

# 1. INTRODUCCIÓN

La innovación, entendida como implantación de cambios con el objetivo de mejorar los resultados, es un requisito indispensable en la estrategia de las administraciones públicas en la mejora de la eficiencia y la calidad de los servicios. Actualmente, la innovación va estrechamente ligada a los procesos de digitalización que mejoran la eficiencia y la productividad. El uso de las TIC y la innovación digital es una oportunidad para conocer y mejorar la toma de decisiones en el contexto de la planificación y gestión forestal.

Implementar un sistema capaz de aportar la información necesaria para describir las masas forestales a diversas escalas, en un entorno digital e interoperable facilitaría la toma de decisiones a la hora de evaluar, planificar y realizar el seguimiento de las actuaciones que se realizan convirtiéndose en una herramienta clave para garantizar la mejora, la sostenibilidad y la multifuncionalidad de los sistemas forestales.

LIDAR, del inglés (*Light Detection and Ranging*), es una tecnología capaz de describir las características de las masas forestales. Su correcta utilización permite reducir costes y tiempo en el proceso de obtención de datos provenientes de los inventarios forestales. El análisis de los retornos de los pulsos de luz emitidos desde el sensor combinado con los datos de posicionamiento permite realizar medidas tridimensionales del terreno. Las superficies compactas emiten un solo retorno. La vegetación permite el paso del pulso de luz a través suyo y el sensor es capaz de captar varios retornos. El análisis estadístico de estos retornos permite describir la estructura de la vegetación y diferenciarla del suelo.

El inventario forestal basado en datos lidar requiere:

- Estratificación de la masa forestal a analizar. Hay que identificar la superficie de características parecidas para poder aplicar el análisis estadístico generado.
- Definir unos puntos de inventario. Hay que obtener datos de campo para realizar el tratamiento los datos lidar analizados y validar los resultados.
- Generar un modelo matemático que permita obtener los parámetros forestales de la masa forestal que se está analizando. El análisis de la nube de puntos que coincide en superficie con los datos recogidos en campo es imprescindible para definir este modelo matemático que hay que aplicar al resto de superficie del estrato para obtener los parámetros forestales. En función de las características

de la masa forestal (especie, calidad de estación,...) estos modelos estadísticos pueden ser diferentes.

- Aplicar el modelo obtenido en toda la superficie a analizar. Los resultados se muestran en forma de cuadrícula con un lado definido, por ejemplo de 20x20 metros, sobre el mapa.
- Cada geometría contiene los resultados de aplicar el modelo matemático elaborado sobre su propia nube de puntos. Los datos permiten tanto la elaboración de mapas como el análisis de resultados

El uso de datos continuos permite que los resultados obtenidos sean continuos por todo el territorio, normalmente en forma de base de datos con componente espacial, y permiten un análisis completo de las masas forestales.

El Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña (ICGC) ha adquirido un nuevo sensor lidar con unas características óptimas para realizar inventarios forestales. Las previsiones de vuelos y generación de datos garantizan disponer de información lidar tanto a corto plazo como en los próximos años. El primer vuelo con el nuevo sensor ya se está ejecutando y se prevé poner los datos a disposición de los usuarios durante el año 2024.

En el año 2004 se inician los trabajos para la elaboración de las orientaciones de gestión forestal sostenible de Cataluña (ORGEST), que pretenden establecer modelos de gestión de las masas según los objetivos de gestión. Las orgest se basan en la identificación y la definición de las Tipologías forestales arboladas de Cataluña hecha desde el punto de vista de la gestión. Primeramente, se establecen la clasificación a partir de las formaciones existentes, puras y mixtas, y la calidad de estación de donde están ubicadas. En una segunda fase, y a través del consenso de expertos sobre el territorio, se definen modelos de gestión de acuerdo con el tipo de objetivo. El resultado es una clasificación de las masas forestales de Cataluña y unos modelos de gestión utilizados ampliamente en los instrumentos de ordenación forestal del país.

Hay que definir una estrategia para hacer posible que el uso de los datos Lidar generados por el ICGC se generalice en el análisis de las masas forestales de Cataluña y fomentar su uso en la planificación y gestión forestal a escalas de rodal, finca y macizo. Hay que posibilitar el uso de las tipologías forestales arboladas de las orgest a la hora de interpretar los datos y elaborar los modelos matemáticos que permiten obtener las variables que describen las masas forestales arboladas. Es necesario crear la metodología y las herramientas necesarias para realizar inventarios lidar adaptados a la

realidad de las masas forestales de Cataluña y facilitar el acceso a planificadores y gestores forestales.

## **2. OBJETO DE LA CONTRATACIÓN**

Es objeto de este contrato crear una metodología y las herramientas necesarias para poder realizar inventarios con tecnología LIDAR adaptados a la realidad de las formaciones forestales de Cataluña en el marco de planificación de los montes por medio de los instrumentos de ordenación forestal.

A partir de los datos de la tercera cobertura LIDAR generados por el Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña, las tipologías forestales identificadas en el proyecto ORGEST y datos obtenidos a través de la realización de inventarios forestales sobre el terreno se pretende establecer una metodología innovadora, elaborando y clasificando la información necesaria que permita obtener variables estructurales de las masas arboladas, para poder definir, implementar y llevar a cabo el seguimiento de la gestión forestal con este tipo de tecnología y a diferentes escalas, paisajística, de bosque y de rodal.

Teniendo la cuenta de que los procesos de digitalización de la administración pública pretenden mejorar la accesibilidad de ciudadanos y empresas a los servicios públicos, será necesario que los resultados obtenidos del servicio se puedan poner a disposición de los interesados a través de herramientas desarrolladas en el mundo digital disponiendo de una plataforma de acceso y tratamiento de la información obtenida.

De acuerdo con estos objetivos, este servicio incluirá:

- Realización de inventarios forestales. Recogida de datos de inventario a campo de las formaciones arbóreas de Cataluña definidas en el proyecto ORGEST (Orientaciones de gestión forestales sostenible de Cataluña). Habrá que considerar diferentes ubicaciones por cada una de las formaciones según la adaptación de cada especie a las diferentes condiciones ambientales y cualidades de estación; la formación de masas mixtas y puras; y según las especies secundarias principales en las masas mixtas. La documentación de referencia del proyecto ORGEST se adjunta en el anexo 1
- Establecimiento de una metodología de referencia para realizar inventarios en cualquier ámbito del territorio, a partir del tratamiento de los datos LIDAR y de los datos de inventario obtenidos en este proyecto. Por ello es necesario para cada una de las formaciones forestales:

- Obtener las métricas forestales a partir de los datos LIDAR y de inventario.
- Crear los modelos matemáticos que mejor se ajusten para obtener variables forestales a partir de los datos lidar y de inventario y validarlos con los datos obtenidos sobre el terreno.
- Definir una metodología para aplicar los modelos obtenidos en cualquier superficie con la misma formación forestal con o sin aportación de datos adicionales de inventario sobre terreno.
- Desarrollo tecnológico que permita el acceso a la metodología obtenida y a la posibilidad de aplicarla a través de una plataforma web.

### **3. Alcance**

#### **3.1. inventario**

Incluye la realización de inventarios forestales de las principales formaciones arbóreas de Cataluña, teniendo en cuenta la distribución territorial según la adaptación de cada especie a las diferentes condiciones ambientales, las cualidades de estación y la formación de masas mixtas y puras según las especies secundarias presentes. Estas formaciones forman parte del proyecto ORGEST (Orientaciones de gestión forestales sostenible de Cataluña). También se incluye el tratamiento posterior de los datos recogidos en campo y su posterior validación.

Las formaciones forestales definidas por las ORGEST clasifican las masas forestales del territorio catalán y son utilizadas en la planificación mediante los instrumentos de ordenación forestal. El objetivo es disponer de suficientes puntos de inventario representativos para las formaciones forestales clasificadas con el fin de elaborar los modelos matemáticos que permitan obtener las variables LIDAR que mejor se ajusten para cada caso.

De acuerdo con el objetivo establecido, el servicio incluye:

- Diseñar un inventario de campo para recoger los datos necesarios para elaborar una metodología para obtener métricas forestales basadas en datos LIDAR por la gran mayoría de formaciones forestales de Cataluña definidas en las ORGEST (ver anexo 1). Será necesario que el diseño contemple:

- Definir el número de puntos necesarios para cada formación forestal teniendo en cuenta la distribución territorial y la calidad de estación de los rodales.
- Recogida a campo, como mínimo, de los siguientes parámetros forestales: altura total y diámetro de todas las especies arbóreas existentes, altura y recubrimiento del matorral con la identificación de las especies arbustivas.
- La ubicación del punto de inventario debe ser con precisión submétrica.
- En función de las características de las formaciones y la respuesta que presentan al sensor Lidar se permite agrupar formaciones sin que se vean perjudicados los resultados finales.

El Centro de la Propiedad Forestal pone a disposición los datos existentes en los instrumentos de ordenación forestal (IOF) vigentes para identificar rodales con las formaciones forestales propuestas.

- Planificar la ejecución del inventario diseñado que permita obtener datos de campo coetáneas a la tercera cobertura LIDAR realizada por el ICGC.
- Validar el diseño y la planificación del inventario con la parte contratante antes de iniciar el trabajo de campo.
- Realizar los puntos de inventario necesarios para cada formación de acuerdo con la planificación aprobada.
- Validar las tareas realizadas según un control de calidad.
- Tratar los datos y presentar la información en un entregable.

Una primera estimación prevé la posibilidad de agrupar algunas de las tipologías forestales arboladas de acuerdo con sus características y la respuesta que ofrecen a los sensores LIDAR. El número de puntos de inventario puede variar en función del porcentaje de superficie ocupada en el territorio catalán y su distribución. El número de puntos de inventario necesario, según una primera estimación, puede ser de unos 1800.

La documentación será facilitada según la finalización de las tareas definidas de acuerdo con los siguientes contenidos:

- Informe del diseño del inventario detallando la propuesta metodológica
- Informe de la planificación del inventario realizado
- Informe de resultados detallando los datos recogidos en campo, su posterior tratamiento y los resultados del control de calidad.
- Informe de validación de resultados.
- Resultado completo del inventario.

### **3.2. Elaboración de una metodología de referencia en el uso de datos LIDAR**

Se requiere una metodología de referencia en el uso de los datos LIDAR en el ámbito de la planificación y la gestión forestales en el marco de la ordenación forestal de Cataluña. El objetivo es disponer de una metodología que permita realizar inventarios forestales a partir de los datos LIDAR a diferentes escalas (paisaje, bosque y rodal). El objetivo es disponer de la metodología que permita realizar inventarios forestales a partir de los datos LIDAR ajustados a las características de las formaciones forestales de las ORGEST establecidas en el diseño del inventario.

El servicio incluye por cada una de las formaciones forestales:

- Definir las características de la estratificación de la masa forestal por la formación forestal a considerar para la optimización de los resultados.
- Identificar las métricas forestales necesarias para describir las masas forestales basadas en los datos LIDAR y los puntos de inventarios realizados.
- Definir los modelos matemáticos para cada caso que permitan la obtención de variables forestales continuas basadas en los datos LIDAR y validarlos a través de los datos obtenidos con los puntos de inventarios realizados. Hay que considerar la estratificación propuesta y proponer los modelos adecuados necesarios si es necesario.
- Realizar un inventario forestal Lidar en el ámbito o una parte del ámbito donde se han realizado los puntos de inventario.
- Realizar una prueba piloto de replicabilidad de los modelos matemáticos en un ámbito diferente con la misma formación forestal teniendo en cuenta la estratificación propuesta. Realizar la prueba sin aportación de datos de inventario adicionales y con la aportación de un mínimo de puntos de inventario adicionales en el ámbito de la prueba piloto de replicabilidad.
- Realizar un informe definiendo la aplicabilidad de los resultados obtenidos y las necesidades para cada caso (estratificación, puntos de control necesarios, etc.)
- Presentar la documentación generada de las tareas realizadas.

La documentación será facilitada según la finalización de las tareas definidas de acuerdo con los siguientes contenidos:

1. Informe con los resultados obtenidos por cada una de las formaciones forestales que incluya:

- Métricas forestales obtenidas con el inventario y el tratamiento de los datos lidar
- Variables forestales obtenidas.
- Modelos matemáticos utilizados para cada caso.
- Documentación necesaria para seguir la trazabilidad y replicabilidad de los modelos obtenidos y aplicados (ajustes, error, gráficos de predicción y residuos, etc)
- Aplicabilidad de los resultados obtenidos y necesidades, condicionantes, etc.
- Resultado de la aplicación de pruebas piloto

### **3.3. Creación de una plataforma web**

Este proyecto pretende ser un referente en el uso de los datos LIDAR en el ámbito de la planificación y la gestión forestal. Para aprovechar al máximo el potencial que esta tecnología ofrece es necesario no darlo por terminado hasta que se establezcan las herramientas que hagan realidad las propuestas metodológicas surgidas en esta contratación. Es necesario también disponer de la formación necesaria de personal para garantizar su uso adecuado.

#### **3.3.1. Requerimientos funcionales**

Creación de una plataforma web con arquitectura cliente servidor, que facilite el acceso a la información generada en esta contratación y que permita, por un ámbito determinado por el usuario, el tratamiento de los datos LIDAR, según la metodología obtenida en esta contratación, la visualización y descarga de los resultados obtenidos.

##### **3.3.1.1. Sistema de usuarios**

Implementación de un sistema de usuarios y roles que permita acceder e interactuar con la plataforma en función de las necesidades y criterios definidos por la administración de la plataforma.

La implementación de un sistema de autenticación de usuarios es fundamental para la seguridad de los datos y la protección de la privacidad de los usuarios

Debe incluir:

1. Registro de Usuarios: Los usuarios deben tener la opción de registrarse en la plataforma proporcionando información como nombre, dirección de correo electrónico, contraseña segura

2. Inicio de Sesión: Los usuarios registrados deben poder iniciar sesión con la dirección de correo electrónico y contraseña. La autenticación debe ser segura, utilizando técnicas como hashing de contraseñas y almacenamiento seguro de credenciales.
3. Recuperación de Contraseña: Debe haber un proceso de recuperación de contraseña que permita a los usuarios restablecer las contraseñas en caso de olvido. Esto generalmente implica enviar un enlace de restablecimiento de contraseña al correo electrónico registrado.
4. Sesiones Seguras: las sesiones de usuario deben ser seguras y los tokens de sesión se gestionen de manera adecuada para evitar problemas de seguridad, como secuestro de sesión.
5. Gestión de Roles y Permisos: Inicialmente crear 2 roles de usuario: usuario estándar y administrador de la plataforma. Crear un sistema de permisos que permita al administrador asignar permisos específicos de las funcionalidades de la plataforma a cada rol. El usuario administrador debe tener la capacidad de crear nuevos roles.
6. Registros de acceso: Llevar un registro de los accesos y actividades de los usuarios, lo que puede ayudar a la auditoría de seguridad y el seguimiento de incidentes.
7. Protección de Datos Personales: Cumplir con las regulaciones de privacidad de datos y asegurarse de que los datos personales de los usuarios se almacenen y manejen de acuerdo con las leyes y regulaciones aplicables.

#### 3.3.1.2. Acceso a la información

Debe incluir:

1. Acceso a la información técnica generada en el punto 3.2 de este documento como herramienta de referencia para la aplicación de la metodología desarrollada.
2. Acceso a la descarga de datos LIDAR.
3. Los usuarios, de manera individualizada, deben poder crear sus proyectos y acceder a la información y al tratamiento de datos de cada uno de ellos. Habrá que definir un sistema que permita al usuario recuperar sus proyectos iniciados pero también habrá que definir limitaciones temporales con el objetivo de no saturar la capacidad de la plataforma.

#### 3.3.1.3. Tratamiento de los datos del proyecto de usuario

1. Permitir definir un ámbito de proyecto mediante la carga de un archivo o archivos en formato estándar de sistema de información geográfica (SIG) vectorial. Preferiblemente Shapefile o GeoJson. Habrá que especificar el formato y las características de la información a aportar para el buen funcionamiento. Esta capa gráfica definirá el ámbito con una formación forestal y en su caso con las características definidas en la estratificación de la masa. Este tratamiento debe posibilitarse a diferentes escalas (de paisaje, de monte y de rodal). La calidad de la selección del ámbito dependerá del usuario y por tanto también los resultados resultados.
2. Seleccionar los datos de la tercera cobertura Lidar del ICGC para el ámbito definido. Hay que especificar las limitaciones de las dimensiones del ámbito del proyecto en función de las necesidades técnicas de la plataforma.
3. Computación en la nube. Aplicar la metodología de modelización y tratamiento de datos lidar basado en los resultados obtenidos en esta contratación (metodología de referencia en el uso de los datos lidar) por el ámbito del proyecto y obtener un inventario LIDAR por el ámbito solicitado. Hay que dotar de toda la información necesaria vinculada al tratamiento de los datos para conocer el origen de los datos y la trazabilidad de la metodología aplicada, así como los resultados de los ajustes, error, gráficos de predicción y residuos, etc.
4. Permitir aplicar la metodología con o sin aportación de datos adicionales de inventario de campo. Habrá que especificar el formato de los datos que se pueden aportar mediante una plantilla. Los datos aportados pueden ser utilizados como puntos de control de test para obtener información precisa de la calidad del resultado, y/o como puntos adicionales para mejorar la modelización.
5. Descarga de los resultados de inventario dentro del ámbito determinado por el usuario, con las métricas LIDAR obtenidas, las variables de la masa forestal obtenidas y cartografía de los resultados. El usuario debe obtener los resultados y toda la documentación utilizada en su obtención y el material necesario para la trazabilidad de la obtención de los datos.

### **3.3.2. Requisitos técnicos**

Habrá que definir a los responsables del proyecto por parte de la empresa y por parte de la parte contratante y establecer el seguimiento de las tareas y actividades del proyecto, aportando el conocimiento y la perspectiva del sistema para la consecución de objetivos del proyecto.

#### **3.3.2.1. Infraestructura**

Habrá que definir las características y necesidades tecnológicas y operativas necesarias para la correcta instalación de la plataforma a realizar: equipamiento informático necesario, conexiones, tráfico, software utilizado, dominios, etc.

Una vez definida la infraestructura necesaria se comunicará al CPF con el fin de definir su alojamiento. El alojamiento de los servidores se hará en el CPD designado por el CPF y la plataforma deberá adaptarse a sus requerimientos de mantenimiento y seguridad.

En la fase de pre-producción se puede utilizar la infraestructura que se considere oportuna por parte del desarrollador de la plataforma.

#### 3.3.2.2. Arquitectura y tecnología

Habrá que definir:

1. La arquitectura técnica cliente servidor necesaria.
2. El lenguaje de programación
3. Las integraciones necesarias para el desarrollo de la plataforma (APIS, servicios, etc)

#### 3.3.2.3. Escalabilidad y rendimiento

La plataforma debe tener la capacidad de crecer y adaptarse sin comprometer su rendimiento. Hay que valorar las técnicas que permiten escalar las funcionalidades de la plataforma y no comprometer un posible futuro crecimiento.

Hay que desarrollar el código minimizando el uso de los recursos y reduciendo consultas innecesarias.

Utilizar la memoria caché para almacenar datos temporales y evitar cálculos repetitivos.

Utilizar la compresión de ficheros para reducir el tamaño de la transferencia de datos.

#### 3.3.2.4. Diseño de la plataforma

El servicio para el diseño técnico, el desarrollo y la implantación de la plataforma abarca la realización de las siguientes actividades:

1. Diseño técnico: identificación de los requisitos, comprensión de las especificaciones funcionales pedidas, diseño de las soluciones y las funcionalidades necesarias.
2. Creación y desarrollo de la infraestructura: programación e integración en los servidores.

3. Diseño gráfico de la aplicación web de acuerdo con el plan de identificación visual corporativo.

#### 3.3.2.5. Implementación

1. Implementación de la plataforma creada en fase de pre-producción estableciendo un periodo de pruebas necesarios.
2. Aceptación de la solución e implementación de la plataforma en fase de producción.
3. Puesta en marcha y soporte post-implementación
4. Documentación de usuarios: elaboración de todos los manuales de uso de la plataforma según los diferentes roles de usuario.
5. Documentación de la infraestructura de la plataforma, la arquitectura y el diseño. Debe incluir el acceso a todas las partes y características de la solución implantada.

### **3.3.3. Seguridad de la información**

El adjudicatario deberá cumplir con todos los requerimientos que sean de aplicación de acuerdo al marco normativo de seguridad y de protección de datos vigente de la Generalidad de Cataluña y de todas las actualizaciones posteriores que se produzcan, así como a todo el marco legal en materia de ciberseguridad que sea de aplicación (por ejemplo, Esquema Nacional de Seguridad, LOPD- Ley Orgánica de Protección de Datos y GDPR – General Data Protection Regulation, eIDAS - electronic Identification, Authentication and trust Services).

El Centro de Seguridad de la Información (CESICAT) es el órgano competente encargado de la planificación, gestión y control de la seguridad de las TIC de la Administración de la Generalitat y su sector público, como establece el acuerdo de gobierno GOV/103/2012, de 16 de octubre de 2012.

En este sentido, en cualquier momento se supervisará el cumplimiento de los requerimientos de seguridad.

### **3.3.4. Mantenimiento y soporte**

Habrá que garantizar el mantenimiento técnico y funcional de la plataforma durante un año a partir de la fecha de aceptación de la plataforma.

Habrá que apoyar al personal del CPF en el uso de la plataforma durante un año a partir de la fecha de aceptación de la plataforma.

Los plazos de respuesta ante incidencias no se pueden demorar más de una semana.

Habrá que definir un plan de mantenimiento y apoyo a partir del primer año

### **3.3.5. Plan de formación y formación**

Elaborar la documentación necesaria para el funcionamiento y el mantenimiento de la plataforma y un plan de formación para los usuarios y administradores.

El plan de formación debe definir claramente los objetivos y las metas de aprendizaje, indicando qué conocimientos y habilidades se esperan que los participantes adquieran al completar la formación y debe especificar los temas y contenidos que se cubrirán en la formación, así como la duración total del plan.

Debe incluir

- la formación a usuarios finales de la metodología elaborada y el uso de la plataforma
- la formación en el tratamiento de datos LIDAR y la elaboración de inventarios forestales en esta técnica (estratificación, diseño de inventario, modelos, métricas, análisis de resultados, otros).