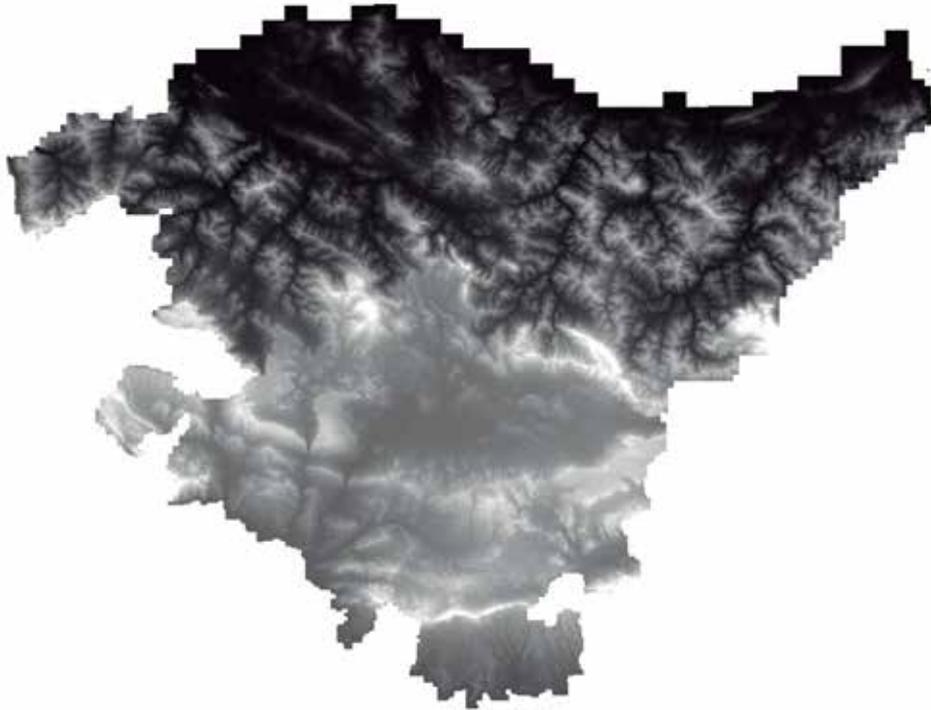


Figura 5. Modelo Digital del Terreno de la CAPV. (fuente: FUNDACIÓN HAZI FUNDAZIOA)

El primer vuelo LiDAR que se realizó en la CAPV fue en el año 2008 donde participaron la Diputación Foral de Guipúzcoa y el Gobierno Vasco. La densidad media de este vuelo es de 2 puntos/m<sup>2</sup> distribuida en hojas de 1km x 1km.

Cuatro años más tarde, en el año 2012, se realiza un segundo vuelo LiDAR para la totalidad de la Comunidad Autónoma del País Vasco. En este caso, la densidad de puntos es de 0.5puntos/m<sup>2</sup> en hojas de 2km x 2km.

El último vuelo LiDAR realizado ha sido en el año 2016, donde la densidad de puntos recogidos ha sido de 2 puntos/m<sup>2</sup> en hojas de 1km x 1km. La Tabla 2 muestra el resumen de los vuelos realizados en la CAPV desde el año 2008 (Tabla 2).

### 3.1. Aplicaciones topográficas

A partir de la nube de puntos clasificada obtenida del vuelo LiDAR, se generan diferentes modelos digitales de elevaciones (MDE), los cuales representan la superficie terrestre. En geoEuskadi están a disposición del usuario los siguientes modelos:

- Modelo Digital del Terreno (MDT): el Modelo Digital del Terreno de 2016 de paso de malla 1 m refleja la superficie desnuda del terreno. Incluyendo las batimetrías de los principales ríos y embalses de la CAPV, llevadas a cabo por URA (Agencia Vasca del Agua) (Figura 5).
- Modelo Digital de Superficies máximas (MDS): el

Modelo Digital de Superficies con paso de malla de 1m surge como la unión del Modelo Digital del Terreno con fecha 2012 más el Modelo Digital de elevaciones del vuelo LiDAR 2012 de la vegetación, edificaciones y construcciones tomando como criterio el valor más alto en cada metro cuadrado

- Modelo Digital de Elevaciones para Hidrología (MDEH): consiste en la unión del Modelo Digital del Terreno 2012 más el Modelo de elevaciones de los puntos procedentes del vuelo LiDAR 2012 de edificaciones y construcciones en el que se excluyen los puentes.

La denominada cartografía derivada es obtenida a partir de los modelos digitales de elevaciones mencionados en este punto. Uno de los productos más utilizado es la imagen de sombras, el cual resalta el relieve del terreno mediante la iluminación de la superficie del terreno en función de la posición y altura solar.

El mapa sombreado más actualizado de la CAPV se basa en el MDT de 1m del año 2016 calculado con los valores de 315 grados para el ángulo acimutal de la fuente de luz y de 45 grados como ángulo de altitud de la fuente de la luz sobre el horizonte.

Los mapas de pendientes y orientaciones también son derivados del MDT de 1m. El mapa de pendientes representa los diferentes grados de pendiente del territorio, el cual expresa la tasa de cambio de la elevación en cada píxel con respecto a sus píxeles vecinos. En el mapa de orientaciones cada píxel representa la dirección de la pendiente, el cual viene expresado en grados de 0° a 360° en sentido dextrógiro.

Estos mapas pueden resultar de gran utilidad para conocer donde se han realizado modificaciones artificiales de terreno como taludes, canteras o carreteras. En agricultura, son interesantes para conocer las zonas de mayor pendiente donde el riesgo de erosión es más elevado.

Otro de los productos disponibles en la web de geoEuskadi es la imagen de intensidades derivada del valor de intensidad del fichero LAS, el cual es el resultado de la reflectividad del objeto encontrado por el

pulso láser. Puede ser de gran ayuda para detección de ciertas entidades no visibles en fotografías aéreas como pistas forestales.

Otra aplicación del uso de los datos procedentes de los vuelos LiDAR es la actualización de la cartografía básica. Las curvas de nivel de la CAPV se generan directamente del MDT del 2016, donde las curvas maestras son múltiplos de 25m y las curvas de nivel tienen una equidistancia de 5m.

Las temáticas de Hidrografía y Edificación de la BTA también se han actualizado con datos procedentes del vuelo LiDAR. La Red Hidrográfica se ha generado a partir del MDEH, el cual ha sido mejorado mediante batimetría en los cauces de los ríos por la Agencia Vasca del Agua URA.

La actualización de la Edificación se ha realizado mediante la clasificación automática de las nubes de puntos del LiDAR, se obtiene los posibles nuevos edificios a restituir y los que se deberían eliminar

### 3.2. Aplicaciones forestales

El LiDAR es una tecnología muy valiosa para trabajos forestales gracias al múltiple retorno del haz láser. En áreas boscosas los primeros retornos se quedan en las copas de los árboles mientras que algunos de ellos llegan hasta el suelo.

Permite realizar inventarios forestales con menor coste económico y temporal. Se estudia toda la superficie al completo en comparación con los muestreos realizados en trabajos de campo y es posible obtener información de áreas de difícil acceso.

La información obtenida de la tecnología LiDAR se combina con las bandas multiespectrales de las imágenes áreas (RGB e IR) consiguiendo datos muy valiosos para diferentes aplicaciones forestales.

Diversos proyectos acometidos por HAZI Fundazioa en los últimos años han permitido obtener algoritmos de cálculo y aplicarlos a cuadrículas de 1 hectárea de superficie, con el fin de estimar la evolución de estos parámetros en el tiempo y en el espacio.

En el proyecto «FORRISK: riesgos naturales en las masas forestales atlánticas» se realizan cálculos de alturas y diámetros de arbolado con los datos LiDAR para conocer posibles riesgos forestales por incendios forestales o por viento/nieve (Garapen & Saila, 2014).

En el Plan Estratégico de la industria de la madera en Euskadi 2015 se llevan a cabo diferentes cálculos con ficheros LAS para conocer la productividad forestal. La altura dominante es el resultado de los valores de la altura media de los 100 árboles más altos por hectárea. Con este dato se obtienen las edades aparentes, las cuales se calculan mediante el ritmo de

crecimiento entre las alturas dominantes derivadas del LiDAR 2008 y LiDAR 2012 (Departamento de Educación UPS, 2017).

## 3. CONCLUSIONES

La tecnología LiDAR es una de las herramientas revolucionarias en el mundo de la cartografía gracias a su rapidez, exactitud y cantidad elevada de datos. Los modelos digitales de elevaciones resultan muy sencillos de generar con los software comerciales que existen hoy en día, como LAStools, ArcGis de ESRI o el software comercial QGIS.

Sin embargo, el mayor inconveniente de esta tecnología es la clasificación de los puntos del fichero LAS. Sin una buena clasificación de estos archivos, los MDE pueden resultar erróneos en algunas zonas del territorio. En este artículo se han dado a conocer dos técnicas para segmentar dichos ficheros LAS, aunque el futuro de la tecnología LiDAR debe estar en mejorar la clasificación de los archivos.

El uso de la tecnología LiDAR en el ámbito forestal ha dado grandes resultados gracias al múltiple rebote del haz láser y a la obtención de datos en zonas de difícil acceso. Se han conseguido mapas con variables forestales para el total del territorio de la Comunidad Autónoma Vasca.

## AGRADECIMIENTOS

El presente artículo divulgativo se ha realizado gracias a la colaboración del área de GIS y Forestal de HAZI Fundazioa con el Servicio de Cartografía del Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda.

## REFERENCIAS

- American Society for Photogrammetry & Remote Sensing (ASPRS). LAS SPECIFICATION Version 1.4 - R6 (2011).
- Bileschi, S. (2009). Fully automatic calibration of LiDAR and video streams from a vehicle. *2009 IEEE 12th International Conference on Computer Vision Workshops, ICCV Workshops 2009*, 1457–1464. <https://doi.org/10.1109/ICCVW.2009.5457439>
- Bileschi, S. (2018). Fully automatic calibration of LiDAR and video streams from a vehicle The MIT Faculty has made this article openly available . Please

- share Bileschi, S. "Fully automatic calibration of LiDAR and video Publisher Version Accessed Citable Link Terms of Us.
- Departamento de Educación UPS. (2017). Plan Estratégico, 33. <https://doi.org/citeulike-article-id:590637>
- English Heritage. (2007). Sustaining the historic environment: new perspectives on the future: an English heritage discussion document, 11. Retrieved from <http://books.google.com.tr/books?id=c58WOwAACAAJ>
- Fomento, M. de. Sistema de aseguramiento de la calidad de vuelo LiDAR en el marco del PNOA (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea) (2012).
- Galantucci, L. M., Piperi, E., Lavecchia, F., & Zhavo, A. (2015). Semi-automatic low cost 3D Laser scanning systems for reverse engineering. *Procedia CIRP*, 28, 94–99. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.04.016>
- Garapen, E., & Saila, E. T. A. L. (2014). Proyecto forrisk.
- Gatzolis, D., & Andersen, H.-E. (2008). A guide to LiDAR data acquisition and processing for the forests of the Pacific Northwest., (July). <https://doi.org/10.2737/PNW-GTR-768>
- Gigli, G., & Casagli, N. (2013). Extraction of rock mass structural data from high resolution laser scanning products. *Landslide Science and Practice: Spatial Analysis and Modelling*, 3(2), 89–94. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-31310-3\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-642-31310-3_13)
- Gobierno Vasco. (2018). GEOEUSKADI FTP. Retrieved from <http://www.geo.euskadi.eus/s69-15375/es/>
- Hancock, S., Armston, J., Li, Z., Gaulton, R., Lewis, P., Disney, M., ... Gaston, K. J. (2015). Waveform LiDAR over vegetation: An evaluation of inversion methods for estimating return energy. *Remote Sensing of Environment*, 164, 208–224. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.04.013>
- Iordan, D., & Popescu, G. (2015). THE ACCURACY OF LiDAR MEASUREMENTS FOR THE DIFFERENT LAND COVER CATEGORIES. *Scientific Papers. Series E. Land Reclamation, Earth Observation & Surveying, Environmental Engineering*, IV(February 2017), 158–164. Retrieved from <http://landreclamationjournal.usamv.ro/pdf/2015/vol.IV/vol2015.pdf#page=166>
- Lohani, B., & Ghosh, S. (2017). Airborne LiDAR Technology: A Review of Data Collection and Processing Systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences India Section A - Physical Sciences*, 87(4), 567–579. <https://doi.org/10.1007/s40010-017-0435-9>
- Mahashreveta Choudhary. (2018). What is the role of LiDAR in autonomous vehicle? Retrieved from <https://www.geospatialworld.net/blogs/what-is-the-role-of-lidar-in-autonomous-vehicle/>
- Martorell, A. (2018). El NDVI o Índice de vegetación de diferencia normalizada. Retrieved from <https://geoinnova.org/blog-territorio/ndvi-indice-vegetacion/>
- Munguía, R. (2014). A GPS-aided inertial navigation system in direct configuration. *Journal of Applied Research and Technology*, 12(4), 803–814. [https://doi.org/10.1016/S1665-6423\(14\)70096-3](https://doi.org/10.1016/S1665-6423(14)70096-3)
- National Ocean Service. (2013). LiDAR—Light Detection and Ranging. Retrieved from <https://www.webcitation.org/6H82i1Gfx?url=http://oceanservice.noaa.gov/facts/lidar.html>
- Parthasarathy, J., & Vi, C. (2006). POSITIONING AND NAVIGATION SYSTEM USING GPS Parthasarathy. *Jagannathan@sun.com*, XXXVI, 208–212.
- Popescu, S. C., Zhao, K., Neuenschwander, A., & Lin, C. (2011). Satellite LiDAR vs. small footprint airborne LiDAR: Comparing the accuracy of aboveground biomass estimates and forest structure metrics at footprint level. *Remote Sensing of Environment*, 115(11), 2786–2797. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.01.026>
- Pusztai, Z., Eichhardt, I., & Hajder, L. (2018). Accurate calibration of multi-lidar-multi-camera systems. *Sensors (Switzerland)*, 18(7), 1–22. <https://doi.org/10.3390/s18072139>
- Rathod, S. D. (2013). An autonomous driverless car: an idea to overcome the urban road challenges. *Journal of Information Engineering and Applications*, 3(13), 34–38.
- Riquelme, A. J., Abellán, A., & Tomás, R. (2015). Discontinuity spacing analysis in rock masses using 3D point clouds. *Engineering Geology*, 195, 185–195. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2015.06.009>
- Wikipedia. (2018). Satellite navigation. Retrieved from [https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite\\_navigation](https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_navigation)
- Ye, H., & Liu, M. (2017). LiDAR and Inertial Fusion for Pose Estimation by Non-linear Optimization. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1710.07104>

## Sobre la autora

### Nerea Zubizarreta Guisasola

Técnico analista en Sistemas de Información Geográfica en la empresa Fundación HAZI Fundazioa. Graduada en Ingeniería Geomática y Topografía por la Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea.

# geoEuskadi. Plataforma para el uso, explotación y difusión de mapas e información geográfica

REVISTA **MAPPING**  
Vol. 27, 192, 64-70  
noviembre-diciembre 2018  
ISSN: 1131-9100

*geoEuskadi. Platform for use, exploitation and dissemination of maps and geographical information*

Juan Carlos Barroso Arroyo

## Resumen

geoEuskadi es un proyecto transversal dentro de la Administración Pública de Euskadi que sirve de plataforma organizativa y tecnológica para facilitar y dinamizar el uso y explotación de la información geográfica en diferentes ámbitos y disciplinas, tanto dentro como fuera de la organización.

Está liderado desde el Servicio de Información Territorial de la Dirección de Planificación Territorial, Urbanismo y Regeneración Urbana de Gobierno Vasco, con la participación de todos los Departamentos y de forma más estrecha y activa por parte de los organismos y direcciones responsables de las soluciones tecnológicas, los datos estadísticos o la iniciativa openData Euskadi. Actualmente geoEuskadi es un proyecto maduro que cuenta ya con multitud de datos, recursos y servicios ampliamente requeridos tanto en los procesos internos de diversa naturaleza donde existe la necesidad de trabajo con datos geográficos como de forma externa por otras administraciones, organizaciones e incluso el ciudadano.

## Abstract

geoEuskadi is a transversal project of the Public Administration of Euskadi that serves as an organizational and technological platform to facilitate and stimulate the use and exploitation of geographic information in different areas and disciplines, both inside and outside the organization.

It is led by the Territorial Information Service of the Directorate of Territorial Planning, Urban Planning and Urban Regeneration of the Basque Government, with the participation of all the Departments and in a more active and close way by the organizations and departments responsible for the technological solutions, the statistical data or the openData Euskadi initiative.

Currently geoEuskadi is a mature project that already has a multitude of data, resources and services widely required both in various internal processes where there is a need to work with geographic data and externally by other administrations, organizations and even the citizen.

**Palabras clave:** geoEuskadi, IDE, datos espaciales, geoservicios, reutilización, Gobierno Vasco, Euskadi, País Vasco.

**Keywords:** geoEuskadi, SDI, spatial data, geoservices, reuse, Basque Government, Euskadi, Basque Country.

*Responsable del Servicio Información Territorial  
Dirección de Planificación Territorial, Urbanismo y Regeneración Urbana. Gobierno Vasco.  
jc-barroso@euskadi.eus*

*Recepción 18/10/2018  
Aprobación 23/11/2018*

## 1. INTRODUCCIÓN

Los cambios tecnológicos de estas últimas décadas han revolucionado como en otras muchas disciplinas el trabajo con mapas, la cartografía y la información geolocalizada en general. Tareas y funcionalidades que no hace tanto eran complejas de realizar y relegadas a técnicos y software especializados en el uso de cartografía e información geográfica, actualmente están pasando a ser accesibles e integrables en portales web y aplicaciones para usuarios y disciplinas de ámbitos muy variados.

Además, el calado de las políticas de datos abiertos, transparencia e interoperabilidad está permitiendo la disponibilidad de un sinfín de datos y servicios geográficos para su reutilización, especialmente a través de las iniciativas de Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) en las administraciones públicas.

Gobierno Vasco puso en marcha en 2004 el proyecto geoEuskadi como iniciativa corporativa de recopilación de datos geográficos y definición de herramientas corporativas para facilitar el acceso a los mismos. Desde entonces el proyecto ha ido evolucionando por las necesidades internas y guiado por directrices estatales y europeas como la directiva INSPIRE, en pro de la interoperabilidad y reutilización de información y de componentes tecnológicos.

geoEuskadi (IDE de Euskadi) es actualmente la infraestructura de datos espaciales de Gobierno Vasco, como plataforma organizativa y tecnológica para la carga, armonización y difusión de las diferentes informaciones georreferenciadas producidas en la Administración Pública de Euskadi. En dicha infraestructura y a través de su geoportal [www.geo.euskadi.eus](http://www.geo.euskadi.eus) se están ofreciendo una serie de recursos tecnológicos y geoservicios que facilitan el uso y la explotación de estos datos tanto por usuarios o aplicaciones de Gobierno Vasco como por administraciones u organizaciones externas y también el ciudadano.

## 2. GEOPORTAL DE LA IDE DE EUSKADI<sup>1</sup>

geoEuskadi ([www.geo.euskadi.eus](http://www.geo.euskadi.eus)) es el portal web de referencia de la Infraestructura de Datos Espaciales de Euskadi (IDE de Euskadi). A través de este portal es posible el descubrimiento, acceso y visualización de la información oficial georreferenciada generada por Gobierno Vasco simplemente utilizando un navegador web.

El geoportal dispone de una serie de herramientas y recursos, de los cuales los más destacados son:

### Visor de mapas de geoEuskadi<sup>2</sup>

El Visor de geoEuskadi pretende proporcionar un acceso fácil, rápido y eficaz a las ortofotografías más recientes, las capas de cartografía básica y las informaciones oficiales de diversas temáticas como parques naturales, zonas inundables, planeamiento urbanístico, ríos, carreteras o localización de escuelas, entre otras muchas.

El Visor dispone de una serie de herramientas que nos permite búsquedas sobre el callejero, ríos o carreteras oficiales de la Comunidad Autónoma del País Vasco, medir distancias, calcular cotas, dibujar polígonos, guardar las geometrías trabajadas, etc. Además, es posible compartir la información consultada a través del Visor enviándola por e-mail, compartir con mapas navegables en un perfil de las redes sociales o incluso embeberlo en un blog o portal web externo.

### Metadatos<sup>3</sup>

Los metadatos son «los datos de los propios datos» y dan información, por ejemplo, sobre quién es la entidad propietaria de esos datos, de su calidad, de la fecha de actualización o de su formato.

Es el catálogo de metadatos de geoEuskadi donde se puede consultar esta información referente a los datos y servicios incorporados en la Infraestructura de Datos Espaciales de Euskadi.

### Servicios estándar<sup>4</sup>

Se trata de funcionalidades que pueden ser utilizadas por cualquier aplicación que entienda estándares. De este modo se asegura la compatibilidad e interoperabilidad necesaria para que los datos y servicios puedan ser utilizados desde otros softwares sin estar sujetos a productos o tecnologías determinadas y además ser combinados con otras fuentes de información locales o de otras plataformas IDE. En geoEuskadi se facilitan servicios WMS (servicio de mapas), WFS (servicios de entidades) y WCS (servicios de coberturas).

- **Descarga FTP**, servicio desde el que es posible descargar gran parte de los datos disponible para poder trabajar



Figura 1. Portal de acceso a geoEuskadi. [www.geo.euskadi.eus](http://www.geo.euskadi.eus)

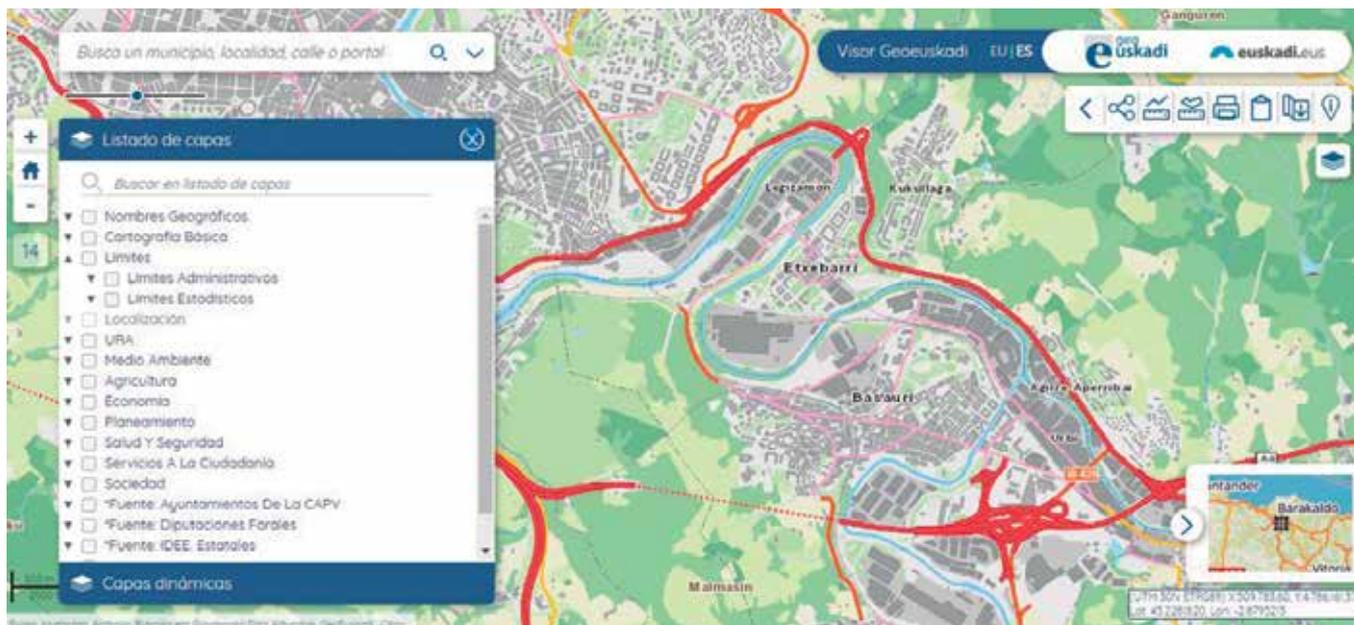


Figura 2. Visor de geoEuskadi

con ellos de manera local.

- **Geocuriosidades**<sup>5</sup>, donde se divulgan algunas curiosidades del territorio contadas en mapas, como pueden ser antiguos restos arqueológicos o usos del territorio interpretados sobre las ortofotografías históricas disponibles o fenómenos geológicos reflejados sobre los últimos datos LiDAR disponibles.
- **Comparador de ortofotos**<sup>6</sup>, sencillo visor que facilita comparar dos años diferentes del amplio catálogo de ortofotografía aérea disponibles en geoEuskadi.
- **Red GPS/GNSS de Euskadi**<sup>7</sup>, servicio de posicionamiento preciso para equipos de topografía GPS/GNSS.
- **Recursos**, enlace en que se detallan noticias relevantes, diferente normativa o información sobre cómo utilizar la API del Visor de geoEuskadi.

### 3. COMPARADOR DE ORTOFOTOS Y GEOCURIOSIDADES

Una de las características principales del territorio es que es compartido por multitud de usos dispares, donde en muchos casos su actual configuración o modelado tiene una explicación pasada. Esto convierte a los mapas y la información geográfica en el documento donde estas actuaciones pasadas o actuales quedan escritas.

Con el objetivo de abrir a un público amplio el uso del geoportal geoEuskadi se ha incluido dos apartados, el comparador de ortofotos<sup>6</sup> y el de geocuriosidades<sup>5</sup>, pretendiendo dar a conocer y hacer atractivo el uso de estas herramientas a personas con perfiles menos técnicos o cuando menos

poco acostumbradas al trabajo con mapas. Si el contenido es lo suficientemente atractivo, serán ellas y su motivación lo que les permitirá descubrir y aplicar en su ámbito todo lo que las informaciones disponibles en geoEuskadi les pueden ofrecer.

El comparador de ortofotos<sup>6</sup> permite elegir del extenso catálogo de ortofotos que se dispone en geoEuskadi, dos años diferentes para ser comparados a izquierda y derecha de la pantalla. A simple golpe de ratón es fácil acercarse, alejarse o moverse por el mapa comparando los cambios del territorio. Se ofrecen imágenes históricas de diversas épocas como las procedentes de los vuelos americanos del 45/46 y 56/57, pasando por diversas campañas entre los años 60 y 90, en algunos casos de todo el territorio vasco y otros de solamente de alguno de los territorios históricos. En la actualidad de forma programada se dispone anualmente de imágenes a 25 cm desde el año 2004. También existen ortofotos de



Figura 3. Comparador de Ortofotos

alta resolución de zonas urbanas. Se tratan de documentos gráficos de alto valor, que el trabajo y colaboración de los diferentes organismos cartográficos han ido poniendo en manos de profesionales y el ciudadano.

Por otro lado, las geocuriosidades<sup>4</sup> son una recopilación de lugares donde con la información cargada en un sencillo visor de mapas se explica de forma visual el rastro de sucesos acontecidos, huellas en el territorio de antiguos usos, los restos arqueológicos o simplemente la propia belleza del lugar.

Actualmente se han documentado casi una centena de ellas, distribuidas por todo el territorio vasco. Entre ellas curiosidades interesantes como la imagen histórica de los pueblos, sus caminos o cultivos que hoy en día han quedado debajo del agua de algunos embalses, las marcas sobre el terreno de las antiguas carboneras o campos de dolinas fruto del modelado kárstico perfectamente identificables sobre los modelos de terreno de alta resolución obtenidos por técnicas LiDAR o grandes obras de ingeniería que han dado forma al territorio que hoy en día conocemos como el canal artificial de Deusto y su isla de Zorrotzaurre o la que nunca fue inaugurada central nuclear de Lemoiz.

## 4. REUTILIZACIÓN DEL VISOR Y API DE GEOEUSKADI4

Una de las funcionalidades que más se ha trabajado es permitir de forma sencilla reutilizar el visor y los servicios de mapas de geoEuskadi por terceros, tanto dentro de la organización como otras organizaciones, empresas o iniciativas ciudadanas.

Para ello se ofrecen varias alternativas. La primera y más directa es la generación de una dirección URL que permite compartir desde el Visor de geoEuskadi y de forma rápida la configuración establecida por el usuario de capas base, temáticas y extensión geográfica. La segunda, la de poder integrar el visor completo de geoEuskadi en portales web, pudiendo reutilizar algunos parámetros de configuración como las capas a visualizar, el mapa base o la extensión geográfica entre otras. Y la tercera es el uso del denominado API de geoEuskadi, que mediante desarrollos web abre la posibilidad de una mayor personalización en el desarrollo e integración de la componente de mapas en aplicaciones web.

En el apartado de «Recursos» del portal de la IDE de Euskadi se ha incorporado una página con ejemplos y descripciones de la API donde se explica cómo añadir de manera fácil y rápida el visor de geoEuskadi en una página web o aplicación.

Estas son algunas de las funcionalidades que se detallan:

- Insertar un mapa en una página web: ejemplo básico, elemento mapa, etiquetas *meta*, estilos, *scripts*, inicializa-

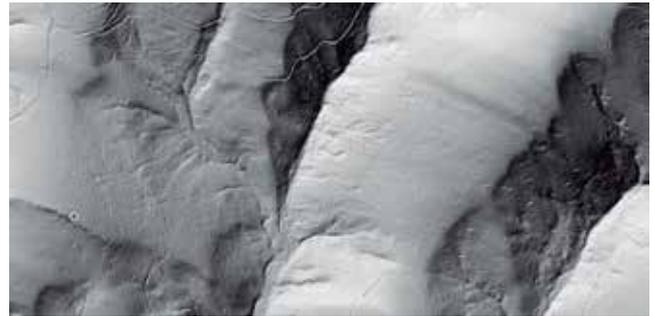


Figura 4. Antiguas carboneras apreciables en el Modelo del Terreno obtenido por tecnología LiDAR.



Figura 5. Presa aún sin llenar del embalse Uribarri-Ganboa. Ortofoto 1945-46. Vuelo Americano, serie A.

ción, carga completa.

- Añadir puntos: marcadores, mostrar un punto, cambiar el icono a mostrar, cambiar la opacidad, zoom al marcador, definir el *popup*.
- Añadir y eliminar capas: GeoJSON, KML, WMS.
- Mover el mapa: centrar el mapa (punto o extensión), animación, sistema de referencia, restringir extensión.
- Cambiar la capa base.
- Activar y desactivar *plugins* del Visor.
- Transformación de coordenadas.

La API del Visor de geoEuskadi se está utilizando en multitud de aplicaciones o contenidos web de otras organizaciones, dando solución a la necesidad de visualización de la información geográfica sobre la cartografía y ortofotos oficiales del Gobierno Vasco.

## 5. INICIATIVAS DEPARTAMENTALES

Una de las funcionalidades que más se ha trabajado es permitir de forma sencilla reutilizar el visor y los servicios de mapas de geoEuskadi por terceros, tanto dentro de la organización

Cumpliendo los objetivos planteados de infraestructura de datos espaciales, a partir de sus datos, servicios y recursos tecnológicos de geoEuskadi se han llevado a cabo diferentes proyectos departamentales y desarrollos específicos. En

www.geo.euskadi.eus se puede acceder a algunas de estas aplicaciones entrando en el apartado de «Mapas / Aplicaciones temáticas». A continuación se detallan algunos de los proyectos más importantes que utilizan el visor de geoEuskadi con diversos grados de adaptación.

- **LurData<sup>9</sup>**: Servicio ofrecido por Eustat a través del cual se puede obtener información estadística sobre la población, las viviendas y los establecimientos de actividad económica con un gran detalle territorial y con la particularidad de que es la persona usuaria la que decide qué área geográfica desea conocer.
- **Visor Web de Ura<sup>10</sup>**: Es una aplicación web para visualizar y consultar la información geográfica en materia de agua en la CAPV. Las temáticas que se localizan en esta aplicación y que podemos seleccionar, consultar y visualizar son, entre otras: hidrografía de aguas superficiales, inundabilidad, hidrografía de aguas subterráneas, capas de peligrosidad y riesgo por inundación, etc.
- **Udalmap<sup>11</sup>**: Tiene como finalidad ampliar el conocimiento de la realidad socio-económica de los municipios de la CAPV. Su visor difunde el resultado de dos estudios estadísticos llevados a cabo en colaboración con el Eustat: Indicadores de Sostenibilidad a nivel municipal de la Comunidad Autónoma del País Vasco y la encuesta de Equipamientos e Infraestructuras Municipales.
- **Udalplan<sup>12</sup>**: Es una aplicación concebida como herramienta de apoyo a la ordenación del territorio en la CAPV. Su objetivo es recopilar y difundir el planeamiento urbanístico de los municipios de la CAPV.
- **Proyecto Irekia<sup>13</sup>**: En 2009 Lehendakaritza pone en marcha este proyecto para impulsar la iniciativa de open government o Gobierno Abierto del Gobierno Vasco. Actualmente, la plataforma Irekia, por ejemplo, utiliza el visor de geoEuskadi, incorporándolo dentro de su portal para diferentes proyectos, entre los que destacan aquellos relativos a participación pública.
- **Proyecto Argazkia<sup>14</sup>**: Es también un proyecto de Lehendakaritza en línea con los principios del Open Government, cuyo objetivo es liberar y poner a disposición de la ciudadanía el archivo fotográfico del Gobierno Vasco. Gracias a esta iniciativa, cualquier persona puede subir una fotografía, georreferenciarla con geoEuskadi, y compartirla.

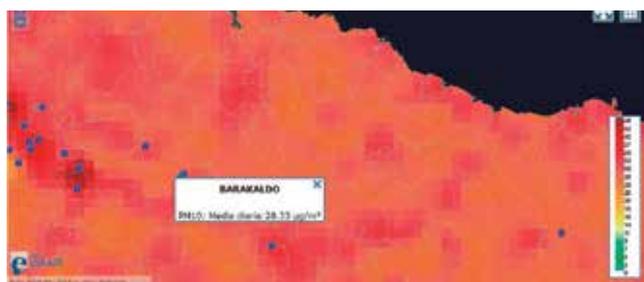


Figura 6. Reutilización de la API de geoEuskadi. Proyecto Calidad del Aire.

- **Instalaciones ganaderas<sup>15</sup>**: El Departamento de Desarrollo Económico y Competitividad está usando el visor de geoEuskadi para mostrar aquellos lugares que están sujetos al Decreto 515/2009 relativo a la ubicación de instalaciones ganaderas. Para ello se incluye en la web el Visor de cartografía de las zonas que requieren el informe de la Administración Hidráulica.
- **Proyecto Alokabide<sup>16</sup>**: Alokabide es la sociedad pública dependiente del Gobierno Vasco (Departamento de Empleo y Políticas Sociales) que se encarga de gestionar vivienda en régimen de alquiler protegido para las personas que acrediten su necesidad. En este caso, Alokabide (accesible a través del portal de Etxebide) utiliza el visor de geoEuskadi para localizar las viviendas de alquiler en Euskadi.
- **Naturaleza de Euskadi<sup>17</sup>**: El Departamento de Medioambiente y Política Territorial ha incluido el visor dentro del Sistema de Información de la Naturaleza de Euskadi.
- **KZGunea<sup>18</sup>**: Esta iniciativa, que nació en 2001, agrupa y gestiona la red pública vasca de telecentros cuyo objetivo es potenciar la «alfabetización digital» de la población de la CAPV. Este proyecto ha contado desde su inicio con la colaboración de la Asociación de Municipios Vascos (EUDEL) a la hora de poner en marcha una red de centros públicos gratuitos para la formación y el uso de las TIC en todos los municipios de Euskadi. En el caso de KZgunea se emplea el visor para mostrar la ubicación de los locales que conforman la red de telecentros.
- **Datos de Calidad del Aire<sup>19</sup>**: La Red de Control de Calidad del Aire es un instrumento para controlar y vigilar los niveles de contaminación en la Comunidad Autónoma Vasca. Para la publicación de la ubicación de las estaciones, los datos recogidos y las modelizaciones de los contaminantes estimados se usa el API y los servicios de la plataforma geoEuskadi.

## 6. PROYECTO CORPORATIVOS

Una de las funcionalidades que más se ha trabajado es permitir de forma sencilla reutilizar el visor y los servicios de mapas de geoEuskadi por terceros, tanto dentro de la organiz

geoEuskadi como proyecto corporativo, dispone de una estructura organizativa con el fin de liderar el propio proyecto, priorizar actuaciones, detectar necesidades y armonizar la producción de informaciones que en algunos casos pueden ser generadas o mantenidas por o para diversos órganos de Gobierno.

Es un proyecto horizontal de Gobierno Vasco, puesto que la pretensión última es recopilar y difundir todas las informa-

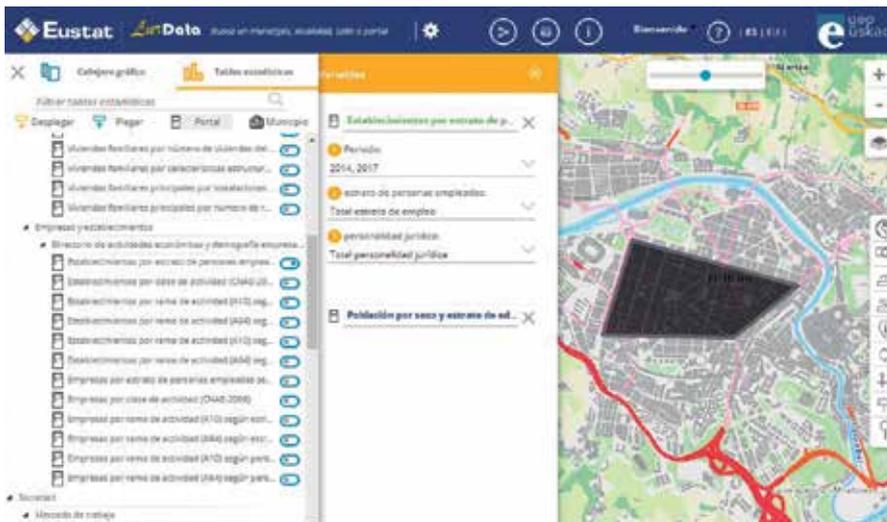


Figura 7. LurData. Información estadística por ámbitos territoriales particularizados.

ciones públicas georeferenciadas o georeferenciables de todos los Departamentos y Organismos de Gobierno Vasco.

La estructura organizativa para este fin se asienta en un Comité Directivo, un Comité Técnico y una Comisión Informativa Interdepartamental en la que participa un representante de cada uno de los distintos Departamentos y Organismos autónomos del Gobierno Vasco.

El proyecto es liderado e impulsado por la Dirección de Planificación Territorial, Urbanismo y Regeneración Urbana del Departamento de Medio Ambiente y Planificación Territorial y Vivienda, donde se encuentra el Servicio de Información Territorial de Gobierno Vasco.

La competencia de la información cartográfica base recae en el Servicio de Información Territorial y es éste el responsable de su actualización, carga y mantenimiento. En todo caso, el resto de los Departamentos y Organismos Autónomos son los competentes en sus informaciones o cartografías temáticas sectoriales, por lo que son ellos quienes deben responsabilizarse de su carga y mantenimiento en geoEuskadi. Este modelo de gestión facilita la reutilización de la información y de las acciones, el albergue de las nuevas capas de información que quiera incorporar cualquier Departamento y la coordinación y cooperación en el impulso de nuevos

proyectos o demandas de datos y servicios.

## 7. CONCLUSIÓN

geoEuskadi es la plataforma corporativa de Gobierno Vasco que facilita y permite dar respuesta a la necesidad de compartir y difundir sobre el territorio gran parte de la información que dispone, todo ello de acuerdo con la legislación vigente que promueve la transparencia y reutilización de la información, en este caso la geográfica.

Es una iniciativa madura, con servicios geográficos am-



Figura 8. Visor Web de URA

pliamente empleados tanto interna como externamente, y con un gran potencial como infraestructura sobre la que poner en marcha de nuevas iniciativas geográficas. Los servicios y componentes tecnológicos de geoEuskadi, simplifican en gran medida el acceso, reutilización y puesta en marcha de proyectos en los que es necesario un análisis o representación espacial, facilitando a su vez el intercambio de información entre las instituciones, ciudadanía y agentes sociales.

Las estadísticas del uso de los servicios geográficos o accesos al geoportal se incrementan año tras año, alcanzando más de 240 millones de peticiones en 2017 y ya superadas en noviembre de 2018. Aunque son datos muchas veces difíciles de valor, confirman claramente la demanda progresiva de estos servicios.

Las capacidades tecnológicas actuales unidas a los recursos técnicos y organizativos ofrecidos por la plataforma geoEuskadi están aumentando el uso de mapas o recursos geográficos en ámbitos muy variados. Ya no sólo son los proyectos y políticas ambientales, urbanísticas o agrarias las que requieren su evidente plasmación en un mapa, sino que políticas o actuaciones muy diversas, como la seguridad, sanidad, turismo o movilidad por nombrar algunas, disponen ya de un recurso para planificar y trabajar su información con una visión territorial.

Por tanto, los proyectos de Infraestructuras de Datos Espaciales como geoEuskadi, tienen una labor importante paralela a la de cumplir las normativas vigentes de datos espaciales, transparencia e interoperabilidad, y es la de potenciar y facilitar el uso de cartografía y recursos geográficos de forma que gestores y profesionales de diferentes ámbitos y disciplinas analicen, planifiquen y tomen decisiones sobre el territorio.

## REFERENCIAS

- Geoportal de la IDE de Euskadi, <http://www.geo.euskadi.eus> [consultado 26-11-2018]<sup>1</sup>
- Visor de geoEuskadi, <http://www.geo.euskadi.net/s69-bisorea/es/x72ageoEuskadiWAR/index.jsp> [consultado 26-11-2018]<sup>2</sup>
- Catálogo de datos y servicios, <http://www.geo.euskadi.eus/s69-temas/es> [consultado 26-11-2018]<sup>3</sup>
- Servicios Estándar, [http://www.geo.euskadi.eus/s69-geoser/es/contenidos/informacion/servicios\\_estandares/es\\_81/servicios\\_estandares.html](http://www.geo.euskadi.eus/s69-geoser/es/contenidos/informacion/servicios_estandares/es_81/servicios_estandares.html) [consultado 26-11-2018]<sup>4</sup>
- Geocuriosidades, [http://www.geo.euskadi.eus/geo-curiosidades/s69-geocont/es/?r01\\_friendly\\_redir=true](http://www.geo.euskadi.eus/geo-curiosidades/s69-geocont/es/?r01_friendly_redir=true) [consultado 26-11-2018]<sup>5</sup>
- Comparador de ortofotos, <http://www.geo.euskadi.eus/comparador-de-ortofotos/s69-geocont/es/> [consultado 26-11-2018]<sup>6</sup>
- Red GPS/GNSS de Euskadi: <http://www.gps2.euskadi.es/> [consultado 26-11-2018]<sup>7</sup>
- API de geoEuskadi, <http://www.geo.euskadi.es/api-geoEuskadi-ejemplos-del-visor/s69-geocont/es/> [consultado 26-11-2018]<sup>8</sup>
- LurData, [http://www.eustat.eus/estad/gis\\_c.html](http://www.eustat.eus/estad/gis_c.html) [consultado 26-11-2018]<sup>9</sup>
- Visor Web de Ura, <http://www.uragentzia.euskadi.es/appcont/gisura/?mapid=1> [consultado 26-11-2018]<sup>10</sup>
- Udalmap, [http://www.ogasun.ejgv.euskadi.eus/r51-udalmap/es/contenidos/informacion/udalmap/es\\_udalmap/udalmap.html](http://www.ogasun.ejgv.euskadi.eus/r51-udalmap/es/contenidos/informacion/udalmap/es_udalmap/udalmap.html) [consultado 26-11-2018]<sup>11</sup>
- Udalplan, <http://www.geo.euskadi.eus/udalplan> [consultado 26-11-2018]<sup>12</sup>
- Proyecto Irekia, <http://www.irekia.euskadi.eus/es/debates/940-participacion-ciudadana-diseno-estrategia-geodiversidad-capv?stage=discussion> [consultado 26-11-2018]<sup>13</sup>
- Proyecto Argazkia, <http://argazki.irekia.euskadi.eus> [consultado 26-11-2018]<sup>14</sup>
- Instalaciones ganaderas, <http://www.nasdap.ejgv.euskadi.eus/informacion/cartografia-licencia-de-actividad-de-explotaciones-ganaderas/r50-6552/es/> [consultado 26-11-2018]<sup>15</sup>
- Proyecto Alokabide, <https://www.euskadi.net/x39-appcont/es/y35aWebCiudadanoWar/viviendasasap/main-t?locale=es> [consultado 26-11-2018]<sup>16</sup>
- Naturaleza de Euskadi, <http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/informacion/itinerario-ornitologico-laguardia/r49-birding/es/> [consultado 26-11-2018]<sup>17</sup>
- KZGunea, [www.kzgunea.net/centros](http://www.kzgunea.net/centros) [consultado 26-11-2018]<sup>18</sup>
- Datos de Calidad del Aire: <http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/r49-aa17a/es/aa17aCalidadAireWar/estacion/mapa?locale=es> [consultado 26-11-2018]<sup>19</sup>

### Sobre el autor

**Juan Carlos Barroso Arroyo**  
 Ingeniero en Geodesia y Cartografía por la Universidad Politécnica de Valencia e Ingeniero Técnico en Topografía por la Universidad del País Vasco.  
 Responsable del Servicio de Información Territorial de la Dirección de Planificación Territorial, Urbanismo y Regeneración Urbana de Gobierno Vasco desde el año 2014.



**TRIMBLE SX10**  
Estación Robótica 1"  
1mm EDM con imagen.  
Escáner de hasta  
600 metros de alta  
velocidad.



- Distribuidor de Trimble Geospacial, Spectra Precision, Trimble Intech exclusivo España y Portugal
- Laboratorio máster de referencia Trimble España
- Desarrolladores oficiales de aplicaciones personalizadas Trimble
- Alquileres en península, Baleares y Canarias

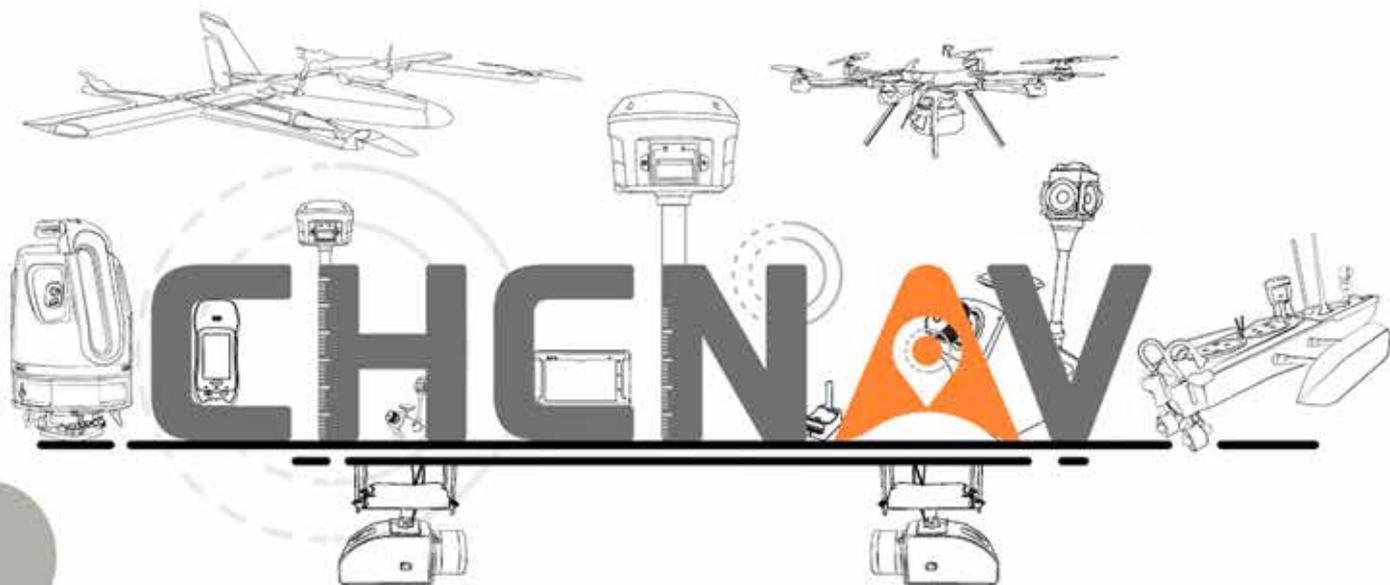
# MAPPING

## REVISORES EXTERNOS

Se presenta a continuación el listado de Revisores Externos que se suman al Consejo de Redacción de la Revista, que participarán en la evaluación de algún artículo durante el año 2018. Es posible que alguno de los trabajos revisados no se hayan aún publicado, o hayan sido rechazados.

<b>Álvaro Anguix Alfaro</b>	<i>Asociación gvSIG. Valencia</i>	España
<b>Francisco Javier Ariza López</b>	<i>Universidad de Jaén</i>	España
<b>Esperanza Ayuga Téllez</b>	<i>Universidad Politécnica de Madrid</i>	España
<b>José Luis Berne Valero</b>	<i>Universitat Politècnica de Valencia</i>	España
<b>Mario Carrera Rodríguez</b>	<i>Asociación gvSIG. Valencia</i>	España
<b>Francisco José Darder García</b>	<i>Gobierno de las Islas Baleares</i>	España
<b>Ana de las Cuevas Suárez</b>	<i>Instituto Geográfico Nacional</i>	España
<b>Alejandra Ezquerra Canalejo</b>	<i>Universidad Politécnica de Madrid</i>	España
<b>Alfonso Fernández Sarriá</b>	<i>Universitat Politècnica de Valencia</i>	España
<b>Antonio García Abril</b>	<i>Universidad Politécnica de Madrid</i>	España
<b>Jacinta García Talegón</b>	<i>Universidad de Salamanca</i>	España
<b>Concepción González García</b>	<i>Universidad Politécnica de Madrid</i>	España
<b>María José Iniesto Alba</b>	<i>Escuela Politécnica Superior de Lugo</i>	España
<b>Wenceslao Lorenzo Romero</b>	<i>Centro Geográfico del Ejército</i>	España
<b>Emilio Ortega Pérez</b>	<i>Universidad Politécnica de Madrid</i>	España
<b>M<sup>a</sup> Isabel Otero Pastor</b>	<i>Universidad Politécnica de Madrid</i>	España
<b>Cristina Pascual Castaño</b>	<i>Universidad Politécnica de Madrid</i>	España
<b>Enrique Priego de los Santos</b>	<i>Universitat Politècnica de Valencia</i>	España
<b>Marcelino Valdés Pérez de Vargas</b>	<i>Instituto Geográfico Nacional</i>	España

Si está interesado en participar en el Consejo Externo de la revista, pueden mandarnos la petición a la dirección de correo electrónico [info@revistamapping.com](mailto:info@revistamapping.com), adjuntando CV y solicitando expresamente el área temática de su especialidad en la que quiere evaluar artículos.



# Haz tu **trabajo** más eficiente

Soluciones **GNSS GPS GIS**



[Geodesical.es](http://Geodesical.es)



[Chcnave.es](http://Chcnave.es)

Contactenos  
+34 91 129 78 50

**Geodesical**®



Distribuidor oficial de productos  
CHC en España y Portugal



## 1. Información general

MAPPING es una revista técnico-científica que tiene como objetivo la difusión y enseñanza de la Geomática aplicada a las Ciencias de la Tierra. Ello significa que su contenido debe tener como tema principal la Geomática, entendida como el conjunto de ciencias donde se integran los medios para la captura, tratamiento, análisis, interpretación, difusión y almacenamiento de información geográfica, y su utilización en el resto de Ciencias de la Tierra. Los trabajos deben tratar exclusivamente sobre asuntos relacionados con el objetivo y cobertura de la revista.

Los trabajos deben ser originales e inéditos y no deben estar siendo considerados en otra revista o haber sido publicados con anterioridad. MAPPING recibe artículos en español y en inglés. Independientemente del idioma, todos los artículos deben contener el título, resumen y palabras claves en español e inglés.

Todos los trabajos seleccionados serán revisados por los miembros del Consejo de Redacción mediante el proceso de «Revisión por pares doble ciego».

Los trabajos se publicarán en la revista en formato papel (ISSN: 1131-9100) y en formato electrónico (eISSN: 2340-6542).

Los autores son los únicos responsables sobre las opiniones y afirmaciones expresadas en los trabajos publicados.

## 2. Tipos de trabajos

- **Artículos de investigación.** Artículo original de investigaciones teóricas o experimentales. La extensión no podrá ser superior a 8000 palabras incluyendo resumen, tablas y figuras, con un máximo de 40 referencias bibliográficas. Cada tabla o figura será equivalente a 100 palabras. Tendrá la siguiente estructura: título, resumen, palabras clave, texto (introducción, material y método, resultados, discusión y conclusiones), agradecimientos y bibliografía.
- **Artículos de revisión.** Artículo detallado donde se describe y recopila los desarrollos más recientes o trabajos publicados sobre un determinado tema. La extensión no podrá superar las 5000 palabras, incluyendo resumen, tablas y figuras, con un máximo de 25 referencias bibliográficas.
- **Informe técnico.** Informe sobre proyectos, procesos, productos, desarrollos o herramientas que no supongan investigación propia, pero que sí muestren datos técnicos interesantes y relevantes. La extensión máxima será de 3000 palabras.

## 3. Formato del artículo

El formato del artículo se debe ceñir a las normas

expuestas a continuación. Se recomienda el uso de la plantilla «**Plantilla Texto**» y «**Recomendaciones de estilo**». Ambos documentos se pueden descargar en la web de la revista.

- A. Título.** El título de los trabajos debe escribirse en castellano e inglés y debe ser explícito y preciso, reflejando sin lugar a equívocos su contenido. Si es necesario se puede añadir un subtítulo separado por un punto. Evitar el uso de fórmulas, abreviaturas o acrónimos.
- B. Datos de contacto.** Se debe incluir el nombre y 2 apellidos, la dirección, el correo electrónico, el organismo o centro de trabajo. Para una comunicación fluida entre la dirección de la revista y las personas responsables de los trabajos se debe indicar la dirección completa y número de teléfono de la persona de contacto.
- C. Resumen.** El resumen debe ser en castellano e inglés con una extensión máxima de 200 palabras. Se debe describir de forma concisa los objetivos de la investigación, la metodología empleada, los resultados más destacados y las principales conclusiones.
- D. Palabras clave.** Se deben incluir de 5-10 palabras clave en castellano e inglés que identifiquen el contenido del trabajo para su inclusión en índices y bases de datos nacionales e internacionales. Se debe evitar términos demasiado generales que no permitan limitar adecuadamente la búsqueda.
- E. Texto del artículo de investigación.** La redacción debe ser clara y concisa con la extensión máxima indicada en el apartado «Tipos de trabajo». Todas las siglas citadas deben ser aclaradas en su significado. Para la numeración de los apartados y subapartados del artículo se deben utilizar cifras arábigas (1. Título apartado; 1.1. Título apartado; 1.1.1. Título apartado). La utilización de unidades de medida debe seguir la normativa del Sistema Internacional.

El contenido de los **artículos de investigación** puede dividirse en los siguientes apartados:

- **Introducción:** informa del propósito del trabajo, la importancia de éste y el conocimiento actual del tema, citando las contribuciones más relevantes en la materia. No se debe incluir datos o conclusiones del trabajo.
- **Material y método:** explica cómo se llevó a cabo la investigación, qué material se empleó, qué criterios se utilizaron para elegir el objeto del estudio y qué pasos se siguieron. Se debe describir la metodología empleada, la instrumentación y sistemática, tamaño de la muestra, métodos estadísticos y su justificación. Debe presentarse de la forma más conveniente para que el lector comprenda el desarrollo de la investigación.

- **Resultados:** pueden exponerse mediante texto, tablas y figuras de forma breve y clara y una sola vez. Se debe resaltar las observaciones más importantes. Los resultados se deben expresar sin emitir juicios de valor ni sacar conclusiones.
- **Discusión:** en este apartado se compara el estudio realizado con otros que se hayan llevado a cabo sobre el tema, siempre y cuando sean comparables. No se debe repetir con detalle los datos o materiales ya comentados en otros apartados. Se pueden incluir recomendaciones y sugerencias para investigaciones futuras.  
En algunas ocasiones se realiza un único apartado de resultados y discusión en el que al mismo tiempo que se presentan los resultados se va discutiendo, comentando o comparando con otros estudios.
- **Conclusiones:** puede realizarse una numeración de las conclusiones o una recapitulación breve del contenido del artículo, con las contribuciones más importantes y posibles aplicaciones. No se trata de aportar nuevas ideas que no aparecen en apartados anteriores, sino recopilar lo indicado en los apartados de resultados y discusión.
- **Agradecimientos:** se recomienda a los autores indicar de forma explícita la fuente de financiación de la investigación. También se debe agradecer la colaboración de personas que hayan contribuido de forma sustancial al estudio, pero que no lleguen a tener la calificación de autor.
- **Bibliografía:** debe reducirse a la indispensable que tenga relación directa con el trabajo y que sean recientes, preferentemente que no sean superiores a 10 años, salvo que tengan una relevancia histórica o que ese trabajo o el autor del mismo sean un referente en ese campo. Deben evitarse los comentarios extensos sobre las referencias mencionadas.  
Para citar fuentes bibliográficas en el texto y para elaborar la lista de referencias se debe utilizar el formato APA (*American Psychological Association*). Se debe indicar el DOI (*Digital Object Identifier*) de cada referencia si lo tuviera. Utilizar como modelo el documento «**Como citar bibliografía**» incluido en la web de la revista. La exactitud de las referencias bibliográficas es responsabilidad del autor.
- **Currículum:** se debe incluir un breve Currículum de cada uno de los autores lo más relacionado con el artículo presentado y con una extensión máxima de 200 palabras.

En los **artículos de revisión e informes técnicos** se debe incluir título, datos de contacto, resumen y palabras claves, quedando el resto de apartados a

consideración de los autores.

**F. Tablas, figuras y fotografías.** Se deben incluir solo tablas y figuras que sean realmente útiles, claras y representativas. Se deben numerar correlativamente según la cita en el texto. Cada figura debe tener su pie explicativo, indicándose el lugar aproximado de colocación de las mismas. Las tablas y figuras se deben enviar en archivos aparte, a ser posible en fichero comprimido. Las fotografías deben enviarse en formato JPEG o TIFF, las gráficas en EPS o PDF y las tablas en Word, Excel u Open Office. Las fotografías y figuras deben ser diseñadas con una resolución mínima de 300 pixel por pulgada (ppp).

**G. Fórmulas y expresiones matemáticas.** Debe perseguirse la máxima claridad de escritura, procurando emplear las formas más reducidas o que ocupen menos espacio. En el texto se deben numerar entre corchetes. Utilizar editores de fórmulas o incluirlas como imagen.

#### 4. Envío

Los trabajos originales se deben remitir preferentemente a través de la página web <http://www.revistamapping.com> en el apartado «**Envío de artículos**», o mediante correo electrónico a [info@revistamapping.com](mailto:info@revistamapping.com). El formato de los archivos puede ser Microsoft Word u Open Office y las figuras vendrán numeradas en un archivo comprimido aparte.

Se debe enviar además una copia en formato PDF con las figuras, tablas y fórmulas insertadas en el lugar más idóneo.

#### 5. Proceso editorial y aceptación

Los artículos recibidos serán sometidos al Consejo de Redacción mediante «**Revisión por pares doble ciego**» y siguiendo el protocolo establecido en el documento «**Modelo de revisión de evaluadores**» que se puede consultar en la web.

El resultado de la evaluación será comunicado a los autores manteniendo el anonimato del revisor. Los trabajos que sean revisados y considerados para su publicación previa modificación, deben ser devueltos en un plazo de 30 días naturales, tanto si se solicitan correcciones menores como mayores.

La dirección de la revista se reserva el derecho de aceptar o rechazar los artículos para su publicación, así como el introducir modificaciones de estilo comprometiéndose a respetar el contenido original.

Se entregará a todos los autores, dentro del territorio nacional, la revista en formato PDF mediante enlace descargable y 1 ejemplar en formato papel. A los autores de fuera de España se les enviará la revista completa en formato electrónico mediante enlace descargable.

# Suscripción a la revista MAPPING

## Subscriptions and orders

### Datos del suscriptor / Customer details:

Nombre y Apellidos / Name and Surname: \_\_\_\_\_  
Razón Social / Company or Institution name: \_\_\_\_\_ NIF-CIF / VAT Number: \_\_\_\_\_  
Dirección / Street address: \_\_\_\_\_ CP / Postal Code: \_\_\_\_\_  
Localidad / Town, City: \_\_\_\_\_ Provincia / Province: \_\_\_\_\_  
País - Estado / Country - State: \_\_\_\_\_ Teléfono / Phone: \_\_\_\_\_  
Móvil / Mobile: \_\_\_\_\_ Fax / Fax: \_\_\_\_\_  
e-mail: \_\_\_\_\_ Fecha / Order date: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

### PAPEL

**SUSCRIPCIÓN ANUAL / SUBSCRIPTION:**

- España / Spain : 60€
- Europa / Europe: 90€
- Resto de Países / International: 120€

Precios de suscripción por año completo 2018 (6 números por año) Prices year 2018 (6 issues per year)

**NÚMEROS SUELTOS / SEPARATE ISSUES:**

- España / Spain : 15€
- Europa / Europe: 22€
- Resto de Países / International: 35€

Los anteriores precios incluyen el IVA. Solamente para España y países de la UE The above prices include TAX Only Spain and EU countries

### DIGITAL

**SUSCRIPCIÓN ANUAL / ANNUAL SUBSCRIPTION:**

- Internacional / International : 25€

Precios de suscripción por año completo 2018 (6 números por año) en formato DIGITAL y enviado por correo electrónico / Prices year 2018 (6 issues per year)

**NÚMEROS SUELTOS / SEPARATE ISSUES:**

- Internacional / International : 8€

Los anteriores precios incluyen el IVA. Solamente para España y países de la UE The above prices include TAX Only Spain and EU countries

### Forma de pago / Payment:

Transferencia a favor de eGeoMapping S.L. al número de cuenta CAIXABANK, S.A.:

**2100-1578-31-0200249757**

Bank transfer in favor of eGeoMapping S.L., with CAIXABANK, S.A.:

**IBAN nº: ES83-2100-1578-3102-0024-9757 (SWIFT CODE: CAIXAESBXXX)**

### Distribución y venta / Distribution and sale:

Departamento de Publicaciones de eGeoMapping S.L.

C/ Linneo 37. 1ºB. Escalera central. 28005-Madrid

Tels: (+34) 91 006 72 23; (+34) 655 95 98 69

e-mail: [info@revistamapping.com](mailto:info@revistamapping.com)

[www.revistamapping.com](http://www.revistamapping.com)

Firma \_\_\_\_\_

# CONTIGO TODO EL CAMINO



PLANIFICACIÓN > PROSPECCIÓN > DISEÑO > ORGANIZACIÓN > EJECUCIÓN > INSPECCIÓN

Sea cual sea el tipo de proyecto, el tamaño de su empresa o la aplicación específica, ponemos a su disposición una amplia gama de soluciones de medición y posicionamiento de precisión para satisfacer sus necesidades.

Descubra lo que otros profesionales como usted están logrando con la tecnología de Topcon.

[topconpositioning.com/es-es/insights](https://topconpositioning.com/es-es/insights)

MINISTERIO DE FOMENTO  
INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL  
CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

# cartografía digital



Oficina central y comercialización:  
General Ibáñez de Ibero, 3 • 28003 MADRID  
Teléfono: +34 91 597 94 53 • Fax: +34 91 553 29 13  
e-mail: [consulta@cnig.es](mailto:consulta@cnig.es)

CENTRO DE DESCARGAS DE DATOS

<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>

BASE CARTOGRÁFICA NUMÉRICA (BCN 1000, 50, 200, 25),

MAPA TOPOGRÁFICO NACIONAL (MTN50,25),

MODELO DIGITAL DEL TERRENO (MDT1000, 200, 25),

LÍNEAS LÍMITE, BASE DE DATOS DE POBLACIÓN, MAPA DE USOS DEL SUELO,  
ATLAS NACIONAL DE ESPAÑA, CARTOGRAFÍA TEMÁTICA.