

MAPPING

VOL. 35 • Nº 221 • 2026 • ISSN: 1131-9100

XVI edición de las Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales

IA y territorio: explorando las nuevas fronteras del conocimiento espacial

RESÚMENES DE ARTÍCULOS

ARTÍCULOS:

- Viabilidad e implicaciones de la Inteligencia Artificial para la estimación de la calidad del aire en España
- Visualización ciudadana de datos LIDAR en Gipuzkoa



Sumario

- 04** Integraciones con la IDE de Albacete. Georreferenciación del padrón.
- 06** Cartografía vectorial para móviles. Evolución del proyecto.
- 08** Publicación de la IGRHidrografía v1. Nueva versión disponible para un dato de alto valor.
- 10** Programa de Colaboración Nacional del Servicio de Vigilancia Terrestre de Copernicus en España. Presentación del Programa y resumen de actividades en 2025.
- 11** Implementación de metodologías de Inteligencia Artificial para la clasificación de nubes de puntos en el proyecto PNOA-LiDAR.
- 13** SIG Corporativo de la Junta de Andalucía. 18 años de éxito.
- 14** Estadísticas de cultivos en toda la UE empleando IA.
- 15** Detectando lo indetectable: Deep Learning y GIS para localizar sismos de baja intensidad. Escuchando la Tierra con IA: detección sísmica precisa y automatizada integrando redes neuronales y análisis geoespacial.
- 16** Desarrollo de indicadores territoriales y sectoriales de sostenibilidad empresarial. Metodología y Visualizador.
- 17** Información Geográfica de Referencia de Poblaciones. Novedades y estado del proyecto de Información Geográfica de Referencia de Poblaciones del Instituto Geográfico Nacional.
- 19** Centralización y automatización de datos espaciales desde múltiples formatos mediante FME y PostgreSQL. Optimización de flujos para la gestión catastral en proyectos de diversa índole.
- 21** Reutilización de datos espaciales: nuevas fronteras del conocimiento con Catastro_app.
- 24** Geoteka de Araba/Álava. Cartoteca, fototeca y mucho más.
- 26** Modelo predictivo de calidad del aire en entornos urbanos: integración de variables meteorológicas, morfología urbana y factores de impacto social en Valencia (2010–2024). Una propuesta metodológica para anticipar escenarios de riesgo y priorizar intervenciones urbanas desde una perspectiva ambiental y sanitaria.
- 26** Integraciones con la IDE de Albacete. Georreferenciación del padrón.
- 29** Análisis territorial del impacto de la DANA de 2024: ecosistemas, actividad económica y vulnerabilidad. Evaluación multiescalar del efecto de un evento climático extremo mediante teledetección y datos empresariales.
- 31** Corine Land Cover y CLC+ Backbone. Evolución hacia una cartografía más precisa y dinámica del territorio europeo.
- 32** Uso de UAV e Inteligencia Artificial para la monitorización de mejilla y especies cohabitantes en la costa gallega. Gestión innovadora del internareal rocoso gallego: inteligencia artificial y UAV al servicio de la acuicultura del mejillón.
- 34** Proyecto UPPER: simulación de escenarios para la optimización de la movilidad urbana. Visualizador de indicadores y su evolución histórica.
- 36** Evolución metodológica y tecnológica en el mantenimiento de la Toponimia Oficial de Navarra sobre GIS Open Source.
- 37** Geoanalítica de BigData aplicada a la gestión urbana. Cómo los datos y herramientas geoespaciales optimizan la planificación y operación de servicios de limpieza en Madrid.
- 39** La colaboración con iniciativas globales de datos abiertos: Overture Maps y OpenStreetMap. La empresa privada y su papel en las iniciativas datos abiertos.
- 41** Inteligencia Artificial para la extracción de elementos del territorio de la BTA. Conclusiones obtenidas de los pilotos realizados por la Comunidad de Madrid para validar la Inteligencia Artificial como herramienta para la actualización de la BTA.
- 43** Publicación de conjuntos de datos espaciales del Catálogo de Infraestructura de Datos Espaciales de la Comunidad de Madrid en el Catálogo de Datos Abiertos. Mecanismos de coordinación y soluciones tecnológicas implementadas en la Comunidad de Madrid para la publicación de conjuntos de datos espaciales y servicios del Catálogo de Infraestructura de Datos Espaciales en el Catálogo de Datos Abiertos.
- 45** Normalizando para conectar GIS y BIM: representación del AMB en comités autonómicos, nacionales e internacionales. Relación de proyectos a nivel metropolitano para contribuir a la mejora de la interoperabilidad entre GIS y BIM.
- 47** Usando la Inteligencia Artificial para optimizar la producción cartográfica y la generación de productos derivados. Casos de uso implementados en el Área Metropolitana de Barcelona.
- 49** Bilbao Smart City. Datos al servicio de la ciudad y de los ciudadanos.
- 52** Diseño de un algoritmo de búsqueda espacial multiobjetivo y desarrollo de herramienta web SIG para proyectos de reestructuración parcelaria. Algoritmo de búsqueda espacial para proyectos de reestructuración parcelaria.
- 54** Visualizador 3D de datos de calidad del aire basado en Maplibre GL JS. Visualización 3D de datos espacio temporales de calidad del aire en entornos urbanos.
- 56** Sistema de gestión de coberturas vegetales y masas arbóreas basado en Inteligencia Artificial. MapForest: gestión y análisis de coberturas vegetales y masas arbóreas.
- 58** Implementación práctica de las capacidades INSPIRE en plataformas SIG. Hacia una gestión armonizada de la información geoespacial en el contexto europeo.
- 60** Identificación automática de pistas deportivas y campos de fútbol sobre PNOA con Deep Learning.
- 62** Estrategia de actualización de la Base de Geoinformación del Ayuntamiento de Madrid.
- 64** GeoEdit Pro: una herramienta esencial para la validación previa de geometrías en el Registro.
- 66** Mosaico de ortofotografías históricas del Catastro (1980-1990). Acceso libre a una memoria visual inédita del territorio español.
- 68** Mapa Ciudadano del Sistema Cartográfico Nacional. Un proyecto colaborativo que se fortalece gracias al aporte de las comunidades autónomas.
- 70** Sistema de Información de Poblaciones de Andalucía (SIPOB): respuesta a situaciones de emergencia. Empleo de SIPOB en la planificación y gestión de emergencias.
- 72** ¿Cuánta IA hay en tu IA? Un análisis cualitativo de técnicas de IA en proyectos de IA.
- 73** Ha nacido una estrella: API-IDEE. Convergencia y fusión de API para una Administración más eficiente.
- 75** Mejorando la calidad de los datos de direcciones en Catastro. Colaboración en el marco del proyecto «Padrón online».
- 76** Impulsando la Cartografía Digital Europea: Open Maps for Europe 2 (OME2). Creando el prototipo de conjunto de datos multitemático de alto valor y alta resolución paneuropeo y Open Cadastral Map (OCM).
- 78** API-IDEE. La familia crece. El poder de la colaboración.
- 79** Tecnologías SIG aplicadas a la documentación geográfica y cartografía antigua del archivo topográfico del IGN. El archivo topográfico del IGN: funciones y objetivos futuros.
- 82** Evolución del Sistema de Información de Poblaciones (SIPob) de Andalucía. Los datos asociados al territorio habitado.
- 84** GeoportalBCN: un solo portal, toda la Geoinformación Municipal de Barcelona. La puerta de acceso a la IDE del Ajuntament de Barcelona.
- 86** Artículo. Viabilidad e implicaciones de la Inteligencia Artificial para la estimación de la calidad del aire en España.
- 94** Artículo. Visualización ciudadana de datos LIDAR en Gipuzkoa. Democratización del acceso a información 3D.



El conocimiento de hoy es la base del mañana

MAPPING es una publicación técnico-científica con 34 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, etc.

La calidad de la geotecnología hecha revista

MAPPING is a technical- scientific publication with 34 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.35 Nº221 2026 ISSN 1131-9100

DISTRIBUCIÓN, SUSCRIPCIÓN Y VENTA

eGeoMapping S.L.
C/ Arrastaria 21.
28022. Madrid. España
Teléfono: 91 006 72 23
info@revistamapping.com
www.revistamapping.com

MAQUETACIÓN

elninjafluorescente.es

IMPRESIÓN

Podiprint

Los artículos publicados expresan solo 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.

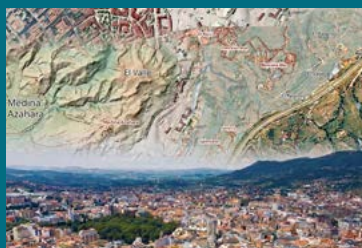


FOTO DE PORTADA:
«Imágenes de la página web de las jornadas»

Fuente: Instituto Geográfico Nacional

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

Antonio Crespo Sanz
Investigador

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

Mercedes Farjas Abadía
ETSITGC. UPM. Madrid

Carmen Femenia Ribera
ETSIGCT. UPV. Valencia

Javier Fernández Lozano
ESTMinas. Ule. León

M^a Teresa Fernández Pareja
ETSITGC. UPM. Madrid

Carmen García Calatayud
Biblioteca Nacional de España

Florentino García González
Abogado

Diego González Aguilera
EPSA. USAL. Salamanca

Álvaro Mateo Milán
CECAF. Madrid.

Israel Quintanilla García
ETSIGCT. UPV. Valencia

Pilar Sanz del Río
URBASANZ Estudio Jurídico S.L.

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

Ana Belén Anquela Julián
ETSICT. UPV. Valencia

Maximiliano Arenas García
Contratas Vilor. Madrid

José Juan Arranz Justel
ETSITGC. UPM. Madrid

César Fernando Rodríguez Tomeo
IPGH. México

Ignacio Durán Boo
Ayuntamiento de Madrid

Francisco Javier González Matesanz
IGN. Madrid

Ourania Mavrantza
KTIMATOLOGIO S.A. Grecia

Julio Mezcua Rodríguez
Fundación J. García-Siñeriz

Ramón Mieres Álvarez
TOPCON POSITIONING SPAIN. Madrid

Benjamín Piña Patón
Presidente

En el año 2023 se presentó, en las Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales, la ponencia «Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) de Albacete: Un proyecto estratégico para la gestión territorial». En ella se expusieron los avances logrados en la implementación de la IDE del Ayuntamiento de Albacete, destacando la creación de una plataforma tecnológica robusta, el desarrollo de herramientas para el acceso y uso de datos geoespaciales y la creación del Geoportal del Ayuntamiento de Albacete.

En el año 2024 se presentaron los avances y dinámicas implementadas en el Ayuntamiento de Albacete, al utilizar la IDE como herramienta fundamental para la gestión territorial y su capacidad para funcionar como herramienta de coordinación de los distintos servicios municipales, mejorando enormemente la eficiencia y transparencia del Ayuntamiento de Albacete. Para ello se utilizó como hilo conductor el «Visualizador Feria», creado para la gestión del evento más importante en la ciudad de Albacete, en cuya organización participan 13 servicios municipales y 6 organismos externos, mostrando el valor del dato geoespacial, tanto en el ámbito económico como en seguridad ciudadana, seguridad urbanística, transparencia y coordinación de servicios.

https://ide.ayto-albacete.es/gvsigonline/core/load_project/feria/

Este año se presentan las distintas integraciones que se han realizado con otros programas de gestión ya implementados en el Ayuntamiento de Albacete:

1. Programa de gestión del cementerio municipal, «Gesfun». Se integra y georreferencia la codificación de las unidades funerarias y se desarrolla una herramienta que permite localizar a los difuntos, generando un mapa con la ruta que dirige al ciudadano hasta la unidad de enterramiento.
https://ide.ayto-albacete.es/gvsigonline/core/load_project/cementerio/
2. Integración con el gestor de expedientes, SEGEX, que permite visualizar en el Geoportal todos los expedientes tramitados o en tramitación, utilidad incorporada en algunos de los visualizadores como el de «Urbanismo».
3. Oficialización del callejero de la IDE, capa base en todos los visualizadores del Geoportal, y creación de un protocolo de trabajo colaborativo entre la Unidad de Gestión del Padrón y la Unidad de Cartografía, Topografía y Geomática para que la actualización de los nombres de calles y números de policía en el callejero sea inmediata.

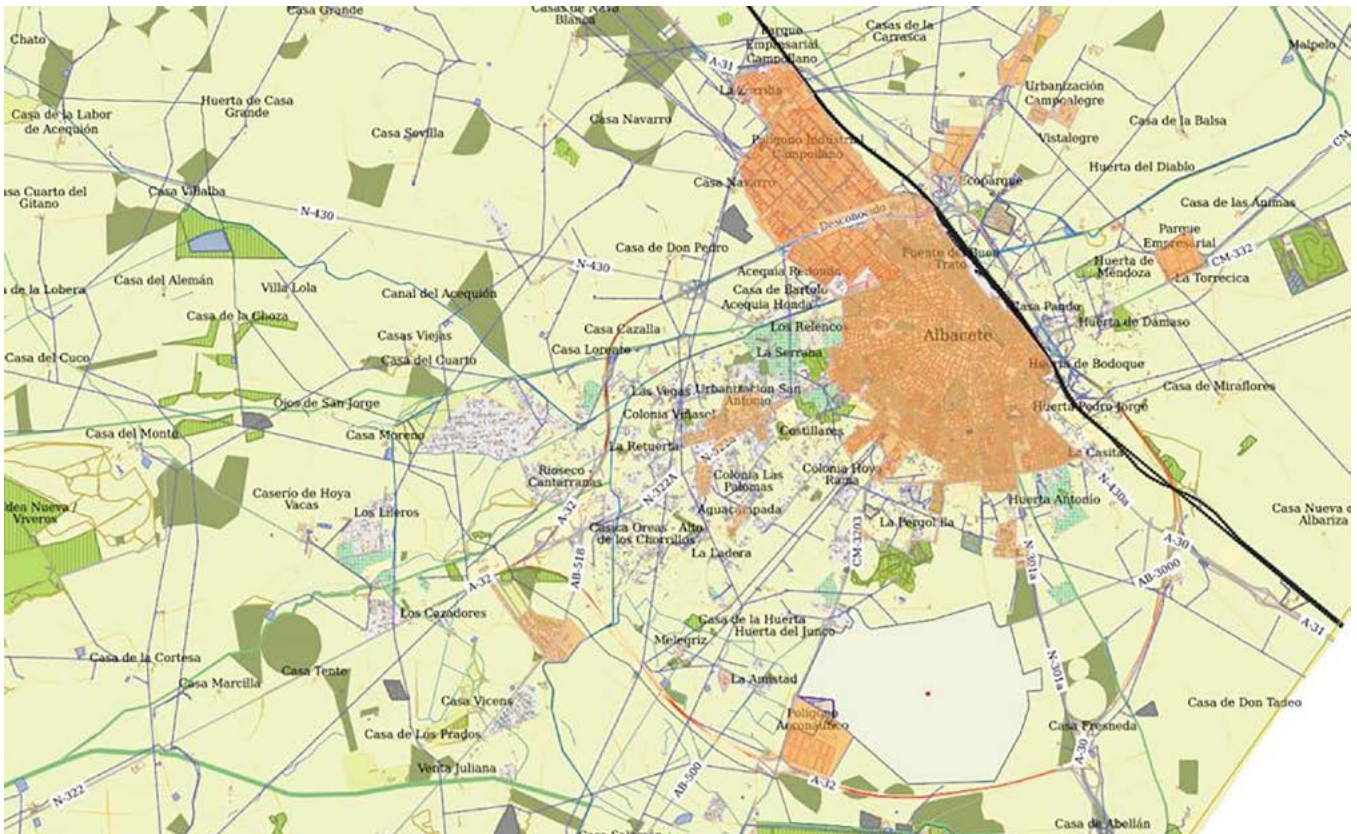


Español

Iniciar sesión

IDE Infraestructura de
Datos Espaciales
Ayuntamiento ALBACETE

Geoportal web IDE Ayto. Albacete



4. Integración con la aplicación de gestión de padrón municipal, ATM, que ha permitido realizar la georreferenciación del padrón visualizando sus resultados en el Geoportal, con objeto de dar cumplimiento al **Real Decreto 141/2024, de 6 de febrero**, por el que se modifica el Reglamento de Población y Demarcación Territorial de las Entidades Locales, en el que se requiere la incorporación de la referencia catastral al padrón. **https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2024-2248**
5. Generación de indicadores para la Agenda 2030 y Agenda Urbana; el hecho de poder ofrecer los resultados geolocalizados y su integración con datos de población mejora el grado de transparencia y permite ofrecer resultados de muchos más de los indicadores definidos en la Agenda 2030.

Próximos proyectos e integraciones:

1. Colaboración con el Servicio Contra Incendios para

La IDE de Albacete se está convirtiendo en una herramienta fundamental para la gestión territorial del municipio. Su evolución está siendo muy positiva y se espera que continúe creciendo en los próximos años. Un ejemplo de cómo la tecnología puede ser utilizada para mejorar la eficiencia y la transparencia de la administración pública.

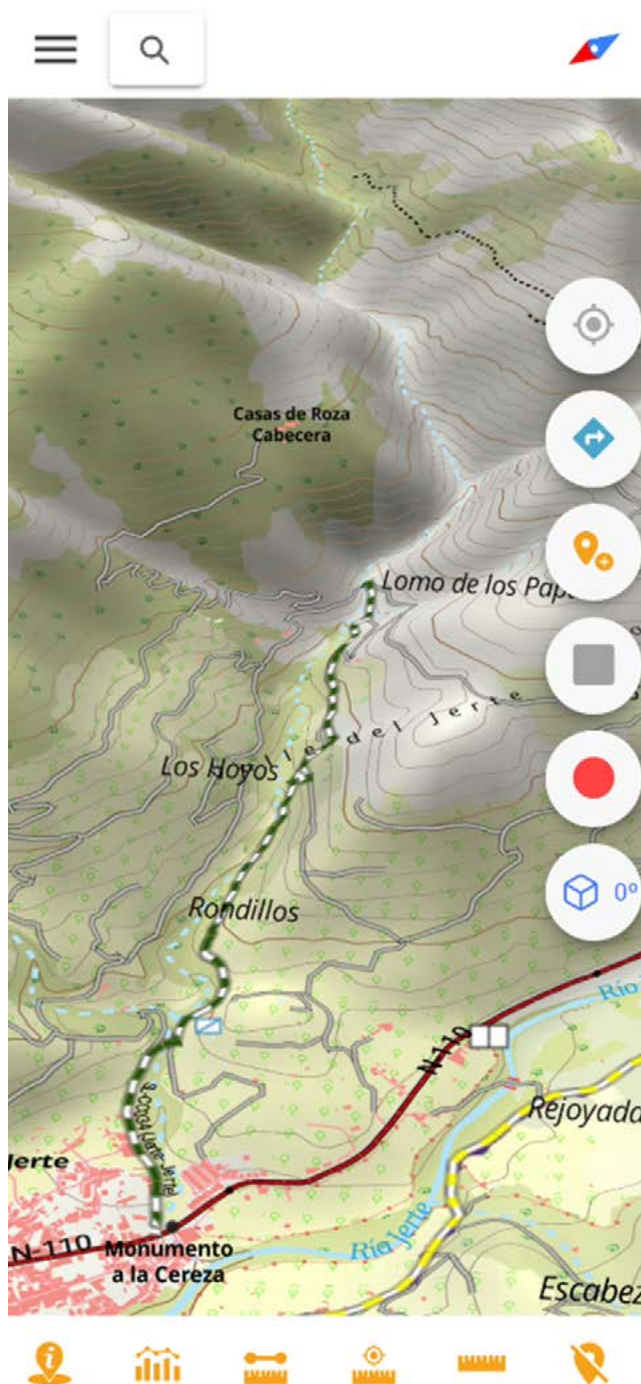
El área de informática del O.A. Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG), responsable de la gestión de las **aplicaciones móviles** del Instituto Geográfico Nacional (IGN), publica, a través de estas aplicaciones, productos geográficos que utilizan las herramientas y formatos más novedosos para poner a disposición del público la información geográfica del Instituto Geográfico Nacional. Uno de estos productos es la «**Cartografía vectorial para móviles**», cuya última actualización se publicó en 2023 y que muestra información geográfica procedente del Servidor de Información Geográfica de Referencia (SEIG) del Instituto Geográfico Nacional en teselas vectoriales con formato MBTiles ráster y con un estilo lo más parecido posible al Mapa Topográfico Nacional 1:25000. Todo el producto ocupa un total de 1.7 Gigabytes, para una descarga rápida y un manejo sencillo dentro de las aplicaciones Mapas de España y Mapas de España Básicos.

En esta actualización se ha apostado por usar las fuentes procedentes del **Mapa Ciudadano**, producto del **Sistema Cartográfico Nacional** que también usa teselas vectoriales y que recoge información geográfica de distintas administraciones tanto nacionales como regionales y locales, coordinadas por la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE).

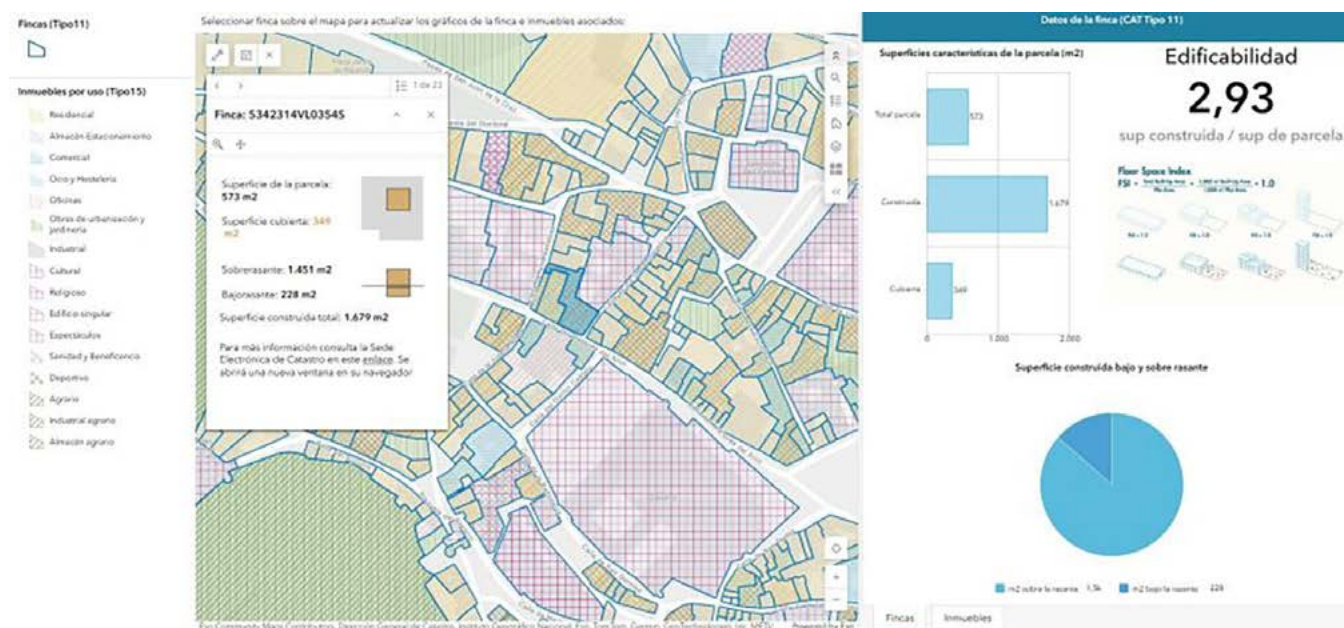
En primer lugar, se ha hecho un estudio de adaptación del modelo de datos del Mapa Ciudadano con el del Mapa Topográfico Nacional en el cual se determinan en qué niveles de visualización se va a crear y representar la información geográfica. En total se han obtenido unas cincuenta capas de información geográfica divididas en diez grupos temáticos. Estas capas se sirven por parte del CNIG en un formato vectorial novedoso como **FlatGeobuf**, formato binario que mejora el rendimiento en la lectura en los datos vectoriales.

Una vez realizado este estudio, usando la herramienta **Tippecanoe**, actualizada a sus últimas versiones, se genera para cada capa un directorio con los archivos en formato Mapbox Vector Tiles (MVT) para la creación del estilo de visualización.

Se pretende que este estilo siga siendo lo más parecido posible al Mapa Topográfico Nacional, así que para ello se ha reutilizado el estilo de las versiones anteriores y se ha cambiado el software de generación de tramas



Vista de la Cartografía vectorial para móviles en la aplicación Mapas de España Básico.



superficiales, patrones lineales e iconos a uno más actual, denominado **Spreet** (en vez de Spritezero, que se usaba hasta ahora).

Partiendo de archivos en formato SVG creados con Inkscape se crea el sprite, que es un archivo en formato PNG con toda la simbología con un archivo JSON asociado que permite escoger una sección de la imagen para usarla en el estilo. Se hacen dos sprites con distintos tamaños para adaptarse a todos los dispositivos. El estilo actual incluye fuentes tipográficas de uso libre, similares a las usadas en versiones anteriores.

Para la creación del archivo final de capas, se crean archivos MBTiles de cada capa por cada nivel de visualización. Luego, se fusionan creando un archivo por cada nivel de visualización y posteriormente se vuelven a fusionar creando un único archivo usando tile-join, una herramienta

de Tippecanoe.

El producto final incluye un archivo de sombreado, realizado en formato MBTiles ráster y proveniente del Modelo Digital del Terreno con paso de malla 5m (MDT05) del Instituto Geográfico Nacional.

Vista de la Cartografía vectorial para móviles en la aplicación Mapas de España Básico

Así, se obtiene un archivo MBTiles vector con las capas, otro en formato MBTiles ráster con el sombreado y un archivo comprimido que contiene las fuentes tipográficas, los sprites y el estilo en formato JSON, que componen el producto final.

El área de informática del CNIG está trabajando en la automatización del proceso de creación de este producto, así como en la actualización y mejora del estilo y la simbología del producto.

Publicación de la IGR Hidrografía v1

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 8-9
2026
ISSN: 1131-9100

Nueva versión disponible para un dato de alto valor

Marta Carranza Gómez
Julián Delgado Hernández
Instituto Geográfico Nacional

En el anexo del **Reglamento de Ejecución (UE) 2023/138**, dentro del grupo Observación de la Tierra y medio ambiente, se establece la hidrografía como un dato de alto valor ya que su utilización está asociada a considerables beneficios para la sociedad, el medio ambiente y la economía (Directiva UE 2019/1024).

La Información Geográfica de Referencia de Hidrografía (IGR-HI), en su versión v1, surge con el objetivo de proporcionar una información Hidrográfica precisa, de calidad, objetiva, interoperable y que permita al usuario referencia sus datos de manera unívoca, situando al dato en el centro de la estrategia.

A diferencia de la versión inicial v0, que procede de productos cartográficos existentes para cubrir las obligaciones de la Directiva INSPIRE en el año 2017, esta nueva versión se trata de una información de alta resolución, objetiva, consistente con los datos altimétricos de la cobertura nacional PNOA-Lidar (1ª cobertura). Se han utilizado modelos de cálculo automático para la extracción de red a partir de los modelos de terreno (MDT, paso de malla de 2 m), adaptando una metodología originaria del CEDEX. Estos algoritmos automáticos utilizan, como información de partida, el conocimiento ya existente de la información procedente de Demarcaciones Hidrográficas, IGN, Organismos Autonómicos, etc. Entre otras, se ha integrado la información geométrica procedente de las CC. AA. de Cataluña, Galicia, Illes Balears, La Rioja, Comunidad Foral de Navarra y País Vasco. Asimismo, se ha incorporado sobre la red hidrográfica la codificación Pfafstetter Par para el ordenamiento de ríos realizado por CEDEX para la DGA.

Fruto del trabajo en colaboración con la Dirección General del Agua (DGA), Confederaciones Hidrográficas y Agencias Autonómicas del Agua, esta ver-

sión incorpora la información de las masas de agua superficiales para el 3º Ciclo de Planificación Hidrológica nacional y de reporte europeo a la Directiva Marco del Agua. La siguiente tabla resume la proporción de red y de área validada y consensuada, así como la dimensión publicada en mayo de 2025:

En el transcurso del proceso de producción de red automática a partir del MDT LiDAR de 2 m, se ha establecido un novedoso proceso para la detección de zonas de sumideros, que sirven de desagüe para la red natural. Para cada polígono se ha establecido un punto asociado que supone un nodo de desembocadura para la red hidrográfica.

A lo largo del año 2025 se está procediendo a la publicación, mediante descarga directa, a través del Centro de Descargas CNIG, de las primeras capas de información de este producto:

- Curso de agua del modelo aguas físicas de INSPIRE (hi_tramocurso_l).
- Tramos de la red hidrográfica (hi_redtramo_l).
- Nodos de la red hidrográfica (hi_rednodo_p).
- Secuencias de la red hidrográfica. Agrupa los tramos por su atributo idcurso vinculado al código Pfafstetter (hi_redsecuencia_l).
- Geometría poligonal de lagos, lagunas y embalses. Satanding Water de INSPIRE (hi_aguaestancada_s).
- Geometría poligonal de las presas. DamOrWeir de

Tabla 1. Resumen de la red y agua estancada total aproximado, validado y publicado a fecha 05/2025

	Km red	% del total	Nº Agua Estancada	% del total	Km2 Agua Estancada	% del total
Validado	87.846	12%	1.218	1%	4.342	84%
Publicado 05/2025	233.101	32%	14.154	11%	1.945	38%
Total (aprox.)	726.688	100%	133.321	100%	5.165	100%

INSPIRE- (hi_presa_s).

- Geometría poligonal de los márgenes de los cursos de agua (hi_cauce_s).
- Geometría puntual con las cabeceras y desembocaduras (hi_cabeceras_desembocaduras_p).
- Sumideros Poligonales. Geometría poligonal que representan zonas de depresión natural de la superficie terrestre que actúan como desagües para el agua (hi_sumideros_s).
- Geometría puntual de nodos desembocadura de tipo sumidero. Vinculado a la tabla hi_sumideros_s (ge_sumideros_p).

Además, por ser «Conjuntos de Datos de Alto Valor» (HVD por sus siglas en inglés), permanece publicada la versión anterior v0, facilitando la trazabilidad del producto. En el primer trimestre de 2026 está previsto cumplimentar los requisitos d un HVD con una API y un servicio de descarga masiva para la IGR Hidrografía v1 en todas las demarcaciones. El servicio de visualización se encuentra disponible en el siguiente enlace

<https://visor-hidrografia.ign.es/hidrografia/>

La IGR Hidrografía supone una información geométrica de calidad y precisión para diversos proyectos como por ejemplo para los servicios de información ciudadana o la gestión de vertidos, captaciones, emergencias y dominio público.

Durante los próximos años se continuará el trabajo de revisión y validación de la totalidad de red, con el objetivo de alcanzar un consenso en del 100% de los elementos entre todos los organismos implicados, con una previsión de actualización anual de la información publicada.

La siguiente tabla resume el estado de cumplimiento de los requisitos de la para datos de alto valor para la IGR Hidrografía:



Figura 1. Red y embalses IGR Hidrografía sobre MDT LiDAR 1ª cobertura. Embalses del Guadalteba y del Guadalhorce.

Tabla 2. Resumen del estado de cumplimiento los requisitos de la Directiva UE 2019/1024 para el conjunto de datos de IGR Hidrografía indicado en este abstract

Requisito	Estado IGR Hidrografía
Licencia	Creative Commons BY 4
Formato	Abierto, legible por máquina y documentado
Acceso	Disponible vía descarga directa masiva. API en proceso
Versionado	Histórico IGR HI v0 accesibles por API y descarga masiva
Metadatos	Cumplimiento de los metadatos mínimos del Reglamento (CE) n.º 1205/2008, indicando explícitamente «Dato de Alto Valor»
Documentación	Especificaciones técnicas y modelo de datos disponible junto a la información
Interoperabilidad	Conformidad con INSPIRE (2007/2/CE) y Directiva Marco del Agua (2000/60/CE)
Precisión	Origen MDT 2m y precisión de la fuente de CC. AA. integradas. Estadística control xy sobre terreno muestra precisión mejor que 5m en todo el territorio.
Mantenimiento	Proceso oficial de producción y actualización, con validaciones geométricas y de atributos y coordinación entre agentes implicados

Programa de Colaboración Nacional del Servicio de Vigilancia Terrestre de Copernicus en España

Presentación del Programa y resumen de actividades en 2025

Julián Delgado Hernández
Samuel Parada Bustelo
Instituto Geográfico Nacional (IGN)

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 10
2026
ISSN: 1131-9100

El **Programa de Colaboración Nacional (National Collaboration Programme -NCP) del servicio de Vigilancia Terrestre de Copernicus (Copernicus Land Monitoring Service - CLMS)** está siendo desarrollado por la **Agencia Europa de Medio Ambiente (AEMA)** entre 2024 y 2027. Su despliegue está previsto en dos fases, participando España en la primera de ellas junto con otros 4 países.

Los objetivos principales del NCP son la capacitación de usuarios nacionales en datos CLMS, recoger sus requerimientos y asegurar su participación en el desarrollo del servicio.

Para el diálogo y el desarrollo del plan la AEMA se apoya en los expertos nacionales 'Support to CLMS' de la Red EIONET de información medioambiental. En España es el Instituto Geográfico Nacional quien desarrolla este rol debido a sus experiencias en la producción de información en ocupación del suelo y colaboración durante décadas con la AEMA.

El NCP debe hacer uso de los foros y grupos de trabajo nacionales existentes en relación con Copernicus y EIONET para difundir, desplegar y colaborar con el resto de los usuarios españoles.

La implementación de este programa se realiza a través de una serie de módulos predefinidos, de los cuales unos son obligatorios y otros opcionales.

Módulos obligatorios

- Organización de reuniones a nivel nacional y transmisión de satisfacción y propuestas de los usuarios españoles con respecto a los datos y servicios del CLMS.
- Desarrollo de casos de uso de aplicación de los datos CLMS en proyectos españoles, ya sean a nivel local, regional o nacional.

- Informes compilatorios y seguimiento del progreso del NCP.

Módulos opcionales

- Equipos de trabajo temáticos. En especial para España se estableció el grupo enfocado a temáticas costeras.
- Sesiones formativas de la AEMA en datos y servicios CLMS.
- Visitas de estudiantes de doctorado a la AEMA.
- Material de comunicación en idioma nacional.

Ejemplos de las diferentes actividades realizadas en 2025 por los agentes españoles colaboradores en el NCP :

- Celebración de la 1ª reunión nacional del NCP.
- Recopilación de casos de uso:
 - Utilización de datos nacionales (p.e. **Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España, SIOSE**) para la producción y validación de productos CLMS.
 - Utilización de CLMS High Resolution Layers para la mejora temática del SIOSE, o uso del European Ground Motion Service para la determinación de deslizamientos del terreno.
- Constitución de un grupo temático costero para el análisis de datos y necesidades de los servicios terrestre y costero de Copernicus.



Ejemplo de mejora temática del SIOSE Alta Resolución, donde las clases de suelo no edificado o pavimentado son identificadas como vegetación urbana gracias a CLMS High Resolution Layers.

Implementación de metodologías de Inteligencia Artificial para la clasificación de nubes de puntos en el proyecto PNOA-LiDAR

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 11-12
2026
ISSN: 1131-9100

Jesús María Garrido Sáenz de Tejada
Ernesto Ballesteros García-Asenjo
Instituto Geográfico Nacional



Figura 2. Años de vuelo 3ª cobertura PNOA-LiDAR.

El Instituto Geográfico Nacional (IGN) está realizando la tercera cobertura del **proyecto PNOA-LiDAR** entre 2022 y 2025 con una densidad de 5 puntos/m².

En coberturas anteriores, la clasificación de nubes de puntos se ha realizado mediante edición manual, partiendo de una clasificación automática con algoritmos geométricos. Esta edición manual es lenta y costosa, más aún en esta tercera cobertura por el aumento de densidad.

Con la expansión de la inteligencia artificial (IA), han surgido novedosos algoritmos de segmentación semántica mediante aprendizaje profundo (DL) basados en redes neuronales, que permiten acortar plazos y reducir costes, aumentando el número de clases a obtener.

El IGN está implementando estas técnicas de clasificación mediante IA, tal y como están realizando en el resto de las agencias europeas homólogas.

Antecedentes

Para analizar la viabilidad en la implementación de metodologías de IA en la clasificación de nubes de puntos, el IGN ha seguido varias etapas a lo largo de los últimos años:

1. Prueba piloto (2023)
Se realizó un primer testeo de la tecnología en 16.000 Km² de Castilla y León, evaluando los resultados obtenidos con la red neuronal KPConv (2019). Se obtuvieron excelentes rendimientos en la fase de entrenamiento y buenas métricas de calidad, siendo su bajo rendimiento a la hora de inferir su mayor hándicap, lo que pone como necesario añadir estrategias de vecindad y submuestreo en el proceso.
2. Consulta Preliminar al Mercado (2024)
Con el objetivo de conocer más experiencias similares, el IGN realizó una «Consulta Preliminar al Mercado». Tras el análisis de la consulta se concluyó que había una madurez suficiente en la industria para acometer las siguientes fases.
3. Clasificación mediante técnicas de IA de datos de la 3ª cobertura de PNOA-LiDAR (2024)
Prueba piloto de mayores dimensiones, nos permitió comparar distintas redes neuronales, tanto en métricas de calidad como en rendimientos. Se clasificaron un total de unos 42.000 km² dispersos en Aragón y Extremadura, con 2 arquitecturas DL distintas: KPConv y PointTransformer v1 (2021), y postprocesos automáticos GIS para detección de errores y mejora de resultados, aumentando el número de clases objetivo.
Las clases incluidas fueron las siguientes:
 - Clases básicas: suelo, vegetación, edificios, puentes y solape.
 - Clases avanzadas agua, carreteras, vías de ferrocarril, vehículos, torres y cables eléctricos, aerogeneradores y placas solares.
4. Análisis de resultados, conclusiones y decisión (2025)
Una vez analizados los resultados se concluye que el estado del arte permite la utilización con garantía de calidad de metodologías de IA en el procesamiento de nubes de puntos del proyecto PNOA-LiDAR. Situación implementación entre noviembre 2024 y noviembre 2025.

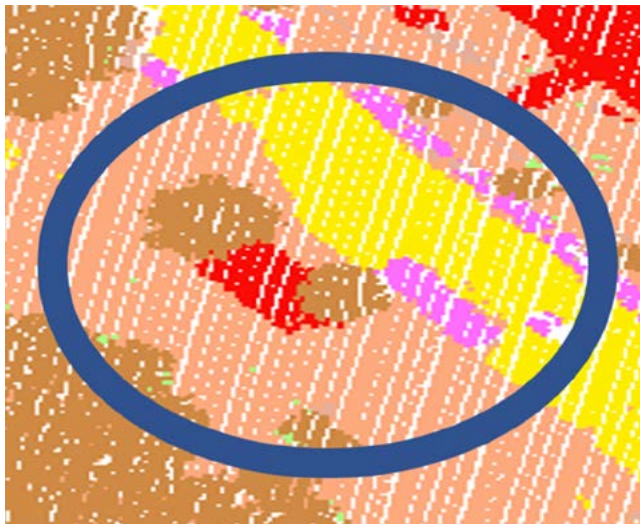


Figura 3. Ejemplo de detalle alcanzado. Parada de autobús (rojo: parada, amarillo: carretera, morado: autobús).

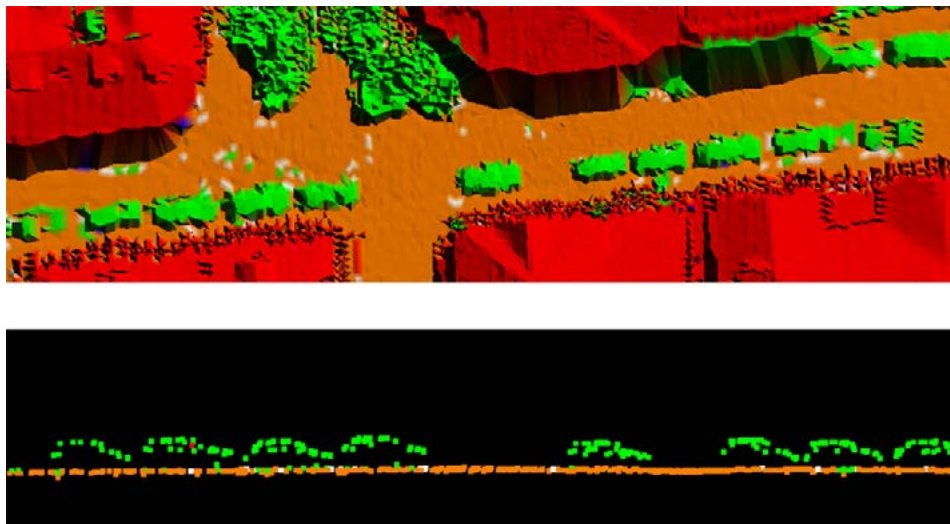


Figura 4. Ejemplo de vehículos clasificados como vegetación con algoritmos tradicionales que requieren el uso de IA.

Esta presentación se plantea como una continuación de la realizada en las JIIDE 2024. Una vez finalizadas las pruebas y análisis, ahora ya en fase de producción en 2025, se exponen los trabajos realizados e iniciativas futuras:

1. Cantabria

Se han clasificado las nubes de puntos de esta comunidad mediante una combinación de metodología tradicional e IA. Las clases «suelo», «vegetación», «edificios» y «puentes» se han clasificado con metodologías tradicionales (algoritmos geométricos y

edición interactiva).

El resto de las clases avanzadas han sido clasificadas utilizando metodología IA (arquitectura PointTransformer v1) y procesos GIS automáticos: aerogeneradores, agua (mar y embalses), cables, torres eléctricas, vehículos y paneles solares.

2. Comunidad Foral de Navarra

Mediante acuerdo de colaboración entre IGN y el Gobierno de Navarra, este último será el encargado de realizar la clasificación mediante IA (arquitectura KpConv). A fecha de envío de este resumen (julio 2025) han comenzado los trabajos y está previsto poder presentar resultados en noviembre.

3. Galicia, País Vasco, La Rioja y parte de Andalucía

A fecha de envío de este resumen (julio 2025) está publicado un proceso de licitación para la clasificación de las Comunidades Autónomas de Galicia,

País Vasco, La Rioja y parte de Andalucía, donde se permite el uso de IA.

Las clases a obtener son:

- Clases básicas obligatorias: suelo, vegetación, edificaciones, puentes, agua, vehículos, torres eléctricas, cables eléctricos, aerogeneradores, paneles solares, antenas.
- Clases avanzadas (mejoras opcionales evaluables): muros, presas, cubiertas edificios (planas, vegetales, inclinadas), fachadas, patios interiores.
- En este caso, la metodología a utilizar dependerá de las empresas adjudicatarias.

4. Otras CC. AA.

Se han iniciado los trabajos de clasificación en otras CC. AA. (Madrid, Andalucía, etc.) combinando las metodologías tradicionales de edición supervisada y las nuevas arquitecturas de IA (PointTransformer v3). Se pretende dar continuidad a los trabajos con el resto de CC. AA. cuyo procesamiento está pendiente, aumentando progresivamente la automatización de tareas mediante IA, lo que permitirá acortar tiempos y costes de procesamiento de datos.

Jose Antonio Moreno Muñoz
Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA)

Borja Mañas Álvarez
SANDETEL

Daniel Luna Rodríguez
Emilio Pardo Pérez
Guadalitel

El **Sistema de Información Geográfica Corporativo (SIGC) de la Junta de Andalucía**, desarrollado por el Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA), en coordinación con la Agencia Digital de Andalucía (ADA), constituye un ejemplo consolidado de éxito en la modernización de la administración pública a través del uso inteligente de los datos geoespaciales.

Desde su puesta en marcha en 2007, el SIGC ha evolucionado hasta convertirse en una infraestructura tecnológica sólida, basada en software libre, estándares abiertos e interoperabilidad, que posibilita la gestión transversal de herramientas y datos espaciales en el conjunto del aparato administrativo andaluz.

Una de las claves de este modelo es su fuerte componente de colaboración institucional. A nivel autonómico, el SIGC ha conseguido integrar a múltiples organismos y unidades administrativas en torno a un catálogo común de servicios, aplicaciones y herramientas reutilizables, como MAPEA, GeoBúsquedas, HC-SIGC, GNOIDE o una amplia colección de geoprocesos accesibles vía servicios web.

Este enfoque colaborativo fomenta un modelo de autoservicio, minimiza las barreras técnicas y promueve la publicación y explotación eficiente de la información geográfica, alineada con los principios de apertura, eficiencia y reutilización. Esta capacidad de integración permite también una mejor coordinación de políticas públicas que requieren información territorial precisa, actualizada y homogénea, como las relacionadas con el medio ambiente, la ordenación del territorio, la movilidad, la protección civil, la planificación urbana o la gestión de servicios sociales.

En los últimos años, se ha intensificado la alineación del SIGC con iniciativas estatales como la **API-IDEE** del Centro

Nacional de Información Geográfica (CNIG), mediante una estrategia de convergencia técnica que ha permitido, por ejemplo, la integración progresiva entre MAPEA y la API-CNIG. Esta interoperabilidad no solo representa un avance tecnológico, sino que materializa una visión compartida entre administraciones públicas: la construcción de un ecosistema geoespacial colaborativo, sostenible y centrado en el servicio a la ciudadanía.

Esta visión, basada en la suma de capacidades y la eliminación de duplicidades, maximiza el valor público de los datos geográficos y garantiza su utilidad en múltiples ámbitos de gestión y toma de decisiones.

Todo ello se enmarca en una estrategia institucional que apuesta por la interoperabilidad, la colaboración interadministrativa y la sostenibilidad tecnológica.

El SIGC se consolida, así, como un referente para otras administraciones que deseen construir soluciones SIG abiertas, escalables y alineadas con la directiva INSPIRE, los principios de gobierno abierto y los objetivos de la transformación digital del sector público. Además, ha contribuido a facilitar la innovación dentro de la Junta de Andalucía, extendiendo el uso de funcionalidades geoespaciales a ámbitos no especializados.

En la actualidad, casi todo proceso administrativo tiene un componente territorial, y el SIGC lo pone al alcance de toda la organización.

El código fuente de las herramientas y componentes desarrollados en el marco del SIGC está disponible en su repositorio oficial de GitHub: <https://github.com/sigcorporativo-ja>.

Además, puede consultarse información general del proyecto, documentación y recursos adicionales en su página web: <https://sigcorporativo-ja.github.io/>.

Estadísticas de cultivos en toda la UE empleando IA

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 14
2026
ISSN: 1131-9100

Emilio Pardo Pérez
Alfonso Martínez Cuadrado
Cristina Ortega Cartelle
José Enrique Soriano Sevilla
Guadalitel

La producción de mapas de uso y cobertura del suelo a escala continental ha avanzado de forma notable gracias a la disponibilidad de datos satelitales de alta resolución y a la aplicación de algoritmos de aprendizaje automático.

En este marco, la Comisión Europea, mediante el programa Copernicus y en combinación con las encuestas in-situ LUCAS, ha generado mapas detallados de tipos de cultivos para toda la Unión Europea (UE) a una resolución espacial de 10 metros. Estos mapas distinguen hasta 19 tipos de cultivos agrícolas y representan una herramienta clave para el análisis territorial y la implementación de políticas públicas.

El uso de imágenes procedentes de los satélites Sentinel-1 y Sentinel-2, junto con los datos del módulo Copernicus de LUCAS, ha permitido entrenar modelos robustos de clasificación supervisada —principalmente Random Forest— para mapear los tipos de cultivos en toda Europa. La integración de estos datos proporciona una fuente armonizada de información sobre la cobertura agrícola que puede ser utilizada de forma directa para fines estadísticos, de gestión agraria y de monitorización ambiental.

No obstante, el análisis de los productos derivados de imágenes satelitales requiere una comprensión crítica de sus limitaciones inherentes. En concreto, los productos raster, basados en celdas o píxeles, introducen inevitablemente un sesgo en la representación espacial de las superficies agrícolas. Este sesgo, aunque inherente al formato de los datos, puede condicionar seriamente la utilidad de la información cuando se emplea para estimar superficies cultivadas o generar estadísticas agrícolas.

Nuestra labor se centra en el estudio y análisis de estos sesgos desde una perspectiva estadística, con el objetivo de derivar cifras más representativas y ajustadas de superficie de cultivos.

A diferencia de los trabajos que se enfocan en mejorar la calidad de la clasificación o entrenar nuevos modelos, nuestro enfoque busca garantizar que los datos generados sean comparables, trazables y útiles como base para estadísticas oficiales a nivel europeo, especialmente en el contexto de Eurostat y la Política Agraria Común (PAC).

La disponibilidad de mapas de cultivos detallados y actualizados de manera periódica representa una oportunidad sin precedentes para la mejora de la estadística agraria en Europa. Sin embargo, también plantea retos metodológicos y conceptuales que requieren una reflexión crítica sobre la naturaleza de los datos espaciales, sus procesos de generación y sus implicaciones analíticas. Abordar estos retos con rigor técnico y estadístico es fundamental para avanzar hacia una estadística agrícola moderna, basada en datos abiertos, reproducibles y científicamente validados.



Detectando lo indetectable: Deep Learning y GIS para localizar sismos de baja intensidad

Escuchando la Tierra con IA: detección sísmica precisa y automatizada integrando redes neuronales y análisis geoespacial

Alfonso Martínez Cuadrado
Miguel Correa Falcón
José Enrique Soriano Sevilla
Daniel Martín Pérez de León
Mariano Esteban Romero
GUADALTEL

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 15
2026
ISSN: 1131-9100

El uso combinado de Sistemas de Información Geográfica (GIS) y técnicas avanzadas de Deep Learning ha transformado el análisis sísmico, facilitando la detección automatizada y la caracterización precisa de eventos de baja magnitud. Estos terremotos, aunque suelen pasar desapercibidos en los sistemas tradicionales y son complejos de detectar de forma manual, proporcionan información crucial para comprender la actividad sísmica en una región y para caracterizar la sismicidad de una zona geográfica. Así, la incorporación de información geoespacial en el procesamiento de datos sísmicos permite mejorar significativamente la identificación y asociación de eventos en tiempo real, optimizando los flujos de trabajo de monitoreo.

En este contexto, se ha implementado un flujo de trabajo automatizado basado en Quakeflow, integrado en el sistema de monitoreo y análisis sísmico en tiempo real de la **Red Sísmica Nacional Española del Instituto Geográfico Nacional (IGN)**. Esta herramienta emplea redes neuronales profundas para la identificación de fases sísmicas y algoritmos de aprendizaje automático no supervisado para generar un catálogo preliminar de terremotos.

La integración de tecnologías GIS en este proceso permite combinar la ubicación de estaciones sismológicas con modelos geoespaciales auxiliares, como estructuras geológicas o modelos de velocidad sísmica. Esta combi-

nación mejora la caracterización de los eventos sísmicos, proporcionando datos más completos sobre su distribución y patrones espaciales. Posteriormente, las localizaciones se refinan mediante un algoritmo probabilístico no lineal adaptado a la corteza continental ibérica, integrándose en el sistema de análisis del IGN.

Uno de los principales beneficios de esta metodología es el aumento en la cantidad y calidad de los datos disponibles sobre sismicidad. En comparación con los métodos convencionales, este enfoque ha logrado incrementar en un 40% la detección de eventos sísmicos, proporcionando un catálogo más completo y detallado. La integración de tecnologías GIS permite no solo visualizar mejor la distribución espacial de los terremotos, sino también analizar correlaciones entre eventos, mejorando la caracterización de las zonas de sismicidad en España.

Los resultados obtenidos demuestran que la combinación de inteligencia artificial, análisis geoespacial y herramientas de modelado sísmico, mejora significativamente la capacidad de caracterización de terremotos.

Al incorporar información espacial en el análisis de señales sísmicas, se logra detectar con mayor eficacia eventos de baja magnitud que de otro modo pasarían desapercibidos, fortaleciendo así los sistemas de monitoreo y representando un avance importante en la aplicación de tecnologías GIS y aprendizaje automático en el ámbito de la sismología.

Metodología y Visualizador

Néstor Villanueva Durbán
Edgar Lorenzo Sáez
Eloina Coll Aliaga
Dades València - UPV

El proyecto se centra en la estimación y visualización geoespacial de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de las empresas en España, con especial énfasis en la ciudad de Valencia. El estudio enfoca su atención en el sector empresarial, con el objetivo de cuantificar las emisiones de empresas utilizando datos sectoriales y abordando al mismo tiempo los retos que plantea la confidencialidad de los datos.

Para abordar esta problemática, se ha diseñado y desarrollado una metodología innovadora basada en programación con Python, que permite la extracción, tratamiento y análisis de datos empresariales y medioambientales.

La información sobre empresas ha sido obtenida de la base de datos empresarial **Sistema de Análisis de Balances Ibéricos, SABI**, donde el código **CNAE** (Clasificación Nacional de Actividades Económicas), el número de empleados y los ingresos anuales de explotación, serán clave para la metodología.

La información sobre emisiones en forma de CO2 equivalente proviene de dos fuentes distintas.

- Principalmente, se utilizan las emisiones obtenidas por el Instituto de Aplicaciones de las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones Avanzadas de la Universitat Politècnica de València (**ITACA-UPV**) en el proyecto «**Development of sectorial and territorial information system to monitor GHG emissions as local and regional climate governance tool: Case study in Valencia (Spain)**».

- Además, los datos del **Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI)** del Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico, servirán para contrastar y ponderar para obtener una metodología más fiable.

Una vez obtenidas las estimaciones de emisiones por empresa, se generan dos indicadores clave que sirven para estandarizar y comparar. Ambos indicadores generados

se obtienen para cada empresa (territorial) y para cada CNAE (sectorial).

El Índice de Sostenibilidad Empresarial (Company Sustainability Index, CSI), evalúa la sostenibilidad relativa de cada empresa según el número de empleados y los ingresos anuales de explotación, con un valor normalizado entre 0 y 1 por empresa y por sector.

La «Clasificación de sostenibilidad», es un sistema independiente que clasifica las empresas en cuatro perfiles: sostenible, tradicional, rentable e ineficiente. En este caso, se utilizan dos ratios, los empleados con las emisiones y los ingresos con las emisiones.

El proyecto se completa con el desarrollo de una aplicación/visualizador web que muestra la distribución espacial de las empresas estudiadas y los indicadores generados. De esta forma se puede reutilizar la información para realizar análisis con mayor resolución espacial.

Este trabajo contribuye a los campos de la geomática y el desarrollo sostenible brindando información relevante para estrategias locales más completas para la reducción de emisiones.



Nota: Todos los valores de emisiones por empresa obtenidos son estimaciones, ningún valor representa valores reales o verificados. El proyecto tiene una finalidad académica y no pretende dañar o impactar negativamente a ninguna organización, así como obtener beneficio económico por la difusión de los datos.

Conocer el emplazamiento de la población es uno de los temas fundamentales para los objetivos de desarrollo sostenible marcados por el Comité de Expertos sobre la Gestión Mundial de la Información Geoespacial (**UN-GGIM**). *Building and Settlements* define los asentamientos como conjuntos de edificios y elementos asociados donde una comunidad lleva a cabo actividades socioeconómicas.

Los asentamientos de población, junto con las edificaciones, son información geoespacial muy relevante para los siguientes Objetivos del Desarrollo Sostenible, (ODS):

- 9 (Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación).
- 11 (Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles).
- 12 (Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles).

Relevantes para los indicadores ODS:

- 1 (Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo).
- 3 (Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades).
- 4 (Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos).
- 6 (Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos).
- 7 (Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna).
- 13 (Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos).

Para dar respuesta a esta necesidad, desde la Subdirección General de Cartografía y Observación del Territorio del Instituto Geográfico Nacional (IGN) se ha venido desarrollando el proyecto para la Información Geográfica de Referencia de Poblaciones (IGR-PO). Su principal objetivo es gestionar y mantener la localización y forma geométrica de las poblaciones, su código estadístico y su topónimo oficial.

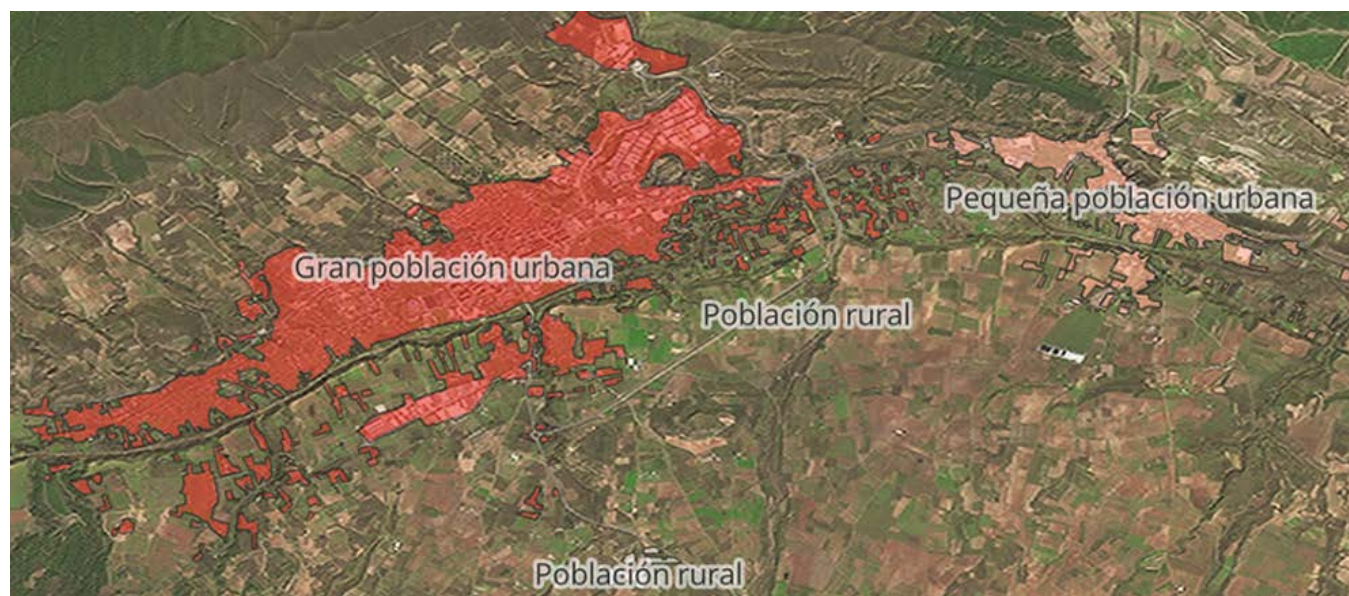
La «**IGR Poblaciones**» es un conjunto de datos espaciales diseñado para representar la localización geográfica y la forma geométrica de las poblaciones. El objeto geográfico de población se define como agrupación de uno o más edificios, indistintamente de su uso, que son conocidos por una misma denominación. Incluyen sus espacios asociados y están geométricamente definidas sobre el parcelario catastral, integran el código de la unidad estadística del Instituto Nacional de Estadística (INE) a la que pertenece, el nombre geográfico que lo identifica, el uso representativo, así como otras características que son interesantes desde el punto de vista poblacional.

El modelo de datos de IGR-PO está diseñado de forma que permite la múltiple representación de las poblaciones, de manera que puede adaptarse al contenido y la definición geométrica de las poblaciones que necesite cada usuario, y logra ser conforme con el marco normativo vigente, proporcionando un marco de localización único y coordinado en el ámbito nacional.

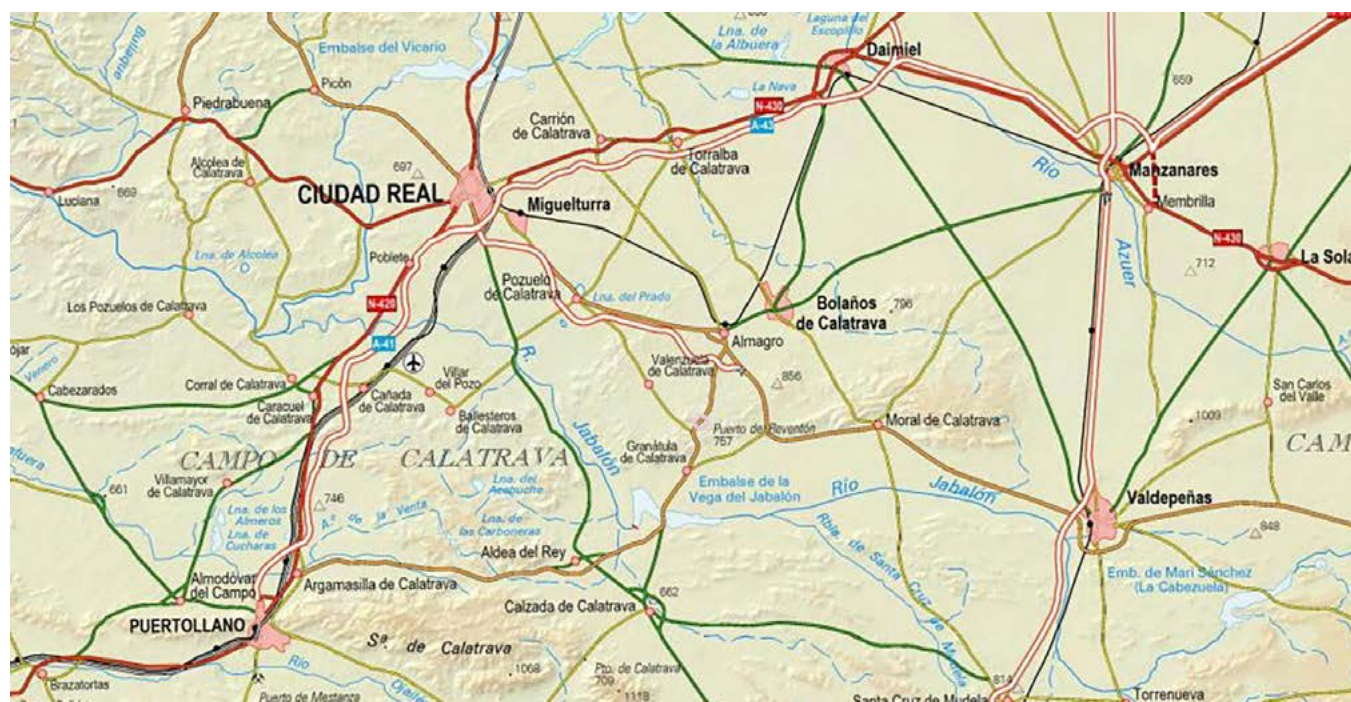
El flujo de producción de IGR-PO es iterativo, utiliza como punto de partida para cada nueva versión el resultado de la versión anterior, junto con el resto de las fuentes actualizadas (nomenclátor INE, toponimia, Catastro...). Para satisfacer una frecuencia de actualización anual la mayoría de los pasos del proceso son automáticos, manteniendo sólo como procesos manuales o semiautomáticos los procesos de revisión y edición. Durante el presente año 2025 se ha publicado a través del Centro de Descargas del CNIG la versión de IGR-PO con fecha de referencia 2023.

Entre los usos que tiene el producto IGR Poblaciones se encuentran los siguientes:

- Representación cartográfica de poblaciones.
- Georreferenciar nomenclátors.
- Georreferenciar estadísticas.
- Georreferenciación de los núcleos de población del nomenclátor INE.
- Completar el Modelo de Direcciones de la Administración General del Estado (CartoCiudad).



Categorización de las poblaciones de IGR-PO según su grado de urbanización.



Representación cartográfica de poblaciones

- Georreferenciación de las zonas de cobertura del Programa de Extensión de Banda Ancha.
- Cálculo y representación de Indicadores de Desarrollo Sostenible.
- Emergencias.
- Generación de zonas geográficas restringidas para el vuelo de drones.
- Geomarketing.
- Etc.

Actualmente está publicado mediante descarga, servicios

interoperables y su inserción en visualizadores geográficos del IGN-CNIG la versión con fecha de referencia 2023. Está previsto para finales de 2025 la publicación de IGR-PO 2024.

Entre las novedades respecto a la versión anterior, se ha añadido la categorización del grado de urbanización alineada con la Comisión de Estadística de las Naciones Unidas y el nivel 1 de la clasificación del grado de urbanización definida por la Comisión Europea. El grado de urbanización combina los umbrales de tamaño y densidad de edificación para clasificar en tres clases mutuamente excluyentes: gran población urbana, pequeña población urbana y población rural.

Centralización y automatización de datos espaciales desde múltiples formatos mediante FME y PostgreSQL

Optimización de flujos para la gestión catastral en proyectos de diversa índole

Pablo López Díaz
Ángela Alonso Fernández
Marcos Alonso García
David Santos Caamaño
Seresco, S.A.

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 19-20
2026
ISSN: 1131-9100

En el contexto actual de la gestión de datos espaciales, los proyectos requieren cada vez más una integración eficaz de fuentes heterogéneas, en las que formatos como CAD (.dwg, .dxf), SHP y geodatabases (.gdb) conviven en los flujos de trabajo. Esta diversidad complica la unificación, gestión y análisis de la información, especialmente en ámbitos críticos como el catastro y la ordenación territorial cartográfica.

En **Seresco**, desde la perspectiva de una empresa productora de datos espaciales, afrontamos este desafío mediante la implementación de un proceso de centralización en una única base de datos **PostgreSQL/PostGIS**, utilizando como herramienta principal **FME** (*Feature Manipulation Engine*). Esta estrategia facilita la lectura de entradas dispares, su filtrado, transformación y carga eficiente en un modelo de datos diseñado para ser genérico, escalable y reutilizable en diversos proyectos.

Contexto y necesidad

Los proyectos de infraestructura y planificación territorial exigen integrar datos de múltiples fuentes y formatos, cada uno con su propia estructura, sistema de referencia espacial y nivel de calidad. Ante esta situación, desarrollamos un flujo de trabajo capaz de:

- **Leer** entradas de múltiples formatos (CAD, SHP, GDB).
- **Detectar y filtrar** datos relevantes aplicando reglas predefinidas.
- **Generar** automáticamente un esquema de base de datos homogéneo.
- **Cargar** datos en un modelo **PostgreSQL/PostGIS** optimizado.
- **Minimizar la intervención manual** en todas las fases del proceso.

Diseño del modelo de datos

El modelo de datos propuesto parte de la identificación de fenómenos espaciales comunes, como comunicaciones, construcciones, redes de transporte, hidrografía, orografía, usos, toponimia, etc. Basándonos

en este análisis, definimos un conjunto estandarizado de tablas y campos, apto para múltiples tipos de proyecto. Este enfoque permite una alta **reutilización**, adaptando el modelo con mínimas modificaciones gracias al uso de estructuras paramétricas y vocabularios controlados para los atributos clave.

Automatización del proceso con FME

FME se posiciona como la herramienta clave en este flujo, gracias a su capacidad para gestionar múltiples formatos, construir transformaciones lógicas y operar sobre bases de datos espaciales. El proceso definido contempla:

- Lectura de archivos CAD, SHP y GDB con detección automática de capas, atributos y geometrías.
- Filtrado inteligente mediante reglas espaciales y alfanuméricas.
- Normalización de atributos: homogeneización de nombres, tipos de datos y unidades.

Creación automática del esquema de destino en **PostgreSQL**.

- Validación de integridad espacial y alfanumérica tras la carga.

Componentes como **SQLCreator**, **AttributeManager**, **Tester** y **FeatureWriter**, permiten gestionar de forma desatendida todo el ciclo de procesamiento y carga.

Resultados obtenidos

La aplicación de esta metodología ha permitido:

- Reducir en un alto porcentaje los tiempos de integración de datos en proyectos de cartografía, catastro y planeamiento.
- Minimizar errores de transcripción y transformación.
- Centralizar la información espacial en bases de datos explotables por SIG de software libre, herramientas de análisis territorial y visualizadores web.
- Facilitar los procesos de mantenimiento y actualización continua de los datos tanto alfanuméricos como geoespaciales.

Además, se constató que la inversión inicial en el diseño de esquemas genéricos y la automatización se traduce en un importante ahorro de tiempo y costes a medio plazo.

Conclusiones y perspectivas

La creciente demanda de información geográfica precisa y homogénea requiere flujos de trabajo robustos, escalables y automatizados. La combinación de *FME* y *PostgreSQL/PostGIS* constituye una solución eficaz para

afrontar los retos actuales en la gestión de datos espaciales y alfanuméricos.

El desarrollo de modelos de datos genéricos, basados en fenómenos comunes, y la automatización de su generación permiten abordar proyectos de diferentes escalas de forma rápida y eficiente. Como perspectiva de futuro, se plantea la incorporación de técnicas de Inteligencia Artificial para el análisis automatizado, como la clasificación de fenómenos espaciales o la detección de cambios temporales, en línea con el lema de las JIIDE 2025.



Reutilización de datos espaciales: nuevas fronteras del conocimiento con Catastro_app

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 21-22
2026
ISSN: 1131-9100

Raquel Rodríguez Castro
Luis González-Carpio Fernández
Dirección General del Catastro
Ministerio de Hacienda

En la era digital, la información se ha convertido en uno de los recursos más valiosos. Entre todos los tipos de datos disponibles, los datos espaciales destacan por su capacidad para aportar contexto, precisión y valor estratégico a decisiones tanto públicas como privadas. En este marco, la nueva aplicación Catastro_app, desarrollada por la Dirección General del Catastro en colaboración con la Secretaría General de Administración Digital, se presenta como un ejemplo paradigmático de cómo la información catastral y los datos de alto valor se ponen a disposición del usuario para mejorar el conocimiento espacial y la gestión del territorio.

Más allá del catastro: una visión estratégica de los datos espaciales

Históricamente, el catastro ha sido una herramienta administrativa centrada en la fiscalidad. No obstante, con el auge de las tecnologías digitales y la apertura de datos públicos, el catastro se ha transformado en una fuente estratégica de datos espaciales, fundamentales para la toma de decisiones en sectores tan diversos como la agricultura, la ordenación del territorio, el urbanismo, la gestión de recursos naturales, la protección del patrimonio y la respuesta a emergencias.

La aplicación Catastro_app capitaliza esta evolución, al integrar en una única plataforma móvil un acceso ágil, intuitivo y seguro a la información catastral de cada usuario. Esto no solo representa una mejora en la eficiencia administrativa, sino que abre la puerta a nuevas formas de interactuar con el territorio mediante la visualización geoespacial de datos.

Localizar y proteger: principios para una gestión inteligente del patrimonio

La aplicación se estructura en torno a dos grandes pilares: localizar tus inmuebles y proteger tus inmuebles. A través de su funcionalidad de geolocalización, permite a los usuarios ubicar sobre el mapa todos los inmuebles de los que son titulares, ya sean rústicos o urbanos. Esta visualización inmediata transforma la manera en que los propietarios se relacionan con su patrimonio, especialmente en contextos donde existe una gran dispersión territorial o falta de conocimiento directo del terreno, como es el caso de inmuebles heredados o en zonas rurales.

Al permitir el dibujo de croquis, la toma de fotografías georreferenciadas y la creación de anotaciones personalizadas, la app convierte al usuario en un productor activo de información espacial, que puede guardar y reutilizar en diferentes contextos. Este tipo de interacción no sólo empodera al ciudadano, sino que fomenta una reutilización responsable y significativa de los datos catastrales.

Alertas en tiempo real: protección del patrimonio a través de la inteligencia de datos

La funcionalidad de protección no se limita a la pasividad de consultar información. Catastro_app introduce un sistema de avisos en tiempo real que informa al usuario de cualquier procedimiento catastral que afecte a sus propiedades. Esto convierte la aplicación en una herramienta proactiva de vigilancia del territorio, alineada con las nuevas tendencias en la gobernanza digital del suelo y una capa adicional de seguridad para el propietario.



Los datos espaciales como infraestructura crítica del conocimiento

Uno de los grandes aciertos de Catastro_app es su capacidad para poner en valor los datos catastrales como parte de la infraestructura crítica del conocimiento espacial. Esta infraestructura no solo tiene una dimensión técnica, sino también social, económica y ecológica.

Al proporcionar información sobre el precio medio de los cultivos o aprovechamientos en cada zona, por ejemplo, la app ofrece una capa económica a los datos espaciales que puede ser reutilizada por agricultores, investigadores, gestores de políticas agrarias o emprendedores rurales para tomar decisiones más informadas y sostenibles. Aquí, los datos catastrales se entrelazan con datos económicos, ambientales y sociales para ofrecer una visión holística del territorio.

Reutilización de datos abiertos: el futuro de la innovación territorial

La publicación y reutilización de los conjuntos de datos de alto valor, como establece el Reglamento de Ejecución (UE) 2023/138 del Parlamento Europeo, es una piedra angular para fomentar la innovación, la transparencia y la eficiencia en la administración pública. En este sentido, seguimos trabajando para que Catastro_app combine datos catastrales con otras fuentes de información, como estadísticas socioeconómicas, y con conjuntos de datos de alto valor, tales como datos geoespaciales para la gestión ambiental y datos para la prevención de riesgos.

El hecho de que la app ya cuente con más de 110.000 descargas y decenas de miles de suscriptores es una prueba del apetito que existe por herramientas digitales que hagan accesible y útil la información territorial. Pero también es un indicador del potencial latente en los datos espaciales reutilizados, cuya verdadera capacidad se despliega cuando son conectados, contextualizados y visualizados de forma inteligible con una herramienta que permite a los usuarios situarse sobre el territorio, es decir, sobre sus inmuebles, en tiempo real.

Conclusión

Catastro_app demuestra que cuando los datos espaciales se abren, se estructuran y se ponen al servicio de la ciudadanía mediante herramientas accesibles, se genera una transformación profunda en la forma de entender y gestionar el territorio. La administración pública incrementa así la transparencia y mejora el servicio al ciudadano, fortaleciendo la confianza en las instituciones públicas.

En un mundo donde el territorio es cada vez más valioso y disputado, contar con herramientas que ayuden a localizar, proteger y comprender el espacio que habitamos es esencial. Y Catastro_app es, sin duda, un paso firme en esa dirección.

Para saber más de nuestra aplicación móvil, consulta **[Ayuda Catastro app: Página de presentación \(hacienda.gob.es\)](https://www.hacienda.gob.es/ayuda-catastro-app)**.

Instituto Geográfico Nacional

O. A. Centro Nacional de Información Geográfica

Observación del
Territorio

Tecnologías de la
Información

Geofísica

Geodesia

Cartografía

www.ign.es



@ignspain



DESCARGA NUESTROS PRODUCTOS

consulta@cniq.es

General Ibáñez de Ibero 3. Madrid, 28003
91 597 95 14 - consulta@cniq.es - www.ign.es



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRANSPORTES
Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

INSTITUTO
GEOGRÁFICO
NACIONAL



GeoAraba es la IDE de la Diputación Foral de Álava (DFA). Se trata de una plataforma en continua evolución que recientemente ha incorporado **una nueva herramienta denominada «Geoteka»**. Este nuevo visualizador permite a las y los usuarios navegar a través del mapa hasta cualquier zona del territorio, consultar la documentación que existe sobre ese punto y descargar aquella información que les interese.

La Geoteka nace para dar respuesta a varias necesidades. Ya desde su inicio, se estableció como uno de los **objetivos principales** de la herramienta el facilitar desde un solo punto el acceso a toda la información relacionada con la cartoteca, la fototeca y el centro de descargas de documentación de la DFA.

La Diputación Foral de Álava ofrece desde hace décadas la consulta y la descarga de múltiple información geográfica vía web. No obstante, existía la necesidad de sumar a esta oferta ya existente a través del **centro de descargas**, miles de documentos de cartoteca y fototeca que se habían ido inventariando y digitalizando.

Para entender mejor qué es la **Geoteka** y cómo ha sido diseñada y construida, es interesante tener en cuenta

que es el resultado de un **proyecto integral**. Por tanto, es necesario poner el foco tanto en su componente tecnológico y funcional, como en la gestión documental y de archivo histórico.

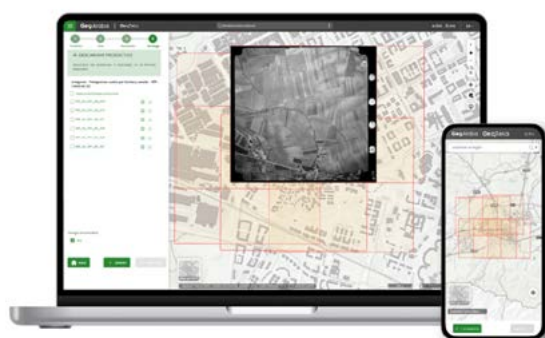
En lo **tecnológico**, cabe señalar que ha sido diseñada y construida dentro de GeoAraba, siendo una pieza más de esta IDE. De este modo, aprovecha componentes y desarrollos ya existentes en la infraestructura y añade otros nuevos para ser reutilizados.

Hay que indicar que GeoAraba se desarrolla a través de un proyecto colaborativo integrado por varias administraciones públicas. Por tanto, la Geoteka es una herramienta que ha sido desarrollada por la DFA pero que puede ser reutilizada por otras entidades, impulsando así la colaboración interadministrativa y optimizando el gasto público.

En cuanto a su **funcionamiento y accesibilidad**, desde el inicio del proyecto se estableció como objetivo que fuera fácil de usar por cualquier tipo de usuario. Para ello, se prestó especial atención al diseño de un sencillo visualizador con el fin de que permitiera la consulta y descarga de información en cuatro pasos o clics.

En lo que se refiere a la **gestión documental**, es importante reseñar que la Diputación Foral de Álava lleva más de 90 años realizando vuelos fotográficos y cartografía del territorio. Así, en el campo de la fotogrametría y de la cartografía, fruto de esta producción que ha seguido realizándose ininterrumpidamente hasta nuestros días, contamos con miles de documentos cartográficos y fotográficos.

Por tanto, un paso previo y fundamental para la publicación de la Geoteka, ha sido el trabajo relacionado con la **gestión del archivo histórico**. La recuperación, inventariado, digitalización y georreferenciación de todos estos documentos se ha llevado a cabo analizando cada





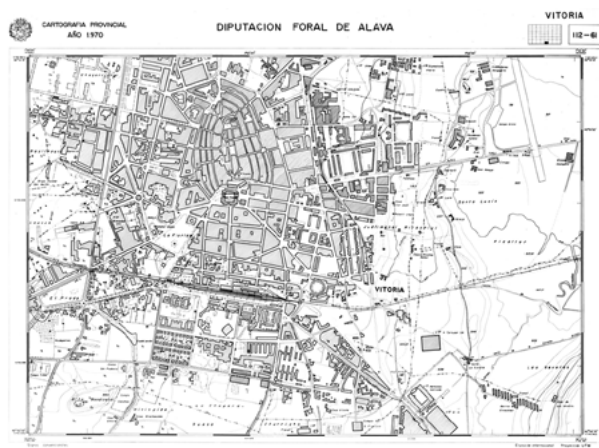
producto y estableciendo el procedimiento más adecuado en cada caso.

Esta valiosa documentación se ha ido produciendo en diferentes formatos, materiales y tamaños según la fecha de su elaboración. Así, nos hemos encontrado con documentos originales de distintos tamaños, que van desde el soporte negativo, poliéster y papel, hasta los variados formatos digitales en los que se produce hoy en día.

Este trabajo se ha venido realizando durante años y nos ha permitido, por una parte, asegurar la conservación de este delicado material que se encuentra custodiado en el archivo de la Diputación y, por otra, facilitar la puesta a disposición de la ciudadanía de un modo mucho más accesible.

La Geoteka ha iniciado su andadura ofreciendo información relacionada con **cartografía, imágenes y divisiones administrativas**; no obstante, está diseñada para poder incorporar **nuevas temáticas y documentación** relacionadas con cualquier punto del territorio.

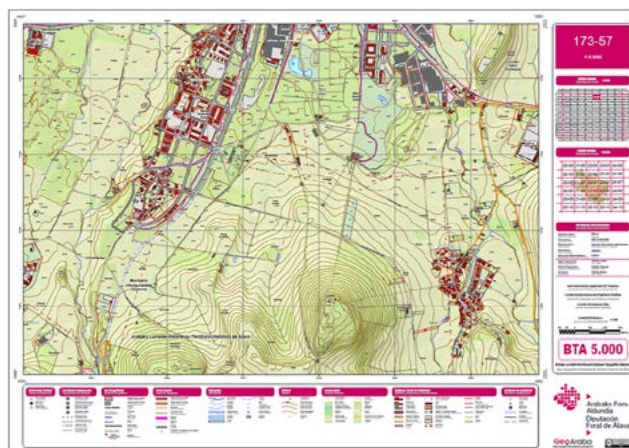
En el momento del lanzamiento de la Geoteka, en diciembre de 2024, se incorporaron alrededor de 43.000 imágenes (fotogramas, ortoimágenes y fotografías convencionales) y 6.000 documentos cartográficos. Actualmente seguimos trabajando en la digitalización de nuevos productos para su incorporación a la plataforma.



Aunque toda la documentación ofrecida es interesante por un motivo u otro, cabe citar algunos **productos especiales por su valor histórico**. Dentro de la fototeca, destacan los fotogramas del vuelo del año 1932 y el de 1968 de todo Álava y sus correspondientes ortoimágenes. En el ámbito de la cartoteca, destaca la primera edición de la cartografía 1:5.000 de todo el Territorio Histórico del año 1970; así como la primera edición de la cartografía a escalas 1:2.000, 1:1.000 y 1:500 de los núcleos urbanos alaveses de los años 70, 80 y 90.

Paralelamente al trabajo realizado con la documentación histórica, es fundamental continuar con la **actualización y la producción de nueva información geográfica** que dé respuesta a las necesidades actuales. Por tanto, la Diputación Foral de Álava, sigue elaborando y actualizando nuevos productos y servicios que también son puestos a disposición de la ciudadanía a través de GeoAraba y de la Geoteka.

Por último, hay que señalar que al igual que el resto de contenido difundido a través de GeoAraba, la Geoteka sigue las directrices de **transparencia, gobierno y datos abiertos**. Conscientes de que la divulgación de la información geoespacial genera oportunidades de elaboración de nuevos contenidos y servicios con valor añadido, todos los productos se ofrecen en formatos abiertos, de un modo gratuito y bajo licencia CC BY 4.0.



Modelo predictivo de calidad del aire en entornos urbanos: integración de variables meteorológicas, morfología urbana y factores de impacto social en Valencia (2010–2024)

Una propuesta metodológica para anticipar escenarios de riesgo y priorizar intervenciones urbanas desde una perspectiva ambiental y sanitaria

Alba Del Rio Grau
Raúl Sancha Llamosí
Houda Mrabet Barhoun
Eloina Coll Aliaga
Dades Valencia

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 26-28
2026
ISSN: 1131-9100

Este trabajo presenta un enfoque metodológico unificado para el desarrollo de un modelo predictivo de calidad del aire en entornos urbanos, con aplicación a la ciudad de Valencia, basado en datos multifuente recogidos entre 2010 y 2024. A través de la integración de variables meteorológicas, morfológicas y sociosanitarias, se busca identificar los condicionantes clave que afectan a la representatividad de las mediciones de calidad del aire y predecir niveles de contaminación en función del contexto físico y climático.

El análisis se apoya fuertemente en técnicas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la integración, visualización y modelado espacial de los datos, lo que permite una comprensión detallada de las dinámicas urbanas relacionadas con la contaminación.

La finalidad última del modelo es apoyar la toma de decisiones estratégicas en urbanismo, salud pública y sostenibilidad ambiental, optimizando la ubicación de estaciones de medición y priorizando intervenciones donde el impacto social sea mayor.

El estudio se articula en tres ejes analíticos interrelacionados:

- **Condiciones meteorológicas y arquetipos climáticos.**
- **Caracterización del entorno urbano.**
- **Impacto en salud pública y validación del modelo.**

Condiciones meteorológicas y arquetipos climáticos

Se identifican patrones meteorológicos característicos que favorecen la dispersión o acumulación de contaminantes atmosféricos, empleando análisis estadístico multivariable y clasificación sin supervisión. Para ello se han utilizado datos horarios de temperatura, humedad, presión, viento y precipitación, obtenidos de la **Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)** y de la red de estaciones de la **Associació Valenciana de Meteorologia (AVAMET)**.

Estos datos permiten caracterizar situaciones climáticas recurrentes y vincularlas con la calidad del aire medida en distintos puntos de la ciudad. Además, este componente incluye un estudio detallado de las Islas de Calor Urbanas (ICU) y su evolución en 2023, utilizando imágenes satelitales

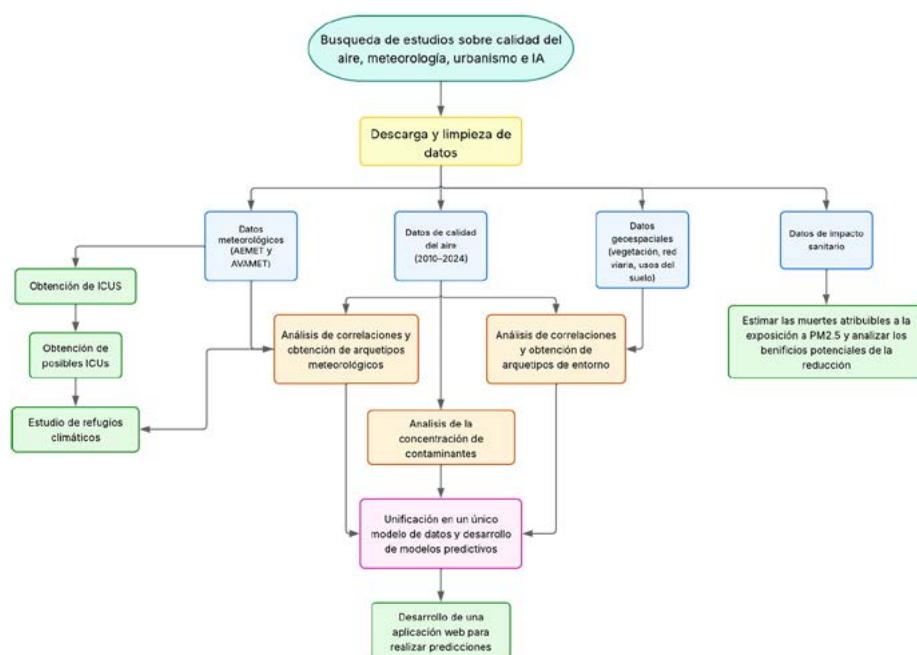


Figura 1. Diagrama de flujo del trabajo de urbanización.

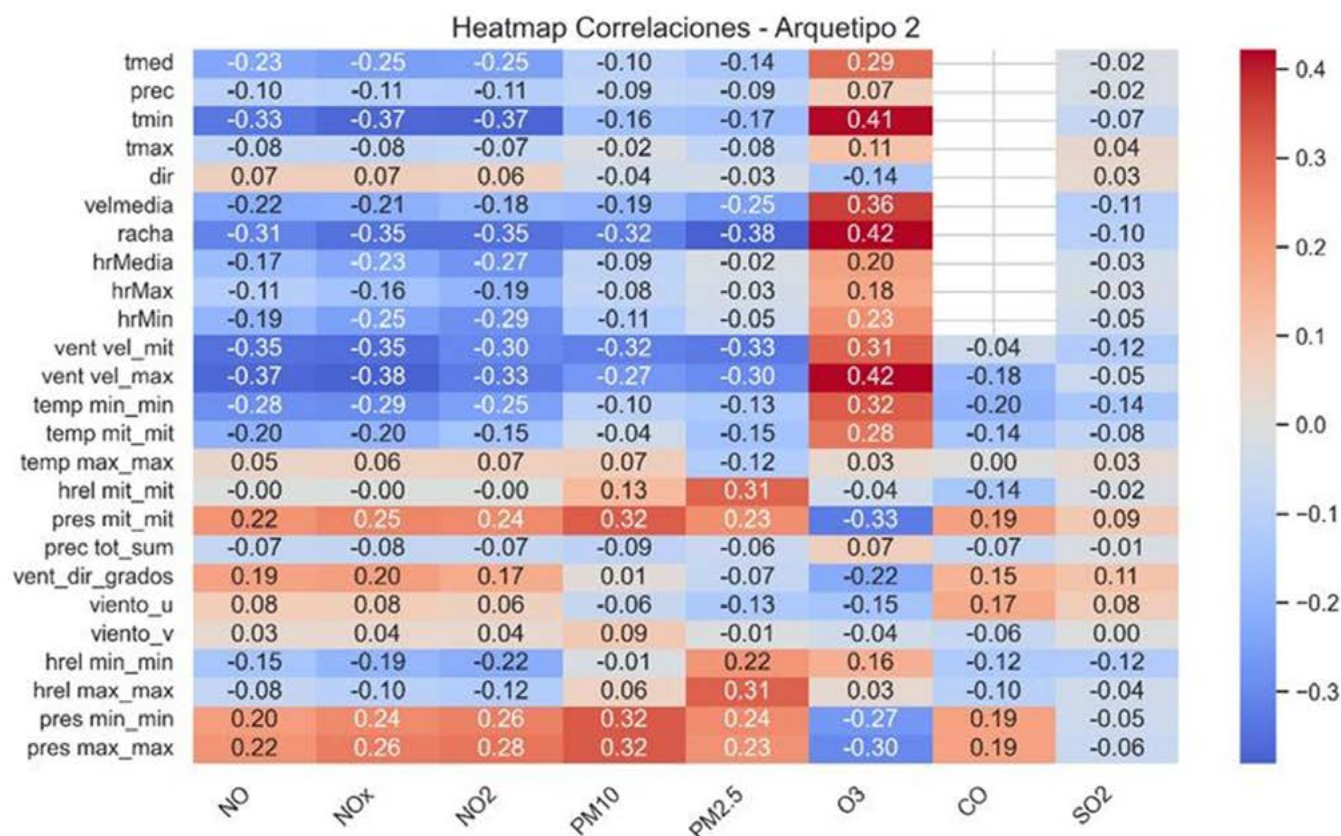


Figura 2. Correlación de contaminantes con variables meteorológicas.

de los satélites Landsat 8 y sensores **MODIS** para distintas estaciones y franjas horarias.

A partir de estas imágenes se han calculado los índices NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) y LST (*Land Surface Temperature*), que permiten analizar tanto la magnitud térmica como la cobertura vegetal asociada a cada ICU. También se han establecido correlaciones entre las ICU y factores urbanos (como la densidad edificatoria, la distribución de vegetación) y climatológicos, evaluando su influencia en la intensidad del fenómeno.

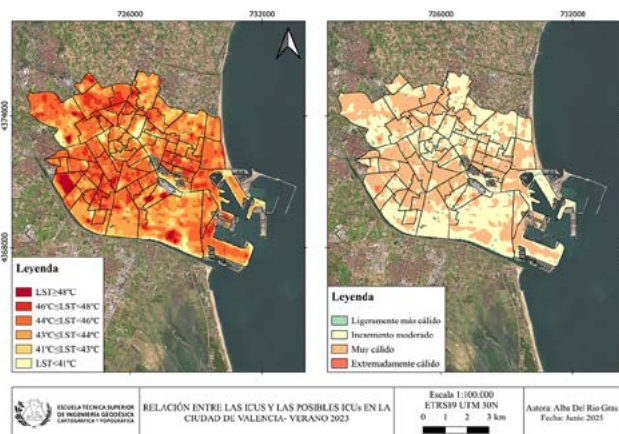


Figura 3. Posibles Islas de Calor en la Ciudad de Valencia.

En paralelo, se ha identificado y caracterizado una red de refugios climáticos potenciales, cuya función mitigadora se ha analizado tanto en términos de efectividad térmica como de accesibilidad para la ciudadanía vulnerable. Este análisis, desarrollado principalmente con QGIS, refuerza la utilidad del modelo predictivo como herramienta de diagnóstico espacial y apoyo a políticas de adaptación urbana frente al cambio climático.

Caracterización del entorno urbano

Este eje se centra en analizar las características morfológicas del entorno inmediato de cada estación de medición. Se han evaluado aspectos como la orientación de las vías, la densidad de edificación, la continuidad del tejido urbano, la presencia de vegetación y espacios abiertos, y la existencia de barreras físicas que puedan afectar al flujo del aire. Esta información ha sido obtenida mediante análisis SIG y datos del **Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo en España (SIOSE)**.

Se ha elaborado un índice de complejidad morfológica que se utiliza como variable explicativa dentro del modelo predictivo. También se ha considerado la distribución de usos del suelo y la dinámica del tráfico utilizando datos del **Portal de datos abiertos del Ayuntamiento de Valencia**, como factores que inciden en los niveles locales de contaminación.

Impacto en salud pública y validación del modelo

Se ha llevado a cabo un análisis de los efectos en la salud derivados de la exposición a contaminantes atmosféricos, especialmente partículas en suspensión ($PM_{2.5}$), utilizando datos del sistema nacional de vigilancia sanitaria y registros del **Instituto de Salud Carlos III**. Este análisis se ha centrado en el periodo 2018–2023, en continuidad con estudios previos como el trabajo «**Evaluación del impacto en mortalidad de la contaminación del aire por partículas en la ciudad**

de València en el periodo 2015-2017», publicado en *Gaceta Sanitaria*.

El estudio proporciona evidencia directa sobre la relación entre la contaminación por partículas y la mortalidad en Valencia, aportando un marco epidemiológico clave para la validación y calibración del modelo predictivo desarrollado. Así, se establece un índice de vulnerabilidad ambiental que permite detectar zonas prioritarias de intervención desde una perspectiva sanitaria y ambiental.

El modelo resultante permite anticipar los niveles de calidad del aire a partir de variables fácilmente disponibles,

como la situación meteorológica prevista y las características del entorno urbano. Como parte del análisis espacial de la calidad del aire elaborado principalmente con QGIS, se han generado mapas de calor que representan la distribución de concentraciones de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en la ciudad de València. Estos mapas permiten visualizar de forma intuitiva las zonas con mayores niveles de contaminación y su evolución a lo largo del tiempo. Esto representa una herramienta operativa de gran valor tanto para la planificación urbana como para el diseño de estrategias de mitigación ambiental, facilitando una intervención más eficaz y focalizada en las zonas con mayor vulnerabilidad.

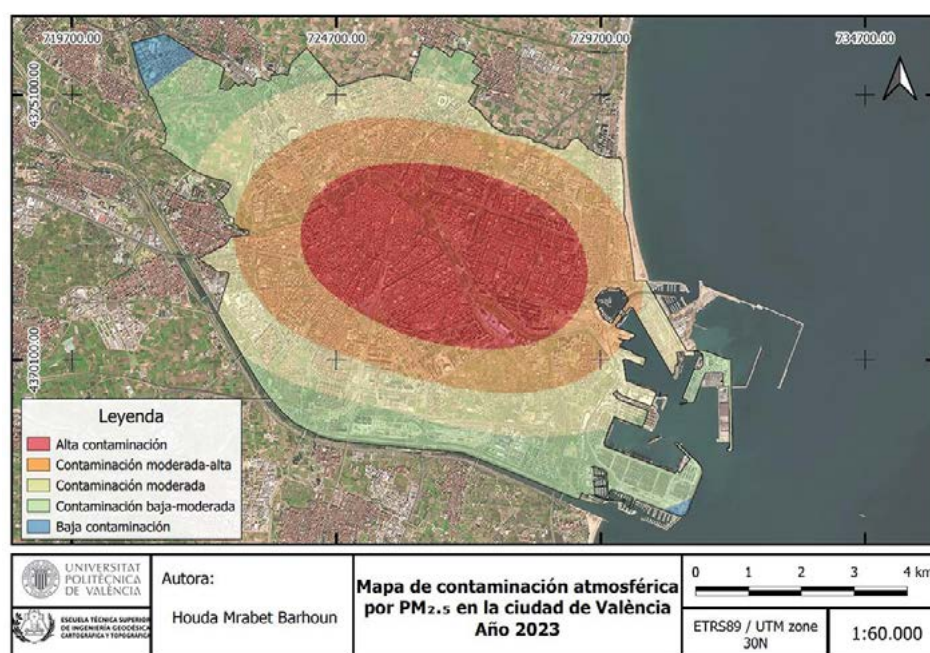


Figura 4. Distribución de la contaminación $PM_{2.5}$ en la ciudad de Valencia 2023.

Análisis territorial del impacto de la DANA de 2024: ecosistemas, actividad económica y vulnerabilidad

Evaluación multiescalar del efecto de un evento climático extremo mediante teledetección y datos empresariales

Carmen Feliu
Nuria Guardiola
M^a Joaquina Porres
Eloina Coll

Càtedra Governança de la ciutat de València, UPV

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 29-30
2026
ISSN: 1131-9100

El presente proyecto ofrece una evaluación territorial detallada de los impactos generados por la Depresión Aislada en Niveles Altos (DANA) ocurrida en Valencia en octubre de 2024, un fenómeno meteorológico extremo que provocó lluvias torrenciales e inundaciones de gran intensidad en diversas zonas del territorio español.

Esta investigación se articula en torno a la necesidad de entender no sólo los efectos ambientales inmediatos de este tipo de eventos, sino también sus consecuencias estructurales sobre los ecosistemas y el entramado económico local. Para ello, se empleó una metodología que integra técnicas de teledetección, análisis geoespacial y

datos empresariales, centrándose en dos ámbitos principales: el medio natural, representado por el Parque Natural de la Albufera de Valencia, y la estructura empresarial de las poblaciones más afectadas.

La primera fase del estudio se centró en el análisis del medio físico y ambiental. Se recopilaron y procesaron imágenes multiespectrales de los satélites Sentinel, con las que se elaboraron mapas de cambio sobre el estado del suelo y los cuerpos de agua antes y después del evento. Este procesamiento permitió detectar alteraciones físicas en el ecosistema, como acumulaciones de sedimentos, zonas encharcadas de forma persistente

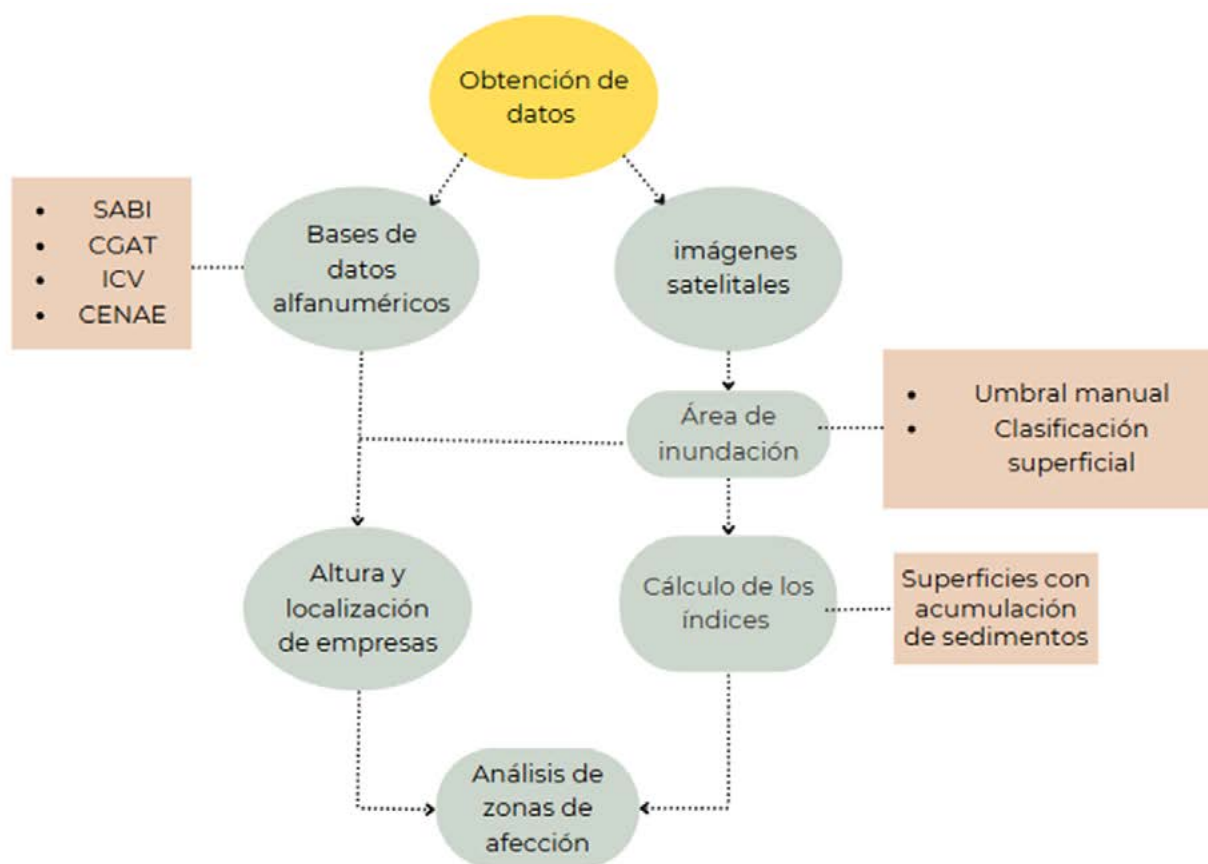


Figura 1. Diagrama de trabajo. Elaboración propia.

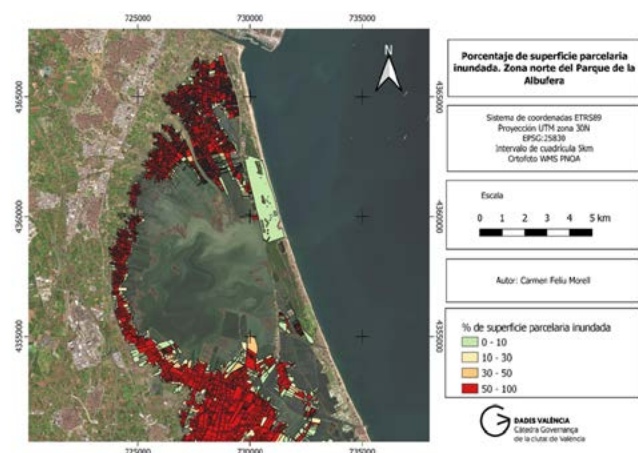


Figura 2. Parcelas afectadas. Elaboración propia.

y variaciones en la calidad del agua. Se prestó especial atención a la cobertura vegetal, dado que la vegetación funciona como un indicador clave de la salud ecológica del parque. Se calcularon diversos índices de vegetación, siendo el **NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)** el principal, lo que permitió identificar áreas degradadas, observar su evolución temporal y evaluar si existía un proceso de recuperación o si persistían signos de deterioro ambiental.

Complementariamente, se realizó un análisis parcelario utilizando datos catastrales y cartografía de usos del suelo. Este análisis permitió vincular los impactos ecológicos con las actividades humanas que se desarrollan en el entorno, en especial aquellas que dependen directamente del equilibrio del ecosistema, como la agricultura, la pesca tradicional y el turismo. Se identificaron las parcelas agrícolas afectadas.

En paralelo, el estudio abordó la dimensión empresarial mediante la recopilación y explotación de una base de datos de empresas a nivel nacional. Esta base incluía información como el número de empleados, los ingresos anuales y las **clasificaciones CNAE** primarias y secundarias de cada entidad. A través de procesos de geolocalización,

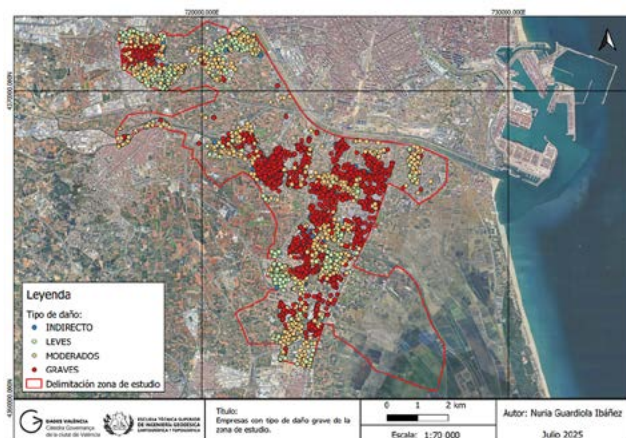


Figura 3. Daño en las empresas. Elaboración propia.

cada empresa fue posicionada espacialmente y vinculada a los niveles de altura de agua registrados en su zona, con base en modelizaciones hidrológicas y representaciones espaciales generadas por organismos técnicos. El cruce de estos datos permitió estimar la exposición de cada empresa frente a la inundación, clasificándolas según su grado de vulnerabilidad potencial.

Mediante herramientas de sistemas de información geográfica (SIG), se generó una capa de información geoespacial que sintetiza los niveles de exposición empresarial y los patrones de afectación. Esta representación facilita la identificación de áreas críticas y permite establecer escenarios de riesgo territorial que resultan fundamentales para el diseño de estrategias de prevención, adaptación y recuperación. En este sentido, el proyecto aporta una herramienta útil tanto para la administración pública como para actores privados interesados en fortalecer la resiliencia del territorio frente a eventos climáticos extremos.

En conclusión, esta investigación pone de manifiesto el valor de combinar datos ambientales, económicos y espaciales para construir una visión integrada del territorio.

Desde su creación en 1985, el programa **CORINE Land Cover** (CLC) ha sido una piedra angular en la monitorización del uso del suelo y la cobertura terrestre en Europa. Impulsado inicialmente por la **Comisión Europea** y posteriormente gestionado por la **Agencia Europea de Medio Ambiente** (EEA), CLC ha proporcionado una base de datos armonizada y comparable a escala continental, con actualizaciones periódicas cada seis años. Su objetivo principal ha sido ofrecer una visión coherente del territorio europeo para apoyar políticas medioambientales, planificación territorial, gestión de riesgos y estudios sobre cambio climático.

El producto CLC se basa en una metodología estandarizada que combina imágenes satelitales con interpretación visual y validación nacional. Su nomenclatura jerárquica incluye 44 clases temáticas y sus productos se caracterizan por una unidad mínima de mapeo de 25 hectáreas, lo que limita su capacidad para detectar cambios más sutiles o fenómenos a menor escala.

Con el avance de las tecnologías de observación de la Tierra y la creciente necesidad de datos más actualizados, detallados y dinámicos, surge **CLCplus Backbone**, una evolución conceptual y tecnológica del programa original. Este nuevo enfoque forma parte del marco CLCplus, que busca superar las limitaciones del modelo tradicional

mediante una arquitectura modular, flexible y orientada a datos vectoriales de alta resolución.

CLCplus Backbone no es simplemente una actualización del CLC, sino una infraestructura de referencia geoespacial que integra múltiples fuentes de datos (incluyendo satélites Sentinel, bases de datos nacionales y modelos digitales del terreno) para generar una representación más precisa, continua y actualizada del territorio. A diferencia del modelo clásico, el Backbone permite una resolución espacial más fina, una actualización más frecuente y una mayor interoperabilidad con otros sistemas de información geográfica.

El CLCplus Backbone actúa como una columna vertebral sobre la que se pueden construir productos derivados como mapas temáticos, indicadores de cambio o servicios personalizados para usuarios específicos. Además, su diseño modular permite adaptarse a diferentes escalas geográficas y necesidades institucionales, desde el nivel local hasta el europeo.

En resumen, CLC y CLC+ Backbone representan dos generaciones de cartografía ambiental: la primera centrada en la armonización y la cobertura continental periódica; la segunda, en la precisión, la flexibilidad y la actualización continua. Ambos modelos coexisten actualmente, pero la transición hacia CLC+ Backbone marca un paso decisivo hacia una monitorización del territorio más inteligente, integrada y orientada a datos.

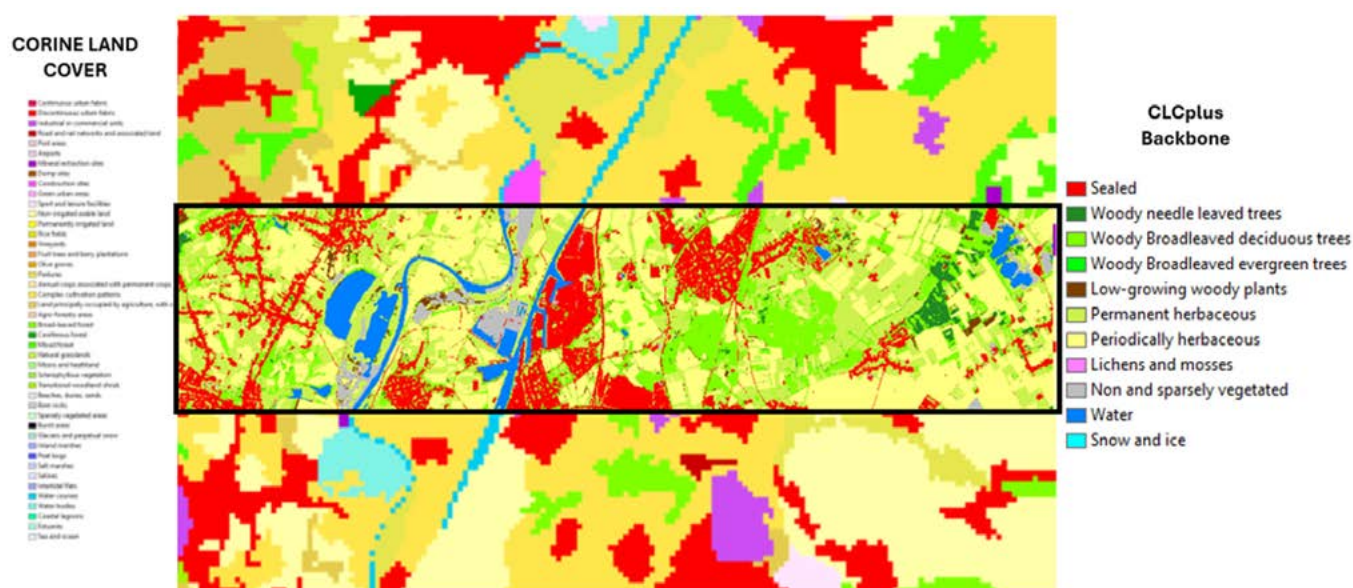


Figura 1. Comparativa CLC clásico (parte superior e inferior) con CLCplus BB (parte central superpuesta).

Uso de UAV e Inteligencia Artificial para la monitorización de mejilla y especies cohabitantes en la costa gallega

Gestión innovadora del intermareal rocoso gallego: inteligencia artificial y UAV al servicio de la acuicultura del mejillón

Abraham Olivares Larrea
Telespazio Ibérica

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 32-33
2026
ISSN: 1131-9100

La acuicultura del mejillón en Galicia constituye uno de los pilares fundamentales del sector marino-productivo de la región, con una significativa relevancia socioeconómica. Con una producción media anual que ronda las 250.000 toneladas, Galicia se posiciona como la principal productora de mejillón en Europa y una de las líderes a nivel mundial, compitiendo por el segundo y tercer puesto del ranking global. Esta actividad se sustenta en gran medida en la recolección de juveniles, conocidos como «semilla» o «mejilla», los cuales se obtienen principalmente del medio natural, especialmente del intermareal rocoso gallego.

Actualmente, la normativa establece una cuota máxima de 3.500 kg de semilla por batea durante la temporada de recolección, que abarca desde el 1 de diciembre hasta el 30 de abril. Sin embargo, en los últimos años se ha detectado una preocupante disminución en la disponibilidad natural de semilla, lo que ha generado tensiones crecientes con otros colectivos que también explotan el intermareal, como es el caso de los percebeiros. Esta presión compartida sobre un ecosistema frágil pone en evidencia la necesidad urgente de una gestión más precisa, eficiente y adaptativa de los recursos que coexisten en este entorno.

Uno de los primeros pasos hacia una regulación espacial más eficiente fue la delimitación de zonas diferenciadas: algunas exclusivas para la extracción de semilla de mejillón y otras reservadas para el percebe. No obstante, esta medida ha generado cierta controversia, ya que implica decisiones sobre el uso preferente del espacio natural, lo que ha intensificado el debate entre los distintos agentes implicados. Para que este modelo funcione de forma equilibrada y sostenible, es indispensable realizar un seguimiento continuo y riguroso de las áreas de extracción, garantizando tanto la sostenibilidad del cultivo del mejillón como la conservación de especies sensibles como el percebe.

Uno de los mayores retos que plantea esta tarea es la elevada variabilidad espacio-temporal de las poblaciones

de mejillón y percebe, así como las limitaciones de los métodos tradicionales de monitoreo. Técnicas como los muestreos con cuadrantes o transectos, aunque fiables, resultan demasiado laboriosas y limitadas en alcance, debido principalmente a las difíciles condiciones del intermareal: exposición al oleaje, tiempos cortos de acceso durante la marea baja y difícil acceso a ciertas áreas.

Ante esta compleja situación, las nuevas tecnologías ofrecen una oportunidad sin precedentes para modernizar la gestión de estos ecosistemas. En este contexto se enmarca un ambicioso proyecto desarrollado bajo la *Civil UAVs Initiative* (CUI) (<https://www.civiluavsinitiative.com/>), impulsada por la Xunta de Galicia (<https://www.xunta.gal>) y liderado por la empresa Telespazio Ibérica (<https://www.telespazio.es/es/home>).

El objetivo principal del proyecto es la implementación de un sistema integral de gestión del intermareal rocoso, centrado en la detección y monitorización de mejilla y especies cohabitantes como el percebe o la coralina, utilizando imágenes aéreas captadas por UAV (vehículos aéreos no tripulados) y herramientas avanzadas de inteligencia artificial.

Este sistema se estructura en una plataforma tecnológica compuesta por varios módulos interconectados que permiten cubrir todo el ciclo de monitoreo y gestión de los recursos del intermareal:

- T-Dromes: módulo principal para la planificación y gestión de los vuelos de UAV. Representa la solución profesional de Telespazio para coordinar operaciones con múltiples operadores de drones. T-Dromes se encarga de gestionar las solicitudes de servicio, planificar rutas de vuelo y controlar la ejecución de las misiones en el terreno. Esta capacidad de federar distintos operadores permite escalar el sistema sin necesidad de modificar la infraestructura existente.
- *Ground Control System* (GCS): se trata de los sistemas de control utilizados por los operadores de UAV durante la ejecución de los vuelos. T-Dromes se integra con GCS comerciales, incluidos los de la

marca DJI y otros que usen el protocolo Mavlink, lo que asegura una alta compatibilidad con distintos tipos de equipos.

- Procesado de imágenes: las imágenes capturadas por los UAVs son procesadas para generar ortomágenes y modelos digitales de superficie. Esta información es clave para obtener representaciones detalladas y georreferenciadas del intermareal, facilitando el análisis de cobertura y distribución de especies.
- Repositorio y aplicación de visualización: este módulo centraliza el almacenamiento de todos los datos obtenidos, incluyendo imágenes originales y los resultados del procesado con inteligencia artificial. Dispone además de una aplicación web que permite consultar, descargar y analizar la información de forma accesible para gestores, científicos y operadores.
- Algoritmos de segmentación e identificación con IA: uno de los elementos más innovadores del sistema son los algoritmos de aprendizaje automático, específicamente redes neuronales entrenadas para realizar segmentación semántica a nivel de píxel. Estos algoritmos permiten detectar y delimitar con precisión las zonas con presencia de mejilla, facilitando su cuantificación y seguimiento temporal. En fases futuras, estos modelos se ampliarán para identificar también otras especies clave, como el perce-

be o la coralina, incluso en condiciones ambientales complejas.

El uso de UAV proporciona importantes ventajas frente a los métodos tradicionales: reducción de costes operativos, mayor resolución espacial de las imágenes, posibilidad de planificar vuelos en momentos óptimos según las condiciones climáticas y de marea, así como la cobertura de grandes extensiones de forma rápida y segura. Aunque en sus inicios estas tecnologías se aplicaron principalmente al monitoreo de comunidades de algas, su uso se está extendiendo con éxito a otros organismos del intermareal, como el pepino de mar, poliquetos, almejas o incluso la cobertura de arrecifes de sabellaria y mejillón.

En resumen, el sistema desarrollado bajo la *Civil UAV Initiative* (<https://www.civiluavsinitiative.com/>) representa un salto cualitativo en la gestión ambiental y productiva del intermareal rocoso gallego. Gracias a la sinergia entre UAV, inteligencia artificial y plataformas de gestión integral, se avanza hacia un modelo de acuicultura sostenible, que respete los equilibrios ecológicos y minimice los conflictos entre usuarios del espacio natural. Esta solución tecnológica pionera posiciona a Galicia como referente europeo en la aplicación de nuevas tecnologías al sector marino, y marca el camino hacia una gestión adaptativa y basada en datos para los ecosistemas costeros.



Imagen de la plataforma de gestión del proyecto analizando las zonas muestra y recogida de datos.



Imagen de la plataforma de gestión del proyecto visualizando una imagen aérea obtenida en los vuelos.

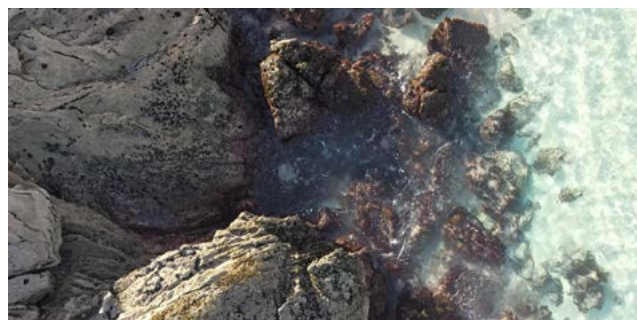


Imagen área RGB de alta resolución, 2 mm / píxel, obtenida por vuelo de dron.



Imagen de la plataforma de gestión del proyecto visualizando un análisis basado en IA, de las imágenes capturadas en los vuelos, que permite identificar mejilla y otras especies de interés en la zona intermareal rocosa.

Proyecto UPPER: simulación de escenarios para la optimización de la movilidad urbana

Visualizador de indicadores y su evolución histórica

M^a Joaquina Porres
Càtedra Governança de la Ciutat de
València, UPV

Carlos Jiménez García
Eloína Coll Aliaga
Edgar Lorenzo Sáez
Dades València: Càtedra Governança
de la Ciutat de València

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 34-35
2026
ISSN: 1131-9100

El presente proyecto forma parte de la iniciativa europea UPPER (*Unleashing the Potential of Public transport in EuRope*), referencia 101095904, cuyo objetivo es promover un modelo de movilidad urbana más sostenible, eficiente e inclusivo en las ciudades europeas. Esta iniciativa se alinea con los objetivos climáticos de la Unión Europea, especialmente la descarbonización urbana, la mejora del transporte público y el fomento de modos de transporte de cero emisiones.

UPPER se desarrolla en cinco ciudades piloto (*Living Labs*), entre ellas Valencia (España), donde se están implementando medidas para transformar la movilidad urbana. Estas acciones buscan reducir la dependencia del vehículo privado y promover el uso del transporte público, la bicicleta y la movilidad peatonal. Valencia ha desempeñado un papel clave en la recopilación y análisis de datos sobre estas intervenciones, especialmente en una avenida específica que actúa como zona principal de estudio.

Las medidas implementadas en esta avenida incluyen la reconfiguración del espacio viario, carriles bici protegidos, ampliación de aceras, mejora del transporte público y el uso de tecnologías inteligentes para la gestión del tráfico. Uno de los ejes del proyecto ha sido la evaluación de estas acciones mediante indicadores SUMI (*Sustainable Urban Mobility Indicators*), que permiten medir aspectos como accesibilidad, seguridad vial, emisiones, eficiencia energética, equidad y satisfacción de los usuarios. Estos indicadores ofrecen una visión integral del impacto de las políticas de movilidad y facilitan la identificación de buenas prácticas.

Un objetivo clave ha sido el desarrollo de un visualizador histórico de datos que permite consultar de forma interactiva la evolución de los indicadores a lo largo de los cuatro años del proyecto. Esta herramienta digital está dirigida a técnicos, investigadores y ciudadanos, facilitando el seguimiento y evaluación continua del proyecto.

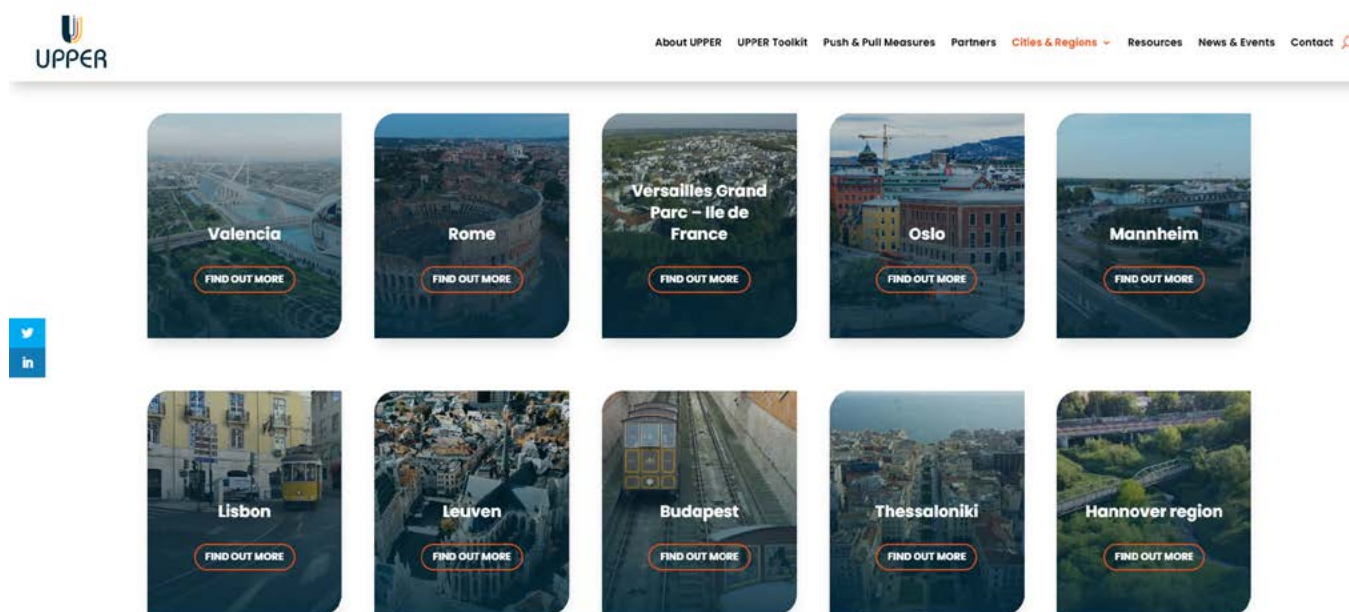


Figura 1. Ciudades europeas vinculadas al proyecto UPPER. Fuente: <https://www.upperprojecteu.eu/cities-regions/>.

La segunda fase del proyecto se centra en la modelización y simulación del impacto potencial de estas medidas en otras zonas de Valencia. Para ello, se han analizado características clave de las avenidas de la ciudad, como morfología urbana, densidad de tráfico, uso del suelo, accesibilidad y red de transporte público. A partir de estos datos, se están desarrollando modelos predictivos que permiten estimar los efectos de replicar las medidas aplicadas en la avenida piloto en otras áreas de la ciudad.

Este enfoque de simulación ofrece una herramienta útil para la planificación urbana, al permitir predecir el impacto de intervenciones antes de su ejecución. Así, se pueden identificar las zonas con mayor potencial de transformación y diseñar estrategias más eficaces y adaptadas. Además, ayuda a optimizar la asignación

de recursos públicos y minimizar riesgos en la toma de decisiones.

Otro aspecto destacado del proyecto es su carácter replicable y transferible. Los resultados obtenidos en las ciudades piloto están concebidos para ser aplicables en otras ciudades europeas interesadas en adoptar medidas similares. Por ello, tanto el visualizador como los modelos de simulación se diseñan con criterios de interoperabilidad y escalabilidad.

En definitiva, el proyecto UPPER en Valencia ejemplifica cómo una intervención local puede tener implicaciones a escala urbana y europea. La combinación de análisis de datos, indicadores estandarizados, visualización interactiva y simulación predictiva conforma una metodología sólida y replicable. Este enfoque contribuye al desarrollo de políticas de movilidad más

sostenibles y alineadas con los objetivos climáticos de la Unión Europea, mejorando la calidad de vida urbana y promoviendo la neutralidad climática.

Enlaces de interés:

Enlace al visualizador: <https://gisserver.car.upv.es/upper/>

Enlace a la web del proyecto: <https://www.upperprojecteu.eu/>

Enlace a la web de la cátedra: <https://dadesvalencia.webs.upv.es/>

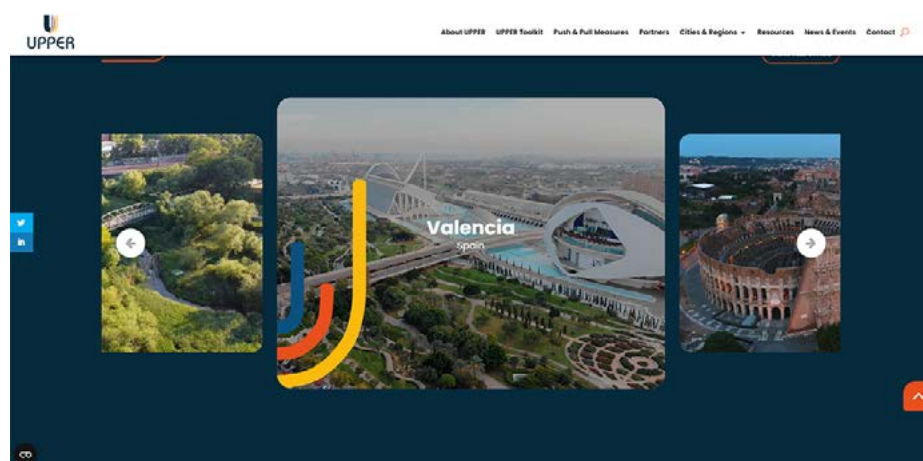


Figura 2. Valencia como Living Lab. Fuente: <https://www.upperprojecteu.eu/>.

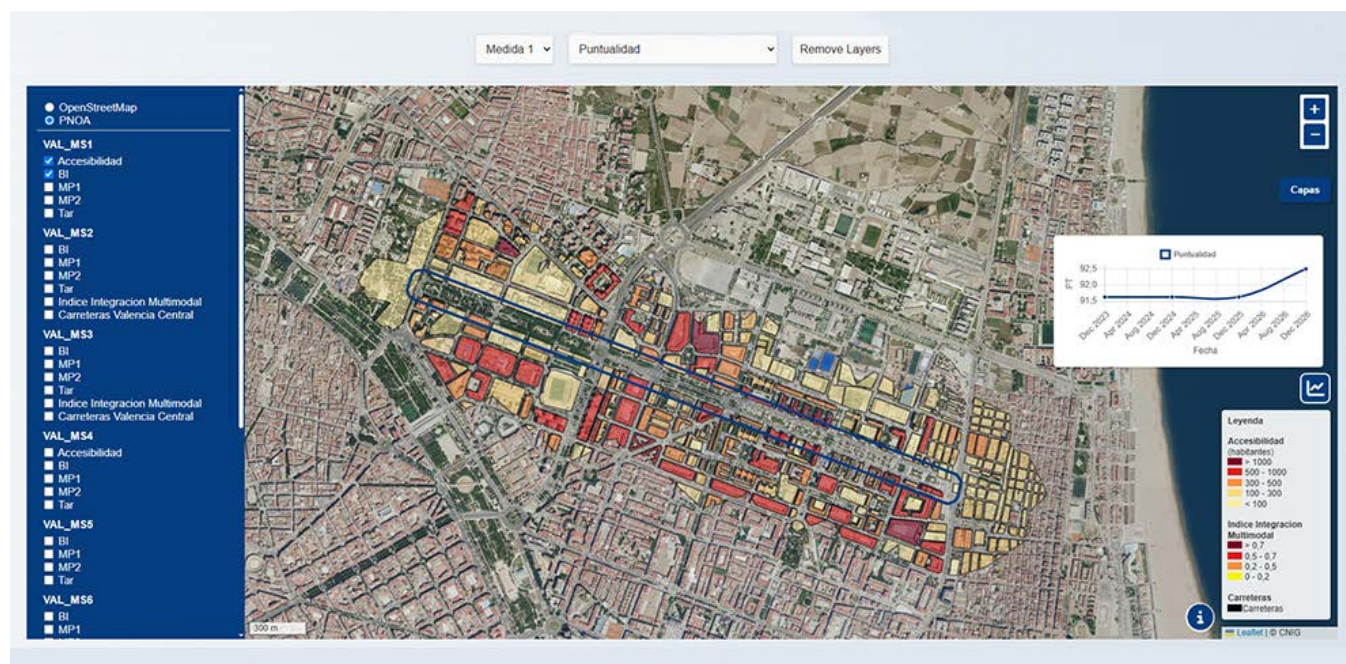


Figura 3. Visualizador de la web. Fuente: <https://gisserver.car.upv.es/upper/>.

Evolución metodológica y tecnológica en el mantenimiento de la Toponimia Oficial de Navarra sobre GIS Open Source

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 36
2026
ISSN: 1131-9100

Raúl Estévez Terrados
Pili Munarriz Cardesa
Tracasa Instrumental

Ander Irizar Apaolaza
Julene Zelaia Ramos
Euskarabidea, Gobierno de Navarra

La **Base de Datos de la Toponimia Oficial de Navarra (BDTN)** tiene una larga trayectoria, y su mantenimiento ha pasado por diversas fases y soportes tecnológicos durante su recorrido. La gestión y publicación de la Toponimia de Navarra se enmarca en la **Infraestructura de Datos Espaciales de Navarra (IDENA)**.

En los últimos años se ha venido impulsando y desarrollando, por parte del Servicio de Recursos Lingüísticos (**Euskarabidea** - Gobierno de Navarra), de la mano del Departamento de Sistemas de Información Territorial de la empresa pública **Tracasa Instrumental**, la migración hacia un entorno de mantenimiento y gestión de la información geográfica y alfanumérica de toponimia basado en software libre.

El objetivo de dicha migración es triple:

1. Facilitar las tareas operativas de inspección y mantenimiento de la totalidad del dato.
2. Permitir integrar un módulo de gestión de incidencias.
3. Asociarse y beneficiarse del nuevo entorno QSITNA y sus herramientas, también construidas sobre QGIS.

Vista de ejemplo del entorno personalizado de QGIS para el mantenimiento de datos y la gestión de incidencias de la BDTN.

A nivel técnico, la solución se concreta en una herramienta basada en el desarrollo e implantación de un

entorno controlado y personalizado sobre QGIS, que sirve como ventana de acceso para la consulta y edición de los datos.

El entorno de QGIS aprovecha los plugins desarrollados dentro del proyecto QSITNA, junto con desarrollos específicos para cubrir las necesidades asociadas a esta herramienta. Como entorno de almacenamiento se utiliza el sistema gestor de base de datos relacional PostgreSQL-PostGIS.

Más allá de ello, el interés de la solución reside en permitir la integración del propio dato de la BDTN, junto con un módulo de gestión de incidencias, que se sitúa y actúa como una capa envolvente del dato. Las principales funciones del mismo pasan por facilitar la detección y señalización de errores, indicar sugerencias de cambio o análisis, generar nuevos datos, especificar correcciones, entre otros; que posteriormente permitan su traslado como ediciones sobre el propio dato de una forma controlada.

Así pues, el módulo gestor de incidencias tiene como objetivo último mantener un control razonable sobre los cambios realizados en los datos, actuar como registro de ediciones y abrir la puerta a su explotación futura.

Metodológicamente, la solución desarrollada permite agilizar y aunar la comunicación entre los distintos actores implicados en la revisión y actualización de la base de datos. En este sentido, la herramienta permite controlar toda la serie de pasos lógicos que se dan habitualmente a modo de fases o estados por los que pasan las incidencias. Asimismo, permite establecer prioridades sobre las mismas, indicar o asociar registros afectados, relacionar incidencias entre sí o añadir comentarios y archivos adjuntos, entre otros.

Por otro lado, abre la puerta a revisiones y aportaciones externas facilitadas por otros departamentos de la administración foral, administraciones locales, entidades, académicos y estudiosos.

Asimismo, permite mantener una trazabilidad en la evolución del dato referente a la BDTN y adaptarse fácilmente a posibles cambios en el modelo de datos o los criterios de mantenimiento y publicación de la información.

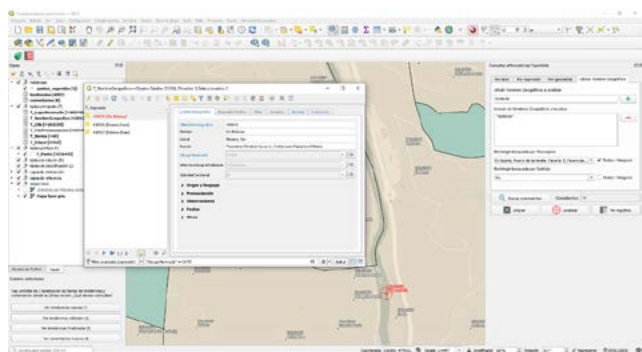


Figura 1. Vista de ejemplo del entorno personalizado de QGIS para el mantenimiento de datos y la gestión de incidencias de la BDTN.

Geoanalítica de BigData aplicada a la gestión urbana

Cómo los datos y herramientas geoespaciales optimizan la planificación y operación de servicios de limpieza en Madrid

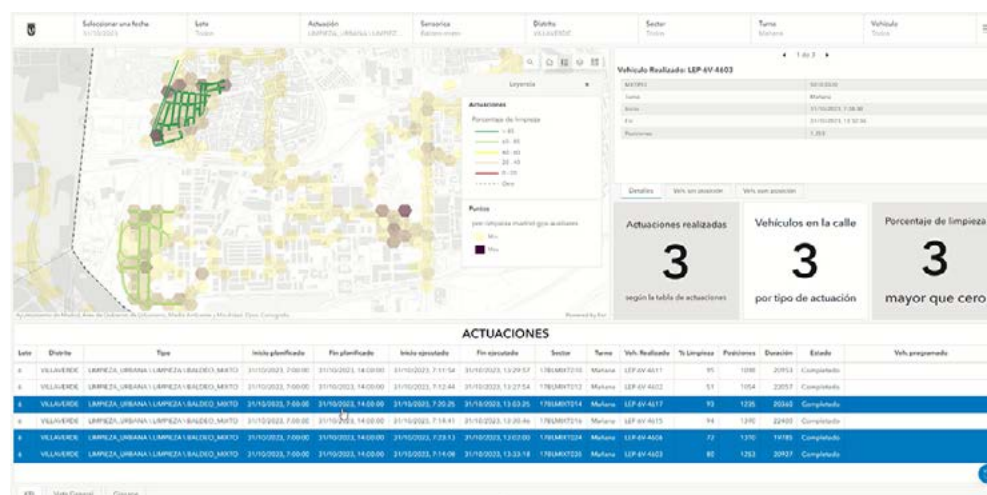
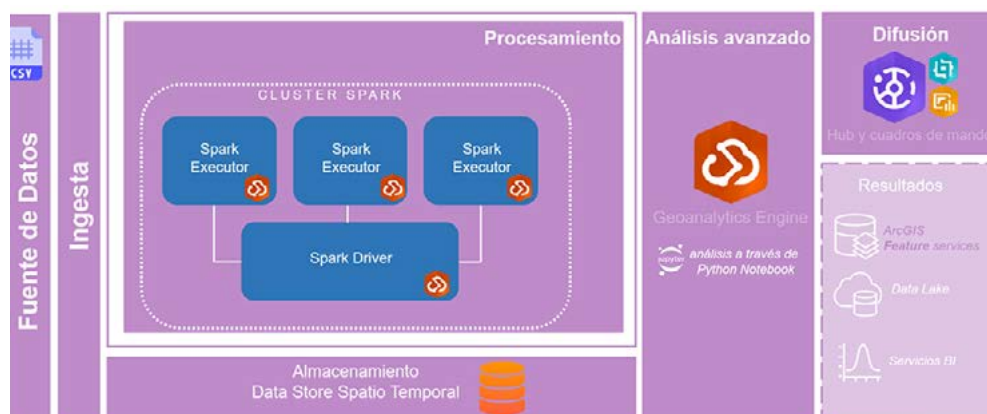
Adriana Rangel Sotter
Account Manager AAPP - Esri España

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 37-38
2026
ISSN: 1131-9100

En el contexto urbano actual, la gestión eficiente de los servicios municipales se ha convertido en una prioridad para las administraciones locales. Uno de los ámbitos donde la tecnología ha demostrado un impacto significativo es en la limpieza viaria, especialmente mediante la incorporación de sensórica en los vehículos de limpieza. Este tipo de datos, generados en tiempo real y con una alta granularidad espacial y temporal, representan un conjunto de datos de alto valor medioambiental, clave para la toma de decisiones basadas en evidencia.

Estos dispositivos generan más de dos millones de puntos de datos diarios, lo que los convierte en un claro ejemplo de Big Data geoespacial. Este volumen masivo de información plantea desafíos significativos en cuanto a almacenamiento, procesamiento y análisis, especialmente si se busca extraer valor operativo y estratégico de los datos.

Para abordar estos retos, es destacable cómo se ha implementado una arquitectura tecnológica avanzada, que combina herramientas de análisis geoespacial con plataformas de procesamiento masivo de datos.





rios, semanales o estacionales de limpieza.

-**Escalabilidad:** la arquitectura permite escalar el análisis a toda la ciudad o centrarse en zonas específicas.

-**Interoperabilidad:** gracias a estándares abiertos y conectores nativos, los datos pueden integrarse fácilmente con otros sistemas municipales.

A pesar de los avances, aún existen retos importantes:

-**Calidad de los datos:** es fundamental garantizar la preci-

sión y consistencia de los datos capturados por los sensores.

-**Gobernanza de datos:** se requiere una estrategia clara para la gestión, compartición y protección de los datos.

-**Capacitación:** es necesario formar a los técnicos municipales en el uso de herramientas de análisis geoespacial.

Gracias a esta infraestructura, los datos de sensorica se transforman en información útil para múltiples actores:

-**Ayuntamientos:** pueden monitorizar en tiempo real el grado de cumplimiento de los contratos de limpieza, identificar zonas con menor cobertura y optimizar las rutas de los vehículos.

-**Empresas subcontratadas:** disponen de herramientas para mejorar la eficiencia operativa, reducir costes y cumplir con los indicadores de calidad establecidos en los pliegos.

-**Ciudadanía:** indirectamente, se beneficia de una ciudad más limpia, con una gestión más transparente y basada en datos objetivos.

Sin embargo, las oportunidades son enormes. Este tipo de datos puede integrarse con otras capas de información urbana (como quejas ciudadanas, eventos meteorológicos o datos de tráfico) para generar modelos predictivos y sistemas de alerta temprana.

En resumen, los datos generados por la sensorica instalada en los vehículos de limpieza urbana pueden transformarse, gracias a su volumen y riqueza espacial, en una herramienta estratégica clave para optimizar la gestión medioambiental en entornos urbanos. Gracias a la combinación de tecnologías de *Big Data* y análisis geoespacial, es posible transformar millones de puntos de datos diarios en conocimiento útil, mejorando la eficiencia operativa, la transparencia institucional y, en última instancia, la calidad de vida en nuestras ciudades.

Este enfoque no solo es replicable en otras ciudades, sino que también puede extenderse a otros servicios urbanos como recogida de residuos, riego de zonas verdes o mantenimiento del mobiliario urbano. La clave está en seguir apostando por infraestructuras de datos espaciales robustas, interoperables y orientadas al usuario final.

Uno de los indicadores más relevantes que se puede calcular con esta tecnología es el porcentaje de limpieza efectiva por sector. Este análisis se realiza cruzando los datos de los sensores con la cartografía oficial de sectores de limpieza, permitiendo identificar áreas con baja cobertura o con patrones de limpieza irregulares.

El uso de tecnología geoespacial aporta múltiples beneficios frente a enfoques tradicionales:

-**Precisión espacial:** se puede conocer con exactitud qué calles han sido limpiadas y cuáles no.

-**Temporalidad:** se pueden analizar patrones dia-

La colaboración con iniciativas globales de datos abiertos: Overture Maps y OpenStreetMap

La empresa privada y su papel en las iniciativas datos abiertos

Jaime Nieves Martínez
Laura García Campo
Juan José Pérez Real
Marcos Durán Márquez
Esri España

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 39-40
2026
ISSN: 1131-9100

La colaboración entre las empresas tecnológicas y las iniciativas de datos abiertos, como Overture Maps y OpenStreetMap, es un claro ejemplo de cómo las alianzas entre el sector privado y las organizaciones sin ánimo de lucro pueden generar un impacto positivo en la sociedad. Las empresas tecnológicas, con su experiencia y recursos, pueden mejorar la calidad y accesibilidad de los datos geospaciales. Por otro lado, iniciativas como Overture Maps y OpenStreetMap, que se basan en la contribución voluntaria y el acceso libre a los datos, se benefician de la infraestructura y el soporte técnico proporcionado por estas tecnologías geospaciales.

En este artículo, hablaremos de cómo Esri, en particular, apoya este tipo de iniciativas y ayuda a las administraciones a facilitar que los datos públicos lleguen a las plataformas globales de datos abiertos.

El reaprovechamiento de datos públicos es una práctica que permite maximizar el valor de la información generada por entidades gubernamentales y organizaciones públicas. En este contexto, hablaremos de **Overture Maps**, fundada por un consorcio de empresas cuyo objetivo es garantizar la calidad de los datos geospaciales y su interoperabilidad, para ponerlos a disposición de usuarios, empresas, administraciones y desarrolladores

que puedan explotarlos para beneficio de la industria y la sociedad.

Para las empresas, agencias gubernamentales y desarrolladores, aprovechar los catálogos de datos abiertos ha sido con frecuencia desafiante, debido a la disparidad de orígenes, la falta de completitud o la variabilidad en la calidad y precisión de los datos. Estas dificultades motivaron la fundación de Overture Maps, un esfuerzo colaborativo iniciado por Meta, Microsoft, Amazon Web Services (AWS) y TomTom, orientado a garantizar que los datos oficiales puedan ser aprovechados más fácilmente al ser revisados, validados, combinados y armonizados con otras fuentes, para generar datasets de calidad homogénea y orígenes trazables. Proporcionar datos validados garantiza la fiabilidad de los resultados, alimentando el desarrollo de aplicaciones y servicios que mejoren la toma de decisiones, la planificación urbana, la gestión de recursos naturales y la respuesta a emergencias, entre otros ámbitos.

Esri se unió a la Overture Maps Foundation con el objetivo de aportar su amplia experiencia tecnológica, pero también su extenso catálogo de datos públicos, curados a lo largo de los años a través de su programa global Community Maps, compuesto por contribuciones de cientos de agen-



Figura 1. Vista del «Open 3D Buildings», una capa de escena basada en datos de Overture Maps, mostrada en ArcGIS.

cias de todo el mundo que eligen compartir sus datos de forma abierta.

Destacamos también la colaboración de Esri con **OpenStreetMap** (OSM), una veterana plataforma que permite a cualquier persona contribuir con datos geoespaciales de manera voluntaria. Hablaremos sobre esta colaboración bidireccional: por un lado, Esri facilita herramientas que permiten a los usuarios editar y compartir datos en OSM de manera más eficiente y apoya iniciativas de cartografía comunitaria, eventos y talleres relacionados con los datos abiertos; por otro lado, OpenStreetMap aporta al ecosistema de Esri datos abiertos que enriquecen los mapas y servicios usados por profesionales SIG en todo el mundo.

La colaboración entre las empresas tecnológicas y las iniciativas de datos abiertos ha generado múltiples bene-

ficios. Por un lado, ha mejorado la calidad y precisión de los datos geoespaciales disponibles, lo que a su vez ha permitido desarrollar aplicaciones más robustas y fiables. Por otro lado, ha fomentado la participación ciudadana y el empoderamiento de las comunidades, al proporcionarles herramientas y conocimientos para contribuir al mapeo y análisis de su entorno.

Asimismo, esta colaboración ha impulsado la innovación en el ámbito de los sistemas de información geográfica (SIG), al combinar el conocimiento técnico de las empresas con la creatividad y diversidad de la comunidad de datos abiertos.

Subrayamos igualmente los principales logros y beneficios de esta colaboración, así como las oportunidades futuras para seguir avanzando en la integración y uso de datos geoespaciales abiertos.

Inteligencia Artificial para la extracción de elementos del territorio de la BTA

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 41-42
2026
ISSN: 1131-9100

Conclusiones obtenidas de los pilotos realizados por la Comunidad de Madrid para validar la Inteligencia Artificial como herramienta para la actualización de la BTA

Marta Juanatey Aguilera

Antonio Soto Lucia

Patricia Trigo Gambaro-Espuig

María del Carmen Rodríguez García

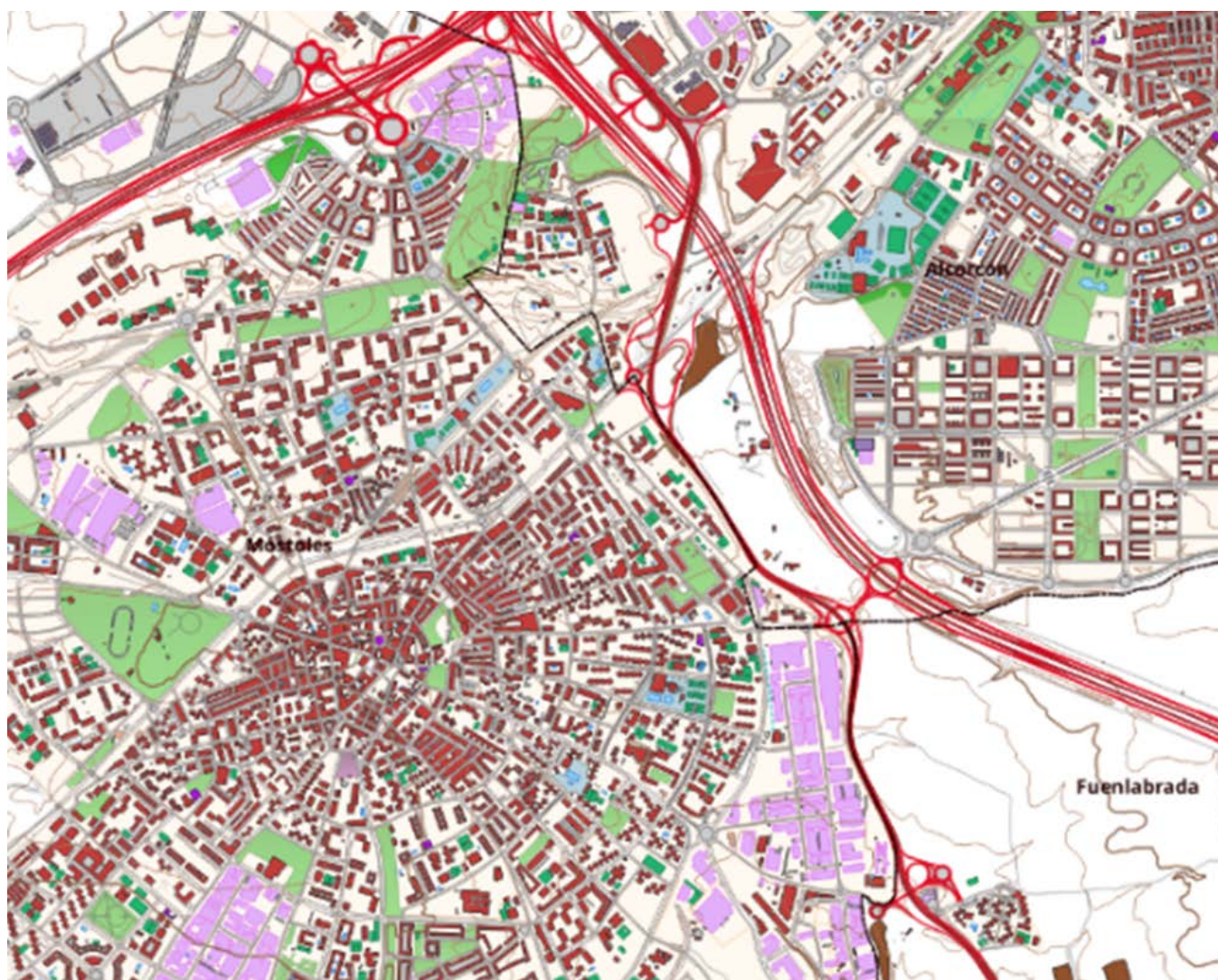
Comunidad de Madrid. Área del Centro Regional de Información Cartográfica.

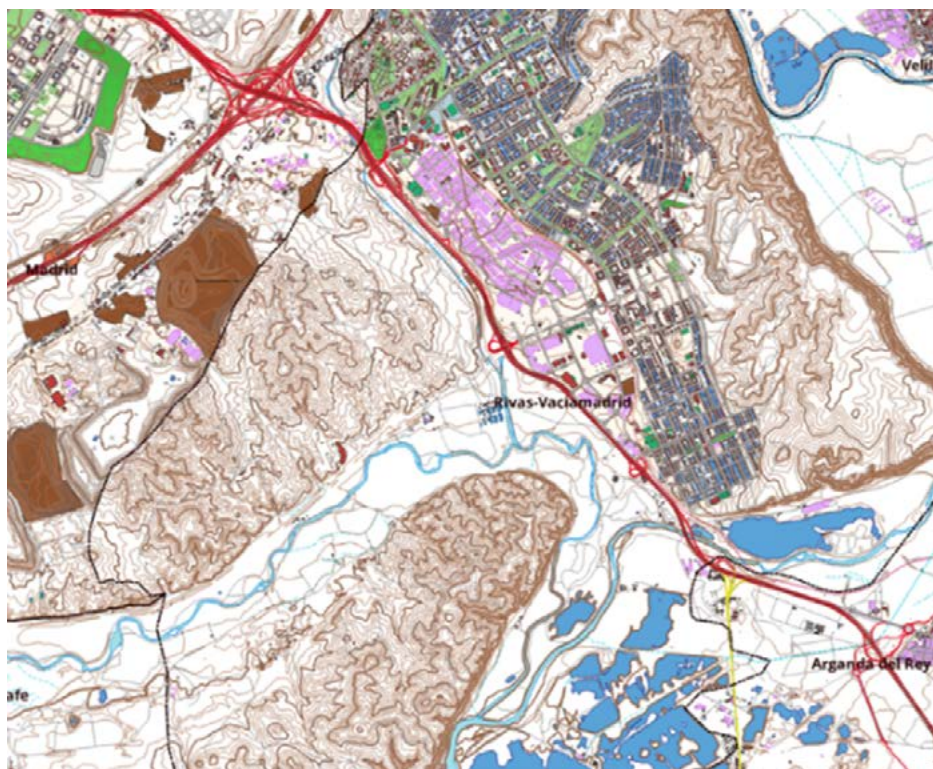
Subdirección General de Estudios Territoriales y Cartografía.

Consejería de Medio Ambiente, Agricultura e Interior.

La Comunidad de Madrid se encuentra actualmente con la necesidad acuciante de actualizar su **Base Topográfica Armonizada (BTA)** para todas sus temáticas y en la totalidad de su superficie, 8.022 km². Madrid dispone de versiones de BTA anteriores, realizadas según

el modelo a **BTA+ (o BTA 1.5)** aprobado por el Consejo Superior Geográfico, para los años 2011, 2014 y 2017. Estas actualizaciones han sido heterogéneas en lo que se refiere a las temáticas, criterios, metodología y equipos. Seguir el procedimiento tradicional de restitución





fotogramétrica para la actualización que se quiere llevar a cabo ahora, dada la superficie y el elevado número de cambios esperado, supondría un proceso, aunque de gran calidad en el resultado, lento y costoso económicamente. En este contexto, la aparición hace unos años en el mundo de la geoinformación de algoritmos de inteligencia artificial que permiten la identificación y caracterización de la información geográfica mediante procesos automáticos, supone una alternativa que podría resolver de forma más rápida el problema de la actualización de la BTA, pero que, dado su carácter novedoso, resulta necesario validar como paso previo a la apuesta por la inteligencia artificial.

Aparte de la promesa de reducción de tiempo y recursos, otra ventaja adicional de la definición de procesos automáticos es la posibilidad de facilitar los procesos de actualización, permitiendo mantener la base topográfica actualizada de forma más ágil.

Para llevar a cabo la validación del uso de la IA en los procesos de actualización de la BTA, el **Centro Regional de Información Cartográfica** de la Comunidad de Madrid ha lanzado tres pilotos cuyas conclusiones se presentarán en esta comunicación. Se han seleccionado dos zonas de la Comunidad de Madrid con características diferentes,

una con predominancia urbana y otra con predominancia rural, y se han identificado 3 temáticas de la BTA: edificaciones, servicios e instalaciones y transportes. El modelo de **BTA será el de la versión 2.0**, incluyendo requisitos de calidad y especificaciones de captura para la escala 1:5000. De esta forma, se pretende validar **para cada zona y cada fenómeno dentro de cada tema**:

1. Las imágenes óptimas para obtener los mejores resultados entre las siguientes:

a) Ortofoto estándar definitiva obtenida a partir de un vuelo fotogramétrico.

b) Ortofoto verdadera obtenida a partir de un vuelo fotogramétrico.

c) Imágenes de satélite: orto, cobertura nubosa menor del 10%

y off nadir (ONA) menor de 5° en zona urbana y menor de 10° en zona rústica.

2. El modelo o familia de modelos de IA que da mejores resultados para cada fenómeno, indicando:

a) Entrenamiento realizado

b) Métricas de calidad obtenidas.

c) Estrategias de asignación de atributos.

d) Procesos de asignación de coordenada Z.

e) Tratamiento y control de calidad realizado sobre las geometrías obtenidas automáticamente.

f) Justificación de las causas que han podido impedir la extracción automática de determinados fenómenos, en el caso de que así fuera.

3. La estimación de tiempos, software/hardware, perfiles profesionales y recursos económicos necesarios para extrapolar los resultados obtenidos a toda la Comunidad de Madrid.

El Área de Centro Regional de Información Cartográfica se basará en el resultado de los pilotos para lanzar un contrato de actualización de la BTA 2.0 escala 1:5000 para toda la Comunidad de Madrid.

Publicación de conjuntos de datos espaciales del Catálogo de Infraestructura de Datos Espaciales de la Comunidad de Madrid en el Catálogo de Datos Abiertos

Mecanismos de coordinación y soluciones tecnológicas implementadas en la Comunidad de Madrid para la publicación de conjuntos de datos espaciales y servicios del Catálogo de Infraestructura de Datos Espaciales en el Catálogo de Datos Abiertos

María del Carmen Rodríguez García
Patricia Trigo Gambaro-Espuig
Marta Juanatey Aguilera

Comunidad de Madrid. Área del Centro Regional de Información Cartográfica.
Subdirección General de Estudios Territoriales y Cartografía.
Consejería de Medio Ambiente, Agricultura e Interior.

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 43-44
2026
ISSN: 1131-9100

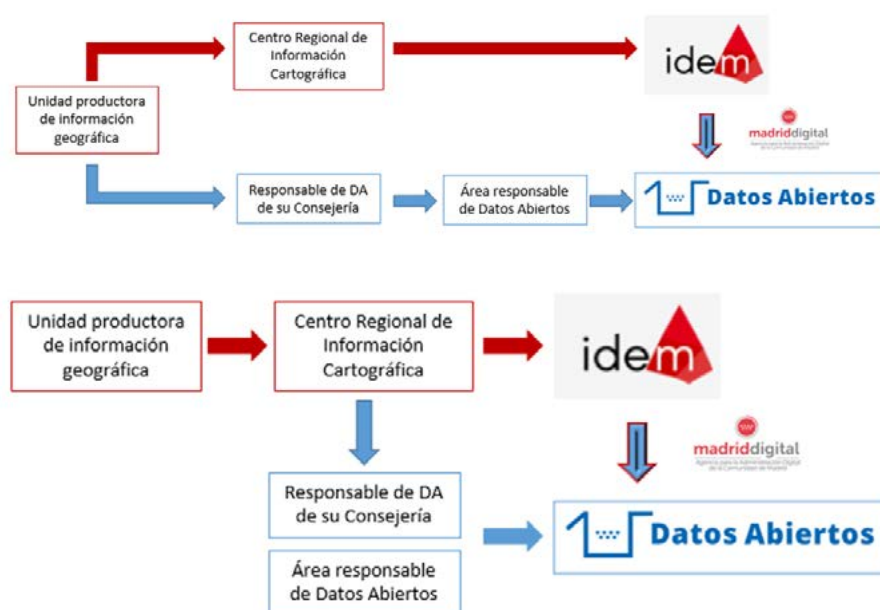
El **Catálogo de la Infraestructura de Datos Espaciales de la Comunidad de Madrid** (IDEM) y el **Catálogo de Datos Abiertos de la Comunidad de Madrid** llevan años coordinándose para la publicación de los datos geográficos incluidos en la IDEM en el Catálogo de Datos Abiertos. Esta coordinación ha ido evolucionando con el tiempo para mejorar su eficiencia e ir resolviendo los problemas que se han ido identificando.

Actualmente, la IDEM depende del **Área de Centro Regional de Información Cartográfica** (CRIC), adscrita a la Dirección General de Urbanismo de la Consejería de Medio Ambiente, Agricultura e Interior. El portal y catálogo de Datos Abiertos (DA) dependen del

Área de la Oficina Técnica de Gobernanza Digital, que se encuentra dentro de la Dirección General de Estrategia Digital de la Consejería de Digitalización. Por otro lado, el desarrollo, implantación, mantenimiento, gestión, soporte y cualquier otra cuestión relacionada con la informática y la tecnología es competencia de la **Agencia para la Administración Digital de la Comunidad** de Madrid (Madrid Digital), actualmente adscrita a la Consejería de Digitalización.

En una primera etapa, la unidad productora de los datos solicitaba al Centro Regional de Información Cartográfica la inclusión de sus datos en el Catálogo de la IDEM y la generación de los servicios web correspondientes. En paralelo, solicitaba también, a través del Área responsable de Datos Abiertos en su Consejería, la inclusión de sus datos en el Catálogo de Datos Abiertos. La federación entre ambos catálogos se llevaba a cabo a través de procesos ETL que lanzaba a demanda Madrid Digital.

En una segunda etapa, con la finalidad de simplificar el procedimiento a la unidad productora y evitar que hubiera datos en un Catálogo pero faltaran en el otro, se acordó entre el Centro Regional de Información Geográfica, el Área responsable de Datos Abiertos y Madrid Digital, que la unidad productora hiciera una única petición en la que se recogieran todos los requisitos que ambos catálogos



The top part of the image shows a screenshot of the 'Catálogo de datos abiertos' website. The header includes the 'Comunidad de Madrid' logo and navigation links: 'Servicios e información', 'Cultura y turismo', 'Inversión y empresa', and 'Acción de gobierno'. The main content area displays a search bar, filters (General, Infraestructura de Datos Espaciales, etc.), and a list of data sets. Two data sets are highlighted: 'Red de Calidad del Aire. Datos del día en curso' and 'Red de calidad del aire. Datos meteorológicos del mes en curso'. Both offer download options for JSON, DOC, and CSV formats.

The bottom part of the image is a flowchart illustrating the data integration process. It starts with a 'Unidad productora de información geográfica' (Geographic information production unit) which feeds into the 'Centro Regional de Información Cartográfica' (Regional Cartographic Information Center). This center then feeds into the 'idem' (Infraestructura de Datos Espaciales de Madrid) system. The 'idem' system also receives input from the 'Responsable de DA de su Consejería' (Data Abierta manager of the department) and the 'Área responsable de Datos Abiertos' (Data Abierta responsible area). The 'idem' system outputs data to the 'Datos Abiertos' (Open Data) platform, which is managed by 'madrid digital'.

usuario del Catálogo de la IDEM. Para solucionar los problemas anteriores, se decidió desarrollar un catálogo unificado que integre la información de ambos catálogos. Esta solución permite que cada dato permanezca en su catálogo de origen, Geonetwork o CKAN, sin sufrir transformaciones de formatos ni tener que ejecutar procesos ETL de sincronización. De esta manera, la búsqueda de la información se realiza a través de una única web que devuelve el resultado combinando ambos catálogos, permaneciendo transparente para el usuario final. Para ello, Madrid Digital ha desarrollado una API de unificación, que realiza un harvesting al catálogo

necesitaban para publicar los datos y que se la dirigiera al Centro Regional de Información Geográfica. De esta forma, el catálogo de la IDEM actuaba como maestro y el catálogo de DA como federador.

Aunque este esquema de trabajo simplificó el trabajo de la unidad productora y facilitó que todos los datos y servicios del Catálogo de la IDEM estuvieran en el catálogo de DA, el hecho de que la federación entre ambos catálogos se llevara a cabo a través de procesos ETL lanzados de manera puntual suponía la posibilidad de que ambos catálogos quedaran desincronizados, mostrando, para el mismo conjunto de datos, información contradictoria o desactualizada.

Por otro lado, los metadatos en formato xml INSPIRE, publicados en el catálogo de la IDEM con *Geonetwork*, y en formato DCAT rdf, publicados en el catálogo de Datos Abiertos con CKAN, responden a diferentes normativas y, por lo tanto, a diferentes esquemas de aplicación. Esto suponía que, al federarse un dato geográfico del Catálogo de la IDEM en Datos Abiertos, perdiera información geográfica relevante, de manera que un usuario del Catálogo de Datos Abiertos obtendría información diferente sobre un mismo conjunto de datos que un

de Geonetwork y al catálogo de CKAN, y muestra el conjunto en una interfaz, accesible desde el **portal de datos abiertos**, que permite la búsqueda en ambos catálogos o seleccionar el catálogo de interés, aplicando diferentes filtros de búsqueda. Más información en <https://datos.comunidad.madrid/catalogos>.

El flujo actual que sigue la información geográfica de la Comunidad de Madrid desde su integración en el Catálogo de la IDEM hasta su publicación en el Catálogo de Datos Abiertos es el que se muestra en la siguiente imagen. Es importante destacar que la incorporación de los datos de la IDEM en el catálogo unificado de datos abiertos sucede de forma simultánea.

De esta forma, el proceso actual de sincronización entre IDEM y Datos Abiertos se ha automatizado y simplificado reduciendo los tiempos, eliminando los procesos manuales y asegurando que el usuario obtenga una única información ya sea accediendo desde el catálogo de la IDEM como desde la plataforma de Datos Abiertos. En la Comunidad de Madrid seguimos trabajando para alcanzar el siguiente reto: que los datos de la IDEM lleguen a datos.gob.es cumpliendo los requisitos que marca el Reglamento de Datos de Alto Valor.

Normalizando para conectar GIS y BIM: representación del AMB en comités autonómicos, nacionales e internacionales

Relación de proyectos a nivel metropolitano para contribuir a la mejora de la interoperabilidad entre GIS y BIM

Montserrat Monteagudo Gomez

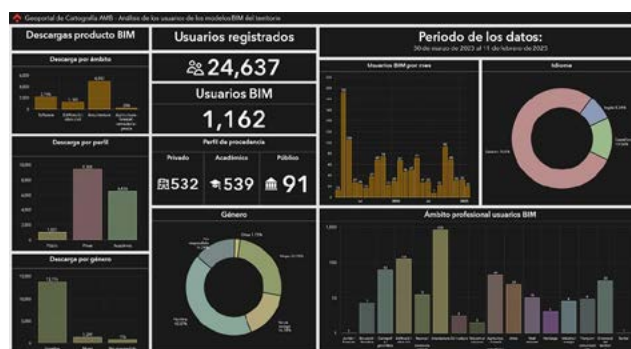
Directora de proyectos de innovación cartográfica
Área Metropolitana de Barcelona (AMB)

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 45-46
2026
ISSN: 1131-9100

El Área Metropolitana de Barcelona (**AMB**) publicó en marzo de 2023 los **Modelos 3D del territorio en formato IFC**. Este producto, elaborado a partir de la cartografía del Mapa Topográfico Metropolitano de escala 1:1.000, permitió integrar las bases cartográficas oficiales a la metodología BIM (*Building Information Modeling*) a través del formato abierto e interoperable IFC (*Industry Foundation Classes*).

Por primera vez, los profesionales del sector **AECO** (*Architecture, Engineering, Construction & Operations*) disponían de una cartografía continua modelada en 3D de ámbito supramunicipal que se podía integrar en BIM y que les permitía incorporar sus proyectos de edificación e infraestructuras en esta base 3D para darles continuidad territorial.

La publicación en abierto de los Modelos **BIM** del territorio metropolitano en formato **IFC** a través del **Geoportal de Cartografía** despertó el interés de profesionales con diferentes perfiles (arquitectos, ingenieros de caminos, desarrolladores de software, arquitectos técnicos, ingenieros obras públicas, etc.) y provenientes de diferentes ámbitos (público, privado y académico) que querían conocer cómo se había conseguido conectar el mundo



GIS con el mundo BIM a través de estos modelos BIM del territorio en IFC.

Gracias a las métricas disponibles sobre el uso y la interacción de los usuarios con el Geoportal de Cartografía pudimos elaborar cuadros de mando para analizar el **impacto de este nuevo producto**. Además, contactamos con algunos de ellos para conocer cuáles eran sus necesidades reales y cómo utilizaban este nuevo producto.

Actualmente desde el AMB estamos trabajando en la normalización para conectar GIS y BIM a nivel autonómico, nacional e internacional.

Las principales líneas de trabajo abiertas son:

1. Redacción del borrador de una norma de ámbito



nacional a través del **Subcomité 2 - Intercambio de información entre BIM y GIS** del **CTN-332 - Digitalización de la información para edificación y la obra civil** de la Asociación Española de Normalización (UNE). El objetivo principal de esta futura norma es poder ayudar a otras administraciones públicas a replicar la experiencia del AMB en la traducción de los modelos de datos de las bases cartográficas oficiales para que las puedan integrar en BIM a partir del formato abierto IFC, y que dispongan de una norma de consulta para seguir los pasos descritos y lo hagan de forma estandarizada.

También participamos en grupos de trabajo sobre ISO internacionales como el JWG 14-ISO/AWI 23143: **Information exchange between BIM and GIS** y así garantizamos estar alineados con la estandarización internacional.

2. Participación en la coordinación del **GT** (Grupo de Trabajo) para la redacción de **especificaciones de la BTU (Base Topográfica Urbana) y su integración en BIM** que depende de la Comisión Especializada de Normas Geográficas del Consejo Superior Geográfico.

3. La evolución de los **Modelos BIM del territorio en formato IFC2x3**:

- Nuevos esquemas como el IFC4.3 más orientados a trabajar con infraestructuras y no tan limitado como el IFC2x3 que solo se centra en el edificio.
- Segmentación del espacio público en más polígonos (rampas, pasos peatones, isletas regulación del tráfico, escaleras, parterres, etc.) que serán adicionales a los ya existentes (calzadas, aceras y resto del terreno)
- Incorporación de más elementos puntuales de activos de la vía pública.

4. Nueva línea de investigación sobre proyectos piloto que permitan **utilizar los As-Built BIM** como otra **fuentes para actualizar la cartografía** del Mapa Topográfico Metropolitano 1:1.000.

Con esta línea de trabajo pretendemos dar cumplimiento al apartado 4.8 **Bases Digitales de Geoinformación Nacionales** del **Plan BIM en la contratación pública**.



PLAN BIM

en la contratación pública

4.8 Bases Digitales de Geoinformación Nacionales

Una vez finalice un contrato cuya gestión de la información se haya realizado con BIM, el órgano de contratación enviará los envoltorios del modelo BIM, así como las modificaciones que se hayan realizado en el territorio del perímetro de actuación, al Instituto Geográfico Nacional (IGN) para su inclusión en las Bases Digitales de Geoinformación Nacionales del Sistema Cartográfico Nacional, establecido en el Real Decreto 1545/2007, de 23 de noviembre.

El Instituto Geográfico Nacional establecerá tanto las características de los envoltorios del modelo BIM y la información asociada (metadatos), como el procedimiento de envío para su inclusión en las Bases Digitales de Geoinformación.

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 47-48
2026
ISSN: 1131-9100

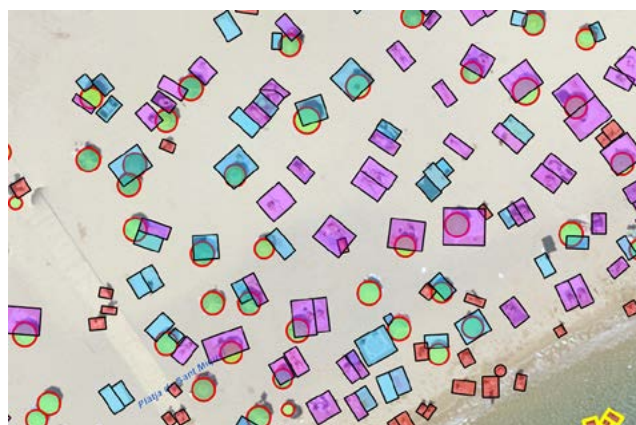
Bernat Pallarès Alberich
Técnico superior de proyectos de
innovación cartográfica
Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB)

El Área Metropolitana de Barcelona (AMB) dispone de un gran número de conjuntos de información geográfica. Dentro de estos conjuntos se usan algunos de ellos, por ejemplo, el callejero metropolitano, las ortofotos de playas, la analítica web del geoportal de cartografía o los vuelos históricos, junto con la Inteligencia Artificial, dentro de los procesos de producción cartográfica y de los servicios cartográficos que ofrece la Sección de Cartografía para generar nuevos productos derivados y enriquecer los datos de partida.

En este artículo presentamos los distintos casos de uso que tenemos implementados en el Área Metropolitana de Barcelona.

Este callejero dispone de un grafo viario donde los ejes de calles incorporan una serie de atributos (nombre vial, número de policía, etc.) Algunos de estos atributos, como por ejemplo el sentido de circulación, no están recogidos de forma completa ni suficientemente actualizada, dada la complejidad del proceso de actualización, con unos datos tan cambiantes.

A partir de ortofotos aéreas de alta resolución se puede identificar la señalización horizontal de los viales, a partir de la cual se puede interpretar el sentido de circulación. Este proceso es el que se pretende automatizar aplicando algoritmos de inteligencia artificial para la



detección de patrones que interpreten marcas viales, señales de ceda el paso/stop, carril bici, límites de velocidad, etc.

Como datos iniciales, partimos del conjunto de ortofotos de alta resolución del litoral metropolitano con tamaños de píxel de 8 a 10 cm. En estas ortofotografías se ven claramente los usuarios de las playas (personas, parasoles, flotadores...)

A partir de esta detección, podemos ver cómo se distribuyen los usuarios de las playas metropolitanas a lo largo del territorio y contar cuántos usuarios hay.

- Chatbot - Large Language Model (Analítica web del geoportal de cartografía)



Chatbot

Analítiques del geoportal cartografia AMB



Fes clic per veure preguntes suggerides



Quin és el número de descàrregues totals durant l'any 2024?



```
1 SELECT COUNT(*) AS total_descargas_2024
2 FROM public.descargas
3 WHERE EXTRACT(YEAR FROM fechadescarga) = 2024;
```

Durante más de 10 años, hemos recogido datos sobre cómo los usuarios del geoportal de cartografía (<https://geoportalcartografia.amb.cat/>) interactúan con él, visualizando y descargando los distintos productos que se ofrecen de forma totalmente gratuita. Todas estas métricas se han guardado en una base de datos. Para visualizar y explorar la riqueza de este gran volumen de información, disponemos de un conjunto de cuadros de control con las consultas básicas y recurrentes. No obstante, para aprovechar plenamente toda esta información, se ha desarrollado un Chatbot que, mediante lenguaje natural, permite plantear preguntas y recibir gráficos y tablas con los resultados.



8 cm/px



3 cm/px

- Superresolución (Fotogramas de vuelos históricos analógicos)

Desde los años 60, el AMB ha volado el territorio para poder cartografiarlo. Durante estas campañas se han obtenido alrededor de 65.000 fotogramas analógicos, los cuales tenemos escaneados.

Estos vuelos analógicos en ocasiones tienen poca resolución, y mediante algoritmos de superresolución es posible reconstruir detalles finos a partir de imágenes de estas imágenes. Esto permite obtener imágenes resultantes más nítidas.

- Clasificación de imágenes (Mapa Topográfico Metropolitano a escala 1:1000

- MTM-1M)

Dentro del MTM-1M se recogen distintos elementos puntuales, entre ellos están los árboles. Un reto que tenemos es diferenciar el tipo de árbol presente en cada punto. Si lo cruzamos con la ortofoto territorial de 10cm que tenemos en el territorio y un algoritmo de clasificación de imágenes, podemos clasificar el tipo de árbol correspondiente a cada elemento digitalizado en el MTM-1M.



Palmera vs Árbol

Las ciudades son dinámicas y por tanto generan grandes cantidades de datos. El uso inteligente de estos datos, de la mano de las tecnologías de la información y la comunicación, permite hacer frente a los retos presentes y futuros.

Las *Smart Cities* aprovechan todo el potencial de los avances tecnológicos para ahorrar costes siendo más eficientes: proveen nuevos servicios económicos y sociales, reducen su huella ambiental, estimulan la innovación local y avanzan hacia nuevas formas de gobierno.

El reto de la administración local es ofrecer servicios públicos eficientes, cercanos al ciudadano, facilitándoles su uso y ofreciendo transparencia en toda su gestión.

La inercia es trabajar de forma departamental (silos de información) y en modo alfanumérico, sin explotar la variable visual.

La administración local gestiona territorio, por tanto,

analizar el factor «dónde» es clave en su transformación digital hacia una ciudad inteligente.

El Ayuntamiento de Bilbao dispone desde hace más de 10 años de **GeoBilbao** (<https://www.geobilbao.eus>), un Sistema de Información Geográfica (SIG) que se encuentra en constante evolución y mejora continua, creciendo en nuevas *funcionalidades* de los módulos actuales, así como en conexiones con otros sistemas municipales.

GeoBilbao, el GIS municipal (mapas, geolocalización), está implícito en el negocio del Ayuntamiento.

Grupo Geobat: una iniciativa colaborativa

El código fuente de GeoBilbao se ha compartido con otras administraciones públicas que están colaborando en el desarrollo e incorporación de nuevas funcionalidades, lo que hace que GeoBilbao vaya ganando en prestaciones año tras año.

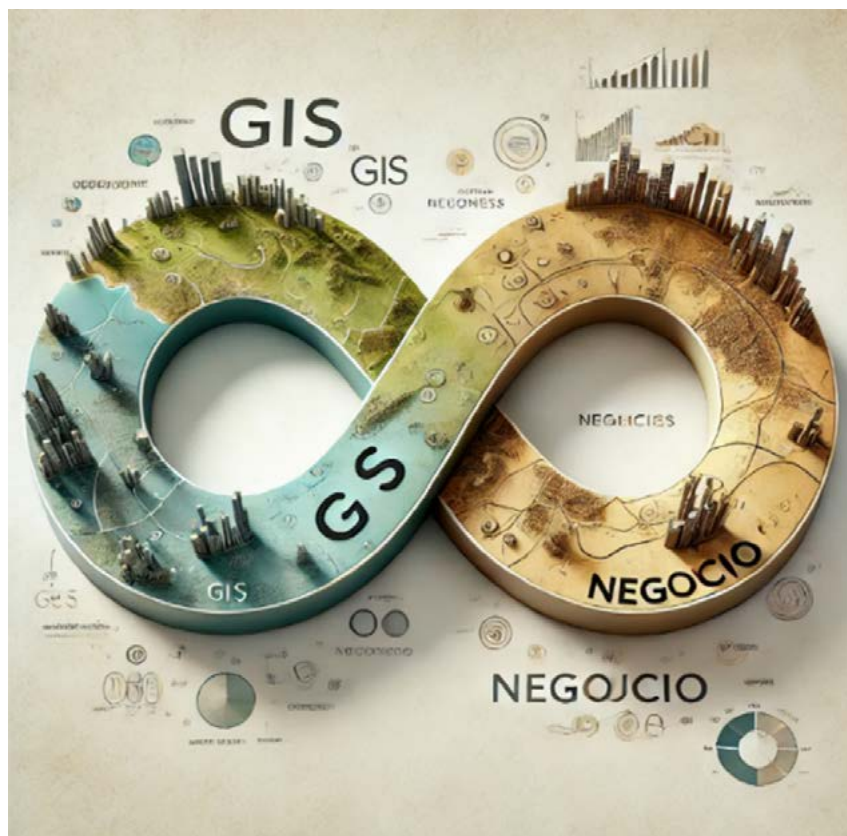
Bajo esta filosofía, se ha creado el grupo Geobat, en el que participa activamente el Ayuntamiento de Bilbao (<https://www.bilbao.eus>) y BilbaoTIK.

Las otras instituciones y entidades que están colaborando en el proyecto son:

- La Diputación Foral de Álava / CCASA
- La Sociedad Foral de Servicios Informáticos de la Administración Pública de Gipuzkoa, IZFE
- El Consorcio de Aguas de Bilbao Bizkaia
- El Ayuntamiento de Barakaldo
- El Ayuntamiento de Irun

Aplicaciones municipales

Se han desarrollado aplicaciones en las áreas municipales que disponen de activos distribuidos por la ciudad, como Servicios y Calidad de Vida, Movilidad y Sostenibilidad, Obras y Planificación Urbana o Hacienda, entre otras, así como para resolver otras problemáticas en varias áreas. Algunos ejemplos son:





GISMYS. Área de movilidad y sostenibilidad

El Área de Movilidad y Sostenibilidad cuenta con diferentes herramientas para el inventariado y gestión de las entidades asociadas con los servicios a la ciudadanía.

La aplicación para la gestión del inventario municipal es altamente parametrizable, permitiendo configurar diversos aspectos de la misma.

La plataforma se presenta como un conjunto de módulos con diversidad de usuarios, que se disponen como una herramienta funcional en el desarrollo del trabajo de los técnicos municipales:

- MICT: Módulo de Incidencias de Circulación y Transportes para gestión de la información inventariada

relativa a señalización horizontal y vertical, sistema de regulación semafórica, equipamiento ITS adicional y servicio de Bilbobus.

- OTA: Módulo para la explotación de los elementos vinculados al sistema de regulación de aparcamiento OTA e información en tiempo real relativa.

- GAP: Módulo de Gestión de Actuaciones Planificadas, para la gestión de las autorizaciones de ocupación de la vía pública tramitadas por el área.

- FLOTA: Módulo para la gestión de información correspondiente a la entidad de la flota de Bilbobus.

- ARES: Módulo de aparcamientos para el análisis de la oferta y la demanda de plazas de aparcamientos.

Se trata de una aplicación web que permite:

- Gestión del inventario del área
- Gestión de las actividades relativas al mantenimiento correctivo y preventivo de elementos en campo
- Integración con el Gestor de Actuaciones Planificadas (GAP) - Expedientes (SAP), OTA, gestor documental (Alfresco), subsistema GIS, etc.

TETRA. Dirección de seguridad ciudadana

El Área de Seguridad Ciudadana tenía la necesidad de visualizar en tiempo real las posiciones de los activos que gestiona: ambulancias, bomberos y policía municipal, junto con las incidencias dadas de alta en el sistema. También almacena un histórico de las posiciones para su posterior consulta.

Croquizador de atestados

El croquizador de atestados de tráfico permite, de manera sencilla y fiable, crear nuevos atestados asociados a un expediente, editarlos y consultarlos.

Además, al ser una aplicación web, se consigue deslocalizar la creación de croquis, eliminando, a su vez, la dependencia de emplear software de escritorio CAD para llevar a cabo la gestión integral de los croquis.

Por otra parte, la solución integra el gestor documental corporativo, centralizando los expedientes y facilitando la consulta de los mismos.

Al ser una solución integrada en la infraestructura del Ayuntamiento de Bilbao, la herramienta emplea el sistema de autenticación corporativo e incorpora la funcionalidad de exportación de croquis a formato PDF.

Diseño de un algoritmo de búsqueda espacial multiobjetivo y desarrollo de herramienta web SIG para proyectos de reestructuración parcelaria

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 52-53
2026
ISSN: 1131-9100

Algoritmo de búsqueda espacial para proyectos de reestructuración parcelaria

Francisco Javier Ferrer Lojo
David Torea Moledo
Francisco José Tomico Santos
Xunta de Galicia – Consellería de
Medio Rural

Sergio Rodríguez Castro
Ismael López Nicolás
Daniel Boubeta Portela
Mateo Díaz Allegue
Óscar Alejandro Manteiga Seoane
Avansig S.L.

La **Consellería de Medio Rural** es el órgano de la Administración gallega responsable de proponer y ejecutar las directrices generales del Gobierno en el ámbito rural.

La Ley 4/2015, de 17 de junio, de mejora de la estructura territorial agraria de Galicia, tiene por objeto establecer los mecanismos y recursos para mejorar la estructura territorial de las explotaciones agrarias de Galicia. La reestructuración parcelaria es uno de los procesos de mejora que se establece en dicha Ley, mediante el cual se pretende paliar los efectos de muchos años de minifundismo que han derivado en una parcelación excesiva del terreno, de forma que se consiga reagrupar parcelas de un mismo propietario en parcelas únicas de tamaño mayor.

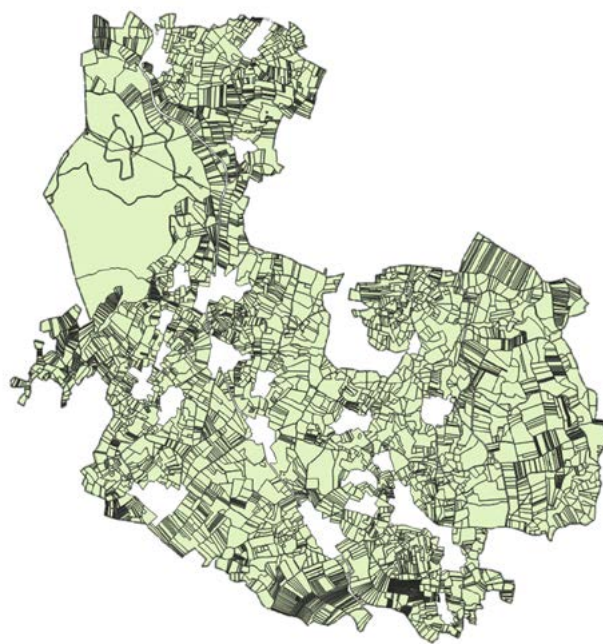
Por lo tanto, la reestructuración parcelaria es un proceso complejo, en el que se maneja gran cantidad de información (parcelas, propietarios, calidades del suelo, viarios, lindes, derechos adquiridos, etc.) y que requiere de herramientas informáticas específicas, siendo las fases del diseño de red viaria y de las fincas de sustitución una de las tareas más complejas del proceso.

En este proyecto se ha desarrollado un algoritmo de reestructuración parcelaria óptima que permite el rediseño eficiente y efectivo de parcelas de tierra en Galicia, con la intención de mejorar la estructura territorial agraria y forestal.

La solución desarrollada aborda tanto las necesidades específicas de reestructuración parcelaria en zonas agrícolas como en áreas forestales. El algoritmo desarrollado es versátil y aplicable a una diversidad de proyectos que necesiten una distribución óptima de terrenos.

Como datos de entrada para el algoritmo de parcelación, fundamentales para llevar a cabo un proceso de optimización del parcelario preciso y ajustado a la realidad del territorio, se encuentran los siguientes:

1. Parcelas actuales: información sobre la localización y la forma de cada parcela.
2. Propietarios y agrupaciones: detalles sobre los propietarios, agrupaciones de estos y qué parcelas posee cada uno.



3. Edificaciones: datos sobre la localización y la forma de las edificaciones en la zona.
4. Red viaria: información geolocalizada sobre las carreteras y caminos existentes.
5. Clases de suelo: información sobre la distribución de los tipos de tierra presentes en cada parte del terreno.
6. Otros elementos: datos sobre la localización de otros elementos excluidos de la reparcelación, como hidrografía, suelo urbano, etc.

La complejidad inherente a la reestructuración parcelaria requiere una metodología de optimización robusta y adaptativa. La estrategia utilizada para solucionar este desafío multifacético está basada en técnicas de búsqueda multiobjetivo, que permiten equilibrar múltiples criterios y restricciones de manera simultánea.

A continuación, se describen las principales características de la solución desarrollada:

- Soluciones Pareto-Óptimas: capacidad de encontrar un conjunto de soluciones Pareto-óptimas, que son soluciones en las que mejorar un objetivo implicaría deteriorar otro.
- Flexibilidad: la búsqueda multiobjetivo es inherentemente flexible y se adapta bien a cambios en las restricciones o en los objetivos.

- Interpretabilidad: este enfoque facilita la comprensión del equilibrio entre distintos objetivos, lo que simplifica la toma de decisiones.
- Robustez: los algoritmos de búsqueda multiobjetivo suelen ser robustos ante variabilidad y errores en los datos.
- Optimización Concurrente: permite optimizar múltiples aspectos como el trazado de la red viaria, la asignación de parcelas, y la satisfacción de los propietarios de manera simultánea.

ACCIONES EJECUCIONES SOLUCIONES PROPIETARIOS

#	Identificador	Valoración			Indicadores	
		Número Parcelas	Coste Viario	Total Ponderada	Índice de reducción	Porcentaje de viario
1	220dcd27-...	1.77	7.55	4.66	2.62	1.00
2	9ff316ec-...	1.73	7.54	4.64	2.60	1.00
3	d159a288-...	1.73	7.54	4.64	2.60	1.00
4	7ce2b807-...	1.73	7.54	4.64	2.60	1.00
5	09a2be34-...	1.73	7.51	4.62	2.60	1.00

- Integración de Criterios Diversos: este método hace posible la incorporación de diversos tipos de criterios.

- Escalabilidad: la técnica es escalable y puede ajustarse para manejar un gran número de parcelas, propietarios y variables.

ACCIONES EJECUCIONES SOLUCIONES PROPIETARIOS

Configurar parámetros de ejecución

Número de iteraciones: 1

Número de variaciones por solución: 5

Número de soluciones: 5

☐ Recalcular masas y subperímetros

☒ Preprocesado de masas, subperímetros y parcelas

☒ Preprocesado de propietarios, puntuaciones y superficies

3 Ejecución de la parcelación

DEMOSTRADOR PARCELARIA

POWERED BY AVANSIG

Visualizador 3D de datos de calidad del aire basado en Maplibre GL JS

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 54-55
2026
ISSN: 1131-9100

Visualización 3D de datos espacio temporales de calidad del aire en entornos urbanos

Samuel Piñeiro Lema
Anxo Rodríguez López
Suez

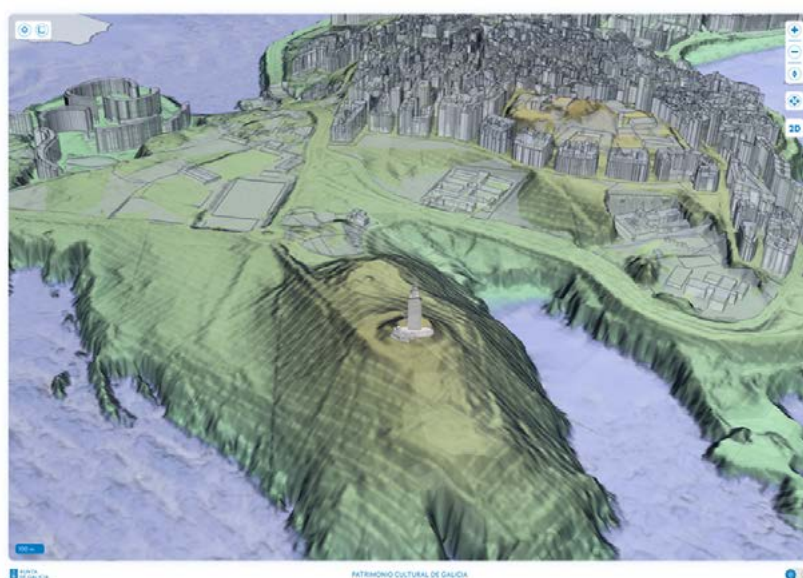
Sergio Rodríguez Castro
Sergio Folgar Méndez
Javier Brandariz Louzao
Sandra Gómez Gutiérrez
Sara Fernández Martínez
Avansig S.L.

La visualización de datos de calidad del aire en entornos urbanos es fundamental para comprender el impacto de la contaminación atmosférica en la salud pública y en el medio ambiente. A medida que las ciudades crecen y la actividad industrial y vehicular aumenta, también lo hace la emisión de contaminantes como el dióxido de nitrógeno (NO_2), el ozono troposférico (O_3) y las partículas finas ($\text{PM}_{2.5}$). La visualización 3D de datos espaciotemporales de calidad del aire permite transformar cifras complejas en representaciones gráficas accesibles y comprensibles, facilitando su análisis tanto para expertos como para el público en general.

En este artículo se presenta una herramienta de visualización de datos geoespaciales de calidad del aire basada en la biblioteca de código abierto **MapLibre GL JS**. El visualizador está diseñado para operar en entornos web, permitiendo el acceso multiplataforma sin necesidad de instalación adicional. La aplicación desarrollada incorpora un conjunto de herramientas diseñadas específicamente para la visualización de datos espaciotemporales en entornos urbanos, permitiendo realizar simulaciones de la evolución de contaminantes en la atmósfera a partir de archivos NetCDF generados mediante modelos de simulación avanzados.

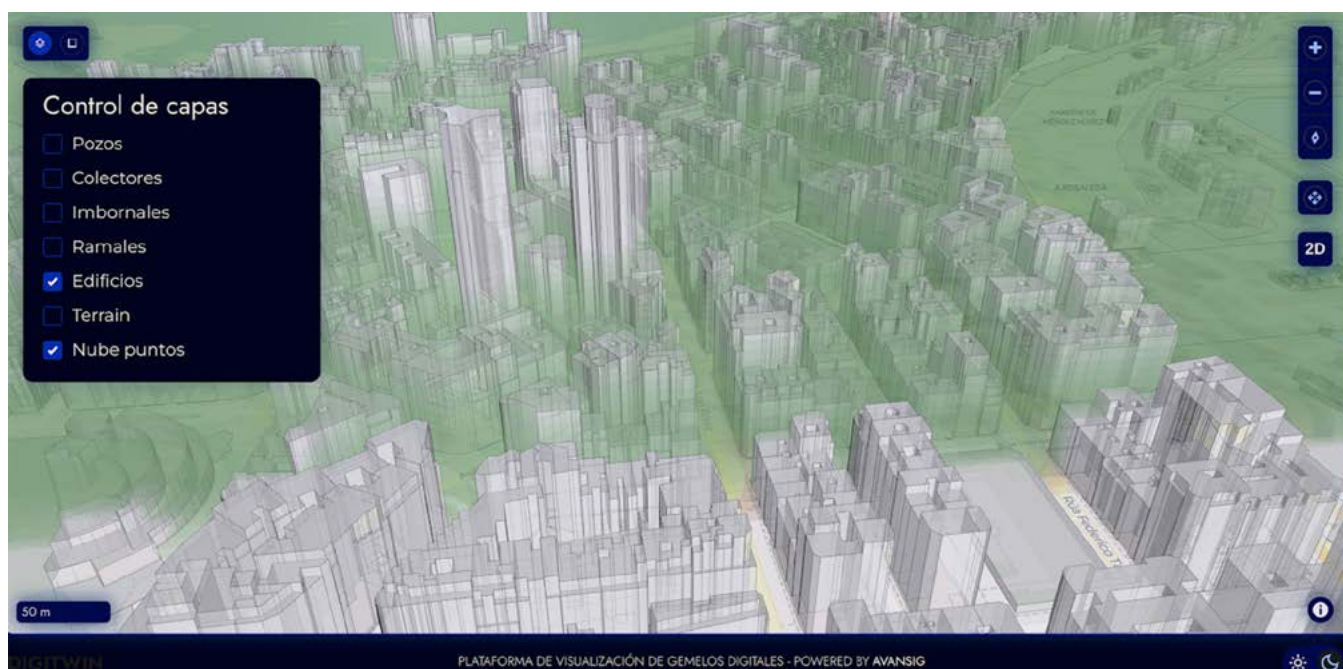
Entre las características de la herramienta de visualización destacamos las siguientes:

- Visualización 3D de edificios. Partiendo de datos de parcelas y subparcelas catastrales, el visualizador 3D permite generar y mostrar una capa de volúmenes correspondientes a los edificios existentes en el entorno urbano. La generación de los edificios 3D se realizará de forma automática y



estimativa, aplicando la extrusión de cada planta a una constante.

- Visualización 3D del terreno. El visualizador 3D permite generar y mostrar la capa de relieve, generando ésta de forma automática a partir del modelo digital de terreno en un proceso basado en el uso de texturas codificadas en RGB para representar valores de elevación en un ráster y la aplicación de sombreadores que modifican la geometría del mapa en función de estos valores.
- Visualización de objetos 3D. El visualizador 3D permite cargar y visualizar modelos 3D en formato CityGML y CityJSON asociados a los elementos del inventario, edificios circundantes y otros elementos urbanos o naturales. Para ello, se realiza la conversión automática de los formatos CityGML/CityJSON a 3D Tiles, formato compatible con WebGL.
- Visualización de datos NetCDF. El visualizador 3D permite cargar y visualizar archivos NetCDF con grandes volúmenes de datos espacio temporales



de calidad del aire mediante el uso de 3D Tiles. En este proceso, se optimiza la visualización mediante niveles de detalle (LOD) para renderizar millones de puntos sin afectar al rendimiento.

La herramienta de visualización 3D aporta ventajas significativas a la hora de analizar datos de calidad del aire en entornos urbanos:

- Visualización Realista y Contextualizada. Representa los datos de calidad del aire en el contexto geográfico urbano real con mayor precisión y detalle que los visualizadores 2D. Permite comprender mejor las relaciones espaciales existentes entre las fuentes de generación de contaminantes (industria, tráfico, etc.) y el entorno, incluyendo relieve, edificios circundantes y otros elementos urbanos o naturales.
- Análisis Espacial Avanzado. Posibilita realizar simulaciones de datos espaciotemporales de calidad del aire a distintas alturas y consultar los resultados desde diferentes perspectivas.

Para el desarrollo del Visualizador 3D se ha empleado MapLibre, biblioteca de código abierto para la visualización de mapas interactivos en aplicaciones web y móviles, junto con otras tecnologías de renderizado WebGL optimizado.

La combinación de estas tecnologías ha permitido el desarrollo de una plataforma de visualización que permite:

- La creación de mapas web fluidos y altamente per-

sonalizables compatibles con datos vectoriales y modelos digitales de elevación.

- La integración de modelos 3D en GLTF (Graphics Language Transmission Format) y su versión binaria (GLB).
- La integración de modelos ráster DEM (Digital Elevation Model) para representar el relieve.
- El manejo eficiente de grandes volúmenes de datos geoespaciales 3D.

El visualizador 3D para la representación y visualización de datos de calidad del aire es un desarrollo a modo de prueba de concepto realizado en colaboración entre **AVANSIG**, empresa especializada en desarrollos avanzados de software e inteligencia geoespacial y SUEZ (<https://www.suez.com/es/aire-espana>), empresa especializada en aportar soluciones innovadoras para mejorar la calidad del aire y reducir el impacto del cambio climático.

Este proyecto forma parte de las actividades de I+D+i relacionadas con el desarrollo de soluciones de Inteligencia Geoespacial sobre tecnología GIS incluidas en el Plan de Innovación de **AVANSIG** y enmarcadas dentro del Programa InnovaPeme de «Ayudas para la mejora de la capacidad de innovación de las empresas en Galicia, a través de la financiación de actividades integradas en planes de diseño para la innovación y la sostenibilidad y en planes de innovación en procesos y organización (Deseñapeme e Innovapeme)» financiado por la Axencia Galega de Innovación (GAIN) (<http://gain.xunta.gal/>) en su convocatoria de 2024.

MapForest: gestión y análisis de coberturas vegetales y masas arbóreas

Sergio Rodríguez Castro
Santiago Bellas Carballo
Diego Codesido Iglesias
Daniel Rúa Carnota
María Romar Gómez
Avansig S.L.

La investigación en el ámbito forestal ha creado métodos muy diferentes para la consecución del objetivo de sostenibilidad y sistemas que permitan predecir la evolución de distintas variables de un rodal a lo largo del tiempo. Estos sistemas permiten la aplicación de diferentes tratamientos selvícolas (entendidos como operaciones que se aplican a las masas forestales durante el período que transcurre entre regeneración y regeneración), en los que, por ejemplo, pueden incluirse la realización de claras o la corta final a diferentes edades. Como resultado, se obtienen cuadros numéricos, gráficos e informes con la evolución de las principales variables de rodal para cada alternativa analizada.

En este artículo se presenta un Sistema de Gestión de Masas Arbóreas basado en Inteligencia Artificial, orientado a la gestión forestal y al mantenimiento de cubiertas vegetales. El sistema desarrollado permite simular, para un área determinada, la evolución de distintas variables de la vegetación y de las masas arbóreas.

El sistema incorpora herramientas de análisis y simulación de crecimiento de coberturas vegetales y masas arbóreas a partir de un algoritmo predictivo basado en inteligencia artificial. Estas herramientas permiten mejorar el aprovechamiento de las explotaciones forestales y optimizar las tareas de poda y control de la cubierta vegetal que afectan al mantenimiento de parcelas e infraestructuras, como líneas de transporte de energía eléctrica, líneas de comunicación y carreteras.

En su conjunto, el sistema desarrollado se sustenta en un flujo de captura, análisis y explotación de información compuesto por las siguientes fases:

1. Recogida de datos de terreno: captura de imágenes de alta resolución mediante LiDAR embarcados en



UAVs (*Unmanned Aerial Vehicle*, vehículo aéreo no tripulado) o vehículos.

2. Procesado y carga de imágenes: a partir de las imágenes capturadas se generan los mosaicos de ortoimágenes y modelos digitales de terreno. Estas capas de información, junto con los conjuntos de metadatos que describen sus características, son cargadas en el sistema para su posterior análisis.
3. Identificación de especies y zonificación: analiza los datos del terreno, identificando la presencia de masas arbóreas mediante un proceso de segmentación y zonificación basado en algoritmos de análisis de imagen y clasificación automatizada. También, valida los resultados y crea indicadores de incertidumbre.
4. Visualización, consulta y explotación de resultados: visualización y consulta de zonas y coberturas, análisis de datos históricos e indicadores. Publicación de información mediante visualizador SIG web y geoservicios de consulta y descarga de información. Generación de mapas e informes.

Financiado por el Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital



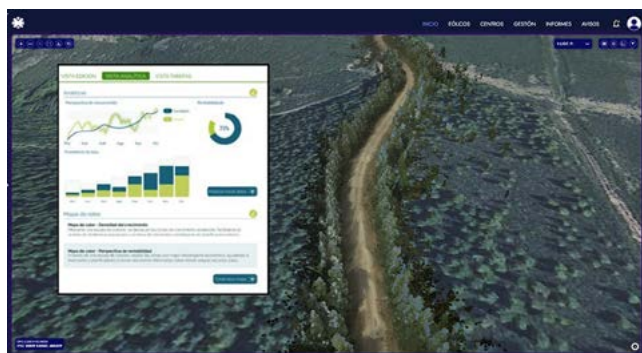
INSTITUTO GALEGO
DE PROMOCIÓN
ECONÓMICA



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



Financiado por la
Unión Europea
NextGenerationEU



A través de este flujo de trabajo el sistema gestiona y alimenta un repositorio de imágenes, capas *ráster* (mosaicos, ortoimágenes, modelos digitales de terreno) y una base de datos geoespacial con información de zonificación y coberturas de especies.

El empleo de metadatos para la caracterización y clasificación de los vuelos, así como los *datasets* de la información recogida, permite la gestión eficiente de grandes volúmenes de información con características heterogéneas, proporcionando acceso a la información de forma sencilla y transparente para los usuarios.

El sistema permite la trazabilidad de toda la información durante el ciclo de captura, carga, análisis y explotación. De esta forma, para una cobertura determinada, será posible consultar el dataset de imágenes a partir del cual fue generada, así como los parámetros empleados por el algoritmo de análisis de imágenes y clasificación. Como herramienta de catalogación de recursos georreferenciados se utiliza el aplicativo **GeoNetwork**.

Los módulos de «Diseño de operaciones» y «Carga y procesamiento de datos de terreno», así como de las herramientas de «Segmentación y zonificación», están basadas en el aplicativo **QGIS**.

El módulo de «Segmentación y zonificación» tiene como propósito identificar y modelar relaciones entre variables independientes (climáticas y del suelo) y las relacionarlas con la magnitud de la masa forestal y el crecimiento arbóreo (variables dependientes o respuesta). Su implementación se realiza a través de la aplicación de algoritmos de regresión multivariante



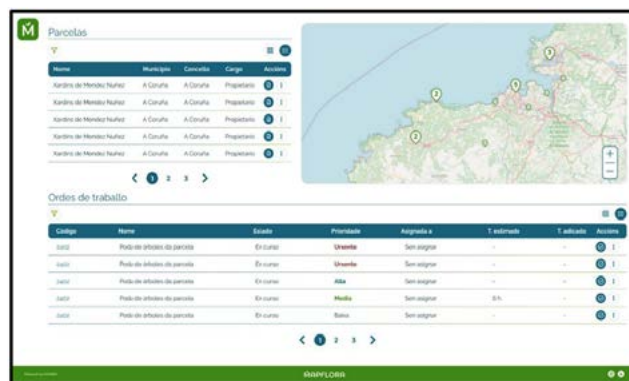
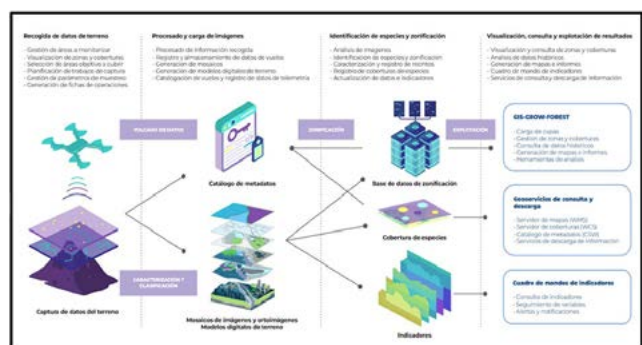
que abarcan modelos de regresión lineal, modelos aditivos generalizados (GAM) y modelos de aprendizaje máquina.

Para la predicción del crecimiento de masas arbóreas a partir de datos LiDAR e imágenes se ha empleado un modelo basado en redes neuronales profundas (*Deep Learning*), dado que es el más apropiado debido a su capacidad para procesar datos complejos y no estructurados, como imágenes y datos espaciales tridimensionales.

A través de servicios de catalogación de recursos y de publicación de datos geoespaciales se proporcionan herramientas de búsqueda, consulta y descarga de información, garantizando la interoperabilidad con otros sistemas. Los geoservicios de publicación de datos geoespaciales están desarrollados sobre **Geoserver**.

El sistema inteligente desarrollado permite obtener estimaciones fiables de cómo evolucionará la flora colindante a vías e infraestructuras, lo que resulta útil para planificar su mantenimiento a futuro, además de controlar y poder dimensionar los recursos (medios técnicos, humanos...).

Este proyecto forma parte de las actividades de I+D+i de **Avansig** relacionadas con el desarrollo de soluciones de Inteligencia Artificial sobre tecnología GIS incluidas dentro del programa IA360. Ayudas para el desarrollo tecnológico y la innovación mediante el uso de la Inteligencia Artificial para el año 2025, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, financiado por la Unión Europea-NextGenerationEU.



Implementación práctica de las capacidades INSPIRE en plataformas SIG

Hacia una gestión armonizada de la información geoespacial en el contexto europeo

Adriana Rangel Sotter
Account Manager AAPP
Esri España

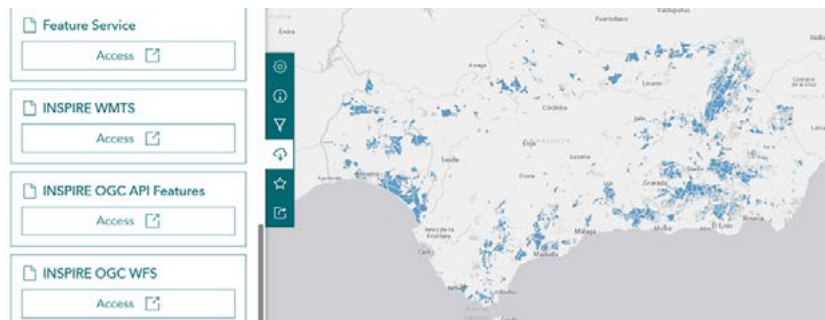
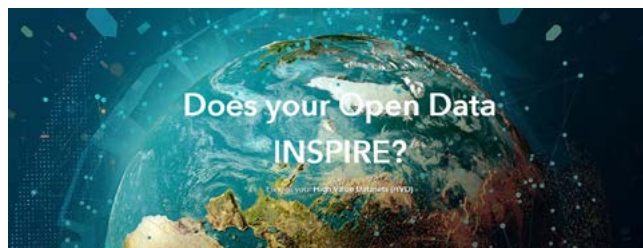
Sergio Domenech Zueco
Solution Engineer AAPP
Esri España

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 58-59
2026
ISSN: 1131-9100

La **Directiva INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in the European Community)** constituye el marco normativo para el establecimiento de una infraestructura de datos espaciales en Europa, con el objetivo de facilitar el acceso, la interoperabilidad y el intercambio de información geográfica entre las entidades públicas y privadas, y la ciudadanía. En este contexto la tecnología de Esri, líder en el ámbito de los SIG, ha integrado capacidades específicas para dar soporte a los requisitos técnicos y normativos definidos por INSPIRE, en donde destaca **el componente Hub**.

Este trabajo expone una experiencia aplicada en la implementación de dichas capacidades INSPIRE en un entorno *Software as a Service* (SaaS), centrándose en la configuración de servicios interoperables (WMTS, WFS u OGC API Features), la generación de metadatos conforme al perfil de *metadatos INSPIRE*, y la estructuración de *datasets* de acuerdo con los *Data Themes* establecidos en la Directiva. Asimismo, se verá el uso de los validadores técnicos proporcionados por la Comisión Europea para cumplir con la Directiva.

La posibilidad de visualizar los datos geográficos antes de su descarga es una característica clave de la solución. A través de mapas interactivos y tablas, los usuarios pueden explorar la información de manera preliminar, lo que facilita su interpretación y garantiza que los datos seleccionados sean adecuados para sus necesidades. Por otro lado, el acceso directo a las *URLs* de los servicios permite a los desarrolladores incorporar estos recursos en sus propias plataformas y aplicaciones, favoreciendo la creación de soluciones innovadoras basadas en información geoespacial.



La arquitectura SaaS de Esri ofrece un entorno flexible y escalable que resulta clave para una difusión eficaz de los servicios geográficos. Se demostrará cómo la tecnología geoespacial puede ser implementada en la nube, proporcionando una infraestructura dinámica capaz de ajustarse a las necesidades de la demanda. Esta capacidad permite gestionar altos volúmenes de datos y un número creciente de usuarios, manteniendo en todo momento un rendimiento óptimo del sistema, lo que resulta crucial en proyectos con un componente geoespacial que demandan alta disponibilidad, tiempos de respuesta rápidos y el manejo eficiente de grandes cantidades de datos.

Otra ventaja de la solución es que se pueden referenciar en otro sistema los *datasets* alojados sin necesidad de duplicarlos, o lo que es igual, federarlos. El *Hub* expone *feeds* de datos conforme al estándar DCAT para federar el contenido del sitio con catálogos externos como **datos.gob.es**

El nuevo editor de metadatos que hay en el *Hub* de Esri ofrece una interfaz sencilla y amigable para el mantenimiento de esta información, evitando tener que editar archivos XML poco amigables para el usuario.

Resumiendo, el uso de las *API* en servicios geográficos con tecnología *cloud* tiene una serie de ventajas. La facilidad para compartir información de manera abierta e interoperable; el cumplimiento automático de los estándares europeos, y la posibilidad de integrar servicios como WFS y ATOM. Además, permite la visualización previa de los datos, el acceso mediante *URL* directas y la reutilización por parte de desarrolladores y usuarios finales, fomentando la transparencia, la colaboración interinstitucional y el desarrollo de soluciones innovadoras basadas en datos abiertos.


Create a Map
 Start a map with this data


Create a Story
 Open in ArcGIS StoryMaps


View API Resources
 Try out the API Explorer


View Data Source
 Select to open in a new tab


View All Metadata
 Select to open in a new tab

Stay up to date on changes to the search catalog through the available feeds. Add RSS (guide [\[link\]](#)) to an aggregator such as Inoreader [\[link\]](#) or Feedly [\[link\]](#) and see daily changes to this site's content. Use the DCAT feeds to federate this site's content [\[link\]](#) with external catalogs like [data.gov](#) [\[link\]](#) or [data.europa.eu](#) [\[link\]](#). Use the OGC API - Records [\[link\]](#) to discover geospatial resources through standardized collections and resources metadata.

RSS

<https://open-data-gobiernoregional.hub.arcgis.com...>  [View](#) 

DCAT US 1.1

<https://open-data-gobiernoregional.hub.arcgis.com...>  [View](#) 

DCAT AP 2.1.1

<https://open-data-gobiernoregional.hub.arcgis.com...>  [View](#) 

OGC API - Records

<https://open-data-gobiernoregional.hub.arcgis.com...>  [View](#) 

Los resultados demuestran cómo el uso del *Hub* de Esri facilita el cumplimiento normativo, reduce significativamente la carga técnica para las administraciones

públicas responsables del dato, y promueve la reutilización efectiva de la información geoespacial en iniciativas de planificación, gestión ambiental y gobernanza territorial.

Metadata Editor
✕

Essential metadata | All metadata

Search Save ...

Metadata style
 Your organization's metadata style
 INSPIRE Metadata Directive
[Learn more about metadata](#)
 About "Essential metadata"

Essential metadata
Item Description
 Title*
 Áreas Naturales Protegidas de Andalucía
 Required. A clear title conveys the topic, location, and date when relevant. 217 remaining characters left.
 Summary (Purpose)
 AreaManagementINSPIRE
 Suggested. A short yet descriptive summary displays when content is shared. Include keywords different from those in your title to increase discoverability. 2027 remaining characters left.
 Thumbnail

 Edit thumbnail
 Suggested. Show what your content is about. The standard thumbnail size is 600 x 400 px.

Required | Suggested
Required elements
 Completed: 51 Remaining: 0
 Scroll to section
 Title
 Item Description
 Description (Abstract)
 Item Description
 Topic Category(s)
 Item Description
 INSPIRE Limitations On Public Access
 Constraints
 INSPIRE Conditions Applying To Access And Use
 Constraints
 Bounding Box
 Geographic Extent
 Theme Keywords
 Theme Keywords
 Title
 Thesaurus Title

Identificación automática de pistas deportivas y campos de fútbol sobre PNOA con Deep Learning

Julián Taboada Pérez
Instituto Geográfico Nacional

Miguel Ángel Manso Callejo
Nuria Rivera García
Universidad Politécnica de Madrid

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 60-61
2026
ISSN: 1131-9100

El interés de la población por los deportes crece y por tanto la administración local como iniciativas privadas promueven nuevas instalaciones.

El objeto de este artículo es compartir el procedimiento y los resultados obtenidos de entrenar un modelo de aprendizaje profundo basado en **YOLO OBB** (OBB: *Oriented Bounding Box*, o rectángulos orientados) versión 11 que identifica pistas deportivas no cubiertas y campos de fútbol. Se ha generado un conjunto de datos de entrenamiento con ~8500 muestras (~22.100 etiquetas: 89,5% pistas deportivas y 10,5% campos de fútbol) de 512x512 píxeles a resolución de 0,25 m/píxel repartidas por la geografía española como se muestra en la figura 1.

El conjunto de datos de entrenamiento se ha dividido 80% entrenamiento, 12% validación y el restante 8% para *testing*. Se han entrenado distintos modelos YOLO *Oriented Bounding Box* versión 11 y se ha probado en una zona de 707.000 ha que comprende de Este a Oeste desde Lorca a la Manga del Mar menor y por el sur hasta Carboneras.

En las primeras pruebas se identificaron numerosos falsos positivos por las albercas y por los invernaderos y tras incorporar un total de 400 imágenes de fondo conteniendo este tipo de paisajes, los modelos mejo-

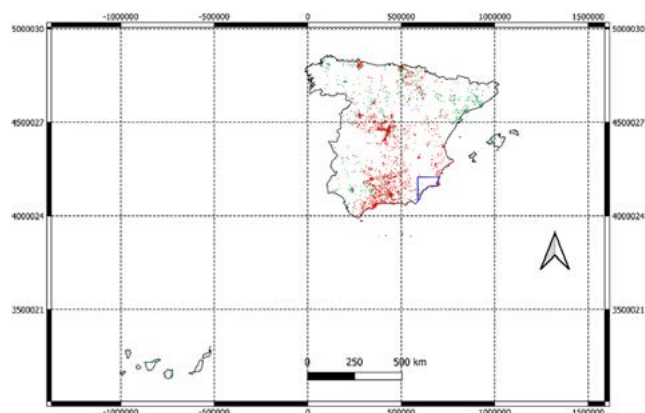


Figura 1. En color rojo la localización de las pistas y en verde de los campos de fútbol. En color azul la zona seleccionada para la prueba (Lorca – Manga del mar menor y Carboneras).

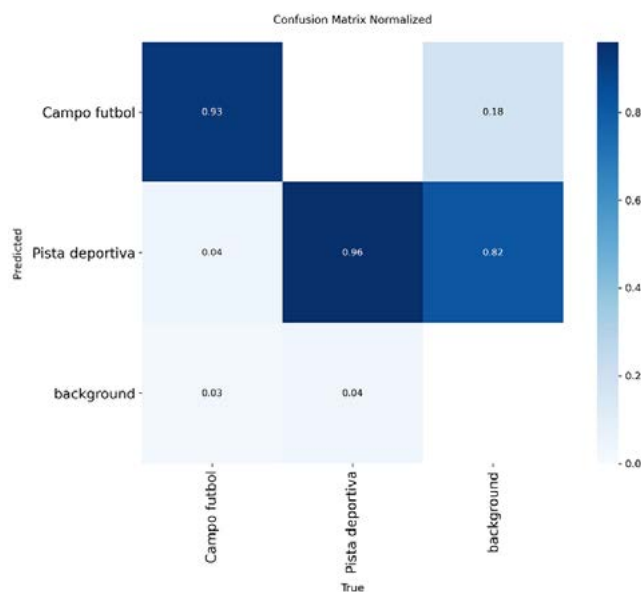


Figura 2. Matriz de confusión del modelo Yolo 11 OBB X con las 3 clases.

raron las métricas de calidad o desempeño.

El último modelo entrenado (modelo extra grande, con 56,9 Millones de parámetros) arroja una métrica de F1-score de 93% a 0,54 de confianza. En las figuras 2 y 3 se muestran la tabla de confusión (sobre los datos de validación) y la gráfica F1-Score respectivamente.

Para el procesamiento de la zona de prueba se han implementado un conjunto de 3 scripts en Python

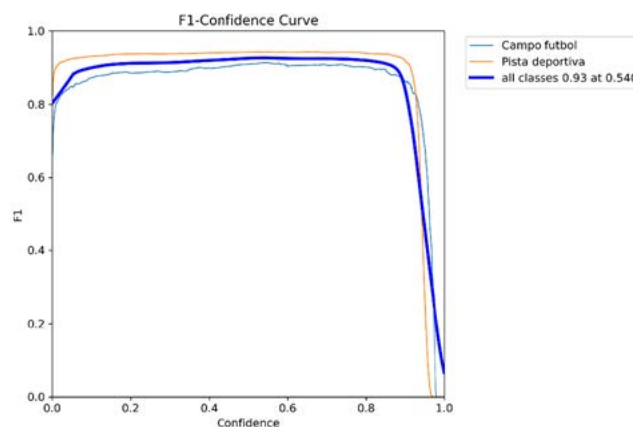


Figura 3. Gráfica F1-Score.



Figura 4. Seis ejemplos de distintos tipos de escenarios donde la red ha obtenido buenos resultados. Con contorno verde los campos de fútbol y con contorno rojo las pistas deportivas descubiertas. No hay falsos positivos y tan solo, en las dos últimas, hay un falso negativo en cada una (marcado en azul)

que se ejecutan secuencialmente. El primero procesa de forma sistemática la extensión que se le indique mediante una capa de polígonos y otra de máscara con tamaños de tesela seleccionable. También lo son otros parámetros como: el umbral de confianza, el modelo a utilizar, la resolución del píxel, el CRS de los polígonos y el fichero geopackage de salida. Esta primera operación intensiva y exhaustiva puede generar polígonos duplicados por los cortes de las teselas y para solucionar este problema se pasan dos procesos posteriores que realizan una operación de disolve de los polígonos de la fase previa, toman el centroide de cada una de las geometrías unidas y se solicita una nueva inferencia al modelo, almacenando los resultados en dos capas distintas del mismo gpkg. En la figura 4 se muestran

algunos ejemplos de resultados obtenidos identificando las pistas y los campos de fútbol.

Para generar el conjunto de datos de entrenamiento, se ha partido de la información disponible en la BTN (**Base Topográfica Nacional**), seleccionando instalaciones deportivas de ambos tipos, quedándonos solo con sus centroides, para realizar una descarga masiva de teselas de 512x512 píxeles que posteriormente han sido etiquetados con Labelme.

Aún nos queda por delante evaluar, en esta zona de Murcia, los resultados reales en las 707.000 ha, así como aportar algunos datos útiles como son los tiempos y esfuerzos requeridos para procesar toda España en busca de pistas deportivas y campos de fútbol para actualizar la cartografía oficial.

Estrategia de actualización de la Base de Geoinformación del Ayuntamiento de Madrid

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 62-63
2026
ISSN: 1131-9100

Vicente García Núñez
Marco Antonio Miguel Cantalapiedra
Alfredo Pérez Camino
Pablo Rocés Coto
Ayuntamiento de Madrid

La **Estrategia de Transformación Digital del Ayuntamiento de Madrid 2023-2027**, en su objetivo estratégico 2 «*Inteligencia de Ciudad*», incluye entre los proyectos destacados el «Gemelo Digital de la Ciudad», con objeto de incrementar la inteligencia en la gestión de la ciudad basada en el dato.

El Gemelo Digital, como soporte de una gestión basada en datos que permite la operación de la ciudad en tiempo real para actuar de forma ágil y efectiva, ha de basarse necesariamente en una información cartográfica tridimensional precisa y en permanente actualización.

La Dirección General de Planificación Estratégica tiene entre sus competencias, según **Acuerdo de la Junta de Gobierno de la Ciudad de Madrid de 29 de junio de 2023 de organización y competencias del Área de Gobierno de Urbanismo, Medio Ambiente y Movilidad**, «10º.1.7.a. Formar, actualizar y difundir la cartografía municipal conforme a la legislación sectorial, así como la elaboración y mantenimiento de los productos cartográficos municipales de propósito general»

En cumplimiento de dicha competencia, la **Subdirección General de Innovación e Información Urbana**, coordina y dirige los trabajos de producción cartográfica, facilitando su difusión a través del geoportal municipal (<https://geoportal.madrid.es>), así como la continua exploración de nuevas tecnologías y soluciones

cartográficas, dirigidas a la obtención de productos de valor añadido, de utilidad en el desarrollo de las competencias municipales.

En este contexto se desarrolla el concepto de **base de geoinformación municipal** como el conjunto integrado de información georreferenciada de propósito general, que comprende:

- La **cartografía municipal**.
- El **modelo 3D vectorial** derivado de ella.
- Los **vuelos fotogramétricos** anuales cenitales y oblicuos.
- Las **ortofotos verdaderas** que se obtienen a partir de los fotogramas.
- Las **escenas 3D realistas** obtenidas a partir de las imágenes cenitales y oblicuas de los vuelos.
- Los **modelos de elevaciones** (MDT y MDS).
- La **red topográfica municipal** en la que se apoya toda la producción cartográfica del ayuntamiento, que a su vez está conectada a la red geodésica nacional.
- Las **imágenes de satélite** de resolución submétrica y toda la producción temática que de ellas se deriva.
- El **callejero**, como sistema generalizado de georreferenciación de las bases de datos municipales.
- Los fondos de la **cartoteca** y fototeca, estos últimos georreferenciados en su totalidad.
- El servicio de **topografía** en el que se apoyan todos los productos anteriores, que además tiene un carácter transversal, atendiendo solicitudes de levantamientos topográficos de todas las áreas municipales.

Si nos centramos en la base cartográfica, se aborda con una estrategia de actualización selectiva. **Actuamos allí donde la ciudad cambia**, aplicando en cada caso la tecnología más adecuada para realizar una actualización precisa y eficiente.

La clave de esta estrategia es identificar el mayor número de fuentes de datos posibles, que nos permitan obtener una visión completa de las alteraciones que se





Todo ello se gobierna desde un sistema de control que permite conocer en todo momento el estado de la actualización. Dónde hay que actualizar, cuándo se encarga, cuándo se recibe y cuándo se publica en el Geoportal, así como el coste individualizado de cada una de las intervenciones.

La estrategia de actualización selectiva aporta múltiples ventajas:

- Es más eficiente que una actualización global y permite disponer de **actualiza-**

ciones cuatrimestrales.

- Al optimizar las superficies sobre las que se actúa, se puede combinar **cualquier sistema de captura de datos**, entre ellos, métodos de topografía clásica o de captura masiva, que económicamente sería inviable aplicar a una actualización global.
- En las zonas que se actualizan se **mejora la precisión y el nivel de detalle**, sustituyendo progresivamente la escala de referencia 1:1.000 por cartografía a escalas 1:250 o 1:500.
- Como valor añadido, cada elemento puntual, lineal, superficial o volumétrico incluye la **fecha y el método de captura** del dato, lo cual aporta un mayor nivel de fiabilidad de la información.

En cuanto a los sistemas de captura de datos, se combina la topografía clásica para los espacios públicos y la restitución fotogramétrica para las edificaciones, interiores de manzanas y zonas de difícil acceso. Puntualmente, en túneles o en edificios históricos se utilizan métodos de captura masiva, móviles o fijos.

La restitución fotogramétrica se realiza a partir de vuelos fotogramétricos **PNOA 10** que cada dos años realiza la **Comunidad de Madrid**; a partir de vuelos con helicóptero a baja altura que realiza el Ayuntamiento y a partir de vuelos zonales específicos con drones o aviones.

Toda la información, tanto de los levantamientos topográficos como la cartografía actualizada resultante, se distribuye libremente a través del Geoportal, con una cadencia **mensual y cuatrimestral** respectivamente.

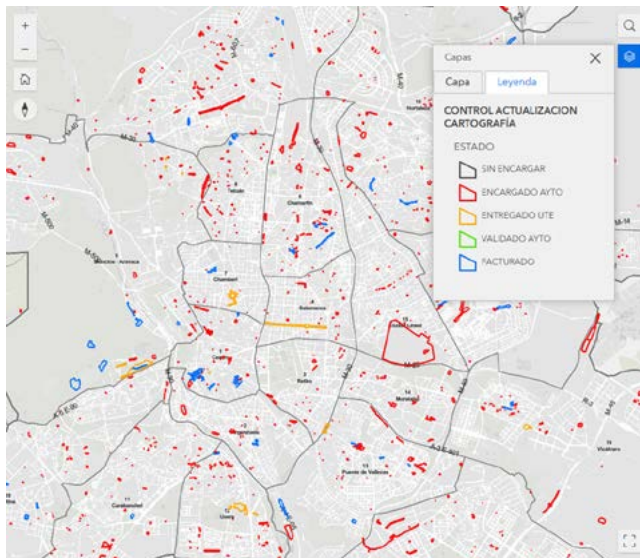
producen en el tejido urbano, tanto en el espacio público como en el privado.

El sistema se abastece actualmente de cinco fuentes de datos, entre fuentes directas e indirectas.

Entendemos como fuentes directas aquellas en las que es la unidad receptora de esa actuación la que nos aporta el dato. Son tres las fuentes directas actuales: las **licencias de primera ocupación**, que nos informa de las nuevas edificaciones; los **proyectos de obra de iniciativa pública**, que abarcan obras en espacio público de pequeña y mediana envergadura; y los **proyectos de obra de iniciativa privada**, que nos aportan la información de los grandes y medianos desarrollos urbanos.

Conscientes de que con estas fuentes aún no cubrimos la totalidad de actuaciones en la ciudad, se hace necesario complementarlas con las que denominamos fuentes indirectas, que nos permiten detectar el resto de los cambios. Son dos las fuentes indirectas: los **mapas de cambios obtenidos por teledetección** y los **edificios en construcción y zonas de obras** identificados en actualizaciones previas de la cartografía.

Con estas cinco fuentes tenemos la radiografía completa de cambios que se producen en la ciudad.



GeoEdit Pro: una herramienta esencial para la validación previa de geometrías en el Registro

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 64-65
2026
ISSN: 1131-9100

Luis Manuel Benavides Parra
Pilar Olivares García

Susana Casas Navarro
Colegio de Registradores de la Propiedad

Con la entrada en producción del nuevo **GeoEdit Pro** en julio de 2024, el Colegio de Registradores da un paso crucial hacia la modernización y mejora del proceso de validación de documentación gráfica. Esta herramienta, de acceso público y sin necesidad de autenticación, ha sido diseñada específicamente para asistir a técnicos, ciudadanos y administraciones públicas en la gestión y validación previa de geometrías antes de la generación del IGVA (Informe de Validación Gráfica Alternativa del Catastro), y su presentación en el Registro de la Propiedad.

Desde la promulgación de la Ley 13/2015, que introdujo la inscripción de la representación gráfica georreferenciada, se han multiplicado los desafíos en la validación geométrica de las fincas. Un ejemplo recurrente es la obtención de un IVGA positivo, que, pese a ser favorable, puede seguir conteniendo errores topológicos o geométricos que impiden la inscripción gráfica en el registro.

GeoEdit Pro surge como solución directa a este problema: permite a los técnicos cargar archivos GML, DXF, SHP (comprimidos en ZIP), CSV o incluso PDF catastrales,

tanto de la Dirección General como de Catastros Forales. La herramienta facilita una revisión exhaustiva de los ficheros, permitiendo validar la geometría y topología de los archivos, detectar errores y corregirlos automáticamente cuando es posible. Además, se puede analizar la superposición con fincas inscritas gráficamente en el Registro con anterioridad y generar informes detallados sobre huecos, solapes o desplazamientos con respecto al parcelario catastral.

Entre sus funcionalidades principales, destacan:

- Validación de errores geométricos y topológicos en GML antes de generar el IVGA, evitando bloqueos en el sistema de gestión del Colegio de Registradores (CORPME).
- Corrección automática de GML (cuando es viable), con posibilidad de descarga directa de los ficheros depurados.
- Cálculo de huecos y solapes con geometrías inscritas, lo que permite verificar si existen conflictos de superposición.

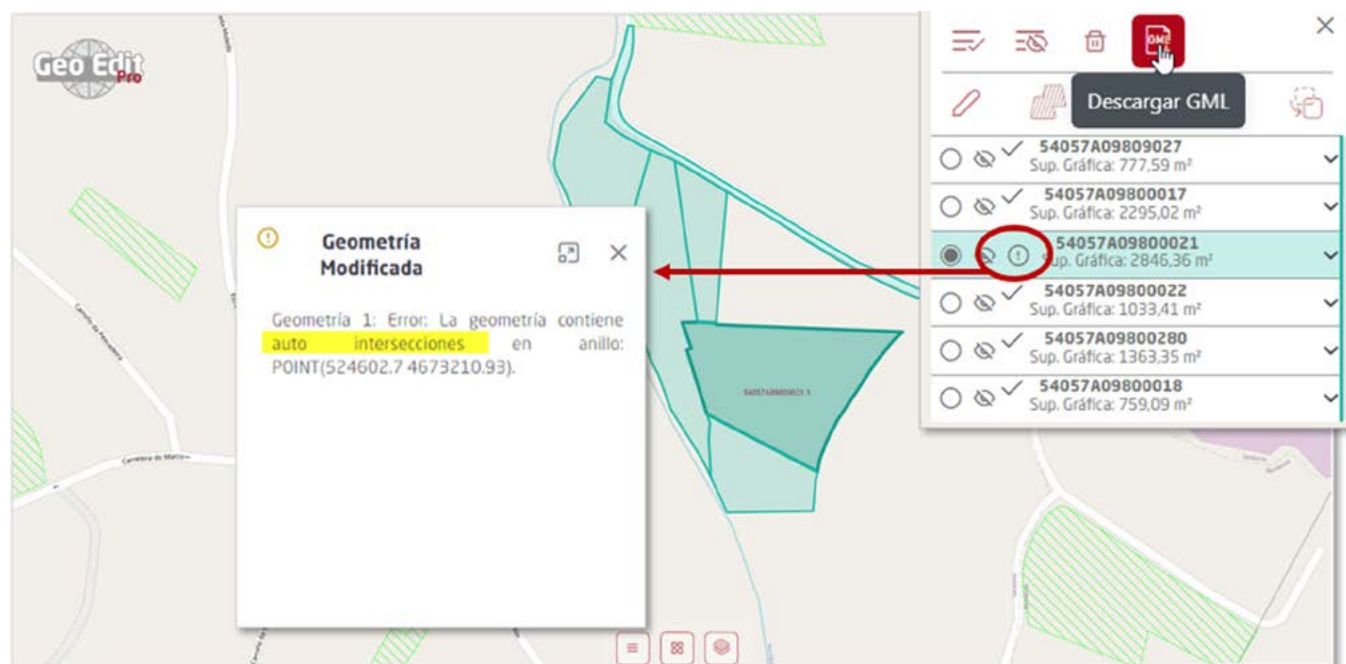


Figura 1. Imagen ilustrativa de GeoEdit Pro: carga de GML, validación de errores topológicos y visualización de resultados.

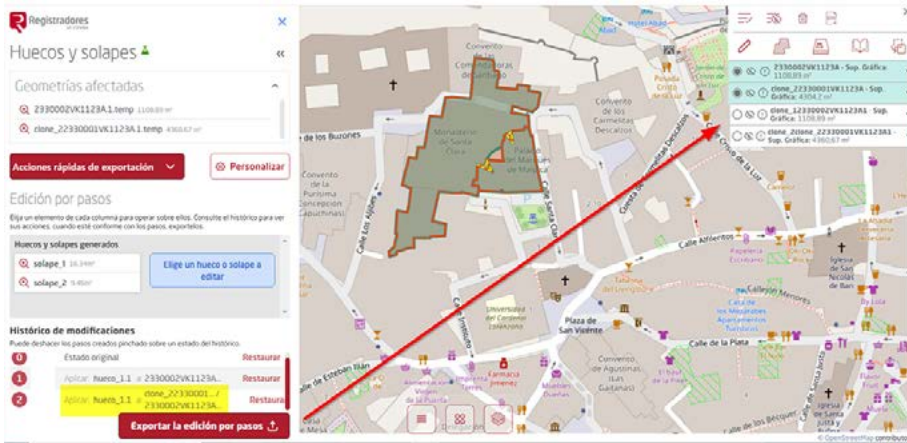


Figura 2. Análisis de huecos y solapes.

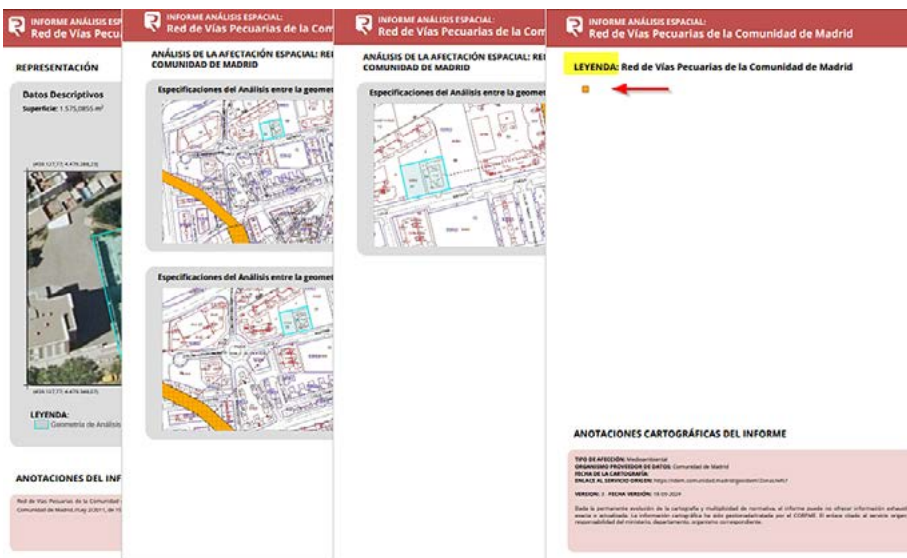


Figura 3. Informe de Análisis de limitaciones administrativas.

- Análisis de limitaciones administrativas y generación de informes de desplazamientos y giros, facilitando el diagnóstico técnico para ajustes o correcciones previas.

GeoEdit Pro representa un avance significativo hacia la interoperabilidad y reutilización de datos espaciales. Al ofrecer una interfaz intuitiva y funcionalidades precisas, reduce tiempos y errores en la tramitación, a la vez que mejora la calidad de los datos gráficos presentados ante el registro.

El visualizador no solo favorece el cumplimiento normativo, sino que se convierte en una herramienta de empoderamiento técnico, fomentando la colaboración entre registradores, técnicos y ciudadanos en la gestión de información geoespacial.

Conclusión

GeoEdit Pro es más que un visualizador. Es una plataforma estratégica que optimiza la validación gráfica previa, reduce conflictos en la inscripción registral y fortalece el ecosistema de datos espaciales desde un enfoque técnico, normativo y ciudadano.

Mosaico de ortofotografías históricas del Catastro (1980-1990)

Acceso libre a una memoria visual inédita del territorio español

Pablo Gómez Domínguez
Luis Julián Santos Pérez
Rosa María Cano Familiar
Dirección General del Catastro

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 66-67
2026
ISSN: 1131-9100

A finales de la década de 1980, se constituyó el **Centro de Gestión Catastral y Cooperación Tributaria**, anteriormente denominado Centro de Gestión y Cooperación Tributaria. Este organismo autónomo del Estado, de carácter administrativo, con personalidad jurídica y patrimonio propios, estaba adscrito al Ministerio de Economía y Hacienda a través de la Secretaría de Estado de Hacienda.

Entre sus diversas funciones se encontraba la realización de los trabajos técnicos de formación, conservación y revisión de los catastros inmobiliarios, tanto rústicos como urbanos. Para cumplir adecuadamente con este objetivo y mantener actualizado el catastro rústico, se consideró necesario disponer de un soporte gráfico actualizado y con precisión métrica. Para ello, se elaboraron ortofotomapas a escala 1:5.000 y amplia-

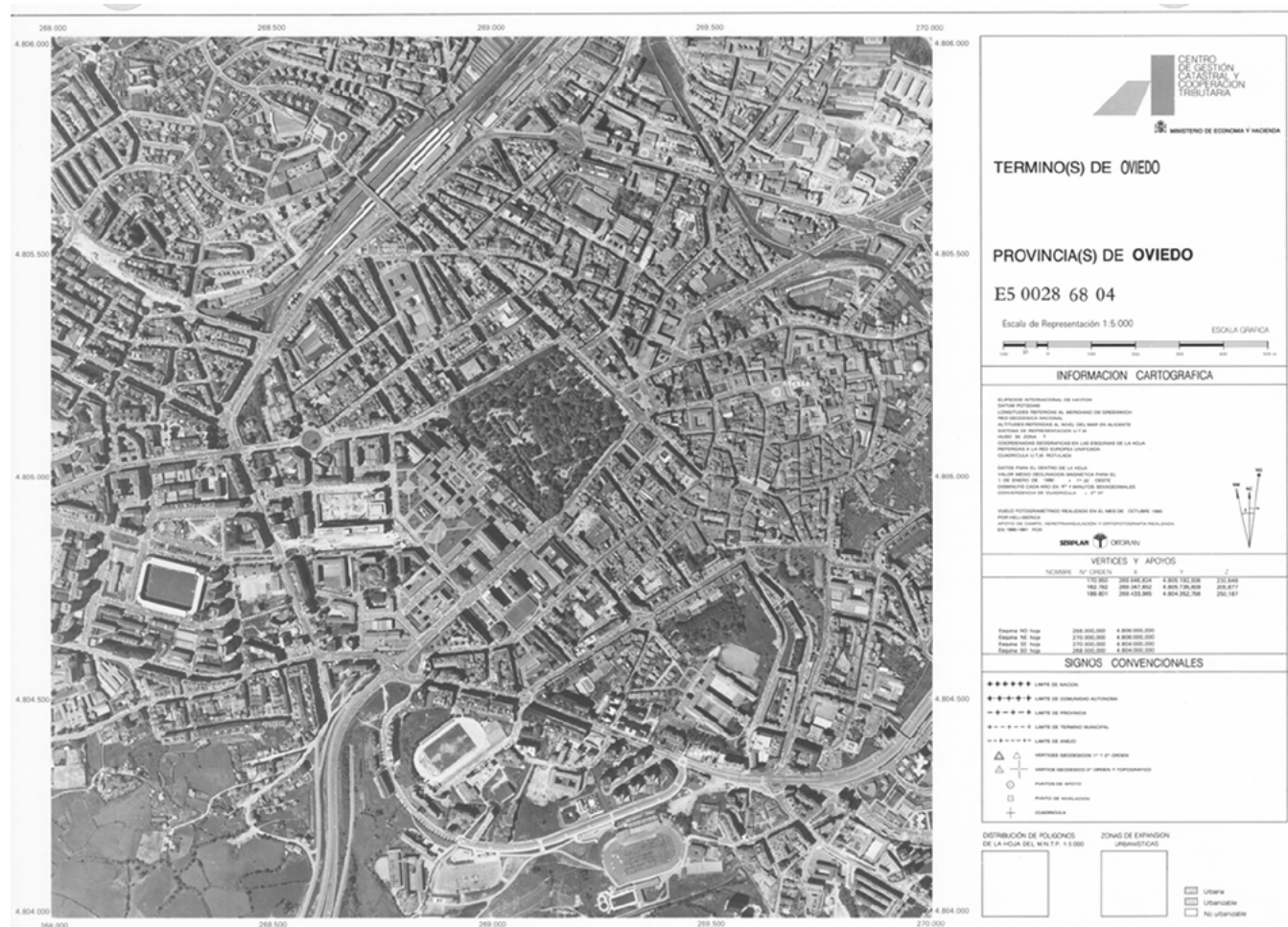


Figura 1. Ortofotografía escaneada de octubre de 1990 en el término municipal de Oviedo. Centro de Gestión Catastral y Cooperación Tributaria. Ministerio de Economía y Hacienda.

ciones a escala 1:2.000 de todo el territorio nacional, con excepción del País Vasco y Navarra.

Este proyecto se ejecutó mediante diversos **concur-
sos públicos**, entre finales de 1980 y principios de 1990, con adjudicaciones a varias empresas líderes del sector cartográfico en aquella época. Se realizaron vuelos fotogramétricos a escala 1:15.000, con sus correspondientes apoyos en campo, aerotriangulaciones y ortorrectificaciones, con el fin de obtener las ortofotografías. Cabe destacar que, por diversas razones, hubo municipios en distintas provincias donde no se contrataron estos trabajos.

El producto final consistía en ortofotografías en un formato estándar, cuyas dimensiones derivaban de la división de las hojas del MTN50 en 11 columnas y 6 filas (66 ortofotografías por hoja), lo que dio lugar a unas **60.000 ortofotografías analógicas** en tres soportes distintos: papel, diapositiva y negativo. Todo este material se almacenó en los Servicios Centrales de la actual **Dirección General del Catastro** (DGC), en Madrid.

Estas ortofotografías se enviaban a las Gerencias del Catastro para que se volcara sobre ellas toda la información parcelaria disponible hasta la fecha, procedente de soportes anteriores y, en ocasiones, también de trabajos de campo.

En 2011, la DGC llevó a cabo la digitalización y georreferenciación de este valioso patrimonio, con una doble finalidad: inventariar y conservar digitalmente este fondo documental de alto valor histórico, y permitir su uso informático con distintos fines. Estos trabajos fueron realizados por medios externos, mediante concurso público, utilizando escáneres de alta resolución y métodos automáticos de georreferenciación, ya que se disponía de coordenadas precisas de esquinas y cuadrículas. Un parámetro fundamental en este proceso es la fecha de vuelo de cada ortofoto.

La DGC mantiene un firme compromiso con la difusión gratuita y libre de la información catastral no protegida, facilitando su acceso a través de distintos medios. Por ello, y considerando el valor histórico de esta documentación, actualmente se está elaborando, con medios propios, un **mosaico de estas ortofotografías**.

Para su construcción, se ha optado por utilizar las hojas actuales del MTN50 como unidad básica, que posteriormente se agrupan por provincias. Durante este proceso, se han detectado huecos en el territorio atribuibles a diversas causas. Para cubrir estas ausencias, se está llevando a cabo la búsqueda, digitalización y georreferenciación manual de las ortofotografías correspondientes, conservadas en los almacenes de los Servicios Centrales de la DGC, integrándolas en las hojas ya mosaicadas. Este proceso se realiza mediante flujos de trabajo con herramientas ETL y *software* GIS.

El formato elegido para los mosaicos provinciales es el **COG** (*Cloud Optimized GeoTIFF*), debido a las ventajas que ofrece. De este modo, la DGC se suma a otros proveedores de datos como el Instituto Geográfico Nacional (IGN) o la Consejería de Sostenibilidad y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, que ya publican información ráster en este formato.

El objetivo final del proyecto es poner esta información a disposición, de forma libre y gratuita, de las administraciones públicas, agentes privados y ciudadanía, a través de la **Sede Electrónica del Catastro** (SEC). Se están evaluando distintas vías de difusión, desde la descarga de mosaicos provinciales hasta la creación de servicios web de visualización de mapas.

Así, la DGC contribuirá a la difusión de una documentación de gran valor histórico, que ofrece una visión amplia del territorio nacional (excepto País Vasco y Navarra) en un periodo temporal no cubierto por ningún otro organismo público.

Mapa Ciudadano del Sistema Cartográfico Nacional

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 68-69
2026
ISSN: 1131-9100

Un proyecto colaborativo que se fortalece gracias al aporte de las comunidades autónomas

Cecilia Poyatos Hernández

Eduardo Martín Agúndez

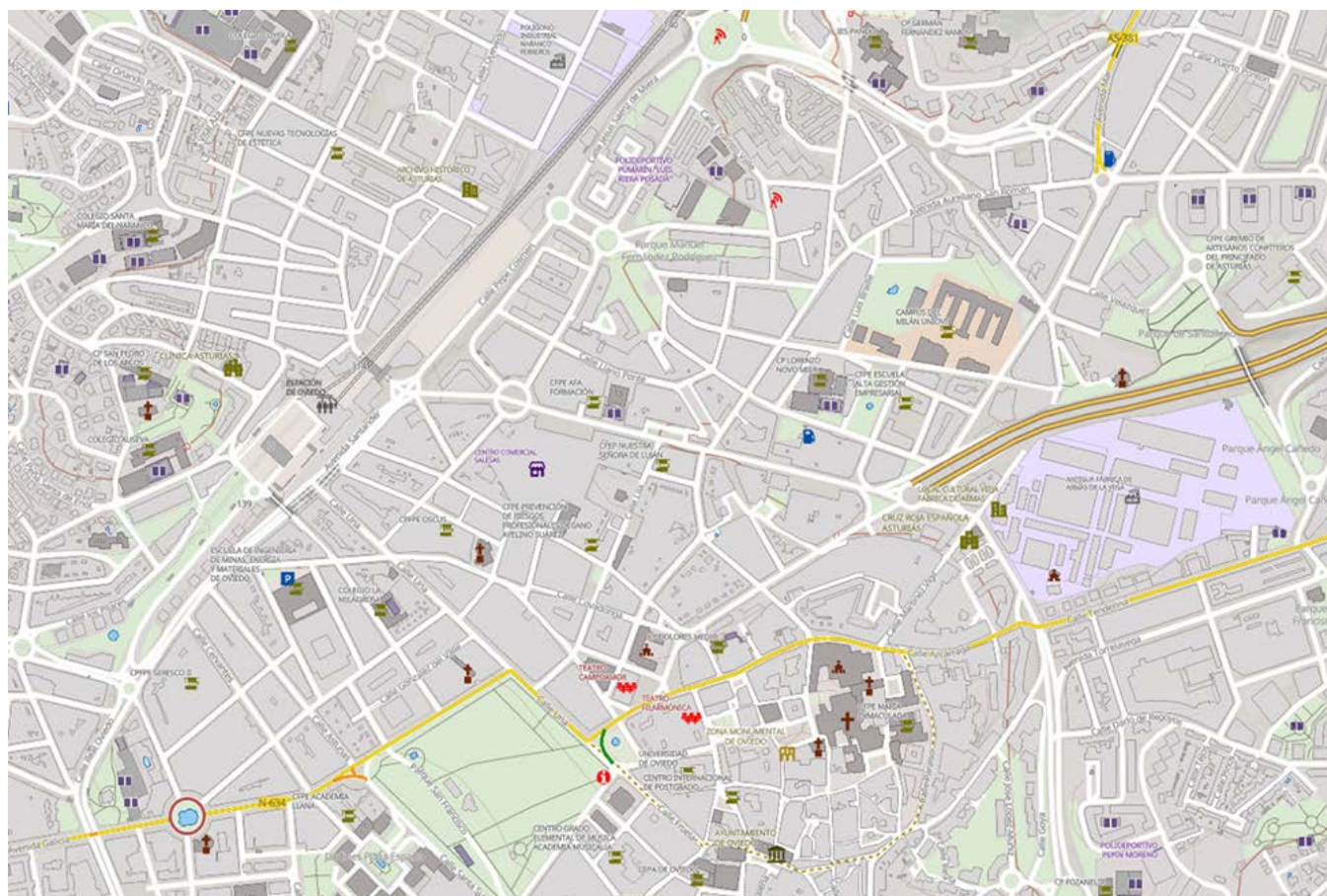
O. A. Centro Nacional de Información Geográfica

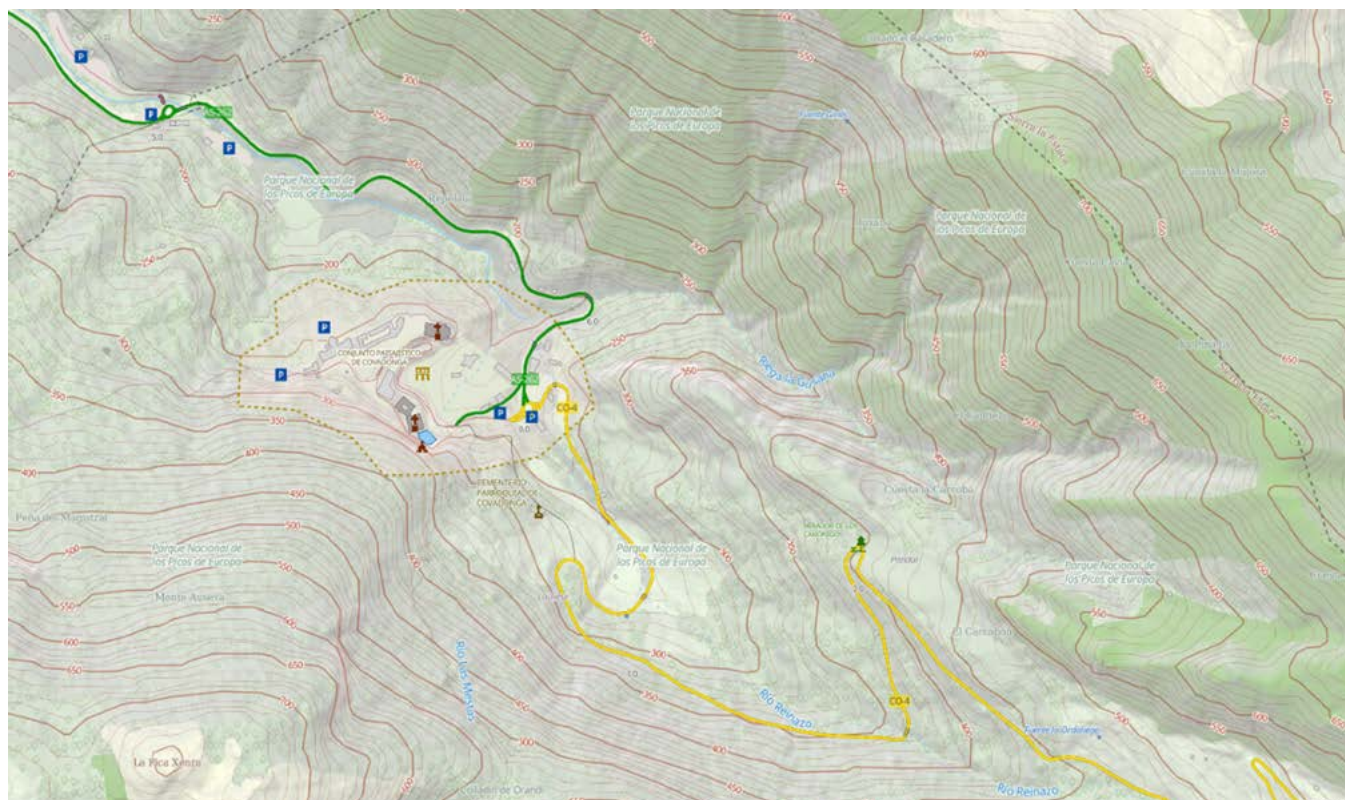
Mapa Ciudadano es una iniciativa que pone a disposición del público un **mapa oficial, libre y gratuito, basado en teselas vectoriales de máxima resolución**, a través de su publicación en Internet.

Ofrece una representación continua y actualizada de todo el territorio nacional, adaptada a múltiples escalas de representación. Su desarrollo se basa en tecnologías innovadoras como las teselas vectoriales, en un modelo de colaboración entre organismos públicos de ámbito nacional, autonómico y local, y en el intercambio y aprovechamiento de sus datos abiertos.

El servicio muestra los datos procedentes del **Sistema**

Cartográfico Nacional de España (SCNE) y del Instituto Geográfico Nacional (**IGN**), para todo el territorio nacional y adaptándose a todas las escalas. Sin embargo, cuando una comunidad autónoma (CC. AA.) proporciona sus propios objetos geográficos, estos se integran en su ámbito territorial reemplazando los objetos geográficos de origen estatal. De esta manera, se consigue un mapa oficial continuo y enriquecido con mayor detalle en las CC. AA. participantes. Con el fin de facilitar la participación de todas las administraciones, se ha optado por soluciones de código abierto en el proceso de transformación de los datos y generación de teselas.





Los estilos creados para el **modelo de datos** siguen la especificación de MapLibre. Un estilo de **MapLibre** es un documento que define la apariencia o representación visual de un mapa: qué datos es necesario dibujar, el orden en que se dibujarán y cómo aplicar el estilo a los datos al dibujarlos. En estos archivos en formato JSON se define y describe estas propiedades.

Como el modelo de datos es público, cualquier persona u organización puede desarrollar su propio archivo de estilos, adaptándolo a sus necesidades y utilizándolo como base en sus proyectos de cartografía y aplicaciones.

Mapa Ciudadano ha experimentado un avance significativo en la incorporación de nuevas fuentes de datos. Durante este año se ha pasado de contar con información de **cinco proveedores de datos** pioneros (cuatro CC. AA. junto con los datos de **SCNE** e **IGN**) a **establecer contacto, y en su caso colaboración, con el resto de nodos autonómicos**.

Para ofrecer el mayor detalle posible con información oficial, se ha comenzado a trabajar con las **administraciones locales** para incorporar datos de su cartografía al **modelo de datos**. Esto marcará un nuevo hito en la iniciativa de **Mapa Ciudadano**, poniendo en valor la información geográfica producida por las entidades provinciales y municipales, incorporando nuevos elementos al modelo de datos y su representación.

Durante el último año, uno de los logros más destacados ha sido la **consolidación de los procesos de actualización** de datos con los proveedores que ya participaban en el grupo inicial. Esto garantiza que la información mostrada esté actualizada conforme a las últimas actualizaciones y, por tanto, refleje los cambios en el territorio.

Otra de las novedades es la sección de **issues** en el **Github del proyecto** para que los proveedores de datos puedan reportar sugerencias de mejora o incidencias sobre el modelo y el proyecto en general. Así, las incorporaciones de nuevos valores, clases y otras modificaciones quedan convenientemente documentadas y al alcance de todos los proveedores de datos para mostrar su punto de vista al respecto.

Así mismo, se ha mejorado el **estilo** básico del mapa incorporando elementos del modelo de datos que enriquecen la representación y que no se habían tenido en cuenta inicialmente como puentes, túneles, y jerarquización de elementos. Esto hace que el estilo ofrecido por defecto sea más atractivo y listo para su uso en cualquier visualizador sin necesidad de personalización.

Mapa Ciudadano continúa evolucionando con el objetivo de convertirse en la referencia cartográfica oficial de información geográfica vectorial en entornos digitales de ámbito nacional.

Sistema de Información de Poblaciones de Andalucía (SIPOB): respuesta a situaciones de emergencia

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 70-71
2026
ISSN: 1131-9100

Empleo de SIPOB en la planificación y gestión de emergencias

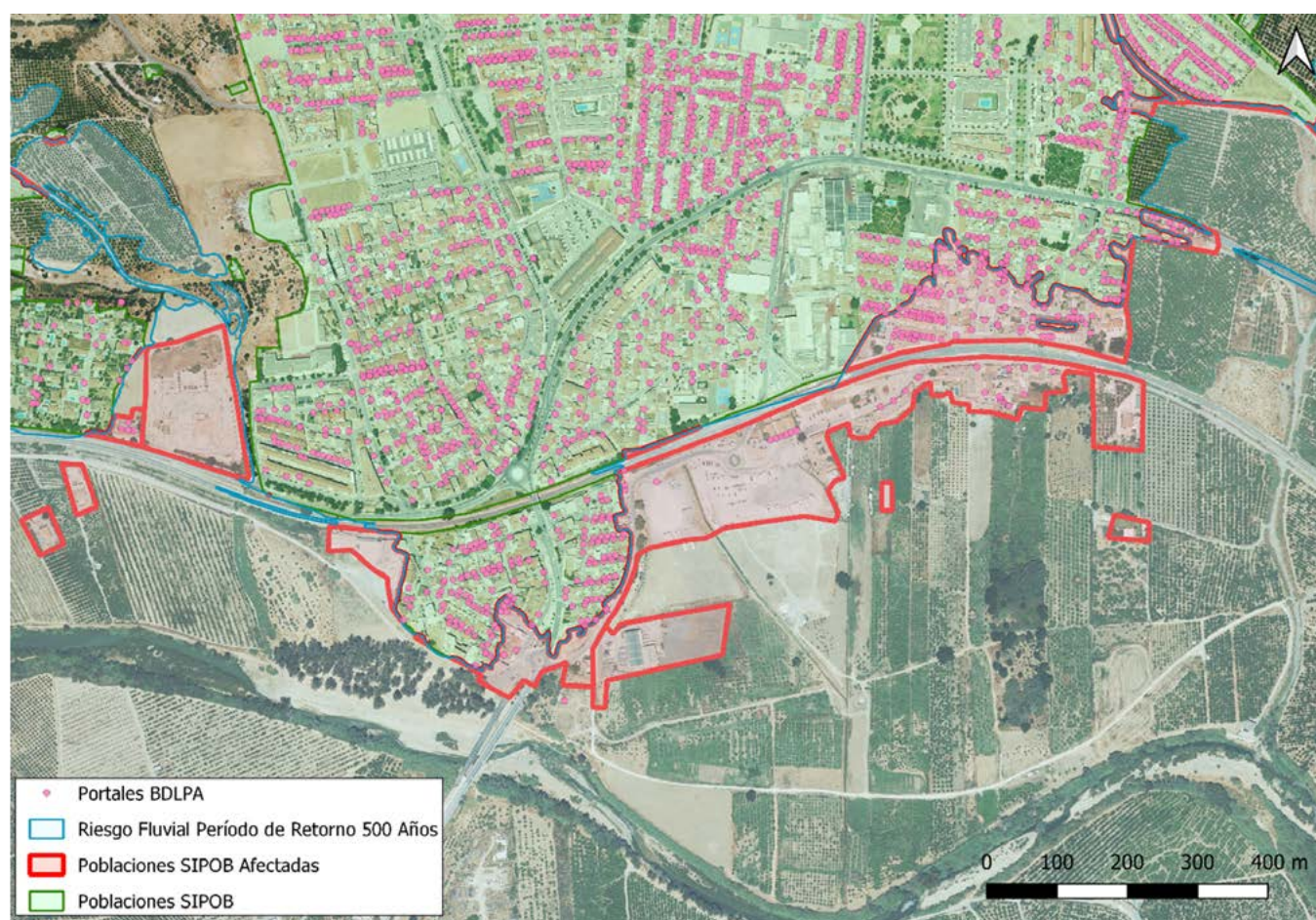
Elena Diáñez Vega
Cristina Caturla Montero
Servicio de Producción Cartográfica.
IECA

Jose María Medina Rodríguez
Tragsatec

La adecuada delimitación y localización mediante un topónimo y una codificación inequívocas de los lugares en los que la población reside o ejerce alguna actividad es fundamental para la planificación y la gestión de emergencias. En situaciones críticas, la rapidez y la precisión en la identificación de las zonas afectadas y la estimación de la población expuesta son vitales para optimizar la respuesta y minimizar el impacto sobre vidas humanas y bienes materiales. En este contexto, **el Sistema de Información de Poblaciones de Andalucía (SIPOB)** se

erige como una herramienta geográfica fundamental para la **Dirección General de Protección Civil y Gestión de Emergencias**.

Tradicionalmente, la gestión de emergencias ha enfrentado el desafío de disponer de información poblacional detallada y actualizada para las zonas potencialmente afectadas. Los mapas genéricos de densidad de población o las unidades administrativas amplias, como los municipios, no suelen ofrecer el nivel de detalle necesario para una intervención quirúrgica en una situación



de emergencia. Para afrontar este reto, se ha desarrollado una metodología que integra SIPOB con otras fuentes de datos clave, permitiendo una evaluación rápida y precisa del riesgo y de la exposición.

La metodología de trabajo se centra en primer lugar en el enriquecimiento demográfico de SIPOB mediante la asignación del dato de población a las entidades de SIPOB (tanto núcleos, como diseminado). Este enriquecimiento se realiza a través de la relación espacial (intersección), entre la **Base Longitudinal de Población de Andalucía (BDLPA)** y las entidades correspondientes de SIPOB. Se obtienen de este modo los datos de población para cada entidad de SIPOB, lo que permite conocer no solo los datos demográficos de los núcleos recogidos en el **Nomenclátor del INE** sino también de aquellos núcleos que no aparecen en el mismo, así como el de las poblaciones en diseminado de forma desagregada.

Una vez obtenido el dato de población para las entidades SIPOB, se realiza el cruce con las capas del riesgo a analizar. El primer análisis realizado para satisfacer las peticiones de los servicios de emergencia ha consistido en el cruce de SIPOB con las capas de riesgo de inundación fluvial para los períodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años y para riesgo de inundación costera para los períodos de retorno de 100 y 500 años. Se identifican de este modo las entidades de población y los habitantes afectados de las áreas potencialmente inundables para cada escenario.

Un ejemplo es el caso del núcleo Estación, en el municipio de Cártama (Málaga), donde el riesgo de inundación fluvial asociado a un período de retorno de 500 años afecta a la zona sur del núcleo. A partir del cruce

espacial entre dicha zona y los portales de la BDLPA, se ha podido estimar la población directamente expuesta a este escenario de riesgo.

Este análisis integrado de riesgo de inundación proporciona a los servicios de emergencias información georreferenciada precisa de las entidades de población y sus habitantes afectados a nivel inframunicipal, lo que permite estimar con antelación la población afectada y facilita la movilización y optimización de recursos como la asignación de equipos de rescate y la ayuda humanitaria, así como la comunicación efectiva con la población afectada y la difusión de alertas específicas. Por otro lado, establece la base para planes de evacuación permitiendo el diseño de rutas de evacuación más eficientes y la asignación de puntos de encuentro y refugio de manera estratégica.

La integración de SIPOB, BDLPA y las capas de riesgo de inundación mediante una metodología de trabajo colaborativa, demuestra el valor de la información geoespacial en la planificación y gestión de emergencias. Este enfoque holístico no solo optimiza la respuesta ante eventos adversos, sino que también subraya la importancia de la cooperación entre diferentes agentes y la integración de datos como pilares fundamentales para la seguridad ciudadana y la resiliencia territorial en Andalucía. Cabe destacar que la metodología desarrollada es completamente extrapolable a la evaluación de otros riesgos naturales y tecnológicos, tales como incendios forestales, terremotos, riesgos sísmicos, o accidentes industriales, permitiendo una visión integral de la exposición de la población andaluza ante un espectro más amplio de amenazas.

¿Cuánta IA hay en tu IA?

Un análisis cualitativo de técnicas de IA en proyectos de IA

Iván Sánchez Ortega

Independiente, miembro de OSGeo, miembro de OGC

REVISTA **MAPPING**

Vol. 35, 221, 72

2026

ISSN: 1131-9100

El uso generalizado, desde hace un par de años, de agentes conversacionales basados en modelos grandes de lenguaje ha impulsado un gran interés en poner la etiqueta de «Inteligencia Artificial» (IA) en trabajos o procesos que solamente utilizan técnicas de IA de forma tangencial. Por otra parte, se han dejado de usar términos específicos (como «algoritmo genético», «autómata celular» o «redes neuronales»), extremando la simplicidad de las descripciones de los procesos al englobarlos todos bajo el término paraguas «IA».

En el ámbito geoespacial llevamos varias décadas utilizando técnicas específicas de IA tanto en datos ráster (por ejemplo, visión artificial y aprendizaje dirigido) como en datos vectoriales (tripletas semánticas, heurísticas como A* y contracción de aristas de grafos, etc.). Por desgracia, la tendencia a agrupar cualquier técnica bajo el término «IA» diluye su significado y plantea la cuestión de si realmente se está haciendo un uso innovador de técnicas de IA en los proyectos geoespaciales o si por el contrario se usa como un mero reclamo propagandístico.

Se considera necesaria, por tanto, la realización de un análisis mínimamente crítico de los proyectos que anuncian utilizar IA: poner nombre a las técnicas utiliza-

das, indicar si son innovadoras (o no), e indicar si es una técnica específicamente aplicable a las idiosincrasias del ámbito geoespacial (o si es un mero uso del modelo de lenguaje *du jour*).

Este análisis se sustenta en varias observaciones que miembros de la comunidad académica han hecho sobre los motivos del repentino interés en «la IA»: ¿Este auge se debe a una mejora demostrable de la eficiencia de procesos, o se debe a efectos de antropomorfización y de condicionamiento social? Si bien existen proyectos geoespaciales donde la aplicación de técnicas de IA tiene un impacto medible y positivo, también hay proyectos donde el uso de IA no aporta ningún beneficio significativo.

Uno de los objetivos marcados por la organización de las JIIDE es explorar cómo la IA puede «contribuir a reducir desigualdades territoriales, optimizar la planificación urbana y rural, mejorar la prestación de servicios públicos y fomentar un desarrollo más equitativo y sostenible en todas las regiones». Debemos, pues, comparar la magnitud de los recursos necesarios para la implantación de técnicas de IA (en particular, consumo eléctrico y recursos hídricos) con los beneficios que obtiene la población.

Ha nacido una estrella: API-IDEE

Convergencia y fusión de API para una Administración más eficiente

Aurelio Aragón Velasco

Yaiza Gomez Espada

Laura García de Marina Vázquez

Eduardo Martín Agúndez

Organismo Autónomo Centro Nacional
de Información Geográfica (O.A. CNIG)

Francisco Borja Mañas Álvarez

David Reyes López

Julián Gascón Luna

Augusto García Baena

Pablo Fernández Vega

José Rodolfo Fernández Tardáguila

Eduardo Castilla Higuero

Junta de Andalucía

REVISTA **MAPPING**

Vol. 35, 221, 73-74

2026

ISSN: 1131-9100

Este proyecto, impulsado por la **Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE)**, plantea la colaboración estratégica entre dos organismos de la Administración Pública con el fin de alinear los desarrollos para visualizar y gestionar datos espaciales interoperables: **MAPEA**, la API de la Junta de Andalucía para la creación de visualizadores, y **API-CNIG**, la interfaz de programación desarrollada por el **OA Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG)**. La integración de ambas plataformas, basadas en software libre, abiertas y públicas, ha dado origen a **API-IDEE**, que busca optimizar los recursos públicos, promoviendo una gestión de la información geoespacial más eficiente, accesible e interconectada a través de visualizadores de información geográfica.

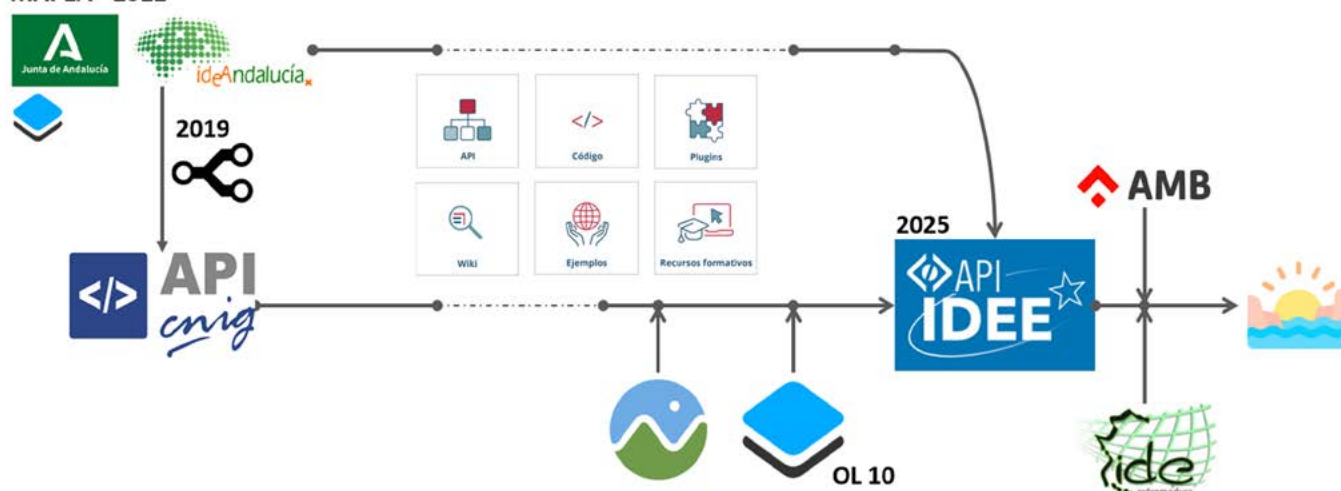
Un visualizador es una herramienta que permite la representación y exploración de datos espaciales, a través de servicios y archivos de información geográfica, en un entorno digital, facilitando su análisis y toma de decisiones. En este contexto, API-IDEE se consolida como una solución integral que unifica esfuerzos y promueve

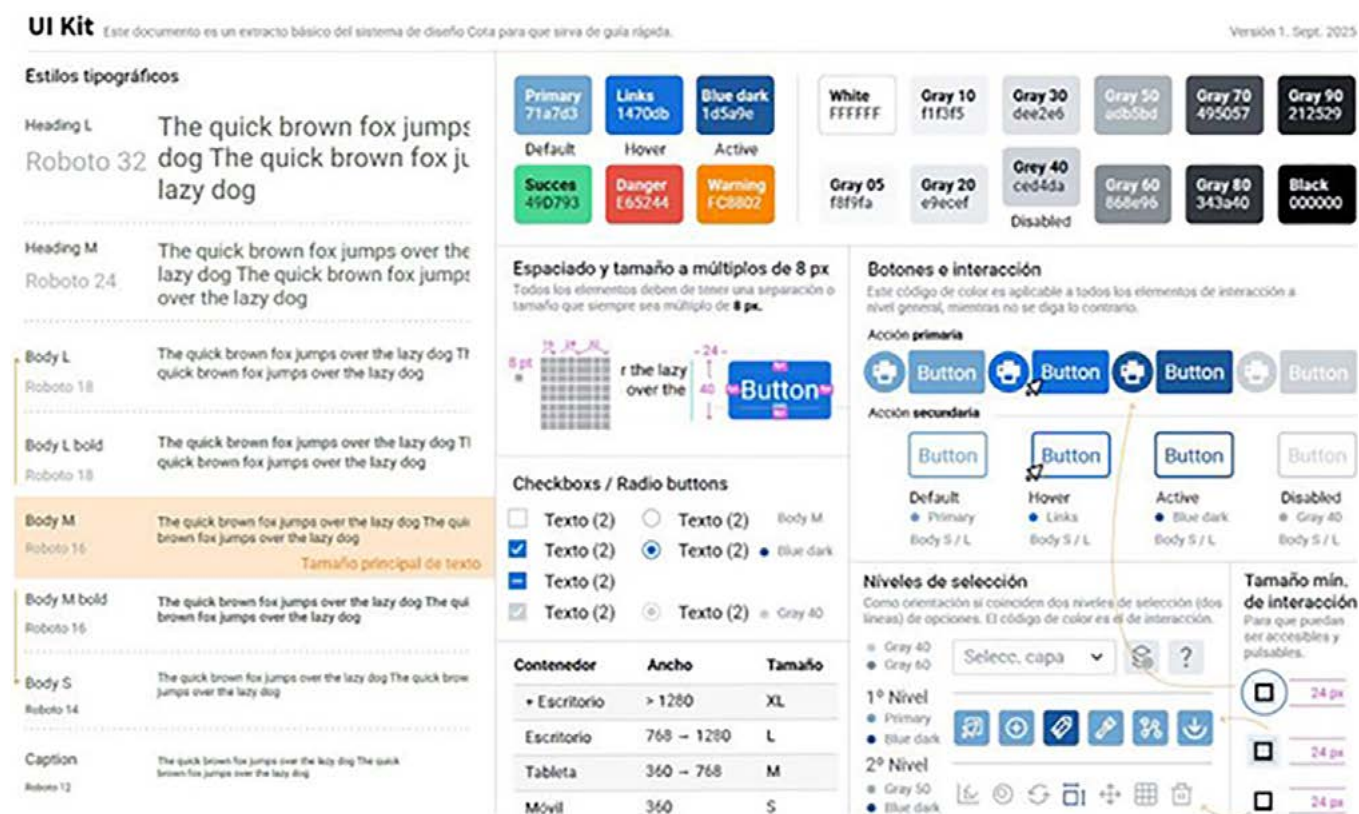
la reutilización de desarrollos tecnológicos en el ámbito público.

MAPEA, como solución regional, permite el análisis de áreas y la creación de mapas temáticos adaptados a las necesidades de los gestores públicos andaluces. Por su parte, API-CNIG, que tomó su origen a partir de un *fork* de MAPEA, es una API consolidada e implementada en todos los visualizadores del IGN, CNIG y en otras organizaciones, que permite acceder y gestionar los datos espaciales con cobertura nacional. Ambas disponen de funcionalidades, o *plugins*, que dan respuesta a necesidades concretas para la visualización y explotación de la información geográfica. La fusión de estos desarrollos no solo racionalizará los desarrollos y la rentabilidad en las AA. PP., sino que también mejorará la interoperabilidad organizativa mediante el uso de un mismo modelo y código, potenciando el aprovechamiento de datos y capacidades entre los nodos de la IDE en España.

El proceso de integración se basa en incorporar al **repositorio de API-IDEE** los desarrollos de MAPEA que no están presentes en API-CNIG, además de realizar un

MAPEA - 2011





análisis exhaustivo de mejoras y diferencias entre los métodos y clases de ambas API. Su núcleo se basa en la librería **OpenLayers** para la creación de visualizadores 2D, y **CesiumJS** que permite la explotación de datos geoespaciales en entornos tridimensionales.

Un aspecto fundamental de este proyecto es su adhesión a la filosofía del **software libre**, lo que permite su reutilización y adaptación por parte de diferentes organismos. API-IDEE se distribuye bajo la **licencia EUPL v1.2**, garantizando así su acceso abierto y la posibilidad de ser mejorada y ampliada por cualquier entidad interesada en contribuir a su evolución. Siguiendo la filosofía de

fuentes abiertas colaborativas, en el repositorio de API-IDEE se establecen los **issues** en los que se están trabajando y se notifican los errores de código para su resolución.

El resultado es una API colaborativa entre administraciones públicas, que sirve de modelo de cooperación y optimización de soluciones conjuntas, y es un ejemplo de reutilización entre administraciones públicas. Permitirá a organismos y empresas utilizar un visualizador que facilite la explotación de sus datos. Además, API-IDEE nace con la ambición de seguir creciendo, sumando nuevas administraciones y consolidándose como un referente en la gestión geoespacial en el sector público.

Mejorando la calidad de los datos de direcciones en Catastro

Colaboración en el marco del proyecto «Padrón online»

Francisco Javier Luque Rodríguez
Mirian Hermida Jiménez
Paula Gutiérrez Domínguez
Dirección General del Catastro

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 75
2026
ISSN: 1131-9100

Las direcciones postales constituyen uno de los elementos geográficos fundamentales en la infraestructura de datos espaciales de cualquier país, siendo cruciales para la localización de bienes inmuebles. Su valor trasciende la mera entrega de correspondencia y paquetes, residiendo principalmente en su capacidad de geocodificación. Al transformar ubicaciones indirectas (direcciones) en coordenadas geográficas directas, se facilita la visualización de información en mapas y su integración con otros datos, lo que es esencial para la implementación de políticas gubernamentales y la gestión pública.

La relevancia de las direcciones georreferenciadas es ampliamente reconocida por instituciones europeas y organismos internacionales, así como por usuarios nacionales clave tales como la **Agencia Estatal de Administración Tributaria (AEAT)**, el **Instituto Geográfico Nacional (IGN)**, el **Instituto Nacional de Estadística (INE)**, la Dirección General de la Policía y Correos, y a nivel internacional por Eurostat.

En España, la **Dirección General del Catastro (DGC)**, en cumplimiento con la Directiva Europea **INSPIRE**, ha generado un conjunto de datos de direcciones postales georreferenciadas, interoperable y disponible para administraciones y ciudadanos.

Sin embargo, históricamente, las direcciones postales han sido tratadas como un atributo de los bienes inmuebles, y no como un objeto geográfico independiente. Esta aproximación ha generado desafíos significativos: la información se encuentra dispersa en diversas tablas alfanuméricas (a veces, no sincronizadas), y las coordenadas se asignan indirectamente a través de la referencia catastral. Esta situación ha derivado en una

falta de homogeneidad y precisión en el registro y mantenimiento de las direcciones, haciendo indispensable un proceso de depuración y armonización de los datos.

Por otra parte, el Padrón Municipal es el registro administrativo fundamental donde se inscriben los residentes de cada municipio en España, siendo los ayuntamientos los responsables de su gestión. El INE coordina estos padrones a nivel nacional mediante una base censal que se actualiza mensualmente, garantizando la unicidad y evitando duplicidades.

El proyecto **«Padrón online»** del INE busca modernizar esta gestión, basándose en dos pilares clave:

1. Separación de Información: Desvincular la información territorial de la personal, incorporando la referencia catastral como identificador de la vivienda.

2. Intercambio en Tiempo Real: pasar de un sistema de intercambio de archivos mensuales a uno basado en servicios web en tiempo real entre los Ayuntamientos y el INE.

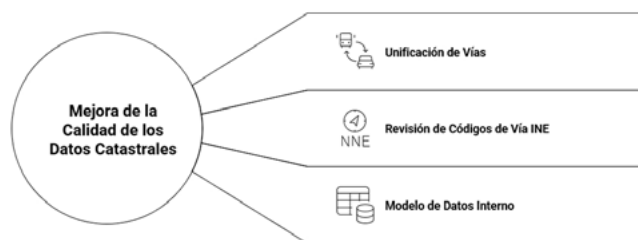
De este proyecto surge la necesidad de mejorar y homogeneizar la calidad de los datos de direcciones para integrar la información con el proyecto de **«Padrón online»**.

La DGC ha abordado dos objetivos específicos críticos para la calidad de los datos:

- Unificación de Vías: identificar y corregir duplicidades en la tabla VIA del Catastro, unificando vías con la misma denominación pero diferentes códigos, lo cual es vital para el cruce de información con los callejeros municipales y el del INE.

- Revisión de Códigos de Vía INE: actualizar y validar los códigos de vía del INE asignados a las vías catastrales, mejorando así la calidad de la información, reduciendo errores y facilitando el intercambio de datos con el INE, IGN y otros organismos, en línea con las mejores prácticas internacionales de reutilización de la información.

Además, se trabaja en la definición de un modelo de datos interno más claro y robusto para las direcciones, que establezca el objeto geográfico «dirección», sus atributos, relaciones, listas de códigos, y condiciones para su registro y actualización.



Impulsando la Cartografía Digital Europea: Open Maps for Europe 2 (OME2)

Creando el prototipo de conjunto de datos multitemático de alto valor y alta resolución paneuropeo y Open Cadastral Map (OCM)

Francisco Javier Luque Rodríguez
Rocío Rodríguez Molina
Alejandro Vicente Camacho Sánchez
Dirección General del Catastro

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 76-77
2026
ISSN: 1131-9100

Open Maps for Europe 2 (OME2) representa un paso adelante significativo en la democratización y armonización de los datos geospaciales a nivel europeo. Este proyecto, construido sobre los cimientos del exitoso **Open Maps for Europe**, establece un novedoso sistema de producción que generará conjuntos de datos geospaciales de alto valor, armonizados, a gran escala y paneuropeos. Estos datos provienen directamente de las agencias y organismos cartográficos y catastrales de toda Europa, asegurando un origen oficial y preciso.

El desarrollo y la implementación de OME2 son posibles gracias a la cofinanciación de la Unión Europea y a la colaboración estratégica EuroGeographics, el Instituto Geográfico Nacional de Bélgica, el Instituto Nacional de Información Geográfica y Forestal de Francia, el Catastro Helénico, la **Dirección General del Catastro de España**, y la Agencia del Catastro, Registro de la Propiedad y Cartografía de los Países Bajos.

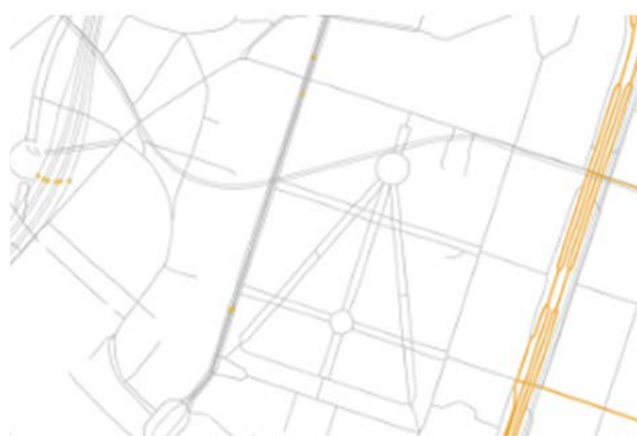
Uno de los objetivos centrales de OME2 es la elaboración de un prototipo de conjunto de datos de alto valor. Este prototipo se caracteriza por ser armonizado, multitemático y de alta resolución, abarcando diez países europeos para el final del proyecto. Este conjunto de datos incluirá información crucial sobre límites administrativos, hidrografía y redes de transporte, elementos fundamentales para una comprensión geográfica completa del continente.

Para lograr este ambicioso objetivo, se está invirtiendo en la creación de una infraestructura sólida, diseñada para alojar y mantener los datos de manera eficiente. Esto implica la implementación de una gestión automatizada del ciclo de vida de los datos y la aplicación de procedimientos de armonización avanzados. Paralelamente, se está diseñando un sistema de gestión de producción optimizado para asegurar la elaboración y el mantenimiento sostenible de estos datos a lo largo del tiempo. Esto incluye la creación de documentación técnica detallada, el establecimiento de un modelo de datos común basado en las mejores prácticas internacionales, y la implementación de procesos de gestión de calidad.

El proyecto se caracteriza por su enfoque incremental, integrando progresivamente los datos nacionales para expandir tanto la cobertura geográfica como la temática del prototipo. Además, OME2 está llevando a cabo una evaluación de viabilidad para extender este conjunto de datos a nuevos países, analizando cuidadosamente la disponibilidad de datos nacionales ya armonizados para facilitar futuras expansiones.

Otro pilar fundamental de OME2 es el mantenimiento y la mejora continua del **Open Cadastral Map** (OCM). Este mapa catastral abierto es una herramienta invaluable, y el proyecto actualiza sus datos anualmente y trabaja en ampliar su cobertura a más países. La meta es armonizar aún más el acceso a los datos catastrales y promocionar activamente el OCM entre todas las partes interesadas, desde organismos gubernamentales hasta usuarios finales.

Para cumplir con estos objetivos, se sigue produ-



High-value large-scale
pan European prototype

A European prototype for a multi-themed
high-value topographic dataset at the scale
1:10 000



Open Cadastral Map

A single place to find European Cadastral map data

ciendo y actualizando el OCM, y se están explorando nuevas funcionalidades. Se trabaja activamente para aumentar la cobertura geográfica del OCM a nueve países adicionales, lo que ampliará significativamente su alcance.

La promoción del OCM es una prioridad, y se colabora estrechamente con los miembros de EuroGeographics y otras comunidades catastrales para asegurar una estra-

tegia a largo plazo que garantice la homogeneización de los datos. Además, se están realizando esfuerzos para identificar a los usuarios actuales y futuros del OCM, tanto públicos (la Comisión Europea y otras organizaciones internacionales) como privados (empresas y ciudadanos), para comprender mejor sus necesidades y garantizar que el OCM siga siendo una herramienta relevante y valiosa.

Todos los conjuntos de datos generados y mejorados por OME2 están disponibles a través del portal actual de **Open Maps for Europe**. Estos datos se ofrecen con licencia de datos abiertos armonizada, fomentando su libre uso y reutilización.

OME2 apoya directamente los objetivos de la **Directiva de Datos Abiertos de la Unión Europea** y juega un papel crucial en impulsar la reutilización de los datos públicos abiertos.

Es importante destacar los avances logrados en el proyecto OME2, especialmente los logros en la obtención del prototipo de conjunto de datos de alto valor y alta resolución, así como la expansión y mejora continua del OCM.

Estos desarrollos no solo benefician a las agencias cartográficas y catastrales, sino que también abren nuevas oportunidades para el sector público, la industria y los ciudadanos en toda Europa.

Aurelio Aragón Velasco
Eduardo Martín Agúndez

Organismo Autónomo Centro Nacional
de Información Geográfica (O.A. CNIG)

Alberto Aparicio Ríos
Carmen Caballero Cáceres

Centro de Información Cartográfica
y Territorial de Extremadura (CICTEX)

API-IDEE es un proyecto de código abierto colaborativo destinado a la creación de visualizadores cartográficos web. Originalmente surgido como una derivación del proyecto **Mapea**, ha evolucionado significativamente bajo el desarrollo del **Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG)**. Recientemente, se ha producido una importante evolución estratégica: la fusión completa con Mapea, consolidando esfuerzos y recursos en una única plataforma tecnológica robusta, la API-IDEE. Esta unificación ha atraído a diversas comunidades autónomas que están integrándose progresivamente en el proyecto, ampliando su alcance y reforzando su carácter colaborativo nacional.

El proyecto mantiene su filosofía de desarrollo abierto, gestionándose a través de un repositorio **GitHub** que permite a organizaciones y desarrolladores externos contribuir mediante *Pull Requests*, además de reportar errores o sugerir mejoras a través de *Issues*. La arquitectura técnica de API-IDEE emplea **OpenLayers** y **CesiumJS** como librerías base para visualizadores 2D y 3D, respectivamente, sirviendo como fachada que enriquece sus funcionalidades y protege a los desarrolladores de los cambios internos en las actualizaciones de dichas librerías.

Expansión del ecosistema: Data-IDEE

La ampliación de la familia API-IDEE incluye la colaboración con Extremadura en el desarrollo de Data-IDEE, un componente servidor que implementa funcionalidades CRUD (lectura, inserción, modificación y eliminación) de objetos geográficos y capas desde diversas fuentes de datos. El acceso se realiza mediante puntos basados en especificaciones **OpenAPI**,

facilitando la integración con sistemas externos. Data-IDEE incorpora una interfaz de usuario para gestión de autenticación que soporta múltiples mecanismos: LDAP, certificado electrónico, redes sociales y usuario/contraseña convencional.

Adicionalmente, Data-IDEE proporciona interfaces para la administración de roles, creación de grupos, definición de filtros de datos y gestión de conexiones a fuentes de entrada, ofreciendo un entorno completo para el manejo y la distribución de información geoespacial.

SUITE-IDEE: Democratizando la cartografía web

Complementando esta expansión, la familia API-IDEE incorpora SUITE-IDEE, una herramienta innovadora diseñada para permitir la configuración de visualizadores cartográficos sin necesidad de conocimientos especializados en programación. Este módulo está basado en trabajos previos realizados en la red europea **SITMUN**, y reutiliza el código desarrollado en su plataforma. Esta *suite* democratiza la creación de aplicaciones geoespaciales, permitiendo a usuarios no técnicos implementar sus propias soluciones de visualización adaptadas a necesidades específicas.

La integración de estos tres componentes —API-IDEE como núcleo de visualización, Data-IDEE como motor de gestión de datos, y SUITE-IDEE como herramienta de configuración accesible— consolida un ecosistema integral para el desarrollo y despliegue de soluciones geoespaciales avanzadas, reforzando el compromiso con la filosofía de código abierto y la colaboración interinstitucional que caracteriza la infraestructura de datos espaciales nacional.

Tecnologías SIG aplicadas a la documentación geográfica y cartografía antigua del archivo topográfico del IGN

El archivo topográfico del IGN: funciones y objetivos futuros

Ricardo González Martín
Archivo Topográfico del IGN

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 79-81
2026
ISSN: 1131-9100

Desde el Archivo Topográfico del **Instituto Geográfico Nacional (IGN)** queremos dar a conocer los últimos productos cartográficos con los que hemos ido trabajando y que tenemos disponibles en su mayoría en el **Centro de Descargas del CNIG**, haciendo especial hincapié en las posibilidades que ofrecen las tecnologías SIG para el análisis y el estudio práctico de esta documentación histórica. Uno de los principales objetivos es georreferenciar toda la documentación que poseemos en el Archivo en el sistema de referencia *European Terrestrial Reference System 1989* (ETRS89) y, para ello, nos vamos a servir de tecnologías SIG (Sistemas de Información Geográfica) como *Quantum Geographic Information System* (QGIS) o *Global Mapper*.

Estos productos cartográficos son:

- **Planos de Población en cuaderno** (siglo XX). Documentación relativa a cuadernos topográficos de poligonación con el plano del núcleo urbano en la última hoja. El desarrollo gráfico debía efectuarse a escala 1:5.000. El trabajo a esta escala facilitaba la generalización de las minutas, que eran a escala 1:25.000. No existen planos de población en cuaderno de todos los términos municipales de España.

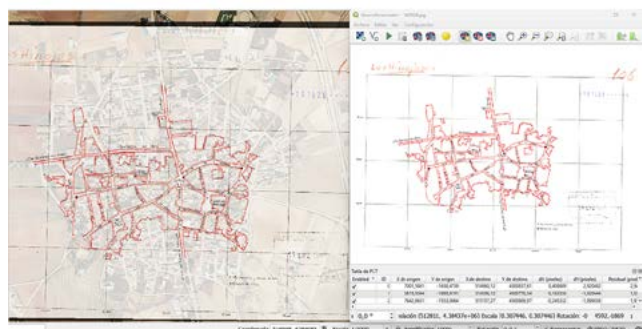
Ofrecen una vista inédita de la trama urbana de aquella época y su aplicación va desde el estudio de las propiedades urbanísticas de los términos municipales hasta la investigación patrimonial de las tipologías urbanas. También se representan caseríos

y núcleos que, hoy en día, están abandonados o desaparecidos.

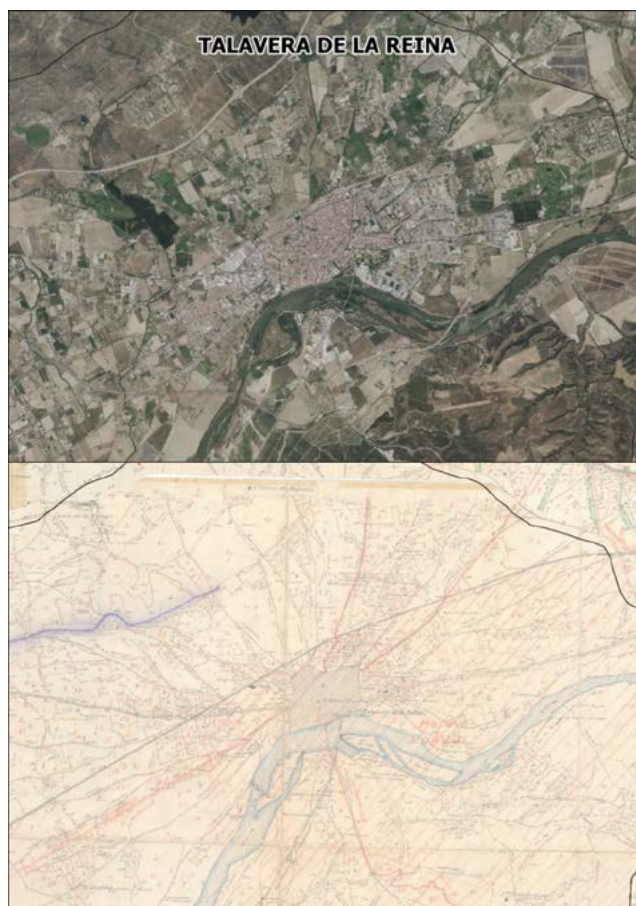
Con el programa QGIS es posible georreferenciar estos planos utilizando la herramienta «Georreferenciador» y seleccionando los puntos de control necesarios. Si se utiliza el programa *Global Mapper*, la georreferenciación se consigue usando la herramienta *RECTIFY* y seleccionando los puntos de control de la misma forma que en QGIS.

Formatos JPG y ECW georreferenciado:

<https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/planos-poblacion>



Catálogo de metadatos de la Infraestructura de Datos Espaciales de España - CNIG en nombre del Consejo Superior Geográfico



Catálogo de metadatos de la Infraestructura de Datos Espaciales de España - CNIG en nombre del Consejo Superior Geográfico

- **Planimetrías, Altimetrías y Conjuntas** (1870-1950). Conjunto de trabajos topográficos previos a la realización de la primera edición del Mapa Topográfico Nacional 1:50.000. Son mapas manuscritos que se realizaron de cada término municipal a partir de mediciones sobre el terreno que están recogidas en los cuadernos de campo conservados en el Archivo Topográfico del IGN. Con una escala de 1:25.000, normalmente se realizaba primero la planimetría y, posteriormente, la altimetría en documentos independientes. Las conjuntas son el resultado de la representación de la planimetría y de la altimetría de un término municipal en un mismo mapa.

Estos productos se pueden georreferenciar de forma similar a los planos de población en cuaderno y su actualización al sistema ETRS89 es fundamental para un mejor análisis e investigación de los procesos de transformación urbana, viaria e hidrográfica de los términos municipales de España en los últimos 150 años.

Formatos JPG y ECW georreferenciado:

[https://centrodedescargas.](https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/)

[cnig.es/CentroDescargas/](https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/)

[planimetrías-altimetrías-conjuntas](https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/)

Servicio de visualización de este producto:

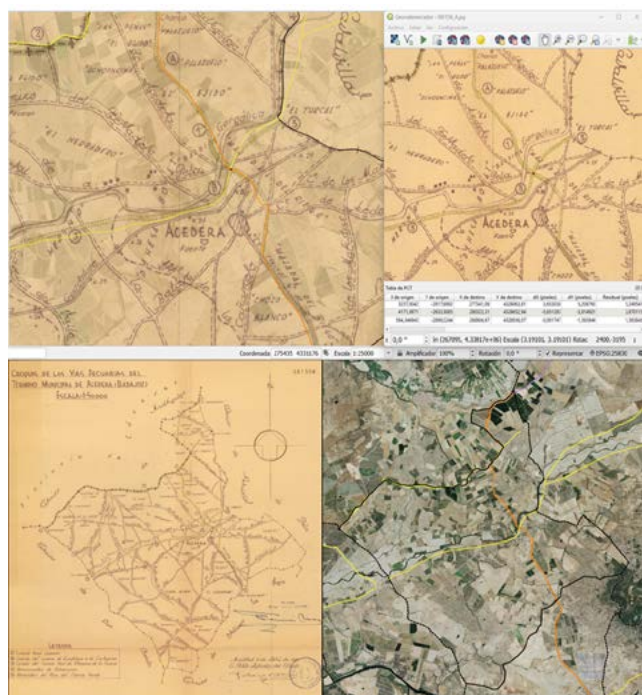
Iberpix

- **Hojas kilométricas** (1860-1870). Documentación de carácter catastral relativa al levantamiento de la Topografía Catastral de España. Este fue un proyecto presentado por Francisco Coello, director de la Junta General de Estadística, entre 1860 y 1870. Dicho proyecto tenía un doble objetivo: por una parte, topográfico, puesto que debía incluir el levantamiento del Mapa Topográfico de España con una finalidad cartográfica; por otra parte, catastral, ya que debían ser deslindadas y medidas todas las parcelas rústicas y urbanas del país siguiendo un objetivo fiscal. Existe documentación de sesenta municipios de la Comunidad de Madrid realizada entre 1860 y 1866. Posteriormente, entre los años 1866 y 1870, comenzó el levantamiento de algunas otras ciudades como Cartagena, Almería, Cuenca y Valdeolivas. Las parcelas rústicas y urbanas de estos municipios quedaban reflejadas en unos do-



Catálogo de metadatos de la Infraestructura de Datos Espaciales de España - CNIG en nombre del Consejo Superior Geográfico

cumentos llamados cédulas catastrales. De manera general, estas cédulas pueden contener información como provincia, ayuntamiento, nombre de la calle, nombre del propietario, superficie, plano de la parcela, escala, entre otros datos según el tipo de cédula (rústica o urbana). Estas cédulas catastrales se publicarán en el Centro de Descargas del CNIG próximamente en formato PDF, pero ya se pueden visualizar en los visores de mapas del IGN. Sus ámbitos prácticos van desde la restauración del parcelario catastral antiguo hasta la investigación urbana y rural. La trasposición de estas cédulas del sistema anterior ED50 (European Datum 1950) al ETRS89 mediante los programas QGIS o Global Mapper se realiza asociando de forma digital la propia cédula catastral al número de parcela que le corresponde mediante los mosaicos de las Hojas kilométricas y del Parcelario Urbano de cada término



municipal, que ya se encuentran en ETRS89.

Formato JPG sin georreferenciar:

<https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/hojas-kilometricas-parcelario-urbano-planos-directores>

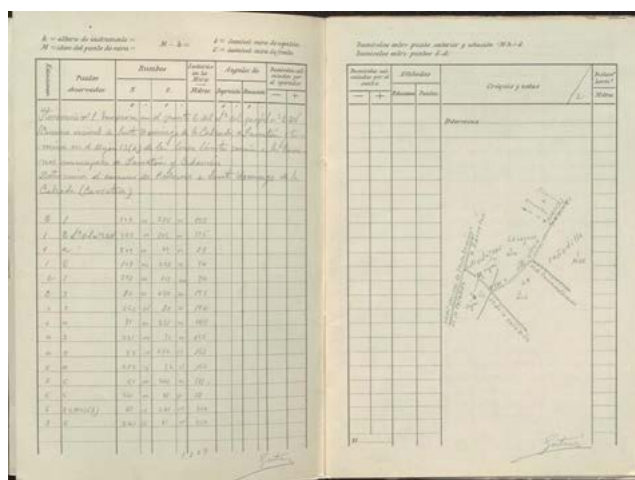
Servicio de visualización de este producto:

Iberpix

- **Vías Pecuarias** (siglo XX). Son los caminos que se utilizaban para el tránsito del ganado. Tienen una regulación especial desde el siglo XIII, cuando Alfonso X «el Sabio» creó el Honrado Concejo de la Mesta de los Pastores de Castilla. Ya en el siglo XX se clasificaron de manera definitiva como bienes de dominio público y se estableció su clasificación y tipología, pasando en 1931 al Estado las facultades delegadas de la Asociación General de Ganaderos. La documentación conservada en el Archivo Topográfico del IGN es la certificación del proyecto de clasificación de vías pecuarias en forma de una memoria del proyecto y el plano de la vía pecuaria en sí.

Esta documentación no está ni escaneada, ni catalogada en su totalidad. Se irá poniendo a disposición del usuario en el Centro de Descargas del CNIG a medida que se vayan completando los trabajos por provincias. Además de publicar este producto en formato PDF, se les aplicarán a todas las vías pecuarias las tecnologías SIG ya mencionadas y se llevará a cabo la georreferenciación de sus planos al sistema ETRS89.

- **Cuadernos topográficos interiores** (siglos XIX y XX). Documentación relativa a la elaboración de planimetrías. Estos cuadernos interiores cuentan con medidas de ángulos y de distancias que descri-



Catálogo de metadatos de la Infraestructura de Datos Espaciales de España - CNIG en nombre del Consejo Superior Geográfico

ben caminos, cañadas, ríos, barrancos y arroyos de cada término municipal. Se trata de trabajos previos a la realización de la primera edición del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000 (entre 1870 y 1950). Esta documentación no está ni escaneada ni catalogada en su totalidad. Se irá poniendo a disposición del usuario a medida que se vayan completando los trabajos por provincias. En este momento, están publicados en el Centro de Descargas del CNIG (IGN) los cuadernos interiores de Extremadura, Murcia, Castilla-La Mancha, Comunidad Valenciana, La Rioja y Navarra.

Formato PDF sin georreferenciar:

<https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/cuadernos-topograficos>

Enlace al apartado «Documentación Geográfica» del IGN

Documentación geográfica - Instituto Geográfico Nacional

Enlace al apartado «Documentación geográfica y cartografía Antigua» del Centro de Descargas del CNIG (IGN)

Centro de Descargas del CNIG (IGN)

Evolución del Sistema de Información de Poblaciones (SIPOB) de Andalucía

Los datos asociados al territorio habitado

José M.^a Medina Rodríguez
Tragsatec

Elena Díaz Vega
Cristina Carturla Monter
Sv Producción Cartográfica. IECA

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 82-83
2026
ISSN: 1131-9100

El Sistema de Información de Poblaciones de Andalucía (**SIPOB**) es la base de referencia que recoge las áreas del territorio de Andalucía en las que se asienta la población y que son conocidas con una denominación o identidad propias. Con este proyecto, el Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (**IECA**) realiza un reconocimiento detallado y jerarquizado del poblamiento andaluz, en el que se identifican tanto las cabeceras y núcleos secundarios como las poblaciones que se localizan en el diseminado, las edificaciones aisladas, e incluso otros ámbitos del territorio que acogen usos no residenciales vinculados a la población.

El desarrollo de este sistema de información mantiene, a su vez, la doble perspectiva, territorial y estadística, al combinarse con la interpretación de esta realidad recogida en el Nomenclátor: Población del Padrón Continuo por Unidad Poblacional que publica el Instituto Nacional de Estadística (**INE**) y que el IECA traslada al territorio con una aproximación cartográfica. Con dicha territorialización, que divide y codifica el municipio en Entidades

Singulares, diferenciando en ellas núcleos y diseminados, SIPOB conforma una base continua y codificada del poblamiento, con un nivel de desagregación inferior al municipio.

El mantenimiento de esta base de referencia es una tarea fundamental, teniendo en cuenta la potencialidad de sus datos en ámbitos tan cruciales hoy día como la gestión de las emergencias o la planificación de los recursos y equipamientos. Por ello, los trabajos de actualización de SIPOB se han visto reforzados con medios destinados en todas las provincias, para favorecer la participación de las administraciones locales en la revisión y compleción de sus datos. Esta tarea plantea una revisión de los métodos de trabajo y se apoya en una nueva herramienta desarrollada al efecto.

A su vez, el IECA lleva más de una década realizando la georreferenciación de la población residente inscrita el 1 de enero de cada año en Andalucía. Para ello utiliza los datos relativos a la dirección postal del domicilio de residencia, que se almacenan en la Base

de Datos Longitudinal de Población de Andalucía (**BDLPA**), a los que se aplica un proceso de geocodificación y se obtienen coordenadas X e Y sobre dos fuentes de referencia principales: el Callejero Digital de Andalucía Unificado (**CDAU**) y el Catastro Inmobiliario.

De partida, estas coordenadas, que localizan dónde reside cada uno de los habitantes de la región, se han utilizado para la difusión anual en formato malla de la actividad «Distribución espacial de la población en Andalucía», pero actualmente conforman una infraestructura fundamental de información estadística, que integra y reutiliza la información recopilada en diferentes registros estadísticos y administrativos de base poblacional en Andalucía. De esta forma, además de la caracteriza-

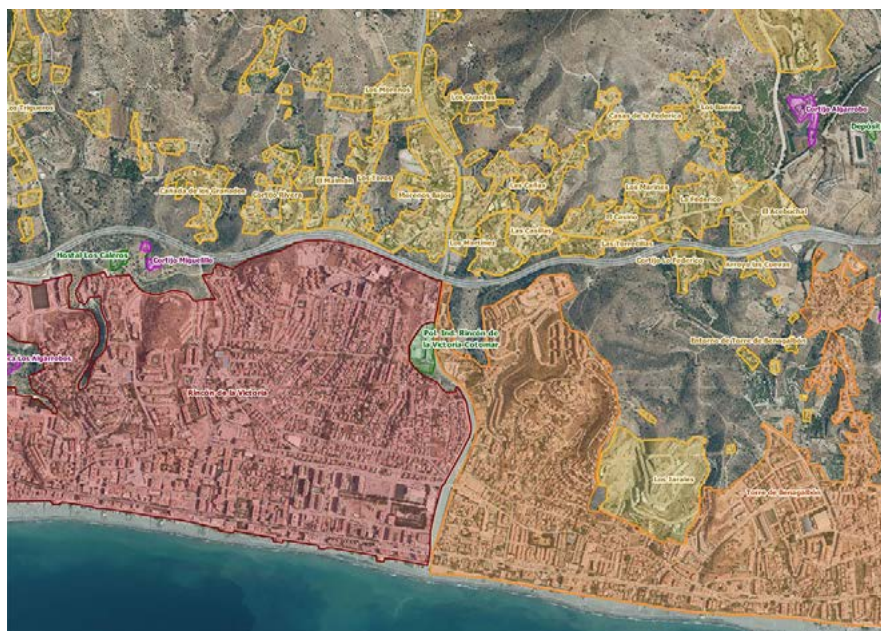


Figura 1. Identificación de las poblaciones en SIPOB, diferenciando entre cabecera (rojo), núcleo secundario (naranja), población en diseminado (amarillo), edificación aislada (rosa) y otros usos (verde).

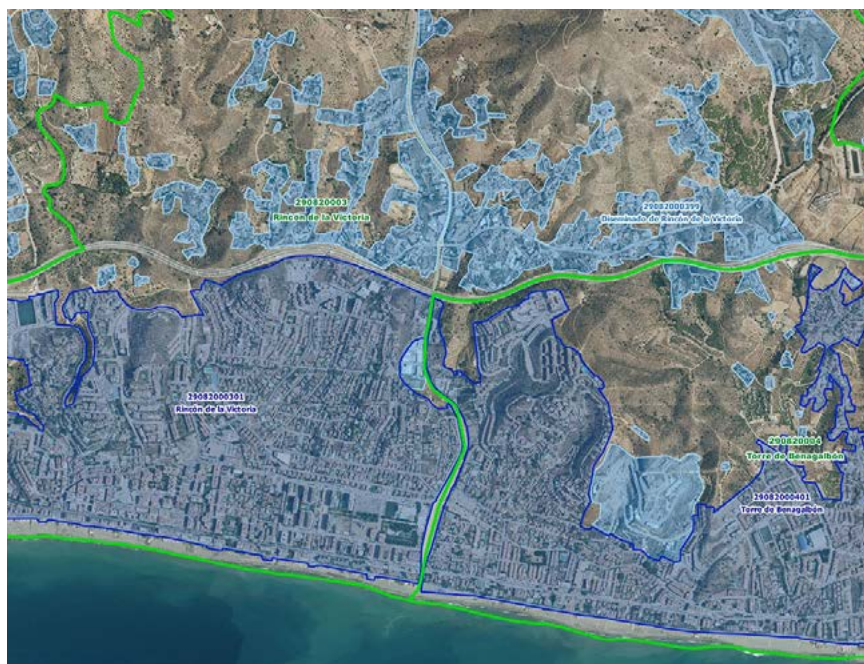


Figura 2. Identificación de las poblaciones en SIPOB según Nomenclátor o Padrón Continuo por Unidad Poblacional (INE).

Código entidad	Nombre del municipio	Código de provincia	Código de municipio	Código de entidad colectiva	Código de entidad singular	Código de núcleo	Denominación	Población total
29082000000	Rincón de la Victoria	29	082	00	00	00	RINCÓN DE LA VICTORIA	51300
29082000100	Rincón de la Victoria	29	082	00	01	00	BENAGALBÓN	4971
29082000101	Rincón de la Victoria	29	082	00	01	01	BENAGALBÓN	2169
29082000199	Rincón de la Victoria	29	082	00	01	99	DISEMINADO DE BENAGALBÓN	2802
29082000200	Rincón de la Victoria	29	082	00	02	00	CALA DEL MORAL (LA)	16466
29082000201	Rincón de la Victoria	29	082	00	02	01	CALA DEL MORAL (LA)	16074
29082000299	Rincón de la Victoria	29	082	00	02	99	DISEMINADO DE CALA DEL MORAL (LA)	392
29082000300	Rincón de la Victoria	29	082	00	03	00	RINCÓN DE LA VICTORIA	19124
29082000301	Rincón de la Victoria	29	082	00	03	01	RINCÓN DE LA VICTORIA	17551
29082000399	Rincón de la Victoria	29	082	00	03	99	DISEMINADO DE RINCÓN DE LA VICTORIA	1573
29082000400	Rincón de la Victoria	29	082	00	04	00	TORRE DE BENAGALBÓN	10739
29082000401	Rincón de la Victoria	29	082	00	04	01	TORRE DE BENAGALBÓN	10278
29082000499	Rincón de la Victoria	29	082	00	04	99	DISEMINADO DE TORRE DE BENAGALBÓN	461

Figura 3. Nomenclátor o Padrón Continuo por Unidad Poblacional a 1 de enero de 2023 (INE).

ción de la población residente en Andalucía, tanto total como clasificada según grupos de edad, nacionalidades, lugar de nacimiento con relación al lugar de residencia, tiempo de residencia, sexo; además se añaden variables como afiliación, pensiones contributivas de la Seguridad Social por tipos y su percepción, demandantes de empleo del Servicio Andaluz de Empleo y paro registrado.

Con ello, el IECA dispone de dos sistemas de información complementarios, que abordan los temas de población y poblamiento tanto desde la perspectiva estadística como territorial. El desarrollo de una metodología en la que ambos sistemas convergen y permiten su explotación de forma conjunta ofrece nuevas posibilidades de

análisis sobre una temática, sin duda, trascendental. El desarrollo de esta línea de trabajo en esta nueva fase de actualización incide en el propósito de adquirir un conocimiento más profundo de la población que habita la región y de su relación con el territorio.

En un contexto cada vez más marcado por la frecuencia y gravedad de fenómenos adversos como las inundaciones o los incendios, contar con información exhaustiva y actualizada sobre cómo y dónde se localiza la población se presenta como una necesidad básica para poder contar con la mejor planificación y gestión del territorio, por lo que la integración de ambos proyectos se presenta como una línea de trabajo de especial interés.

La información sobre estos proyectos se puede consultar en la

página web del IECA: <https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/dega/sistema-de-informacion-de-poblaciones-de-andalucia-sipob>, <https://www.ieca.junta-andalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/dega/distribucion-espacial-de-la-poblacion-en-andalucia>

GeoportalBCN: un solo portal, toda la Geoinformación Municipal de Barcelona

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 84-85
2026
ISSN: 1131-9100

La puerta de acceso a la IDE del Ajuntament de Barcelona

Esther Pulido Barberán
Ajuntament de Barcelona
Gerencia del Àrea d'Urbanisme i Habitatge
Departamento del Pla de la Ciutat



En 2025, el Ajuntament de Barcelona presenta **GeoportalBCN**, la nueva plataforma centralizada de la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) municipal. Este portal nace con el objetivo de consolidar en un único punto de acceso toda la información geográfica relevante del municipio, facilitando la consulta, descarga y consumo de datos tanto para la ciudadanía como para empresas, profesionales y administraciones públicas.

GeoportalBCN responde a la necesidad de simplificar y optimizar el acceso a la geoinformación, superando el modelo anterior basado en aplicaciones dispersas y webs independientes. Ahora, desde una sola plataforma, es posible acceder a todos los recursos cartográficos y

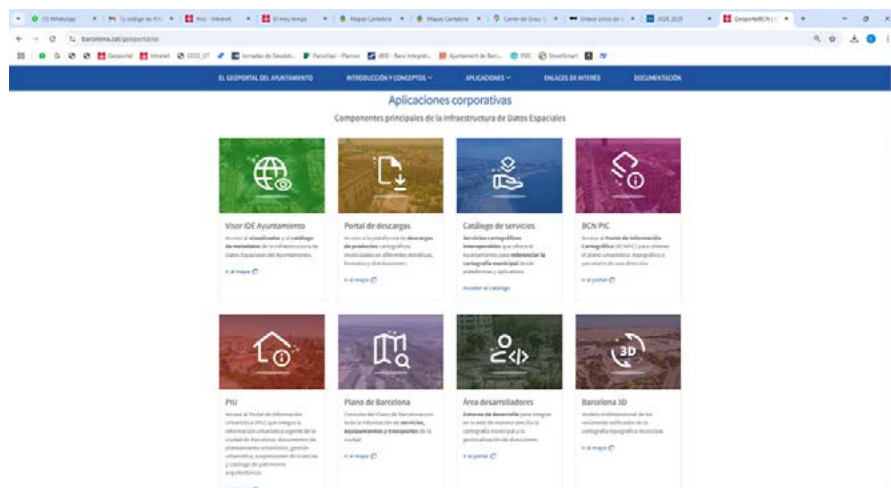
servicios geoespaciales municipales, bajo los principios de interoperabilidad y estandarización definidos por las directivas INSPIRE y LISIGE, lo que garantiza la calidad, disponibilidad y regulación de la información geográfica.

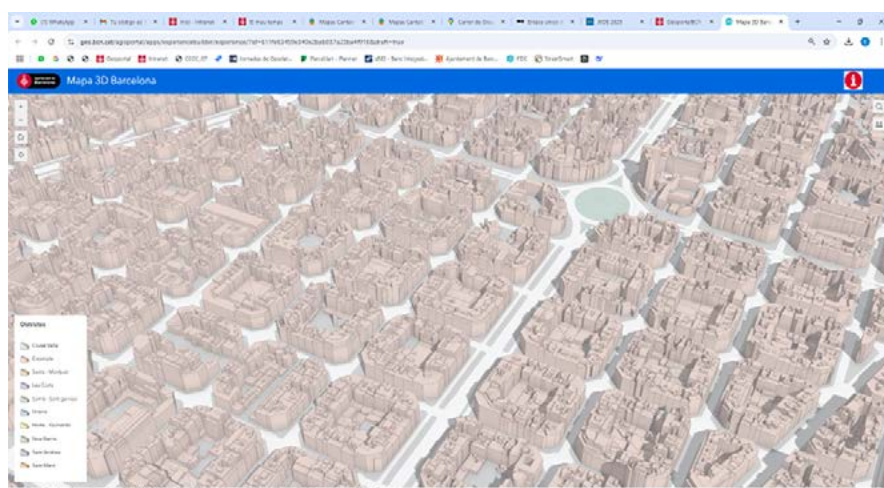
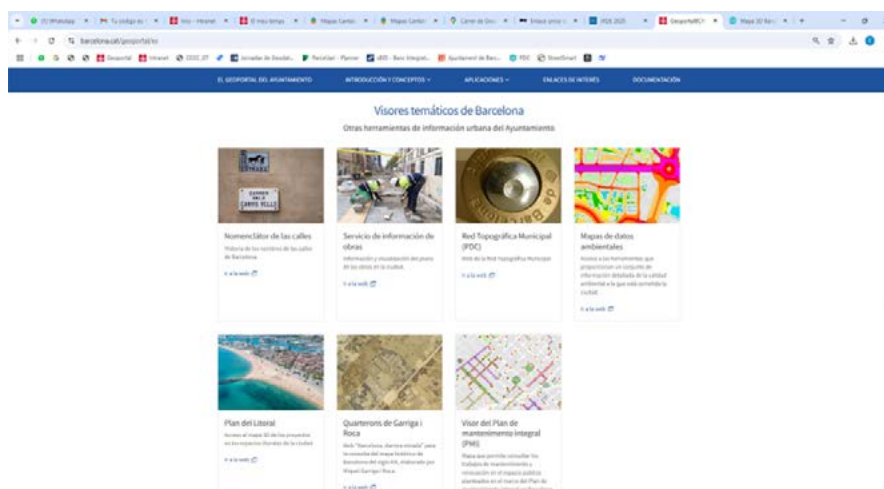
El portal integra varios módulos y aplicaciones corporativas, entre los que destacan el **Visualizador IDE Ayuntamiento**, para la consulta de la cartografía municipal y el acceso al catálogo de metadatos, que facilita la exploración y análisis de los datos espaciales disponibles; el **Portal de descargas**, que ofrece la posibilidad de descargar productos cartográficos municipales en diferentes temáticas, formatos y distribuciones, adaptándose a las necesidades de usuarios técnicos y desarrolladores; el **Catálogo de Servicios**, que proporciona geoservicios interoperables (WMS, WFS, WMTS...) basados en estándares OGC, permitiendo la integración de la cartografía municipal en otras plataformas y aplicaciones SIG; otros visualizadores temáticos para el acceso a la información urbanística, como el **Portal de Información Urbanística (PIU)**, que integra toda la información urbanística vigente, incluyendo documentos de planeamiento, gestión urbanística, las suspensiones de licencias y el catálogo de patrimonio arquitectónico.

También proporciona el acceso a **Plànol BCN**, la guía urbana de la ciudad, que facilita la consulta de información sobre servicios, equipamientos y transportes urbanos, esencial para la planificación y gestión municipal.

El **Área de desarrolladores** es un espacio dedicado a la integración sencilla de la cartografía municipal y la geolocalización en aplicaciones web, fomentando el desarrollo de soluciones innovadoras basadas en datos espaciales.

Finalmente, **Barcelona 3D**, que





da acceso al modelo tridimensional de los volúmenes edificados de la cartografía topográfica municipal, herramienta clave para análisis urbanos avanzados y proyectos de Digital Twin y Smart City.

GeoportalBCN también reúne una amplia gama de visualizadores temáticos y herramientas urbanas, como el nomenclátor de calles, el servicio de información de obras, mapas ambientales, el Plan del Litoral, mapas históricos y visualizadores de planes de mantenimiento integral. Esta diversidad de recursos permite abordar múltiples aspectos de la gestión y análisis territorial, desde la historia urbana hasta la monitorización ambiental y el seguimiento de obras públicas.

Uno de los pilares del GeoportalBCN es la garantía de calidad y actualización de los geodatos. Para ello se han automatizado los procesos de mantenimiento, control de calidad y publicación, siguiendo los estándares de la Comissió de Coordinació Cartogràfica de Catalunya (CCCC). Esto asegura la disponibilidad de datos precisos y actualizados, optimizando los recursos y mejorando la eficiencia de la gestión pública.

GeoportalBCN representa un salto cualitativo en la gestión y difusión de la información geográfica municipal, promoviendo la transparencia, la interoperabilidad y la innovación tecnológica. Es una herramienta estratégica para la administración, la comunidad técnica y la ciudadanía,

que consolida a Barcelona como referente en el uso y gestión de infraestructuras de datos espaciales.

URL: <https://www.barcelona.cat/geoportal/es>

Viabilidad e implicaciones de la Inteligencia Artificial para la estimación de la calidad del aire en España

Viability and implications of Artificial Intelligence for air quality estimation in Spain

Carlos Morillas¹, Rocco Giosa², Sergio Álvarez¹, Sara Martínez¹

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 86-92
2026
ISSN: 1131-9100

Resumen

Este estudio analiza el potencial de la inteligencia artificial (IA) para mejorar la estimación de la calidad del aire en España, con énfasis en el dióxido de nitrógeno (NO₂), uno de los contaminantes más vinculados a la movilidad urbana y a efectos adversos sobre la salud. La investigación se centra en la Comunidad de Madrid, que dispone de la red de vigilancia más completa del país y constituye un entorno idóneo para evaluar el rendimiento de modelos basados en aprendizaje automático. Se integran observaciones del sensor TROPOMI (Sentinel-5P) con variables meteorológicas procedentes tanto de estaciones de superficie como del reanálisis ERA5-Land, empleando diferentes configuraciones espaciales y dos familias de modelos: algoritmos basados en árboles de decisión (Random Forest y XGBoost) y redes neuronales artificiales.

Los mejores resultados se obtuvieron mediante redes neuronales combinadas con clústeres espaciales coherentes, alcanzando precisiones superiores a estudios previos y demostrando la capacidad de la IA para reproducir la variabilidad espacio-temporal del NO₂ incluso en entornos heterogéneos. El trabajo evidencia que, bajo un diseño metodológico adecuado, la IA puede complementar las redes de vigilancia tradicionales, ofrecer estimaciones fiables en áreas con escasa infraestructura y constituir una herramienta estratégica para afrontar las nuevas exigencias normativas y la transición hacia sistemas de monitorización más flexibles y escalables.

Palabras clave: Inteligencia artificial, NO₂, TROPOMI, aprendizaje automático, calidad del aire.

Abstract

This study examines the potential of artificial intelligence (AI) to enhance air-quality estimation in Spain, focusing on nitrogen dioxide (NO₂), a pollutant closely linked to urban mobility and adverse health impacts. The research is conducted in the Community of Madrid, which hosts the country's most comprehensive air-quality monitoring network and provides an ideal setting to assess machine-learning-based modeling. TROPOMI (Sentinel-5P) satellite observations are combined with meteorological variables derived from surface stations and ERA5-Land reanalysis. Several spatial configurations and two model families are evaluated: tree-based algorithms (Random Forest and XGBoost) and artificial neural networks. The best performance is achieved by neural networks trained on environmentally coherent spatial clusters, yielding accuracy metrics that surpass most previous studies and demonstrating AI's ability to capture the complex spatiotemporal behavior of NO₂, even in heterogeneous environments. Results show that, when supported by a rigorous methodological design, AI can effectively complement traditional monitoring networks, provide reliable estimates in areas with limited infrastructure, and support new regulatory requirements aimed at reducing pollutant exposure. The study highlights AI as a strategic tool for improving air-quality assessment in Spain and for facilitating the transition toward more flexible, scalable, and data-integrated monitoring systems.

Keywords: Artificial intelligence, NO₂, TROPOMI, machine learning, air quality.

¹Departamento de Ingeniería y Morfología del Terreno, Universidad Politécnica de Madrid
c.morillas@upm.es

²Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi della Basilicata

Recepción 15/01/2026
Aprobación 20/01/2026

1. INTRODUCCIÓN

La calidad del aire ha supuesto tradicionalmente uno de los principales retos ambientales y sanitarios en España. A pesar de los avances logrados durante la última década, la Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que la exposición a contaminantes atmosféricos continúa generando impactos significativos sobre la salud pública, incluso en niveles inferiores a los umbrales regulados. Entre ellos, el dióxido de nitrógeno (NO₂) destaca por su estrecha vinculación con la movilidad urbana y por sus efectos contrastados sobre la morbilidad y la mortalidad. Ciudades como Madrid (en primer lugar), Barcelona (6º) y Valencia (68º) se encuentran entre las que registran mayores tasas de mortalidad evitable asociada a la exposición prolongada al NO₂ en Europa (Khomenko et al., 2021). Estos resultados evidencian no solo la magnitud del desafío, sino también la urgencia de desplegar herramientas capaces de evaluar la contaminación con mayor resolución espacial y temporal, especialmente en contextos urbanos densos donde los gradientes locales pueden cambiar abruptamente en distancias cortas.

Aunque las redes de vigilancia constituyen el pilar fundamental para la evaluación de la calidad del aire, su distribución sigue siendo desigual. Casi un centenar de municipios españoles con más de 50.000 habitantes dispone de una única estación de medición o carece de ella, lo que limita la representatividad espacial y compromete la capacidad de caracterizar adecuadamente la exposición real de la población. Este déficit estructural cobra especial relevancia ante el endurecimiento normativo: la reciente Directiva (UE) 2024/2881 fija un límite anual para NO₂ de 20 µg/m³ en 2030, la mitad del actualmente vigente, mientras que las guías de la OMS recomiendan niveles aún más estricto (OMS, 2021). Las administraciones deberán, por tanto, apoyarse en métodos más flexibles, escalables y compatibles con la diversidad territorial del país para cumplir estos objetivos.

En este escenario, la inteligencia artificial (IA) está transformando la manera de estimar y monitorizar la contaminación atmosférica. Los modelos de aprendizaje automático y profundo permiten integrar fuentes heterogéneas (datos de satélite, variables meteorológicas, indicadores de actividad humana o características del territorio) para inferir concentraciones de contaminantes allí donde las estaciones no existen o resultan insuficientes. La elección del NO₂ como contaminante de referencia no es casual: su detección desde satélite presenta un rendimiento particularmente elevado. El sensor TROPOMI a bordo del satélite Sentinel-5P ofrece observaciones diarias del NO₂ troposférico, que en regiones como la Comunidad de Madrid muestran una correlación especialmente alta con las mediciones en superficie, facilitando la construcción de modelos precisos y reduciendo la incertidumbre asociada al proceso de estimación. Esta combinación de alta sensibilidad

espectral, fuerte dependencia de las fuentes locales y vida media atmosférica relativamente corta convierte al NO₂ en uno de los contaminantes más adecuados para su trazabilidad mediante el uso conjunto de teledetección e IA.

España constituye además un laboratorio privilegiado para explorar el potencial de estas metodologías. Su marcada diversidad climática, la compleja distribución de emisiones, los contrastes topográficos y las diferencias entre áreas urbanas y rurales plantean desafíos que demandan enfoques de modelización capaces de aprender patrones locales sin perder capacidad de generalización. A su vez, la digitalización progresiva de las políticas ambientales y la creciente disponibilidad de datos abiertos facilitan la integración de nuevas soluciones tecnológicas en la gestión de la calidad del aire.

En este artículo se analizan las implicaciones científicas, tecnológicas y regulatorias que tiene el uso de la IA para la estimación de la calidad del aire en España, con especial atención al NO₂ como contaminante trazador. Se presenta el caso de la Comunidad de Madrid, cuyo interés radica en que alberga la red de vigilancia de calidad del aire más completa y consolidada del país. La densidad y continuidad de sus registros permiten emplear las mediciones de sus estaciones como referencia de calibración y validación para entrenar modelos basados en IA, proporcionando un escenario idóneo para evaluar el potencial de estas técnicas y explorar su futura extensión a otras regiones españolas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de estudio y fuentes de datos

El análisis se centra en la Comunidad de Madrid, que dispone de la red de vigilancia de calidad del aire más completa de España, lo que permite contar con series temporales extensas de NO₂ superficial para la validación de los modelos. Además, la combinación de una topografía compleja, gradientes urbanos pronunciados y una marcada variabilidad meteorológica ofrece un escenario particularmente exigente para evaluar la capacidad de generalización de los algoritmos de machine learning.

Para obtener información de NO₂ continua a nivel espacial, se utilizaron observaciones del sensor TROPOMI a bordo del satélite Sentinel-5P, que proporciona la columna troposférica de NO₂ (moles/m²) diariamente en todo el planeta y con resolución espacial de 5,5 × 3,5 km² (Van Geffen et al., 2019; Veefkind et al., 2012). Para cada día del periodo de estudio se descargaron los productos Sentinel-5P TROPOMI NO₂ OFFL reprocesados en Google Earth Engine, proyectados en una rejilla regular de 0,01° × 0,01° (~1 × 1 km²), y filtrados por calidad (QA > 0,75) para eliminar observaciones afectadas por nubosidad o errores de recuperación (Earth Engine Data Catalog, 2024). La correlación relativamente elevada entre

la señal satelital y las observaciones en superficie (particularmente notable en Madrid, $r=0,78$, Morillas et al., 2024) supone la variable fundamental para estimar la concentración superficial ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Las medidas de referencia de NO_2 proceden de la red regional de estaciones, cuya selección se realizó siguiendo criterios de compleción temporal y continuidad operativa, tomando 48 estaciones diferentes entre 2020 y 2024 (Ayuntamiento de Madrid, 2025a; Comunidad de Madrid, 2025a). Estas observaciones se emplearon para el entrenamiento, validación y prueba de los modelos predictivos, bajo distintas configuraciones espaciales diseñadas para evaluar cómo la organización territorial de la información afecta al rendimiento de las técnicas de IA.

Dada la demostrada influencia de las condiciones atmosféricas en los niveles de NO_2 —particularmente en regiones como la Comunidad de Madrid, donde la dinámica del contaminante está fuertemente condicionada por la estabilidad atmosférica, la altura de la capa de mezcla, la radiación solar y los patrones de viento— se incorporaron a los modelos diversas variables meteorológicas como predictores fundamentales (Morillas et al., 2025). Estos datos se obtuvieron de la red conjunta de estaciones meteorológicas operadas por la Comunidad de Madrid (2025) y el Ayuntamiento de Madrid (2025), seleccionando únicamente aquellas que permanecieron plenamente operativas durante el periodo 2020–2024, haciendo un total de 50 puntos de muestreo (Figura 1).

Entre los predictores incluidos se encuentran temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, precipitación, radiación solar y los componentes vectoriales del viento. Para su integración en los modelos, cada variable se promedió siguiendo dos ventanas temporales complementarias: una ventana corta, que abarca el intervalo de 11:00 a 14:00 UTC coincidiendo con el sobrevuelo de Sentinel-5P, y una ventana larga, que integra las condiciones atmosféricas de las 21 horas previas (de 14:00 del día anterior a 11:00 del día actual). Esta doble agregación permite capturar tanto el estado inmediato de la atmósfera como los procesos acumulativos que influyen

en la evolución del NO_2 en superficie, dotando a los modelos de IA de la información necesaria para reproducir los procesos físico-químicos que regulan su formación, dispersión y persistencia (Cedeno Jimenez et al., 2023).

Además, con el fin de explorar la viabilidad de enfoques basados exclusivamente en datos abiertos y homogéneos a escala nacional, se planteó un segundo conjunto de experimentos en el que las variables meteorológicas no se obtuvieron de estaciones de superficie, sino del reanálisis climático ERA5-Land (Centro Europeo de Predicción a Medio Plazo, ECMWF, Muñoz Sabater, 2019), con información diaria de resolución espacial $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ ($\sim 9 \times 9 \text{ km}^2$). Esta ampliación metodológica resulta fundamental para determinar si la IA puede seguir proporcionando estimaciones fiables de la contaminación atmosférica en ausencia de infraestructura local de monitorización meteorológica.

2.2 Configuraciones espaciales y modelos de IA

El diseño experimental contempló diferentes estrategias de organización territorial y diversas arquitecturas de aprendizaje automático con el fin de evaluar cómo la estructura espacial de los datos y la complejidad del modelo influyen en la capacidad para estimar concentraciones superficiales de NO_2 . Para ello se implementaron cuatro configuraciones espaciales complementarias y dos familias principales de modelos de machine learning, aplicadas de manera sistemática tanto a los datos meteorológicos procedentes de estaciones como a los de ERA5.

2.2.1 Configuraciones espaciales

a) Configuración regional completa

En primer lugar, se consideró una configuración regional completa en la que todas las estaciones de medición se integraron en un único dominio homogéneo. Esta elección maximiza el volumen de datos disponible para el entrenamiento, lo cual puede ser beneficioso para modelos que requieren grandes cantidades de información. Sin embargo, también introduce una elevada diversidad espacial, puesto que mezcla estaciones situadas en entornos urbanos densos, áreas suburbanas, regiones industriales y zonas rurales o de montaña. La heterogeneidad resultante obliga al modelo a aprender patrones muy distintos, e incluso potencialmente contradictorios, lo que puede dificultar su capacidad de generalización.

b) Malla regular de $5 \times 5 \text{ km}^2$

Para capturar de manera más explícita la variabilidad espacial, se adoptó también una configuración basada en una rejilla regular de $5 \times 5 \text{ km}$. En este caso, el área de estudio se subdividió en celdas cuadradas y únicamente se consideraron aquellas donde coincidían una estación de NO_2 y una estación meteorológica. Las observaciones dentro de cada celda se promediaron, generando valores representativos del entorno inmediato.

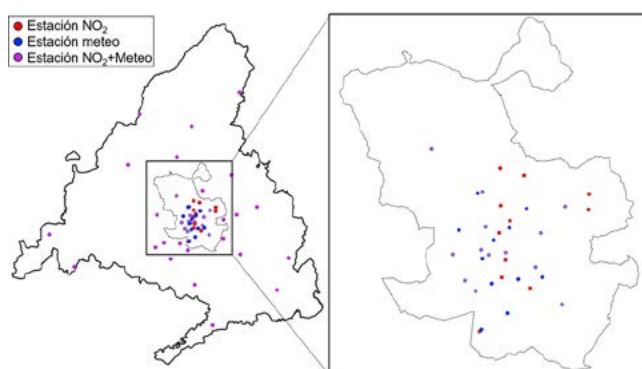


Figura 1. Estaciones de monitorización de NO_2 y de meteorología de la Comunidad de Madrid y, en detalle, del Ayuntamiento de Madrid.

c) Sectores ambientales

Con el fin de lograr un equilibrio entre resolución espacial y coherencia ambiental, se empleó una tercera aproximación basada en grandes sectores ambientales. Estos sectores se definieron atendiendo a características topográficas, urbanísticas y de intensidad de emisiones, agrupando estaciones situadas en entornos con dinámicas atmosféricas similares. De este modo, se evita la fragmentación excesiva propia de la rejilla, a la vez que se minimiza la heterogeneidad interna propia de la agregación regional. La delimitación sectorial permite capturar procesos atmosféricos característicos de cada tipo de entorno —por ejemplo, regiones montañosas del norte, áreas industriales del sur o zonas periurbanas— y proporciona un marco espacial adecuado para analizar cómo varían las relaciones entre las observaciones satelitales y las concentraciones superficiales.

d) Clústeres coherentes simplificados

Finalmente, se desarrolló una configuración basada en clústeres coherentes simplificados, concebida para maximizar la similitud ambiental dentro de cada agrupación. Este enfoque excluye estaciones periféricas o situadas en entornos muy singulares que podrían introducir una variabilidad difícil de integrar mediante un modelo único. El resultado es un conjunto de agrupaciones compactas, definidas no solo por la proximidad geográfica, sino también por la similitud en las dinámicas del NO₂, en los patrones meteorológicos predominantes y en las fuentes locales de emisión. Esto preserva la coherencia ambiental sin reducir en exceso el tamaño de las muestras disponibles.

2.2.2 Modelos de aprendizaje automático empleados

a) Modelos basados en árboles de decisión

Sobre cada una de las configuraciones espaciales descritas se entrenaron dos familias principales de modelos de aprendizaje automático, seleccionadas tanto por su capacidad para manejar relaciones no lineales como por su complementariedad metodológica. La primera familia estuvo formada por modelos basados en árboles de decisión. En una primera etapa se empleó un Random Forest (RF, Breiman, 2001) como herramienta de selección de variables, permitiendo identificar los predictores más relevantes entre el conjunto de variables meteorológicas, temporales y satelitales. Este paso resultó útil para reducir la dimensionalidad del problema, eliminar redundancias y centrar el entrenamiento en aquellos factores con mayor capacidad explicativa. A continuación, las variables seleccionadas alimentaron un modelo XGBoost (Chen and Guestrin, 2016; Friedman, 2001), optimizado mediante técnicas de búsqueda bayesiana de hiperparámetros. Este algoritmo, basado en el prin-

cipio del gradiente descendente aplicado a árboles de decisión secuenciales, ofrece un equilibrio notable entre capacidad predictiva, control del sobreajuste y eficiencia computacional, lo que lo convierte en una herramienta especialmente sólida para problemas con interacciones complejas entre predictores, como los relacionados con la calidad del aire.

b) Redes neuronales artificiales

La segunda familia metodológica estuvo compuesta por redes neuronales artificiales. A diferencia de los modelos basados en árboles, estas redes no requieren selección previa de variables, sino que aprenden internamente las ponderaciones que determinan su relevancia. Para diseñar su arquitectura se empleó AutoKeras, una herramienta de búsqueda automática que permite evaluar múltiples configuraciones sin imponer a priori un diseño concreto. Tras seleccionar la arquitectura óptima en función del rendimiento sobre un conjunto de validación, se aplicaron etapas adicionales de entrenamiento progresivo para refinar los pesos y mejorar la estabilidad del modelo, manteniendo bajo control el riesgo de sobreajuste. Las redes neuronales resultan especialmente adecuadas para entornos complejos y dinámicos, como el de la Comunidad de Madrid, donde los niveles de NO₂ dependen simultáneamente de factores meteorológicos, características del territorio y variaciones temporales que interactúan de forma no lineal.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Entre todos los experimentos realizados, la combinación formada por redes neuronales artificiales y la configuración de clústeres coherentes simplificados fue la que proporcionó los mejores resultados, alcanzando métricas de RMSE (Raíz del Error Cuadrático Medio) = 2.49 µg/m³, R² (Coeficiente de determinación) = 0.93 y MAE (Error Absoluto Medio) = 1.63 µg/m³ (Figura 2). Este nivel de precisión supera de manera consistente al obtenido con el marco híbrido RF/XGBoost en las mismas condiciones, y confirma la capacidad de las ANN para capturar relaciones altamente no lineales entre la señal satelital, los predictores meteorológicos y las características espaciales del territorio.

Este desempeño sitúa el presente estudio entre los más precisos publicados hasta la fecha que integran datos Sentinel-5P para estimar concentraciones superficiales de NO₂. Trabajos previos realizados en Europa, como los de Chan et al. (2021), Balamurugan et al., (2023) o Das et al., (2021), presentan valores de RMSE notablemente superiores (entre 4,7 y 7,2 µg/m³ en la mayoría de los casos) y coeficientes de determinación más bajos (habitualmente entre 0,60 y 0,88). Estudios recientes en China y Estados Unidos, donde se han aplicado arquitecturas

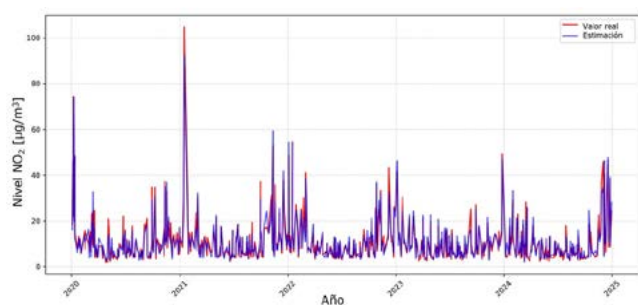


Figura 2. Comparación de la tendencia del NO₂ observado y estimado en la Comunidad de Madrid (2020-2024).

más complejas como redes profundas o fusiones multifuente, han logrado valores próximos a los nuestros (por ejemplo, Cao (2023), con $RMSE = 2,26 \mu g/m^3$ o Xing et al. (2024), aunque suelen basarse en dominios nacionales mucho más extensos y en conjuntos de variables considerablemente mayores. En este contexto, el rendimiento alcanzado en la Comunidad de Madrid es especialmente notable si se considera que el área combina una topografía compleja, fuertes gradientes de emisiones y episodios frecuentes de estabilidad atmosférica.

Un resultado importante es que la estructura espacial utilizada para organizar la información determina en gran medida el rendimiento final de los modelos. La configuración regional completa, que asume homogeneidad en todo el territorio, produjo errores mayores y un comportamiento más irregular, lo que evidencia que la mezcla indiscriminada de entornos muy distintos dificulta la capacidad del modelo para aprender patrones coherentes. La malla regular de $5 \times 5 \text{ km}^2$, aunque mejora la representación local, introduce una fragmentación excesiva y depende fuertemente de la presencia conjunta de estaciones meteorológicas y de NO₂, limitando su robustez. Por el contrario, los clústeres coherentes simplificados permiten agrupar únicamente estaciones con dinámicas atmosféricas similares, evitando la presencia de outliers territoriales y mejorando la internalidad ambiental de cada grupo. La superioridad de esta aproximación sugiere que la coherencia geográfica y meteorológica es un elemento crítico en el diseño de modelos basados en IA para estimación de contaminantes atmosféricos.

El análisis se replicó utilizando datos del reanálisis ERA5-Land en lugar de observaciones meteorológicas de superficie. Aunque las métricas mostraron un deterioro moderado ($RMSE = 3.19 \mu g/m^3$, $R^2 = 0.88$ y $MAE = 2.05$), la calidad de las predicciones sigue siendo elevada. Si bien los modelos entrenados con ERA5-Land no alcanzan la precisión de los basados en estaciones meteorológicas (algo esperable dado que el reanálisis presenta menor resolución espacial y puede no capturar adecuadamente micro escenarios urbanos), el rendimiento logrado es lo suficientemente alto como para considerarlos como una alternativa viable allí donde no exista infraestructura meteorológica local.

4. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

La IA, aplicada de manera rigurosa y bajo un diseño metodológico adecuado, constituye una herramienta sólida para complementar los sistemas tradicionales de monitorización de la calidad del aire. No se trata de utilizarla como sustituto ni como guía autónoma, sino como acompañante metodológico, capaz de aportar continuidad espacial, mejorar la resolución en áreas sin infraestructura suficiente y ofrecer una perspectiva más completa del comportamiento del NO₂ en superficie. El éxito de esta aproximación depende, sin embargo, de decisiones clave en el diseño del estudio: la selección de variables, el tratamiento temporal de la meteorología, la coherencia ambiental de las configuraciones espaciales y la elección del modelo de aprendizaje automático. Todo ello condiciona de manera decisiva la estabilidad y la precisión del sistema.

Uno de los elementos más relevantes derivados de esta investigación es su potencial aplicabilidad a ámbitos territoriales donde los recursos para la monitorización atmosférica son limitados. El precio de una estación convencional de referencia —con costes que superan fácilmente los 50.000 €, y que pueden duplicarse cuando incluyen analizadores de varios contaminantes— supone una barrera significativa para numerosos municipios españoles, especialmente aquellos de tamaño medio y pequeño que deberán cumplir las nuevas obligaciones legales en materia de cambio climático. En este contexto, disponer de metodologías capaces de generar estimaciones fiables de NO₂ a partir de observaciones satelitales, y con el apoyo de información meteorológica procedente de reanálisis como ERA5, representa una oportunidad real para acortar la brecha tecnológica entre territorios y facilitar la toma de decisiones en aquellos lugares donde aún no existe una red de vigilancia consolidada.

Esto tiene implicaciones directas para la próxima década: muchos municipios podrán cumplir y anticipar las obligaciones normativas mediante herramientas híbridas que combinen IA, satélites y datos abiertos, reduciendo su dependencia de infraestructuras costosas. En este sentido, la IA se perfila como un catalizador para democratizar el acceso a la información ambiental en España.

Asimismo, el horizonte tecnológico ofrece perspectivas muy prometedoras. La reciente puesta en órbita de Sentinel-4, y la futura operación sistemática de Sentinel-5, garantizarán una mejora sustancial tanto en frecuencia como en resolución espectral y espacial respecto a Sentinel-5P/TROPOMI. Sentinel-4 proporcionará observaciones geoestacionarias con una alta frecuencia temporal (una medición por hora sobre Europa), lo que permitirá caracterizar episodios de contaminación con gran detalle y capturar dinámicas intradiarias

imposibles de observar con los sensores actuales. Por su parte, Sentinel-5 ampliará la continuidad de las series troposféricas a escala global, manteniendo la calidad radiométrica y espectral que ha caracterizado a TROPOMI. Ambas misiones abrirán la puerta a modelos de IA más ricos, capaces de integrar información temporal casi continua y generar estimaciones de NO₂ con una precisión aún mayor.

Finalmente, merece especial atención el papel que pueden desempeñar los sensores de bajo coste en este ecosistema de herramientas. Aunque no alcanzan la precisión de las estaciones de referencia, estos dispositivos ofrecen una densidad de datos muy superior y una capacidad de despliegue rápido en entornos urbanos y periurbanos. Su integración como fuentes secundarias de validación, o como elementos auxiliares para corregir estimaciones satelitales, podría mejorar notablemente la robustez de los modelos. Explorar este potencial, así como desarrollar protocolos para la fusión adecuada de datos procedentes de sensores de bajo coste, satélites y estaciones convencionales, constituye una línea de investigación clave para los próximos años.

5. REFERENCIAS

- Balamurugan, V., Chen, J., Wenzel, A., Keutsch, F.N., 2023. Spatiotemporal modeling of air pollutant concentrations in Germany using machine learning. *Atmos. Chem. Phys.* 23, 10267–10285. <https://doi.org/10.5194/acp-23-10267-2023>
- Breiman, L., 2001. Random forests. *Mach. Learn.* 45, 5–32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324/METRICS>
- Cao, E.L., 2023. National ground-level NO₂ predictions via satellite imagery driven convolutional neural networks. *Front. Environ. Sci.* 11, 1285471. <https://doi.org/10.3389/FENVS.2023.1285471/BIBTEX>
- Cedeno Jimenez, J.R., Pugliese Vioria, A. de J., Brovelli, M.A., 2023. Estimating Daily NO₂ Ground Level Concentrations Using Sentinel-5P and Ground Sensor Meteorological Measurements. *ISPRS Int. J. Geo-Information* 12, 107. <https://doi.org/10.3390/ijgi12030107>
- Chan, K.L., Khorsandi, E., Liu, S., Baier, F., Valks, P., 2021. Estimation of Surface NO₂ Concentrations over Germany from TROPOMI Satellite Observations Using a Machine Learning Method. *Remote Sens.* 2021, Vol. 13, Page 969 13, 969. <https://doi.org/10.3390/RS13050969>
- Chen, T., Guestrin, C., 2016. XGBoost: A scalable tree boosting system. *Proc. ACM SIGKDD Int. Conf. Knowl. Discov. Data Min.* 13-17-August-2016, 785–794. <https://doi.org/10.1145/2939672.2939785;CSUBTYPE:STRING:-CONFERENCE>
- City of Madrid, 2025a. Hourly air quality data since 2001 [WWW Document]. URL [https://datos.madrid.es/portal/site/egob/menuitem.c05c1f754a33a9fbe4b2e4b284f1a5a0/?vg-](https://datos.madrid.es/portal/site/egob/menuitem.c05c1f754a33a9fbe4b2e4b284f1a5a0/?vg-nextoid=f3c0f7d512273410VgnVCM2000000c205a0aR-CRD&vgnextchannel=374512b9ace9f310VgnVCM-100000171f5a0aRCRD&vgnextfmt=default)
- nextoid=f3c0f7d512273410VgnVCM2000000c205a0aR-CRD&vgnextchannel=374512b9ace9f310VgnVCM-100000171f5a0aRCRD&vgnextfmt=default (accessed 11.20.25).
- City of Madrid, 2025b. Hourly meteorological data since 2019 [WWW Document]. URL <https://datos.madrid.es/sites/v/index.jsp?vgnextoid=fa8357cec5efa610VgnVCM-1000001d4a900aRCRD&vgnextchannel=374512b9ace9f310VgnVCM100000171f5a0aRCRD> (accessed 11.20.25).
- Community of Madrid, 2025a. Hourly air quality data since 2005 [WWW Document]. URL https://datos.comunidad.madrid/dataset/calidad_aire_datos_historico (accessed 11.20.25).
- Community of Madrid, 2025b. Hourly meteorological data since 2020 [WWW Document]. URL https://datos.comunidad.madrid/catalogos/#/dataset/calidad_aire_datos_meteo_historico/?view=info (accessed 11.20.25).
- Das, B.P., Pathan, M.S., Lee, Y.H., Dev, S., 2021. Estimating Ground-level Nitrogen Dioxide Concentration from Satellite Data. *Prog. Electromagn. Res. Symp.* 2021-November, 1176–1182. <https://doi.org/10.1109/PIERS53385.2021.9694752>
- Earth Engine Data Catalog, 2024. Sentinel-5P OFFL NO₂: Offline Nitrogen Dioxide [WWW Document]. URL https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S5P_OFFL_L3_NO2#description (accessed 4.17.23).
- Friedman, J.H., 2001. Greedy function approximation: A gradient boosting machine. <https://doi.org/10.1214/aos/1013203451> 29, 1189–1232. <https://doi.org/10.1214/AOS/1013203451>
- Khomenko, S., Cirach, M., Pereira-Barboza, E., Mueller, N., Barrera-Gómez, J., Rojas-Rueda, D., de Hoogh, K., Hoek, G., Nieuwenhuijsen, M., 2021. Premature mortality due to air pollution in European cities: a health impact assessment. *Lancet Planet. Heal.* 5, e121–e134. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30272-2](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30272-2)
- Morillas, C., Álvarez, S., Pires, J.C.M., García, A.J., Martínez, S., 2025. Linking Satellite and Ground Observations of NO₂ in Spanish Cities: Influence of Meteorology and O₃. *Nitrogen (Switzerland)* 6, 32. <https://doi.org/10.3390/NITROGEN6020032/S1>
- Morillas, C., Alvarez, S., Serio, C., Masiello, G., Martinez, S., 2024. TROPOMI NO₂ Sentinel-5P data in the Community of Madrid: A detailed consistency analysis with in situ surface observations. *Remote Sens. Appl. Soc. Environ.* 33, 101083. <https://doi.org/10.1016/J.RSASE.2023.101083>
- Muñoz Sabater, J., 2019. ERA5-Land hourly data from 1950 to present. <https://doi.org/10.24381/cds.e2161bac>
- Van Geffen, J.H.G.M., Eskes, H.J., Boersma, K.F., Maasakkers, J.D., Veefkind, J.P., 2019. TROPOMI ATBD of the total and tropospheric NO₂ data products.
- Veefkind, J.P., Aben, I., McMullan, K., Förster, H., de Vries, J.,

Otter, G., Claas, J., Eskes, H.J., de Haan, J.F., Kleipool, Q., van Weele, M., Hasekamp, O., Hoogeveen, R., Landgraf, J., Snel, R., Tol, P., Ingmann, P., Voors, R., Kruizinga, B., Vink, R., Visser, H., Levelt, P.F., 2012. TROPOMI on the ESA Sentinel-5 Precursor: A GMES mission for global observations of the atmospheric composition for climate, air quality and ozone layer applications. *Remote Sens. Environ.* 120, 70–83. <https://doi.org/10.1016/J.RSE.2011.09.027>

World Health Organization (WHO), 2021. WHO global air

quality guidelines, Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide.

Xing, J., Baek, B.H., Li, S., Wang, C.T., Song, G., Ma, S., Zheng, S., Liu, C., Tong, D., Woo, J.H., Liu, T.Y., Fu, J.S., 2024. A Physically Constrained Deep-Learning Fusion Method for Estimating Surface NO₂ Concentration from Satellite and Ground Monitors. *Environ. Sci. Technol.* 58, 21218–21228. <https://doi.org/10.1021/ACS.EST.4C07341>

Sobre los autores

Carlos Morillas

Profesor Ayudante Doctor en la Universidad Politécnica de Madrid (ETSI de Caminos, Canales y Puertos) y doctor en Ingeniería Geomática. Su investigación se centra en el análisis geoespacial aplicado a la calidad del aire, inventarios de gases de efecto invernadero y resiliencia climática, integrando teledetección satelital, datos in situ e inteligencia artificial. Ha participado en proyectos de investigación nacionales y europeos y es autor de diversas publicaciones en revistas indexadas en los ámbitos de teledetección, cambio climático y evaluación ambiental. Es coordinador del área de empresas del Observatorio de Acción Climática.

Rocco Giosa

Doctorando del programa Engineering for Innovation and Sustainable Development en la Universidad de Basilicata, donde también obtuvo el Máster en Ingeniería Informática y Ciencia de la Información. Forma parte del grupo de investigación AS ART, centrando su trabajo en monitorización ambiental y observación de la Tierra mediante técnicas avanzadas de inteligencia artificial. Está especializado en el procesamiento de datos satelitales y en el desarrollo de modelos de IA para la estimación de variables atmosféricas, utilizando herramientas como Python y MATLAB. Durante una estancia en la Universidad Politécnica de Madrid, investigó la contaminación por NO₂ en la Comunidad de Madrid, analizando la relación entre datos satelitales (TROPOMI – Sentinel-5P) y mediciones en superficie, y desarrollando modelos de aprendizaje automático (Random Forest y redes neuronales) para la estimación de concentraciones a nivel del suelo. Actualmente trabaja en el desarrollo de una Physics-Informed Neural Network (PINN) para identificar fuentes de emisión de metano y reconstruir perfiles verticales de concentración a partir de datos IASI simulados. Entre sus próximos objetivos se encuentra el diseño de una metodología de inversión multigás para estimar simultáneamente perfiles verticales de los principales gases de efecto invernadero.

Sergio Álvarez

Profesor Contratado Doctor en el Departamento de Ingeniería y Morfología del Terreno de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid. Es doctor Ingeniero de Montes. Su investigación se centra en la evaluación de la sostenibilidad mediante Análisis de Ciclo de Vida, huella de carbono y modelos input-output multirregionales aplicados a organizaciones, productos y sistemas territoriales. Es autor de numerosas publicaciones en revistas internacionales de alto impacto y de varios libros especializados sobre huella de carbono y análisis ambiental. Ha participado en proyectos competitivos nacionales e internacionales y ha dirigido tesis y trabajos de investigación en el ámbito de la sostenibilidad y la evaluación ambiental. Es socio fundador y presidente del Observatorio de Acción Climática.

Sara Martínez

Profesora Permanente Laboral en la Universidad Politécnica de Madrid (E.T.S.I. de Caminos, Canales y Puertos) y doctora en Ingeniería de Montes por la UPM. Desarrolla su actividad docente e investigadora en el ámbito de la ingeniería ambiental, con especialización en huella de carbono, huella ambiental y huella de nitrógeno, así como en el uso de datos satelitales (Sentinel-5P) para el estudio de la calidad del aire. Su investigación abarca desde la evaluación ambiental de sistemas agroalimentarios y proyectos de construcción hasta el análisis de emisiones atmosféricas y la integración de observaciones satelitales y datos in situ. Ha participado en proyectos competitivos de investigación y en contratos de I+D con entidades públicas y privadas, y es coautora de dos patentes en el ámbito de la innovación tecnológica aplicada al sector ambiental y agrícola. Complementa su actividad académica con más de ocho años de experiencia profesional en la empresa Técnicas Reunidas S.A., en el área de procesos de agua y tratamiento de aguas residuales. Es además tesorera y socia fundadora del Observatorio de Acción Climática, impulsando iniciativas orientadas a la sostenibilidad ambiental.

Instituto Geográfico Nacional

O. A. Centro Nacional de Información Geográfica

Tu mundo,
nuestra referencia



@ignspain



Información geográfica a tu alcance
en nuestras APPs móviles

Instituto Geográfico Nacional
O. A. Centro Nacional de Información Geográfica
General Ibáñez de Ibero 3. Madrid, 28003
91 597 95 14 - consulta@cnig.es - www.ign.es



MINISTERIO
DE TRANSPORTE
Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

INSTITUTO
GEOGRÁFICO
NACIONAL



Visualización ciudadana de datos LiDAR en Gipuzkoa

Democratización del acceso a información 3D

Juan Miguel Álvarez, Alejandro Guinea de Salas

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 221, 94-96
2026
ISSN: 1131-9100

Resumen

La disponibilidad de datos espaciales 3D en forma de nube de puntos y modelos BIM está proliferando en los últimos años, especialmente gracias al proyecto **PNOA-LiDAR** y a su tercera cobertura (2022–2025), que alcanza densidades de 5 puntos/m² o mayor en todo el territorio español. Esta riqueza de información abre posibilidades claras en análisis territorial, ordenación urbana, gestión ambiental, prevención de riesgos o conservación del patrimonio. Pero presenta un problema evidente: tanto la ciudadanía como muchos de los usuarios técnicos siguen sin poder utilizarla porque su explotación está ligada a software especializado y a perfiles técnicos muy concretos.

Abstract

The availability of 3D spatial data in the form of point clouds and BIM models has significantly increased in recent years, particularly due to the PNOA-LiDAR project and its third coverage cycle (2022–2025), which reaches densities of 5 points/m² or higher across the entire Spanish territory. This wealth of information creates clear opportunities for territorial analysis, urban planning, environmental management, risk prevention, and heritage conservation. However, it also presents a clear challenge: both the general public and many technical users are still unable to fully exploit these data, as their use depends on specialized software and highly specific technical expertise.

Palabras clave: Geograma, Diputación Foral de Gipuzkoa, LiDAR, nubes de puntos, visualización 3D, datos abiertos, accesibilidad, PNOA-LiDAR, ciudadanía, interoperabilidad, información geoespacial, GeoCassini.

Keywords: Geograma, Provincial Council of Gipuzkoa, LiDAR, point clouds, 3D visualization, open data, accessibility, PNOA-LiDAR, citizens, interoperability, geospatial information, GeoCassini.

GEOGRAMA S.L.
juanmi.alvarez@geograma.com
GEOGRAMA S.L.
alejandro.guinea@geograma.com

Recepción 15/01/2026
Aprobación 20/01/2026

1. INTRODUCCIÓN

La **Diputación Foral de Gipuzkoa** lleva años generando y publicando datos **LiDAR** y **Mobile Mapping**, para descargar desde la Infraestructura de Datos Espaciales de Gipuzkoa (IDE de Gipuzkoa) a través del «Visualizador de mapas de Gipuzkoa» y su módulo de descargas de cartografía, ortofotos y **LiDAR**. Sin embargo, el simple acceso a los ficheros no resuelve la brecha: **para trabajar con nubes de puntos en formato LAS/LAZ se requiere disponer de herramientas avanzadas y de capacitación técnica**. El reto no era solo publicar datos, sino hacerlos utilizables de forma directa por un público no especialista.

Para abordar este problema, **Geograma** y la **Diputación Foral de Gipuzkoa** han impulsado la integración de la plataforma **GeoCassini** como motor de visualización 3D dentro del propio portal cartográfico del Territorio Histórico de Gipuzkoa. La plataforma es una **solución 100 % web, disponible en modo SaaS, diseñada para gestionar y explotar datos geoespaciales 3D**, en particular nubes de puntos (**LiDAR**, **Mobile Mapping**), imágenes 360° y modelos BIM. Esta arquitectura permite descargar a la administración local de la complejidad de procesar, almacenar y servir grandes volúmenes de datos 3D, delegando esas tareas en una infraestructura especializada y escalable.

El resultado visible para el usuario final es un **visua-**

lizador 3D integrado en el flujo habitual de consulta de la IDE de Gipuzkoa. Desde el propio visualizador de mapas, cualquier persona puede activar la cuadrícula de descarga, seleccionar una celda **LiDAR** o de **Mobile Mapping** y abrir directamente el entorno 3D asociado. Desde ahí, se navega por la nube de puntos y, cuando existen, por las imágenes 360°, con la posibilidad de realizar mediciones de coordenadas, distancias, alturas y superficies y cambiar el modo de representación (color natural, altura, intensidad, gradiente, etc.). Todo ello se hace **desde el navegador, sin instalación de software adicional ni requisitos de hardware específicos, lo que rebaja de forma drástica la barrera de entrada**.

En paralelo al uso ciudadano, la misma plataforma da servicio a perfiles técnicos de la Diputación y de los ayuntamientos. Estos usuarios, autenticados, disponen de opciones avanzadas para gestionar proyectos, organizar datos, combinar nubes de puntos de diferentes fuentes como **LiDAR**, **Mobile Mapping**, escáner terrestre y vuelos de dron para conformar en un único proyecto un entorno 3D completo del territorio. Incluso permite combinar nubes de puntos con proyectos BIM para detección de interferencias. Todo ello con un flujo simple: **formatos estándar** de nubes de puntos (LAS/LAZ) y modelos BIM (IFC) ambos georeferenciados, **organización de los datos** por campañas, **almacenamiento** en la nube y **publicación de visualizadores** sencillos para la ciudadanía o más avanzados para profesionales.

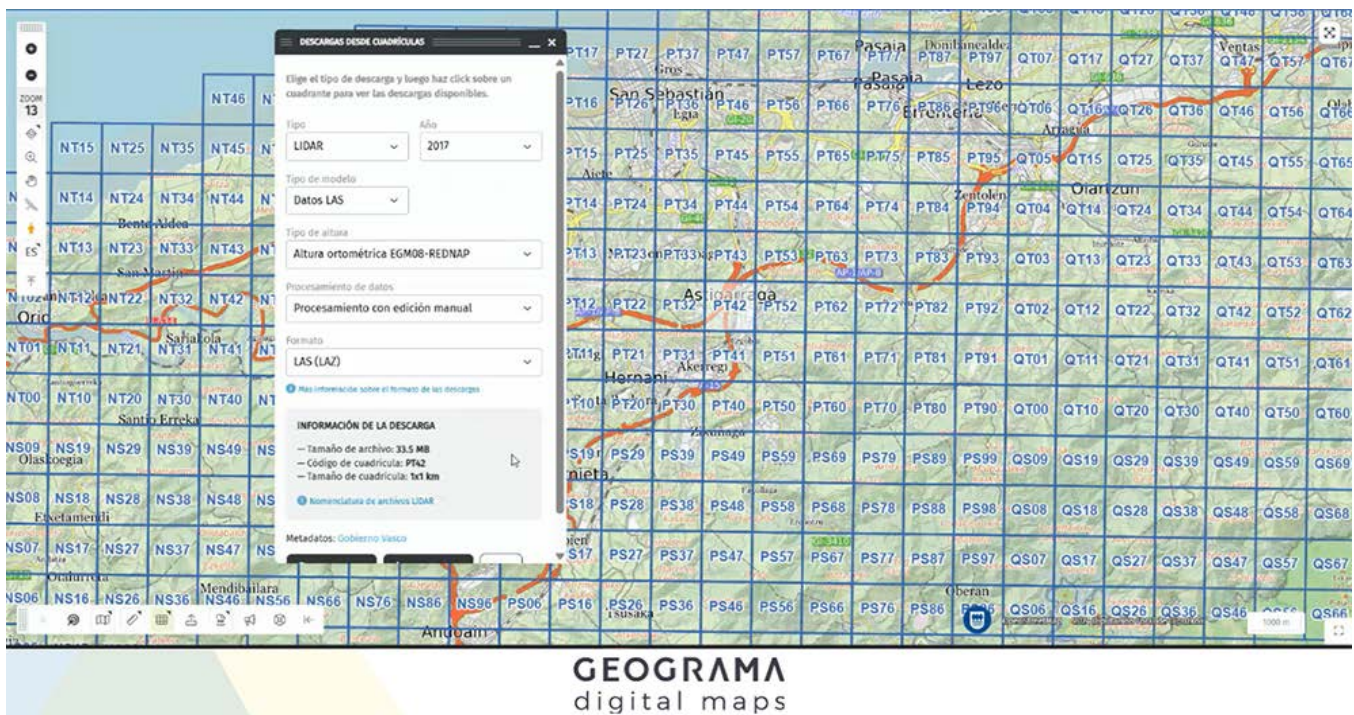


Figura 1: Distribución de las hojas. Véase video de youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=U-jMYu2mJeQ&feature=youtu.be>

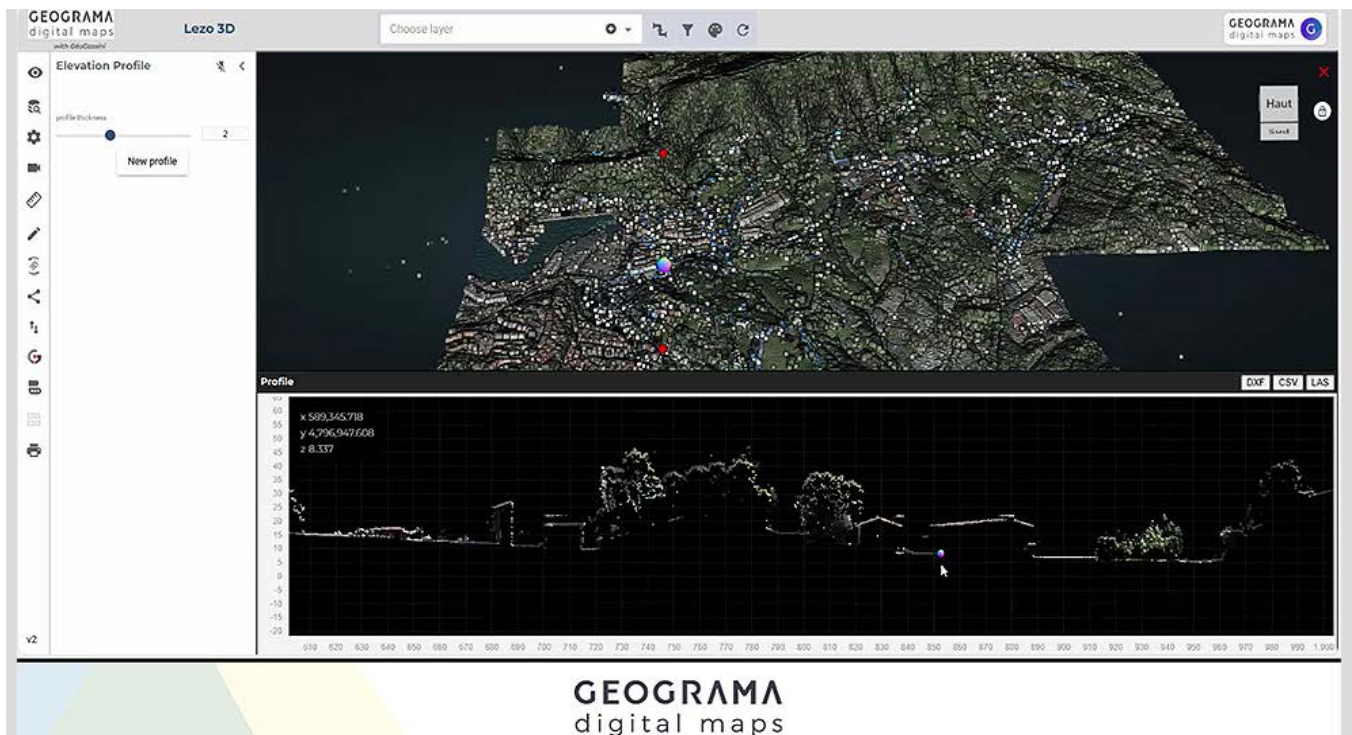


Figura 2: Imagen de nubes de puntos (LAS/LAZ). Véase video de youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=Pm7Dw2LaB8I&feature=youtu.be>

2. RESULTADOS

Esta solución se apoya en el **ecosistema de datos abiertos** de Gipuzkoa y en la estrategia de gobierno abierto, en la que **el dato se concibe como un bien público** reutilizable por empresas, ciudadanía, universidades y otros actores. La posibilidad de pasar, en pocos clics, de la descarga de ficheros a la exploración interactiva de la nube de puntos convierte estos con en algo mucho más cercano y comprensible, especialmente para colectivos sin formación geoespacial. Ejemplos prácticos incluyen el cálculo de la pendiente de una ladera, la verificación de gálibos en viaductos, la revisión de elementos urbanos concretos o el análisis de la envolvente tridimensional de edificaciones.

Desde la perspectiva de inclusión y equidad territorial, el caso de Gipuzkoa demuestra que **no es necesario desarrollar soluciones ad hoc** para cada administración: **una plataforma especializada puede integrarse en portales ya existentes**, respetando sus identidades y flujos de trabajo, y ofreciendo al mismo tiempo una experiencia homogénea y potente en 3D. Esto abre la puerta a modelos de implantación escalables, en los que distintas diputaciones y ayuntamientos reutilicen la misma tecnología para poner en valor sus datos **LiDAR**, reforzando la interoperabilidad y facilitando que la ciudadanía acceda a servicios similares en todo el territorio.

En síntesis, el proyecto «Visualización ciudadana de datos **LiDAR** en Gipuzkoa» va más allá de la mera publi-

cación de ficheros: plantea un cambio en la forma de relacionarse con la información geoespacial 3D de alta precisión, trasladando a cualquier usuario capacidades que hasta ahora estaban reservadas a especialistas. **El 3D deja de ser un recurso de nicho para convertirse en un recurso básico para entender el territorio y participar de forma informada en las decisiones sobre nuestro entorno.**

Sobre los autores

Juan Miguel Álvarez

Geómetra Experto. Máster en Geotecnologías Cartograficas en Ingeniería y Arquitectura por la Universidad de Salamanca. Ingeniero T. en Topografía por la Universidad del País Vasco. Gerente en Geograma aplicando en el trabajo los valores corporativos de excelencia, respeto, innovación y responsabilidad social empresarial.

Alejandro Guinea de Salas

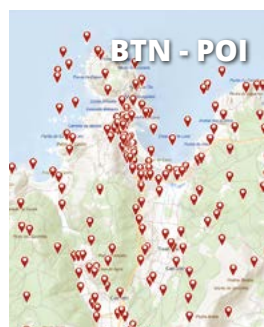
Máster en Geotecnologías Cartograficas en Ingeniería y Arquitectura por la Universidad de Salamanca. Ingeniero T. en Topografía por la Universidad del País Vasco. CEO en Geograma.

Instituto Geográfico Nacional

O. A. Centro Nacional de Información Geográfica



cartografía
RASTER Z MTN VECTORIAL
IGN
digital
DIGITAL RASTER IGN BTN



Toda la Información Geográfica que producimos disponible en nuestro Centro de Descargas.



Instituto Geográfico Nacional
O. A. Centro Nacional de Información Geográfica

General Ibáñez de Ibero 3. Madrid, 28003
91 597 95 14 - consulta@cni.es - www.ign.es



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 plan-

tila «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 ficheros 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 <https://revistamapping.com> en el apartado «OJS», o mediante correo electrónico a info@revistamapping.com. El formato de los ficheros 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.

XXIV PREMIO INTERNACIONAL FRANCISCO COELLO

EDICIÓN 2026

DIRIGIDO A TRABAJOS FIN
DE GRADO Y TRABAJOS FIN
DE MÁSTER EN EL ÁMBITO
DE LA INGENIERÍA
GEOMÁTICA



ORGANIZAN



Universidad
de Jaén

Vicerrectorado de Cultura

EPS
Escuela Politécnica
Superior de Jaén



C 21
GEOSPATIAL



Junta
de Andalucía

Consejería de Economía,
Hacienda y Fondos Europeos

Instituto de Estadística y
Cartografía de Andalucía



COLEGIO OFICIAL DE INGENIERÍA
GEOMÁTICA Y TOPOGRÁFICA

DELEGACIÓN TERRITORIAL DE
ANDALUCÍA



con•terra

aplitop

**SU
PRE
MO**
ACADEMIA DE TOPOGRAFÍA



Leica
Geosystems



COLABORAN



eps.ujaen.es/la-escuela/premio-francisco-coello



FORTOP

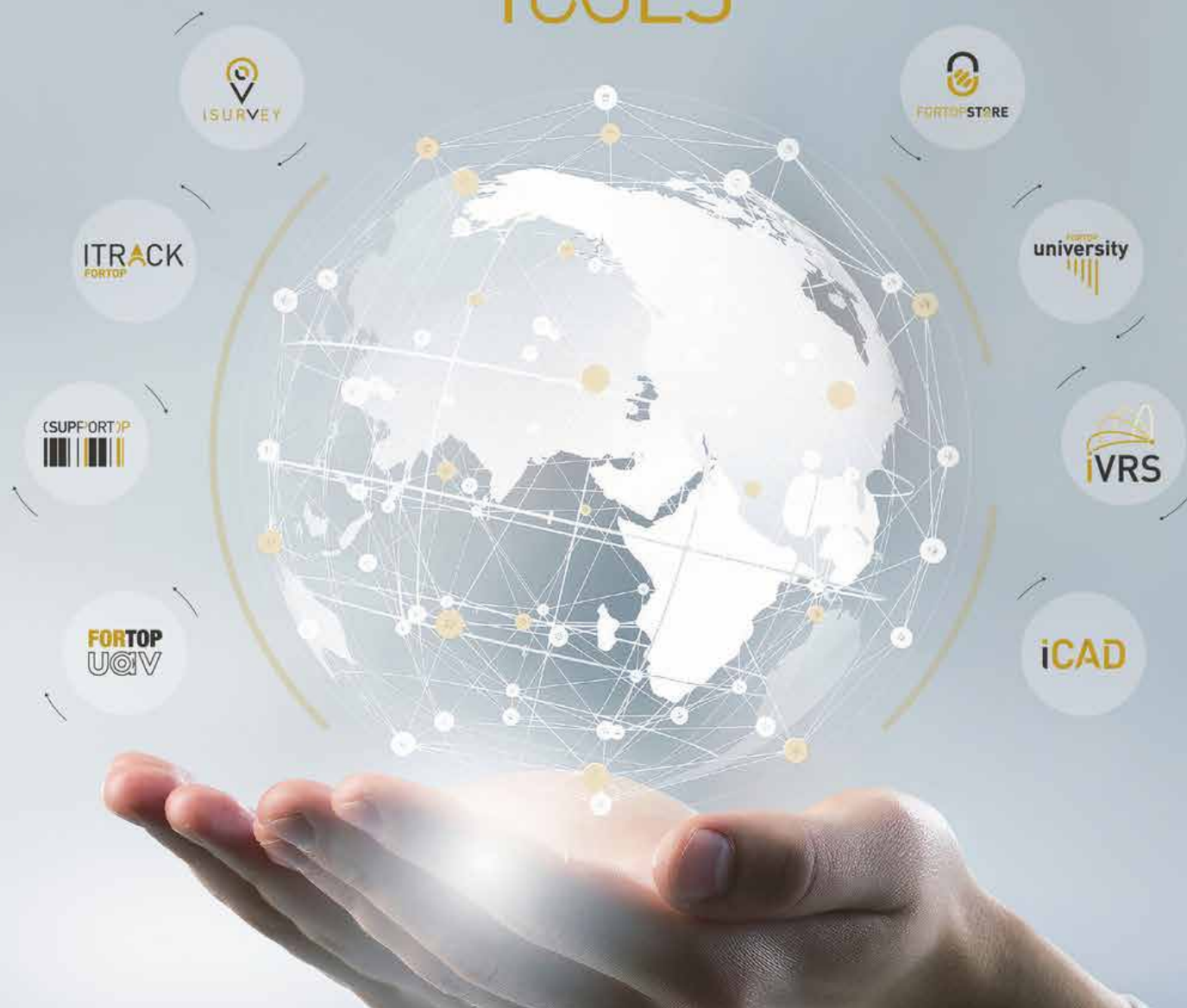
formación&topografía

WWW.FORTOP.ES

Escaneando el mundo del hoy para mejorar el mundo del mañana



FORTOP TOOLS



ECLIPSES VISIBLES EN ESPAÑA

2026 · 2027 · 2028

TRES CITAS ASTRONÓMICAS ÚNICAS



OBSERVA

Protege tus ojos con nuestras gafas especiales con filtro certificado

PLANIFICA

Conoce toda la información detallada sobre los eclipses



DESCUBRE

Aprende sobre los eclipses de Sol en el libro oficial del Observatorio Astronómico Nacional



Instituto Geográfico Nacional
O. A. Centro Nacional de Información Geográfica

General Ibáñez de Ibero 3. Madrid, 28003
91 597 95 14 - consulta@cniq.es - www.ign.es



MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL