



## INFORME DE CONCLUSIONES DE LA CONSULTA PRELIMINAR DEL MERCADO RETO TECNOLÓGICO: **CLASIFICACION AUTOMATICA DE NUBES DE PUNTOS LIDAR MEDIANTE INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

### Introducción

El Instituto Geográfico Nacional (en adelante, IGN), en el marco del PNOA- LiDAR, convoco en fecha 22 de mayo de 2023 una consulta preliminar del mercado (en adelante CPM), con el objeto de conocer los avances, alternativas, novedades y precios del mercado, así como identificar necesidades y especificaciones técnicas a considerar en los próximos pliegos de prescripciones en relación con el uso de técnicas de IA aplicadas a la clasificación de la nube de puntos lidar.

Esta iniciativa parte del proyecto PNOA-LiDAR 3ª Cobertura, cuyos vuelos han sido financiados con fondos del MRR (Next Generation) y en el que participan el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (por medio de la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional, el Centro Nacional de Información Geográfica y ENAIRE), el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (por medio del Fondo Español de Garantía Agraria), el Ministerio de Hacienda y Función pública (por medio de la Dirección General del Catastro) y el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (por medio de la Dirección General Biodiversidad, Bosques y Desertificación), así como las Comunidades Autónomas.

El proyecto PNOA-LiDAR es de extraordinaria utilidad para organismos de diversos ministerios, Comunidades Autónomas, Ayuntamientos y ciudadanía en general, tal y como lo demuestran las numerosas descargas de los productos LiDAR que se realizan diariamente desde el Centro de Descargas del CNIG. La creciente demanda de datos lo más actuales posible, y el mantenimiento continuo de los mismos, obliga a la implementación de procesos de automatización que ofrezcan la posibilidad de producir grandes volúmenes de datos de alta calidad en poco tiempo.

Las posibles soluciones de optimización de la producción recogidas en la CPM, integraran la Inteligencia Artificial (IA) como nueva metodología productiva más eficiente, aportando adicionalmente la posibilidad de incrementar en el número de clases a identificar y el nivel de confianza en su clasificación. Añadiendo nuevas clases, ampliamos las capacidades del servicio con nuevas funcionalidades y usos específicos, que el aumento de densidad previsto en el tercer ciclo posibilita. La solución final aportará tecnología alternativa de mayor productividad, ampliando a su vez las funcionalidades de los productos y servicios generados, e inaugurando un marco novedoso de procesamiento más eficiente.

Como resultado de este proceso se ha elaborado un informe final de conclusiones de la CPM para la preparación de potenciales licitaciones futuras. Este informe describe el desarrollo del proceso y sus conclusiones.



## **Procedimiento**

La realización de la CPM se desarrolló en las siguientes fases:

- Publicación de la resolución de convocatoria de la CPM en Plataforma de Contratación del Sector Público (PLACSP) el 22/05/2023 y en la web de IGN.
- Ampliación del plazo de recepción de solicitudes el 25/06/2023.
- Finalización del plazo de recepción de solicitudes el 10/07/2023.
- Análisis de las propuestas.
- Aclaración de soluciones presentadas, en los casos en que se estimó necesario (solicitando información adicional).
- Conclusiones obtenidas para la redacción de la potencial licitación.

## **Participación**

Se indican a continuación las empresas, universidades y centros tecnológicos que han participado en la CPM a través del envío de propuestas de soluciones, con el objetivo, por un lado, de ofrecer una mayor visibilidad a las empresas que han participado en la etapa de consultas al mercado y por otro, de incrementar su cooperación al facilitar posibles asociaciones entre ellas al dar a conocer las actuaciones que proponen para dar respuesta a las necesidades planteadas. Destacar las interesantes aportaciones realizadas por profesores universitarios de diversas universidades españolas que han colaborado en varias de las propuestas recibidas.

En el plazo concedido para la presentación de propuestas han cumplimentado el formulario incluido como Anexo II en la publicación de la CPM los siguientes participantes, proponiendo soluciones al reto planteado de forma completa o parcialmente.

<b>NOMBRE O RAZÓN SOCIAL</b>	<b>RETO TECNOLÓGICO PRESENTADO</b>
TELESPAZIO-ESRI-UNIV VIGO-GRADIANT	SOLUCIÓN PARCIAL
TRACASA GLOBAL	SOLUCIÓN COMPLETA
COTESA-TELEFONICA-UPV	SOLUCIÓN COMPLETA
SRM	SOLUCIÓN PARCIAL
FLAI	SOLUCIÓN COMPLETA
INSITU	SOLUCIÓN COMPLETA

Durante el período de recepción y análisis de las solicitudes, se recibieron preguntas de algunas de las entidades interesadas, las cuales fueron resueltas por parte del Grupo Técnico. Durante la fase de análisis se solicitó mediante correo electrónico información adicional a: TELESPAZIO-ESRI-UNIV VIGO-GRADIANT, TRACASA GLOBAL, COTESA-TELEFONICA-UPV.

## **Resultados obtenidos y elementos innovadores a desarrollar**

De acuerdo con la información recibida y como resultado de la CPM se establece que en este

CORREO ELECTRÓNICO  
secretaria.gral.ign@mitma.es

C/ General Ibáñez de Ibero, 3  
28003 MADRID  
TEL.: 91 597 9420



mercado existen diversas soluciones que, si bien algunas no cumplen totalmente a día de hoy con las necesidades expuestas, mediante servicios de I+D y desarrollo tecnológico, podrían adecuarse a las especificaciones requeridas para el reto planteado.

De acuerdo con las propuestas analizadas, el presupuesto global para todo el territorio nacional oscila entre 1.700.000 euros y 3.500.000 euros con periodos de ejecución de entre 24 meses a 48 meses.

Después de analizar las ideas proporcionadas y extraer las consideradas más relevantes por su idoneidad con la necesidad expuesta, se concluye que la solución debe incluir las siguientes especificaciones:

1. La solución de IA debe estar basada en algoritmos de Deep Learning, integrando librerías y código fuente accesible, bien documentado, verificado y contrastado. En las propuestas analizadas se han identificado varios de estos entornos de desarrollo, siendo PointCNN, PointNet++, KPConv y TensorFlow los proyectos más recurrentes y consolidados. El lenguaje de programación Python es el más extendido en la implementación de este tipo de proyectos. El procesamiento en la nube con tecnología GPU es el más adecuado.
2. La correcta ejecución de la fase de entrenamiento del modelo de IA es de vital importancia para el éxito de la clasificación de nubes de puntos LiDAR. Las muestras utilizadas en el entrenamiento (y en su posterior validación) deben estar preetiquetadas manualmente con la máxima calidad en cada iteración. Igualmente, la definición de una adecuada estrategia de selección de muestras acorde con las características del territorio sobre volado y las clases a identificar en el mismo es clave, siendo conveniente contar para la selección de muestra con información adicional (ortofotografía simultaneas al vuelo LiDAR, imágenes preexistentes, mapas de ocupación de la alta resolución, cartografía, etc.) .
3. El proceso de entrenamiento debe ser iterativo, siguiendo etapas marcadas por el análisis estadístico de las métricas obtenidas en la etapa previa. Este análisis determina en cada iteración tanto el número como el tipo de muestras a añadir en la nueva etapa de entrenamiento.
4. Las nubes de puntos obtenidas con la inferencia del modelo provisional resultado de cada iteración, son comúnmente utilizadas como entradas en el etiquetado de las nuevas muestras de entrenamiento a incluir. Otra información auxiliar (cartografía, ortoimágenes, multiespectrales, etc.) puede igualmente ser útil para el etiquetado de muestras de entrenamiento.
5. El tipo, tamaño y número de las muestras de entrenamiento y validación necesarias para la correcta clasificación de la nube de puntos difiere de unas soluciones a otras y está condicionado por los resultados estadísticos obtenidos para cada clase en cada iteración. La reutilización de modelos previos preentrenados, así como conjuntos de muestras reales capturadas en coberturas LiDAR anteriores de densidad similar, o sintéticas, propuestos en varias de las soluciones presentadas, puede ser útil para disminuir tiempos de ejecución en la fase de entrenamiento, reduciendo costes y optimizando resultados.



6. En todas las soluciones analizadas el número de clases posibles de identificar mediante esta tecnología oscila entre 8 y 18, lo cual supone un importante incremento en el catálogo de clases avanzadas a ofrecer respecto a la metodología actual. Clases avanzadas complejas como carreteras y vías de ferrocarril, no contempladas en las especificaciones vigentes por la elevada dificultad que supone su segmentación con los métodos convencionales actualmente implantados, están incluidas en la mayoría de las soluciones propuestas como factibles de abordar.
7. Existe consenso en la industria en cuanto a las métricas a utilizar y la metodología de validación para el control de la precisión y la fiabilidad de los resultados obtenidos mediante técnicas de clasificación basadas en IA.
8. El grado de madurez medio de las soluciones propuestas es TRL 6 (sistema o subsistema o demostración de prototipo en un entorno relevante). Los distintos proyectos de desarrollo en marcha recogidos en la CPM prevén que la mayoría de las soluciones analizadas alcancen un grado de madurez TRL 8 (sistema completo y certificado a través de pruebas y demostraciones), o TRL 9 (sistema probado con éxito en entorno real) en el plazo de un año. Resultado de la consulta se han identificado soluciones en el mercado nacional con grado de madurez TRL 8, y soluciones comerciales con grado de madurez TRL 9 en el seno de la Unión Europea.
9. Se identifican como principales riesgos tecnológicos actuales la gestión y procesamiento del gran volumen de datos implicados, así como el aseguramiento de la calidad en la captura de las nubes de puntos LiDAR.
10. Dada la necesidad de manejar y procesar grandes volúmenes de datos, toda la solución debe basarse en principios de diseño basado en la seguridad y contemplar mecanismos de seguridad en sus componentes y subsistemas que estén integrados y sean interoperables.

## **Conclusiones**

Todas las propuestas recibidas se consideraron interesantes y pertinentes. Las ideas innovadoras recibidas se tendrán en cuenta en la preparación del pliego en caso de realizar una futura licitación pública.

La utilización de algoritmos de Inteligencia Artificial (IA) en el proceso de clasificación de nubes de puntos LiDAR presenta un grado de madurez suficiente para ser considerada como una nueva metodología de producción de posible implantación. Los numerosos proyectos I+D en marcha, tanto a nivel empresarial como en el ámbito universitario, y con alto grado de colaboración, anticipan una fuerte expansión en la implantación de esta tecnología en el sector. La evolución continua de los algoritmos, mejorando su eficacia y fiabilidad en la clasificación básica (suelo, vegetación, edificios, etc.) y añadiendo capacidades de segmentación de nuevas clases minoritarias o avanzadas, detectables en las nubes de puntos LiDAR capturadas cada vez con mayor densidad, unido a la disminución progresiva de los costes de computación, podrían hacer posible su utilización como metodología de producción alternativa, implantada de forma



complementaria a la metodología convencional o sustitutiva de esta, en función de los requerimientos de exactitud y el nivel de confianza requerido para cada caso de uso.

La difusión de este informe se realizará, mediante publicación en el sitio web del IGN ([www.ign.es](http://www.ign.es)) y en la PLACSP, asegurando que esté al alcance de cualquier proveedor potencial, garantizando la transparencia y la libre competencia en el eventual proceso de licitación pública

A fecha de firma

EL JEFE DE SERVICIO

Jesús María Garrido Sáenz de Tejada