

Integración de drones en el sistema de Salud: zonas clave para el despliegue territorial

2025



Generalitat de Catalunya
Fundació TIC Salut i Social

© Fundació TIC Salut i Social

Este informe es obra del Área de Atención Digital Personalizada de la Fundació TIC Salut i Social, la Digital Catalonia Alliance, el Sistema de Emergencias Médicas de Cataluña, el BCN Drone Center y Biomedical Logistics, con la colaboración del Instituto Catalán de la Salud, Gestión de Servicios Sanitarios, la Fundació Sant Hospital y el Departamento de Territorio, Vivienda y Transición Ecológica de la Generalitat de Catalunya.

Autores del documento: Núria Abdón Giménez, Elionora Peña Lozano, Mario Navarro Gonzalez, Pau Miquel Gallinat Muñoz, Cristina Ramos Pagès, Daniel Castillo y Francesc Gómez.

Edición electrónica: enero de 2026

Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinDerivados 4.0 de Creative Commons. Se permite su reproducción, distribución y comunicación pública siempre que se reconozcan la autoría y el editor y no se haga un uso comercial. No está permitida la transformación de esta obra para generar una nueva obra derivada.

Cualquier uso, reproducción, difusión o publicación de información, imágenes o datos extraídos del mapa interactivo desarrollado por la Fundació TIC Salut i Social requiere, de forma obligatoria, la referencia explícita al Área de Atención Digital Personalizada de la Fundació TIC Salut i Social como fuente. En caso de duda sobre la forma correcta de citar o utilizar este recurso, es necesario contactar previamente con adp@ticsalutsocial.cat. El incumplimiento de esta obligación puede comportar responsabilidades legales.

ÍNDICE

1.	Introducción	P. 10
2.	Marco Regulador	P. 14
3.	Metodología	P. 25
4.	Resultados	P. 34
5.	Zonas Candidatas	P. 48
6.	Discusión	P. 74
7.	Conclusiones	P. 78
8.	Referencias	P. 80
9.	Anexos	P. 82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de decisión para determinar el riesgo en aire inicial	21
Figura 2. Criterios de priorización de zonas	28
Figura 3. Criterios de selección de centros viables	29
Figura 4. Diferentes mapas base que forman parte del mapa interactivo	30
Figura 5. Densidad y distribución de los centros de Salud en Cataluña	35
Figura 6. Distribución de las bases del SEM	36
Figura 7. Mapa de densidad de población en Cataluña	37
Figura 8. Orografía de Cataluña	38
Figura 9. Mapa de las infraestructuras fluviales y terrestres de Cataluña	39
Figura 10. Infraestructuras portuarias, aeroportuarias y aeronáuticas de Cataluña	40
Figura 11. Riesgo en suelo en Cataluña y áreas con densidad de población superior a 5.000 hab./km	40
Figura 12. CTR y centrales nucleares	41
Figura 13. Hospitales viables y no viables en toda Cataluña después de la aplicación de los criterios correspondientes	42
Figura 14. Visión detallada de los hospitales viables en Cataluña	43
Figura 15. Solo helipuertos y hospitales (viables)	
Figura 16. Zona de las Terres de l'Ebre	49
Figura 17. Área del Alt Pirineu	50
Figura 18. Lleida	51
Figura 19. Prepirineo oriental y plana de Vic (Olot, Campdevàrol y Vic)	52
Figura 20. Valls-Vendrell	53
Figura 21. Terrassa-Sabadell	54
Figura 22. La Vall d'Aran-Pont de Suert	55
Figura 23. La Cerdanya	56
Figura 24. Berga	57
Figura 25. Blanes	58
Figura 26. Distribución territorial de los hospitales (H), centros de atención primaria (CAP) y consultorios locales (CL) en las tres zonas candidatas	59
Figura 27. Mapa de carreteras principales de Cataluña	60
Figura 28. Zonas candidatas carreteras principales	67
Figura 29. Gráficas de la diferencia de tiempo entre una furgoneta y un dron	67
Figura 30. Comparación de las emisiones de CO ²	70
Figura 31. Análisis de la temperatura	71
Figura 32. Mapa de infraestructuras y zonas naturales que necesitan autorización operativa	72
Figura 33. Infraestructuras que requieren coordinación operativa	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clase de riesgo intrínseco en tierra (iGRC) de los UAS	19
Tabla 2. Descriptores cualitativos para la estimación de densidad poblacional	20
Tabla 3. Mitigaciones para la determinación final del GRC	21
Tabla 4. Determinación del SAIL	22
Tabla 5. Objetivos de seguridad operacional (OSO) recomendados	23
Tabla 6. Ejemplo de planificación de operativa de logística sanitaria	24
Tabla 7. Clasificación y ejemplificación de las capas incluidas en el mapa interactivo	30
Tabla 8. Principales indicadores por hospital de referencia	61
Tabla 9. Circuitos logísticos entre los hospitales objetivo y los hospitales con laboratorio clínico	62
Tabla 10. Listado de laboratorios clínicos del ICS	63
Tabla 11. Volumen de muestras diario en mayo de 2025 y número de centrifugadoras de los EAP	64
Tabla 12. Título de la tabla	65
Tabla 13. Volumen de contenedores	65
Tabla 14. Extracciones primarias de sangre y orina enviadas a Sant Hospital	66
Tabla 15. Peticiones recogidas por el Hospital Verge de la Cinta	66

GLOSARIO

ABS	Área básica de salud
EAP	Equipo de atención primaria
AESA	Agencia Estatal de Seguridad
AGL	Del inglés <i>Above ground level</i> : sobre el nivel del suelo
ARC	Del inglés <i>Air Risk Class</i> : clase de riesgo en aire
BVLOS	Del inglés <i>Beyond Visual Line of Sight</i> : operaciones más enllá del alcance visual
°C	Unidad de temperatura, grados Celsius o centígrados
CAP	Centro de Atenció Primaria
CatSalut	Servei Català de la Salut
CO²	Dióxido de carbono
ConOps	Concepto de Operaciones
CL	Consultorio Local
CTR	Del inglés <i>Control Traffic Region</i> : zona de control de tráfico aéreo
CUAP	Centro de Urgencias de Atención Primaria
Dron	Aeronave no tripulada y reutilizable, capaz de funcionar con un mayor o menor grado de autonomía, que obedece las indicaciones remotas de un piloto o bien la programación introducida
EASA	Del inglés <i>European Union Aviation Safety Agency</i> : Agencia Europea para la Seguridad Aérea
EDT	Ácido aminopolicarboxílico, el agente complejante más utilizado en salud

GLOSARIO

eVTOL	Del inglés <i>Vertical Take-Off and Landing Electric Aircraft</i> : aeronaves eléctricas de despegue y aterrizaje en vertical
ft	Unidad de medida (1 ft = 0,3048 m)
GRC	Del inglés <i>Ground Risk Class</i> : clase de riesgo en tierra
GSS	Empresa pública Gestión de Servicios Sanitarios del Servei Català de la Salut
hab./km²	Densidad de población: número medio de habitantes por kilómetro cuadrado en un territorio determinado
IAM	Del inglés <i>Innovative Air Mobility</i> : movilidad aérea innovadora
ICGC	Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña
ICS	Instituto Catalán de la Salud
IDESCAT	Instituto de Estadística de Cataluña
Infraestructures per a l'ús d'UAS	Infraestructuras o zonas destinadas a las operaciones de despegue y aterrizaje de UAS, incluidos los utilizados exclusivamente para exhibiciones aéreas, actividades deportivas, recreativas o de competición que tienen una masa máxima de despegue superior a 150 kilogramos
JARUS	Del inglés <i>Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems</i> : grupo internacional de expertos, autoridades de aviación y organizaciones regionales de seguridad aérea que elaboran recomendaciones para la operación segura de sistemas de aeronaves no tripuladas
kg	Kilogramo
km	Kilómetro
km²	Kilómetros cuadrados

GLOSARIO

LUC	Del inglés <i>Light UAS operator Certificate</i> : certificado de operador de UAS ligeros
m/s	Metros por segundo
MTOM	Del inglés <i>Maximum Take-Off Mass</i> : masa máxima de despegue
OSOs	Del inglés <i>Operational Safety Objectives</i> : objetivos de seguridad operacional
PDRA	Del inglés <i>Predefined Risk Assessment</i> : evaluación de riesgos predefinida
RD	Real Decreto
RS	Región sanitaria
SAIL	Del inglés <i>Specific Assurance Integrity Level</i> : nivel de garantía de integridad específica
SIG	Sistema de información geográfica
SISCAT	Sistema Sanitario Integral de Utilización pública de Cataluña
SORA	Del inglés <i>Specific Operations Risk Assessment</i> : evaluación de riesgos de operaciones específicas
U-Space	Conjunto de servicios y procedimientos específicos diseñados para garantizar un acceso seguro y eficiente al espacio aéreo para un gran número de drones
UAM	Del inglés <i>Urban Air Mobility</i> : movilidad aérea urbana
UAS	Del inglés <i>Unmanned Aircraft System</i> : sistema aéreo no tripulado

GLOSARIO

Vertiport

Término formado per acronimia a partir de las palabras *vertical* y *puerto*. Es un área de tierra o agua o una estructura utilizadas, o previstas para ser utilizadas, para el aterrizaje y despegue de aeronaves VTOL

VLOS

Del inglés *Visual Line of Sight*: operaciones en línea de visión directa

VTOL

Del inglés *Vertical Take-off and Landing*: aeronaves de despegue y aterrizaje vertical

1.

Introducción

El presente documento presenta un análisis de la viabilidad de la integración de drones en las operaciones logísticas de los hospitales públicos del SISCAT y del territorio catalán. El objetivo de este análisis consiste en identificar los centros y zonas con mayor potencial de viabilidad a corto plazo para el despliegue de rutas de logística sanitaria mediante drones. Este estudio ha sido liderado y elaborado por la Fundació TIC Salut i Social, en el marco de su labor de analizar y promover el uso de tecnologías emergentes en el ámbito de la salud.

El estudio sobre el uso de la tecnología de drones en el sistema de Salud comenzó en 2023.

Desde entonces, se han publicado tres informes y una infografía. Dos de los informes se basan en pruebas de concepto y estudios clínicos centrados en la validación del transporte de muestras biológicas, mientras que el otro es un análisis general de la tecnología.

El informe de estudio del estado de la integración de los drones en el sistema de Salud (Abdón Giménez et al., 2024), elaborado por la Fundació TIC Salut Social, ponía de manifiesto que esta tecnología se estaba empezando a integrar en nuevos procesos asistenciales. Aquel primer informe destacaba el potencial de los drones para hacer que la atención médica sea más eficiente, accesible e inclusiva, con ejemplos de éxito en el ámbito catalán e internacional.

Partiendo de los avances en regulación, operativas y pruebas de concepto exitosas, se detecta la necesidad de identificar las zonas de Cataluña más adecuadas para llevar a cabo pruebas y operaciones reales escalables. El objetivo es avanzar en la integración de los drones en el sistema de Salud en zonas en las que se pueda operar con viabilidad técnica y logística y que sean zonas en las que la tecnología pueda generar el mayor impacto asistencial y territorial posible.

Este trabajo se enmarca en la continuidad del encargo que la Fundació TIC Salut Social recibió del Departamento de Salud para integrar esta tecnología en el ámbito sanitario y colaborar con un amplio conjunto de entidades del sistema sanitario catalán y del ecosistema de drones: el Sistema de Emergencias Médicas (SEM),

el Instituto Catalán de Salud (ICS), Gestión de Servicios Sanitarios (GSS), la Fundació Sant Hospital de la Seu d'Urgell, la Digital Catalonia Alliance (DCA), el Departamento de Territorio, Vivienda y Transición Ecológica, el BCN Drone Center y Biomedical Logistics.

La participación de estos agentes refleja una voluntad compartida de promover un uso responsable, seguro e innovador de los drones en el ámbito sanitario, y de sentar las bases para su progresiva integración en el sistema de Salud de Cataluña. Todas estas entidades han trabajado conjuntamente bajo la coordinación de la Fundació TIC Salut i Social para elaborar este informe.

El análisis operativo ha sido coordinado por la operadora BCN Drone Center (CATUAV), empresa especializada en operaciones con drones, y para el análisis de las zonas ha contado con la colaboración de DCA, entidad con experiencia en tecnología de drones y punto de referencia del sector en Cataluña. También ha participado el Servicio de Emergencias Médicas (SEM), el operador de los helipuertos del sistema de Salud. El Departamento de Territorio y la empresa Biomedical Logistics han colaborado en el análisis del territorio y las infraestructuras. Por último, entidades de Salud como ICS y GSS han participado en el análisis de la dimensión asistencial.

1.1 Contexto

En febrero de 2023, la Fundació TIC Salut i Social recibió el encargo de la Comisión de Innovación del Departamento de Salud para promover la integración de la tecnología de drones en el SISCAT. Con este fin, se constituyó un grupo de trabajo de drones con diversas entidades de Salud, patronales, el Servicio de Emergencias Médicas y otros actores del sector de drones para definir las líneas de trabajo y la estrategia de integración de esta tecnología. Establecieron los siguientes objetivos: identificar casos de uso aplicables a drones, identificar los requerimientos para implantar soluciones con drones en Salud y crear proyectos de salud con drones.

Una vez establecidos los objetivos, se

concretan tres grandes áreas de trabajo para la integración de drones en Salud: logística, emergencias y asistencia. En el presente documento, nos centraremos en la primera área de trabajo.

En los últimos dos años, la Fundació TIC Salut i Social ha trabajado para analizar el potencial que tiene esta tecnología de transformar la logística sanitaria y mejorar la eficiencia del sistema. Las primeras experiencias han sido las pruebas piloto de transporte de muestras biológicas en la zona de la Garrotxa y en la zona de la región sanitaria metropolitana norte (Metro Norte), que han demostrado la viabilidad técnica y asistencial de este modelo logístico y han conseguido reducciones en tiempos de transporte y en emisiones de CO₂ y mejoras en la calidad del servicio (Abdón Giménez et al., 2025; Gallinat Muñoz et al., 2024).

La primera prueba de concepto se desarrolló en la Garrotxa, en la región sanitaria de Girona, con el objetivo de explorar el transporte con drones de muestras biológicas, principalmente de sangre, pero también de otras tipologías (como suero, EDTA, citrato, heces, orina espontánea y de 24 horas). Los resultados fueron satisfactorios tanto por la calidad preanalítica de las muestras como por la eficiencia del servicio. Se redujeron un 43 % el tiempo de transporte (4 minutos por 1,7 km, frente a los 7 minutos habituales por vía terrestre) y un 80,4 % las emisiones de CO₂ (Gallinat Muñoz et al., 2024). La prueba piloto en el territorio de la Metro Norte amplió el escenario a un contexto suburbano, con vuelos desde el Barcelonés norte y el Vallés Oriental hasta el Laboratori Clínic Metropolitana Nord (LCMN) ubicado en el Hospital Germans Trias i Pujol. Este proyecto permitió abordar retos adicionales como la gestión de los permisos de vuelo y la coordinación del espacio aéreo en zonas más pobladas, ampliando la evaluación de la calidad de las muestras mediante un estudio clínico. Los resultados confirmaron nuevamente la eficiencia del transporte con drones, con una reducción del 72,3 % del tiempo de transporte por kilómetro y una disminución del 99,2 % de las emisiones de CO₂, manteniendo la calidad de las muestras dentro de los parámetros clínicamente aceptables (Abdón Giménez et al., 2025).

Ambas experiencias ponen de manifiesto la

utilidad de los drones para el transporte de muestras biológicas y evidencian su viabilidad no solo en entornos rurales, sino también en entornos suburbanos. Estas experiencias subrayan el gran potencial del transporte con drones para mejorar la accesibilidad, la eficiencia y la calidad de la atención sanitaria, especialmente en territorios con retos logísticos. Para avanzar hacia una integración efectiva en el sistema de Salud, será necesario seguir probando, optimizando y validando este modelo en nuevos escenarios reales.

A pesar de estos avances, las pruebas piloto realizadas hasta ahora se han llevado a cabo en periodos cortos (aproximadamente dos semanas), lo que limita la capacidad de evaluar su impacto real a largo plazo. Por eso es necesario definir áreas de prueba estables y seguras en las que la operativa de los drones sea lo más viable posible y responda a las necesidades de los flujos asistenciales del SISCAT y del territorio.

En este sentido, se debe recordar que la atención primaria y hospitalaria del SISCAT consta de una red territorial extensa que incluye 70 hospitales, 437 centros de atención primaria (CAP), 32 centros de urgencia de atención primaria (CUAP) y 730 consultorios locales (CL), distribuidos de manera heterogénea en todo el mundo (según los datos del Departamento de Salud). Esta estructura compleja y diversa condiciona tanto las necesidades logísticas como las oportunidades de implantación de rutas con drones.

Este nuevo informe analiza indicadores como el riesgo aéreo y terrestre, la densidad poblacional, la infraestructura vial y hospitalaria y los requerimientos normativos y de seguridad para determinar qué territorios y hospitales de Cataluña podrían sacar mayor provecho de la implantación progresiva de vuelos con drones en el sistema de Salud.

En definitiva, se trata de poner las bases para la planificación estratégica del despliegue de drones en el sistema de Salud con una mirada integradora que tenga en cuenta los beneficios asistenciales, la viabilidad operativa y la sostenibilidad del sistema a medio y largo plazo.

1.2 Objetivos

Objetivo principal

- Analizar la viabilidad de implementar vuelos con drones en todos los hospitales de Cataluña, identificando aquellas regiones y centros que ofrezcan las mejores condiciones para establecer zonas de prueba y futuros despliegues operativos.

Objetivos secundarios

- Detectar las áreas con una operativa más sencilla y segura, en la que el riesgo aéreo y terrestre sea reducido y el cumplimiento normativo, más asequible.
- Identificar las zonas en las que el uso de drones aporte un mayor valor añadido respecto al transporte rodado tradicional en tiempos de respuesta, accesibilidad o eficiencia ambiental.
- Analizar la disponibilidad y calidad de la infraestructura existente (carreteras, accesos hospitalarios, puntos de despegue/aterrizaje, conexión con servicios de emergencias) para garantizar la viabilidad práctica y la sostenibilidad del servicio.
- Proporcionar recomendaciones estratégicas para futuras pruebas piloto y despliegues alineados con el marco regulador vigente y con las novedades previstas en la metodología SORA 2.5.

1.3 Alcance

Este informe se centra en el uso de drones para la logística sanitaria, concretamente en el transporte de muestras biológicas (sangre, heces, orina, anatomía patológica), entre la atención primaria (CAP, CUAP y CL) y la atención hospitalaria.

El análisis, que abarca todos los hospitales de Cataluña, quiere identificar qué zonas y centros ofrecen las condiciones más favorables para la realización de pruebas piloto y para un futuro despliegue operativo.

El estudio incluye la valoración de riesgo operativo, densidad poblacional, infraestructuras viarias y hospitalarias, orografía y marco regulador vigente. Fuera del alcance de este documento restan otras aplicaciones de drones en el sistema de Salud como el transporte de órganos y tejidos y componentes sanguíneos (hematías, plaquetas y otros tipos de muestras biológicas) o el uso en líneas de trabajo de emergencias y aplicaciones asistenciales (emergencias in situ, vigilancia o apoyo en catástrofes), aunque se reconoce su interés y potencial en futuros trabajos.

Desde el punto de vista operativo se considerará una aeronave no tripulada de menos de 25 kg de MTOM (del inglés Maximum Take-Off Mass: masa máxima de despegue) para que encaje en una operativa en categoría específica (véase anexo I), con dimensiones características de hasta 3 metros, velocidad máxima por debajo de 35 m/s y redundancia de sistemas de comunicación. Estas son las características del escenario operativo en el que pueden trabajar los drones más avanzados del mercado.

2.

Marco regulador

Este apartado presenta el marco regulador que establece las condiciones técnicas y legales para el uso de drones en el transporte de muestras y farmacología que plantea el presente informe, e incluye la normativa de referencia a nivel europeo y nacional, la metodología de análisis de riesgo (SORA), así como las condiciones y la regulación específicas relativas al transporte seguro de muestras biológicas y productos farmacéuticos.

2.1 Normativa aplicable a los sistemas no tripulados

En el contexto sanitario, se pueden utilizar los drones en distintas aplicaciones, como la logística sanitaria. Para la correcta integración de los sistemas no tripulados en el ámbito de la salud, es esencial garantizar que las operaciones se realicen dentro del marco legal que asegura la seguridad pública, la protección de la privacidad y la fiabilidad del servicio. En este sentido, tal y como se indica en informes previos, desde un punto de vista legal los drones son considerados aeronaves. Por eso los drones están sujetos a la normativa de aviación que los regula tanto a nivel europeo como nacional. Esta clasificación implica que las operaciones con sistemas aéreos no tripulados deben cumplir requisitos estrictos en materia de seguridad, responsabilidad, formación de pilotos, certificación técnica, protección de datos, etc.

En este capítulo se presenta de manera resumida el marco normativo al que están sujetos los drones y los sistemas no tripulados:

- A nivel europeo, el marco regulador se fundamenta en el **Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 y el Reglamento Delegado (UE) 2019/945**. Estos reglamentos proporcionan las bases normativas comunes y de aplicación a todos los Estados miembros de la Unión Europea: condiciones de uso, categorías operacionales según riesgo y requisitos de diseño y fabricación de los UAS.
- En el ámbito estatal, España ha complementado la normativa con el **Real Decreto 517/2024**, que regula las actividades civiles no cubiertas por el régimen europeo e introduce medidas específicas para la zonificación, la formación y la seguridad operacional. También incluye

el concepto «Infraestructuras para el uso de UAS», que son aquellas infraestructuras o zonas destinadas a las operaciones de despegue y aterrizaje de UAS, incluidos los utilizados exclusivamente para exhibiciones aéreas, actividades deportivas, recreativas o de competición que tienen una masa máxima de despegue superior a 150 kg.

Con el objetivo de facilitar una integración segura, eficiente y escalable de los drones en el espacio aéreo, la Unión Europea ha desarrollado el concepto de U-Space: un conjunto de sistemas, servicios y procedimientos específicos que han sido diseñados para permitir el acceso seguro, eficiente y asequible al espacio aéreo de operaciones de UAS numerosas o complejas, sobre la base de desarrollos técnicos con un alto grado de digitalización y automatización. Los servicios U-Space proporcionan una capa de gran valor añadido, especialmente en zonas congestionadas o con un tráfico elevado de aeronaves, como las zonas próximas a aeródromos, vertipuertos e infraestructuras para UAS. Por eso el despliegue del U-Space está previsto en zonas designadas que cumplan con esta particularidad.

En el ámbito sanitario, el despliegue del U-Space abre la puerta a operaciones complejas como el transporte automatizado, garantizando la seguridad operacional y la coexistencia con la aviación tripulada. El U-Space, al igual que los sistemas no tripulados, cuenta con un marco regulador específico y enfocado a la consolidación de un «cielo único europeo»:

- Este sistema, que se define en el **Reglamento de Ejecución (UE) 2021/664**, establece servicios digitales automatizados que permiten coordinar las operaciones de drones en espacios aéreos de baja altitud, especialmente en entornos urbanos o densamente poblados. **El Reglamento de Ejecución (UE) 2021/665 y el Reglamento de Ejecución (UE) 2021/666** complementan el marco regulador del U-Space de ámbito europeo.
- En España, el **Real Decreto 517/2024** incorpora este marco europeo y desarrolla su aplicación territorial, incluyendo la zonificación del U-Space y los requisitos para los proveedores de servicios.

Los detalles de la norma y los reglamentos se pueden consultar a través de las páginas web de la Agencia de la Unión Europea para la Seguridad Aérea (EASA) y la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA).

2.1.1 Otras normativas de aplicación a los UAS

Aparte de las normativas referenciadas, hay que tener en cuenta que los sistemas no tripulados también están sujetos a normativas de aviación y otras normativas relacionadas. A continuación, se listan de forma no exhaustiva algunas de las normativas de referencia más destacadas:

- Convenio de Chicago de Aviación Civil Internacional (1944)
- Ley 48/1960, de 21 de julio, sobre Navegación Aérea
- Ley 21/2003, de 7 de julio, de Seguridad Aérea
- Ley 8/2025, de 29 de septiembre, por la que se modifican la Ley 48/1960 sobre Navegación Aérea y la Ley 21/2003 de Seguridad Aérea anteriormente mencionadas. La nueva ley incorpora los drones en el marco legal del personal aeronáutico y actualiza el régimen sancionador para casos de incumplimiento, tanto en operaciones con drones como en el transporte de mercancías peligrosas
- Real Decreto 1180/2018, Reglamento del aire
- Real Decreto 123/2017, Reglamento sobre el uso del dominio público radioeléctrico (RUE)
- Orden ETD/625/2023, por la que se aprueba el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias
- Directiva 2014/53/UE, Directiva RED (Radio Equipment Directive)
- Directiva 2014/30/UE, Directiva EMC (Electromagnetic Compatibility)
- Directiva 2014/35/UE, Directiva LVD (Low Voltage Directive)
- Ley Orgánica 1/1982, de protección civil del derecho al honor, a la intimidad personal y familiar y a la propia imagen
- Reglamento 2016/679 (UE) relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos
- Ley Orgánica 3/2018 de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales
- Informe jurídico de la Agencia Española de Protección de Datos según el Dictamen

01/2015 sobre la privacidad y protección de datos en relación con la utilización de aviones no tripulados

- La Ley Orgánica 4/2015 de protección de la seguridad ciudadana
- Ley 39/2015 del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas

De acuerdo con las normativas referenciadas, queda patente que la normativa de aplicación en los sistemas no tripulados va mucho más allá de la normativa de aviación, dado que incorpora ramificaciones de normativas relacionadas. Estas normativas contemplan aspectos cruciales que deben ser considerados en el desarrollo y operación de drones y otras aeronaves no tripuladas.

2.1.2 Normativas sectoriales del transporte sanitario

Tal y como se indica en la recopilación de normativas relacionadas, el uso de drones también está sujeto al cumplimiento de normativas sectoriales. En el ámbito que nos ocupa, el transporte de muestras y de farmacología, hay que destacar la vinculación con las normativas específicas para el transporte de los artículos siguientes:

1. Transporte de muestras biológicas: sangre, orina y otros tipos de especímenes biológicos
2. Transporte de pequeña paquetería: pequeña paquetería, documentación, equipamiento sanitario, instrumental o cualquier otro equipamiento que se precise
3. Transporte de farmacia: medicamentos
4. Transporte de material de esterilización: rutas de transporte de instrumental antes y después de la esterilización
5. Uso de neveras para el transporte de muestras con trazabilidad integrada

Para el transporte de muestras biológicas y medicamentos, a título indicativo y no exhaustivo, se aplicarán con carácter supletorio a estos contratos las siguientes normas sectoriales por razón de la actividad que se tenga que desarrollar:

- Guía OMS sobre la reglamentación relativa al transporte de sustancias infecciosas, 2021-2022

- Acuerdo europeo sobre transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera (ADR-2023). El ADR se aplica también al transporte interior de la UE-25 por razón de la Directiva 2008/68/CE. Este acuerdo clasifica las sustancias que pueden contener agentes biológicos de clase 6.2 y, por tanto, de acuerdo con las instrucciones de embalaje 620 y 650, los embalajes destinados al transporte de estas sustancias deben disponer de tres capas de embalaje:

- * Embalaje primario estanco en el que se coloca la muestra
- * Recipiente secundario estanco con material absorbente
- * Envoltura exterior que proteja el recipiente secundario de las influencias exteriores

- Ley 16/1987, de 30 de julio, de Ordenación de los Transportes Terrestres y su desarrollo reglamentario
- Ley 29/2003, de 8 de octubre, sobre mejora de las condiciones de competencia y seguridad en el mercado de transporte por carretera, por la que se modifica, parcialmente, la Ley 16/1987, de 30 de julio, de Ordenación de los Transportes Terrestres
- Ley 15/2009, de 11 de noviembre, del contrato de transporte terrestre de mercancías
- Ley 24/1998, de 13 de julio, del Servicio Postal Universal y de Liberalización de los Servicios Postales y posteriores modificaciones, incluida la Ley 43/2010, de 30 de diciembre, del servicio postal universal, de los derechos de los usuarios y del mercado postal
- Real Decreto 551/2006, de 5 de mayo, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español
- Real Decreto 1211/1990 y Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo
- Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo

Dentro del ámbito sanitario, la Dirección General de Recursos Sanitarios del Departamento de Salud marca las pautas sobre las condiciones adecuadas para el transporte de las muestras de diagnóstico en su documento «Requisits del transport de mostres de diagnòstic per garantir l'estabilitat de les seves propietats biològiques», que es de obligado cumplimiento para el contratista (Departamento de Salud y Generalitat de Catalunya, s/f.). El Departamento de Salud determina los requerimientos que deben cumplir las neveras destinadas al transporte de muestras, tal y como se especifica en los pliegos de prescripciones técnicas. Estos requerimientos establecen que las neveras deben mantener una temperatura de entre 8 °C y 21 °C con el material aportado por la empresa y adicionalmente deberían tener la capacidad de poder mantener temperaturas de entre 2 °C y 8 °C para muestras refrigeradas o de entre -18 °C y 2 °C en casos excepcionales de muestras congeladas, durante el tiempo de transporte previsto, que es de entre 90 y 120 minutos.

En cuanto a la protección física de las muestras, la normativa establece que el transportista debe garantizar que estas no reciban impactos ni estén sometidas a condiciones que puedan alterar su calidad. Esto incluye evitar golpes, sacudidas, cambios de presión o exposiciones inadecuadas. También es necesario garantizar un empaquetado correcto y el uso de recipientes externos resistentes y adecuadamente etiquetados. Estas medidas garantizan que las muestras lleguen en óptimas condiciones para su diagnóstico.

2.2 Análisis de evaluación de riesgos en operaciones con UAS

La efectiva integración de sistemas aéreos no tripulados (UAS) en la cadena logística sanitaria representa un avance tecnológico disruptivo, pero conlleva desafíos operativos críticos que la normativa actual aborda desde una perspectiva de seguridad integral. Dado que el transporte de material farmacéutico y muestras biológicas requiere operaciones de largo alcance o más allá de la línea de visión directa (BVLOS) y en entornos complejos, la regulación europea

se aleja de un modelo rígido para adoptar un enfoque basado en el riesgo. De acuerdo con el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947, existen tres categorías de operación: abierta, específica y certificada.

Las operaciones con drones para el transporte de muestras biológicas y material farmacéutico se enmarcan en la categoría específica de riesgo operacional medio, que incluye:

- Vuelos más allá del alcance visual (BVLOS)
- Vuelos con drones de más de 25 kg de masa máxima de despegue (MTOM)
- Vuelos a más de 120 metros sobre el terreno
- Operaciones en las que se deje caer material
- Operaciones con drones en un entorno urbano con MTOM superior a 4 kg o sin etiqueta de identificación de clase

El Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 especifica que para poder operar en categoría específica los operadores de UAS deben:

1. Presentar una declaración conforme la operación se ajusta a un escenario estándar. Estos tipos de operaciones disponen de una lista de medidas de atenuación determinadas que el operador se compromete a cumplir.
2. Solicitar y obtener una autorización operacional emitida por la autoridad competente. En el caso de España, la autoridad competente encargada de gestionar y emitir estas solicitudes es la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA). La solicitud de autorización operacional se basa en la evaluación del riesgo de la operación. Las condiciones de esta solicitud varían en función de si esta se ajusta a un PDRA (Predefined Risk Assessment) o no.
3. Disponer de un certificado de operador de UAS ligero (LUC). Este certificado exime al operador de disponer de una autorización operacional o una declaración operacional para poder llevar a cabo la operación.

De acuerdo con los parámetros definidos por el reglamento, las operaciones con UAS para el transporte de muestras y fármacos entre hospitales requieren una autorización operacional o que el operador disponga de un LUC. En este marco, la metodología SORA (Specific Operations Risk Assessment), desarrollada por JARUS (Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems) y adoptada

por EASA y AESA, se erige como el estándar de referencia porque es un proceso analítico que permite cuantificar los riesgos en tierra y en aire para determinar las medidas de seguridad necesarias. SORA actúa como un requisito burocrático y estructurado de la seguridad que garantiza que las operaciones de transporte sanitario y otras operaciones equiparables sean compatibles con la integridad del espacio aéreo y la seguridad de las personas en tierra. El pasado 29 de septiembre de 2025, EASA publicó la versión 2.5 de SORA como metodología válida para la evaluación de riesgos en operaciones en categoría específica. Esta versión introduce mejoras importantes para operaciones en entornos sanitarios y urbanos, ya que facilita su comprensión y aplicación por parte de los operadores y asegura un marco de evaluación de riesgos más proporcionado y transparente.

Estas novedades abren la puerta a operar con mayor seguridad jurídica y técnica en centros y hospitales siempre que se cumplan los requisitos establecidos porque permiten:

- Identificar qué zonas hospitalarias presentan un riesgo en tierra y en aire más bajo y, por tanto, un SAIL más asequible
- Definir las medidas de mitigación necesarias para cada entorno (rutas de vuelo, horarios, protocolos con SEM y ATC, etc.)
- Establecer una planificación de pruebas piloto más ajustada a la normativa vigente

En el próximo capítulo se presenta con más detalle la metodología SORA y se explica cómo aplicarla en el transporte de muestras y fármacos entre hospitales con drones. El análisis SORA y el cálculo del SAIL son las herramientas fundamentales para garantizar que los vuelos con drones en el sistema de Salud se realicen con seguridad, viabilidad reguladora y sostenibilidad operativa.

2.2.1 Metodología SORA (Specific Operations Risk Assessment)

La metodología SORA 2.5 consiste en aplicar un proceso iterativo para evaluar de forma holística la seguridad de la operación en función de la aeronave, el entorno y el tipo de operación.

Para empezar a utilizarla es necesaria una definición exhaustiva del Concepto de Operaciones (ConOps). En el contexto del transporte logístico sanitario esto implica describir no solo las características técnicas del dron (dimensiones, energía cinética, sistemas de navegación), sino también el diseño operacional:

- **Volumen de vuelo:** definición precisa de la geografía de la ruta entre centros sanitarios
- **Temporalidad:** horarios de vuelo (diurno/nocturno)
- **Naturaleza del vuelo:** operación automática BVLOS (Beyond Visual Line of Sight)

En cuanto a la evaluación de riesgos, SORA 2.5 mide el riesgo en dos ejes principales:

- Riesgo en tierra (GRC, *Ground Risk Class*): determina el riesgo intrínseco que tiene la operación de golpear a una persona no involucrada en caso de incidente o caída del dron durante la operación. La estimación del riesgo en tierra se lleva a cabo tomando como base dos parámetros:

- * La energía cinética de la aeronave, que depende de las dimensiones características máximas y de la velocidad máxima del dron empleado en el operativo (tabla 1)
- * El escenario de la operación, que definen la densidad poblacional dentro del volumen operativo y la zona de seguridad en tierra (*ground risk buffer*)

En la tabla 1 se muestra la metodología de cálculo del riesgo intrínseco en tierra que se define en el SORA 2.5. En esta tabla se introduce la información detallada de la aeronave y se vincula con la densidad de población (personas/km²) en el área de operación. El SORA 2.5 también incorpora una tabla con descriptores cualitativos de la densidad de población (tabla 2).

Máxima dimensión característica del UAS		1 m/ aprox. 3 ft	3 m/ aprox. 10 ft	8 m/ aprox. 25 ft	20 m/ aprox. 67 ft	40 m/ aprox. 130 ft
Densidad máxima de población iGRC (personas/km²)	Área controlada en tierra	1	1	2	3	3
	<5	2	3	4	5	6
	<50	3	4	5	6	7
	<500	4	5	6	7	8
	<5.000	5	6	7	8	9
	<50.000	6	7	8	9	10
	<50.000	7	8	No forma parte del SORA		
● Un UAS que pese menos o igual a 250 g y tenga una velocidad máxima inferior o igual a 25 m/s se considera que tiene un iGRC de 1, independientemente de la densidad de población. ● Un UAS que no se espera que penetre en una vivienda estándar obtendrá una reducción de -1 del GRC en la etapa 3 de la mitigación M1(A) de cobijo, siempre que no sobrevuele grandes agrupaciones de personas. Véase el anexo B del SORA 2.5 para más detalles.						

Tabla 1. Clase intrínseca de riesgo en tierra (iGRC) de los UAS

Población (personas/km ²)	Descriptor cualitativo	Descripción del área
Área en tierra controlada	Tierra controlada/ extremadamente remoto	Áreas controladas en las que las personas no autorizadas no pueden acceder. Áreas de difícil acceso (montañas, desiertos remotos, etc.), grandes masas de agua lejos de tráfico marítimo, donde es razonable no esperar que haya personas.
< 5	Remoto	Áreas en las que puede haber gente, como por ejemplo bosques, desiertos, grandes parcelas, etc. Áreas en las que aproximadamente podamos encontrar un pequeño edificio por cada km ² de tráfico marítimo, donde es razonable no esperar que haya personas.
< 50	Ligeramente poblado	Áreas de pequeñas granjas. Zonas residenciales con grandes parcelas (4 acres o 16.000 m ²).
< 500	Escasamente poblado/ residencial ligeramente poblado	Áreas formadas por viviendas y pequeñas empresas con grandes parcelas (1 acre o 4.000 m ²).
< 5.000	Suburbano/ baja densidad metropolitana	Zonas de casas unifamiliares en parcelas pequeñas, complejos de apartamentos, locales comerciales, etc. Puede contener varios pisos, pero generalmente deberían tener menos de 3 o 4 pisos.
< 50.000	Alta densidad metropolitana	Zonas en las que mayoritariamente hay edificios. El centro de la mayoría de ciudades. Áreas con densidad de rascacielos.
> 50.000	Concentraciones de personas	Las zonas más densas de las grandes ciudades. Grandes reuniones de personas como acontecimientos deportivos profesionales, grandes conciertos, etc.

Tabla 2. Descriptores cualitativos para la estimación de densidad poblacional

Una vez obtenido el GRC intrínseco, el operador puede aplicar mitigaciones estratégicas para reducir el nivel de riesgo final (tabla 3). En el caso del transporte de muestras y de farmacología sanitaria, las más relevantes son:

- **M1(B) Mitigación estratégica basada en restricciones operacionales:** sobrevolar

sobrevolar emplazamientos en horas poco concurridas para asegurar que la densidad real de personas durante la operación sea menor que la teórica.

- **M2 (Reducción efectos de impacto):** uso de paracaídas certificados para reducir la energía de impacto en caso de fallo crítico.

Mitigaciones para el riesgo en tierra	Nivel de robustez		
	Bajo	Medio	Alto
M1(A) - Mitigaciones estratégicas – Refugio	-1	-2	N/A
M1(B) - Mitigaciones estratégicas – Restricciones operacionales	N/A	-1	-2
M1(C) - Mitigaciones tácticas – Observación del suelo	-1	N/A	N/A
M2 – Se reducen los efectos de la dinámica de impacto del UAS	N/A	-1	-2

Tabla 3. Mitigaciones para la determinación final del GRCS

- **Riesgo en aire (ARC, Air Risk Class):** evalúa la probabilidad de conflicto y colisión con otras aeronaves usuarias del espacio aéreo. Se define según la altitud, el tipo de espacio aéreo (controlado/no controlado), la proximidad a aeródromos y el tipo de entorno (urbano/rural). En operaciones de transporte médico BVLOS este es a menudo el punto más crítico.

*** ARC inicial:** se determina según el espacio aéreo en el que se vuela (espacio aéreo controlado, entorno aeroportuario, etc.). Los niveles de ARC se clasifican de la a a la d en función de la probabilidad de que el dron se encuentre con otra aeronave durante la operación: a es una probabilidad negligible y d es una probabilidad alta (figura 1).

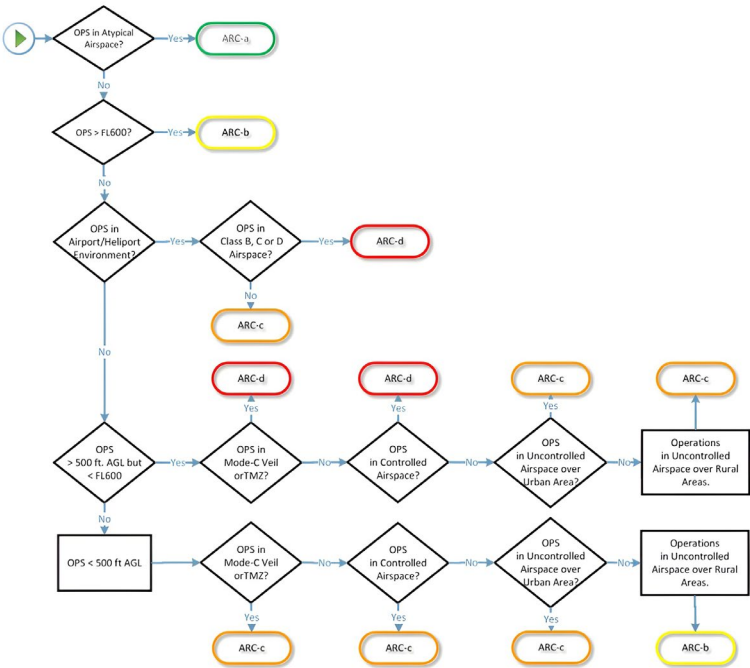


Figura 1. Árbol de decisión para determinar el riesgo en aire inicial

*** Mitigaciones estratégicas y tácticas:** para reducir el riesgo en aire es necesario implementar soluciones como rutas segregadas (estratégica) o sistemas *Detect and Avoid* (táctica) que permitan que el dron detecte otras aeronaves y las evite autónomamente.

La combinación del riesgo en tierra final, el riesgo en aire residual y las medidas de mitigación aplicadas da como resultado el **SAIL** (*Specific Assurance and Integrity Level*) que define el grado de riesgo de la operativa (tabla 4). El SAIL es un indicador que oscila

entre **I (riesgo bajo)** y **VI (riesgo muy alto)** y establece el nivel de requisitos técnicos, procedimentales y de formación necesarios para obtener la autorización de vuelo.

- **SAIL bajos (I-II):** operaciones de riesgo reducido con exigencias básicas.
- **SAIL medios (III-IV):** operaciones con mayor complejidad, que requieren procedimientos robustos y evidencias adicionales.
- **SAIL alts (V-VI):** operaciones cercanas a la categoría certificada, con elevados requisitos técnicos y de seguridad.

	Arc residual			
GRC final	A	B	C	D
≤ 2	I	II	IV	VI
3	II	II	IV	VI
4	III	III	IV	VI
5	IV	IV	IV	VI
6	V	V	V	VI
7	VI	VI	VI	VI
> 7		Categoría operacional C (certificada)		

Tabla 4. Determinación del SAIL

Tal y como establece el SORA 2.5, la determinación del SAIL no es un proceso independiente, sino que es el resultado de combinar el riesgo en tierra (GRC final) con el riesgo en aire (ARC residual). La interacción entre estos dos parámetros se articula en una mesa de decisión (tabla 7 de la guía oficial) que permite asignar el nivel de SAIL asociado a la operación propuesta. En el presente informe se ha incorporado esta información en la tabla 4, que muestra de forma clara cómo se determina el SAIL a partir del GRC final y el ARC residual.

A cada nivel de SAIL le corresponden una serie de objetivos de seguridad operacional (OSO),

que son los requisitos que el operador debe cumplir y demostrar ante la autoridad (tabla 5). Estos se dividen en:

- **Técnicos:** integridad del dron, diseño del software, sistemas de contención (*Geofencing*)
- **Operacionales:** manuales de operaciones, procedimientos de emergencia, listas de comprobación
- **Humanos:** formación teórica y práctica de los pilotos a distancia y personal de mantenimiento, adaptada a la complejidad del vuelo sanitario

OSO ID	Objetivo de seguridad operacional	SAIL						Dependencias (Referencias críticas según el anexo E del SORA 2.5)		
		I	II	III	IV	V	VI	Operador	Org. de formación	Diseñador
OSO#01	Garantizar que el operador es competente y/o probado	NR	L	M	H	H	H	X		
OSO#02	UAS fabricado por una entidad competente y/o probada	NR	NR	L	M	H	H			X
OSO#03	UAS mantenido por una entidad competente y/o probada	L	L	M	M	H	H	Crit. 1 Crit. 2		Crit. 1
OSO#04	Componentes del UAS esenciales para operaciones seguras diseñados según un estándar de diseño para aeronavegabilidad (ADS)	NR	NR	NR	L	M	H			X
OSO#05	UAS diseñado considerando la seguridad y fiabilidad del sistema	NR	NR ^c	L	M	H	H			X
OSO#06	Las características del enlace C3 son adecuadas para la operación	NR	L	L	M	H	H	X		X
OSO#07	Las características del enlace C3 son adecuadas para la operación	NR	L	L	M	H	H	Crit. 1 Crit. 2		Crit. 1
OSO#08	Procedimientos operativos definidos, validados y respetados	L	M	H	H	H	H	X		Crit. 1
OSO#09	Tripulación remota entrenada y actual	L	L	M	M	H	H	X	X	
OSO#13	Los servicios externos que soportan las operaciones del UAS son adecuados para la operación	L	L	M	H	H	H	X		
OSO#16	Coordinación de tripulación múltiple	L	L	M	M	H	H	Crit. 1 Crit. 2	Crit. 2	
OSO#17	Tripulación remota apta para operar	L	L	M	M	H	H	X		
OSO#18	Protección automática del entorno de vuelo contra errores humanos	NR	NR	L	M	H	H			X
OSO#19	Recuperación segura de errores humanos	NR	NR	L	M	M	H			X
OSO#20	Se ha realizado una evaluación de factores humanos y el HMI se ha considerado adecuado para la misión	NR	L	L	M	M	H	X		X
OSO#23	Condiciones ambientales para operaciones seguras definidas, medibles y respetadas	L	L	M	M	M	H	X		X
OSO#24	UAS diseñado y calificado para condiciones ambientales adversas	NR	NR	M	H	H	H			X

Según las guías, NR = *Not required* (no requerido) e indica que no es necesario demostrar el cumplimiento ante la autoridad competente; sin embargo, se alienta al solicitante a considerar el objetivo de seguridad operacional con un nivel de integridad bajo. L = *Low* (bajo); se indica cuando el objetivo es recomendado con robustez baja. M = *Medium* (medio) se indica cuando el objetivo es recomendado con robustez media. H = *High* (alto) se indica cuando el objetivo es recomendado con robustez alta.

Tabla 5. Objetivos de seguridad operacional (OSO) recomendados

2.2.2 La metodología SORA aplicada al transporte de muestras y farmacología con drones en Cataluña

La siguiente tabla muestra un ejemplo hipotético de aplicación de la metodología SORA 2.5 en el transporte de muestras y farmacología con drones.

Tal y como se indica en el capítulo de Alcance, se aplicará la metodología en el caso de una aeronave no tripulada de menos de 25 kg de MTOM, de hasta 3 metros de dimensiones características, velocidad máxima por debajo de 35 m/s y redundancia de sistemas de comunicación que opera en BVLOS dentro de la categoría específica (tabla 6):

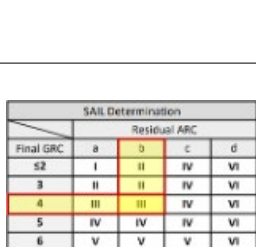
Componente de SORA	Descripción del escenario	Metodología	Resultado
1. Concepto de operaciones (ConOps)	Transporte de muestras de sangre/biológicas. BVLOS a baja altura (inferior a 120 m) entre el centro médico A y el centro médico B		Entorno: suburbano - densidad de población de hasta 5.000 hab./km²
2. Riesgo en tierra (GRC)	Dimensión característica del dron: de hasta 3 m de envergadura alar Entorno: suburbano - densidad de población de hasta 5.000 hab./km²		GRC intrínseco: 6
Mitigación GRC [M1(B)]	Sobrevolar zonas industriales o comerciales durante los fines de semana o horas no laborales		GRC 6 - 1 = 5
Mitigación GRC (M2)	Sistema de paracaídas certificado: reducción del riesgo en tierra (GRR) de aproximadamente el 90 % bajo las directrices SORA (integridad media)		GRC final 5 - 1 = 4
3. Riesgo en aire (ARC)	Tipo de espacio aéreo: vuelo por debajo de 500 ft AGL en espacio aéreo no controlado sobre zona urbana		ARC inicial: c
Mitigación ARC	Mitigación táctica (BVLOS): integración de un sistema DAA (Detect and Avoid) robusto y transpondedor ADS-B para detectar aviones tripulados		ARC final c -> b (Reducción por la capacidad demostrada de evitar colisiones)
4. Determinación del SAIL	Cálculo: GRC final x ARC final		4 x b = SAIL III

Tabla 6. Ejemplo de planificación de operativa de logística sanitaria

En el caso de uso operativo considerado con un GRC final de 4 puntos (5.000 personas/km²) y un riesgo en aire final de ARC-b, el nivel de

riesgo resultante es un SAIL III, que será el límite operativo considerado.

3.

Metodología

3.1 Indicadores

Para analizar la viabilidad del despliegue de vuelos con drones en el ámbito sanitario, este informe se ha basado en cinco dimensiones:

1) Asistencial; 2) Territorio; 3) Riesgo de la operativa; 4) Logística y 5) Coordinación de la operativa. Cada una de las dimensiones incorpora un conjunto de indicadores específicos. La selección y definición de estos indicadores se realizó en una sesión en línea participativa con representantes de las entidades participantes que permitió priorizar los indicadores más relevantes y consensuar los criterios de evaluación para conseguir una visión multidisciplinar y alineada con las necesidades reales del sistema sanitario.

1. Asistencial

Esta dimensión tiene el objetivo de analizar la estructura y las necesidades del sistema sanitario catalán identificando los principales nodos asistenciales y los flujos potenciales de transporte de muestras biológicas y materiales sanitarios.

1.1 Estructura territorial sanitaria

Este subapartado se centra en la identificación y distribución de los principales recursos asistenciales del sistema público de salud (SISCAT), como base para entender la cobertura territorial y las posibles necesidades de conectividad. Los principales indicadores de este subapartado son:

- Número y distribución de hospitales, centros de atención primaria (CAP) y consultorios locales (CL)
- Densidad y distribución de centros de salud
- Ubicación de las bases del SEM (helipuertos)

1.2 Flujos asistenciales y de muestras

Este subapartado analiza cómo se organizan los flujos de derivación y transporte dentro de la red sanitaria, con el objetivo de comprender qué puntos generan un mayor volumen de muestras o materiales que se deben transportar. Los principales indicadores utilizados en este subapartado son:

- Centros de referencia y relación con

centros asociados, para describir la jerarquía y los circuitos de transporte

- Volumen de muestras transportadas
- Ubicación de centros intermedios de centrifugación

2. Territorio

Esta dimensión analiza las características físicas y de infraestructura del territorio que pueden influir en la implementación y operativa de los servicios con drones.

Su objetivo es identificar las condiciones que pueden favorecer o limitar el despliegue de vuelos, tanto desde el punto de vista de la seguridad como de la viabilidad técnica y logística.

Se han considerado diversos aspectos del territorio que afectan directamente a la planificación de las rutas y la ubicación de los puntos de despegue y aterrizaje (y las futuras infraestructuras para el uso de UAS y vertipuertos). Los indicadores principales son:

- Densidad de población: para identificar zonas en las que es necesario aplicar mayores medidas de seguridad o restricciones de vuelo
- Orografía y características del terreno: para detectar obstáculos naturales y condiciones que pueden afectar a la trayectoria o estabilidad del vuelo
- Espacios naturales protegidos: incluye las zonas naturales protegidas y las zonas que forman parte de la Red Natura 2000 (zonas ZEPA y LIC/ZEC)
- Infraestructuras terrestres: incluye tanto las construcciones artificiales (por ejemplo, carreteras) como las infraestructuras verdes (ríos, pasillos naturales), que pueden actuar como ejes seguros para el tráfico aéreo de drones
- Infraestructuras portuarias, aeroportuarias y aeronáuticas: incluye la ubicación de los puertos comerciales y deportivos de la Generalitat de Catalunya, así como todas las infraestructuras aeroportuarias (helipuertos, aeródromos y aeropuertos)

3. Riesgo de la operativa

Esta dimensión evalúa el nivel de riesgo y la

factibilidad de las operaciones de vuelo con drones, tanto a nivel territorial como hospitalario.

El objetivo es identificar aquellas áreas y centros que permitan mantener la operativa dentro de márgenes de seguridad aceptables (SAIL III), de acuerdo con los criterios que establece la metodología SORA 2.5.

Para este análisis se han tenido en cuenta varios elementos territoriales y aéreos, como los mapas de densidad de población (GRC) a nivel de Cataluña, la estructura del espacio aéreo y la presencia de espacios de tráfico aéreo controlado (CTR), las instalaciones e infraestructuras críticas y las características físicas y de infraestructura de los hospitales. Dentro de esta dimensión se han definido dos indicadores principales:

- Riesgo en tierra, que evalúa la exposición poblacional y territorial asociada a una operación de vuelo, calculada a partir de la metodología SORA y expresada mediante el nivel de riesgo en tierra (GRC).
- Viabilidad de los hospitales, que integra el análisis del riesgo en aire (ARC), calculado en función de su localización respecto a zonas de CTR, su entorno (infraestructuras cercanas, zonas de exclusión de las centrales nucleares y edificios cercanos) y las características de las posibles zonas de despegue y aterrizaje en los propios centros.

Estos dos indicadores constituyen el núcleo del análisis del riesgo de la operativa. Se han marcado como límites operativos los GRC y ARC, que hacen que la operativa no supere un nivel SAIL III. Para poder visualizar de forma ágil los sectores en los que actualmente es más viable desplegar rutas, se ha creado una capa de la densidad de población distribuida en sectores de 1 km². Además, para poder visualizar de forma ágil los sectores en los que sería más complicado desplegar rutas estables se ha creado una capa con los sectores de 1 km² en los que la densidad de población es superior a 5.000 hab./km², densidad en la que el riesgo en tierra haría que cualquier operación con un dron de las características definidas en el Alcance superara un SAIL III y, por tanto, quedara fuera del escenario operativo planteado.

4. Logística

Esta dimensión analiza la viabilidad logística del uso de drones en comparación con el transporte rodado tradicional, teniendo en cuenta criterios de eficiencia, coste y sostenibilidad ambiental.

Su objetivo es valorar en qué contextos el transporte con drones puede representar una ventaja operativa o ambiental respecto a los sistemas convencionales.

- Distancia y tiempo medio de transporte: comparación entre las rutas por carretera y las rutas con dron para evaluar la ganancia potencial en rapidez y accesibilidad.
- Impacto ambiental: estimación de las emisiones de CO₂ y del consumo energético del servicio por carretera en relación con el transporte con dron.
- Mantenimiento de la cadena de frío: capacidad para conservar la temperatura y garantizar la calidad del producto durante el transporte, especialmente relevante en envíos sanitarios o farmacéuticos.

5. Coordinació de l'operativa

Según el artículo 2 del Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 de la Comisión, relativo a las normas y los procedimientos aplicables a la utilización de aeronaves no tripuladas, una zona geográfica de UAS es una parte del espacio aéreo establecida por la autoridad competente que facilita, restringe o excluye operaciones de UAS con el fin de gestionar los riesgos para la seguridad, la protección, la privacidad, la protección de datos personales o el medio ambiente.

En estos entornos, para llevar a cabo las operaciones de forma segura y eficiente, es necesaria una comunicación, declaración, petición de permiso o de coordinación operativa iniciada por parte del operador de UAS y dirigida a los diferentes organismos gestores y autoridades competentes del territorio que se ven afectados por el operativo.

Por esta razón, en este apartado se analizan las zonas con los elementos territoriales e institucionales que pueden influir en la

planificación y ejecución segura de las operaciones de drones. Esta tarea implica tener en cuenta varios factores clave antes y durante las misiones. Considerar estos elementos permite planificar mejor las rutas, identificar posibles restricciones y asegurar una integración óptima con las operaciones existentes de seguridad, emergencias y vigilancia, así como la integración segura de las aeronaves tripuladas y no tripuladas. Los indicadores principales en este apartado de la coordinación operativa son:

- Zonas naturales protegidas
- Bases de helicópteros de emergencia
- Ubicación de aeropuertos, helipuertos y futuros helipuertos de la red H24
- Ubicación de puertos comerciales y deportivos
- Redes de seguridad y emergencias (Mossos d'Esquadra, policías locales, Guardia Civil y cuerpos y fuerzas de seguridad y emergencias)
- La red de infraestructuras lineales (carreteras)

En este punto es importante matizar que las áreas de seguridad operacional que rodean a los helipuertos de la red de seguridad y emergencias no han sido representadas en los mapas porque se supone que los operativos planteados en este estudio dispondrán de las gestiones administrativas y burocráticas necesarias para hacer efectiva la coordinación entre infraestructuras del sistema de emergencias médicas y los operadores de UAS que ejecuten el caso de uso. De esta forma se quiere minimizar la carga visual de los mapas y de las zonas con restricciones o limitaciones y, a la vez, se quiere dar a entender que, a pesar de las limitaciones, se pueden transportar muestras y farmacología con drones cumpliendo el marco legal vigente.

Por otra parte, los mapas no incluyen la representación gráfica de:

- Las áreas de protección en torno a otros aeródromos y campos de aviación.
- Las zonas geográficas de UAS restringidas según la AIP, como el Parque Nacional de Aigüestortes y Estany de Sant Maurici (LER112) y el Parque Natural del Delta del Ebro (LER30).
- Las zonas geográficas de UAS restringidas al vuelo fotográfico.
- Las áreas en las que se pueden realizar actividades deportivas de carácter aeronáutico, como el paracaidismo.
- Los espacios aéreos temporalmente segregados (TSA por sus siglas en inglés de Temporary Segregated Area), que es el volumen de espacio aéreo de dimensiones definidas, establecido temporalmente para el uso exclusivo de actividades aeronáuticas específicas.

En todos estos espacios se da por sentado que las partes interesadas dispondrán de los mecanismos de comunicación y coordinación efectiva y administrativa para asegurar que las operaciones con drones se puedan llevar a cabo de acuerdo con el marco legal vigente.

3.2 Metodología de análisis de zonas

De acuerdo con los indicadores definidos en el apartado anterior y el escenario operativo planteado en este informe, se ha definido la siguiente metodología para seleccionar las zonas clave en las que se priorizará el despliegue de rutas en dron.

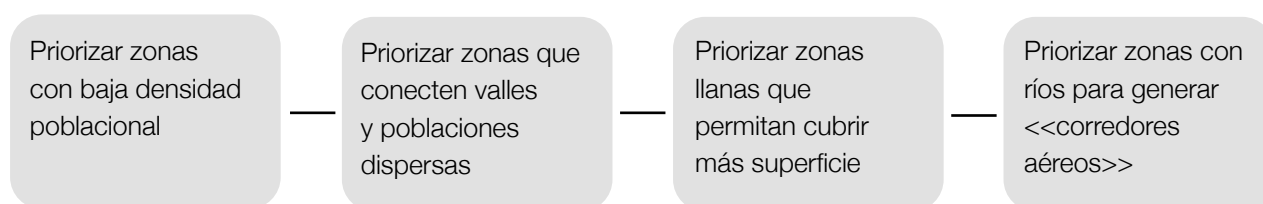


Figura 2. Criterios de priorización de zonas

Asimismo, se llevará a cabo una clasificación de los 69 hospitales y centros públicos de salud del SISCAT seleccionando como posibles

candidatos viables aquellos que cumplen los siguientes criterios operativos establecidos:

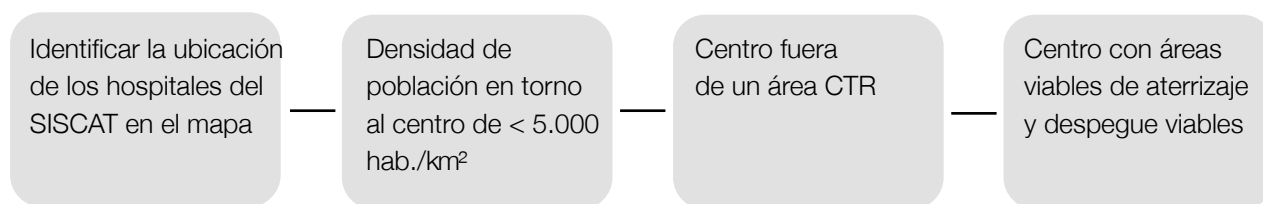


Figura 3. Criterios de selección de centros viables

En las zonas y regiones que cumplan los criterios anteriores se ampliará el análisis para incluir un estudio de la logística y el número de centros y el volumen asistencial de la zona.

El análisis se ha estructurado en varias fases sucesivas. Se ha comenzado con los indicadores de viabilidad territorial y de operativa, que permiten identificar las zonas candidatas más adecuadas para el despliegue de vuelos con drones en el ámbito sanitario.

A partir de estas zonas candidatas, se han analizado dos bloques adicionales de indicadores:

A partir d'aquestes zones candidates, s'han analitzat dos blocs addicionals d'indicadors:

- **Indicadores logísticos**, que permiten evaluar aspectos de la eficiencia potencial del transporte con drones en comparación con el transporte rodado, como el tiempo, la distancia, el consumo energético o las emisiones de CO₂.
- **Indicadores asistenciales**, centrados en la distribución y volumen de actividad de los centros sanitarios, el número de muestras gestionadas y la presencia de puntos intermedios de procesamiento.

Por último, se presentarán los indicadores complementarios para la coordinación operativa dentro de las zonas candidatas, que incluyen la ubicación de puertos, aeropuertos, helipuertos, parques naturales y redes de seguridad (Mossos d'Esquadra, policías locales, Guardia Civil, etc.). Estos elementos proporcionan una visión completa del contexto territorial y operativo necesario para planificar y ejecutar las rutas de vuelo de forma segura y eficiente.

3.3 Metodología para el análisis geográfico

Para poder analizar los datos geográficos y ubicaciones de las diferentes infraestructuras del territorio, el equipo del Área de Atención Digital Personalizada de la Fundació TIC Salut Social ha desarrollado una herramienta de análisis y visualización en forma de mapa dinámico e interactivo que permite escoger qué capas se desea mostrar. Este dinamismo permite comparar simultánea y visualmente diferentes variables o indicadores para identificar características de todo el territorio.

Hay diferentes mapas base. Se puede utilizar el más adecuado según la información que se quiera mostrar o destacar:

- Mapa neutro
- Mapa básico
- Mapa del satélite (con etiquetas)
- Mapa del satélite (sin etiquetas)
- Mapa topográfico
- Mapa administrativo

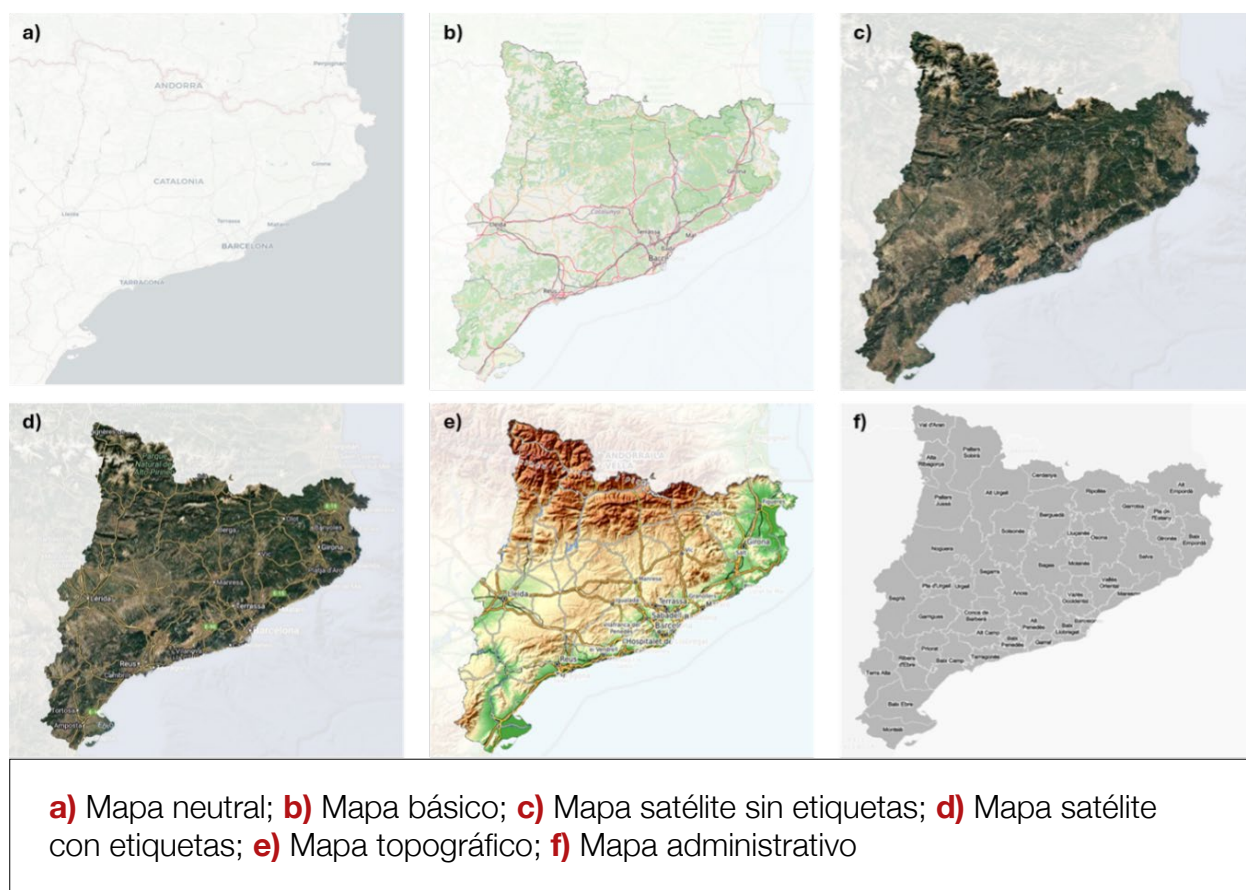


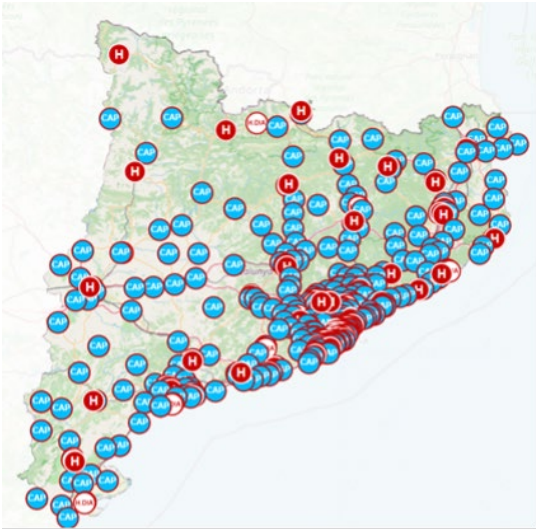
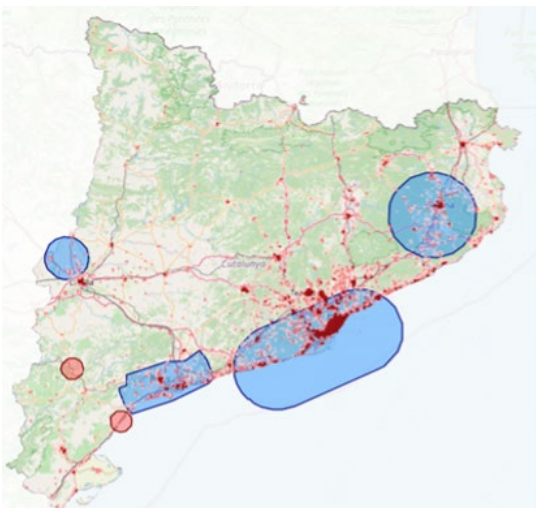
Figura 4. Diferentes mapas base que forman parte del mapa interactivo

Sobre estos mapas base se pueden añadir diferentes capas que pueden combinarse

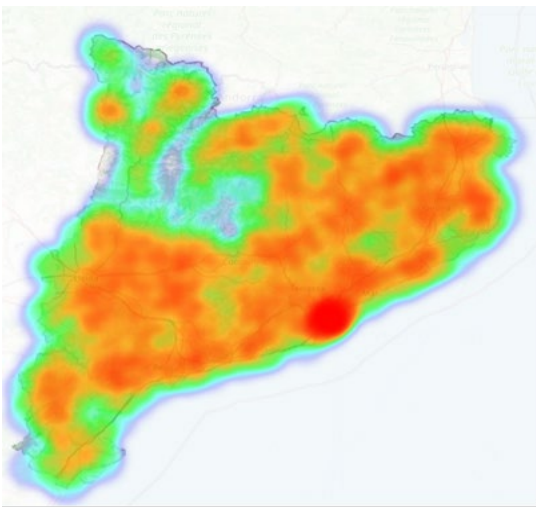
ilimitadamente y se pueden clasificar según la tabla 7.

Agrupación de las capas	Capas	Ejemplo de la agrupación
Geográficas administrativas	* Cataluña * Regiones sanitarias (RS) * Sectores sanitarios (SS) * Áreas básicas de salud (ABS) * Áreas de gestión asistencial (AGA) * Límites comarcales * Límites municipales * Población por comarcas	

Taula 7. Clasificación y ejemplificación de las capas incluidas en el mapa interactivo

Agrupación de las capas	Capas	Ejemplo de la agrupación
Asistenciales	* Hospitales * Centros de atención primaria (CAP) * Centros de urgencias de atención primaria (CUAP) * Hospitales de día socio-sanitarios * Consultorios locales (CL) * Capa con los hospitales viables* * Capa con los hospitales no viables*	
Territorio	* Espacios naturales protegidos * Red Natura 2000 * Cuencas internas de Cataluña * Ríos de Cataluña * Pendientes > 20 %	
Análisis del riesgo con drones	* Zonas aéreas con restricciones * Distribución de riesgo en tierra* * Sectores con densidad de población > 5.000 hab./km² *Densidad de población en sectores de 1 km²	

Taula 7. Clasificación y ejemplificación de las capas incluidas en el mapa interactivo

Agrupación de las capas	Capas	Ejemplo de la agrupación
Xarxes de seguretat civils	* Comisariats de policia local * Comisariats de Mossos d'Esquadra * Comisariats de Policia Nacional * Comisariats de Guardia Civil	
Infraestructuras	* Helipuerros del SEM * Otros helipuerros * Aerodromos y aeropuerros * Puertos de la Generalitat de Catalunya * Red de carreteras * Intensidad de tráfico por carreteras	
Densidades	* Densidad de los CAP * Densidad de los CL * Densidad de todos los centros de salud * Densidad de poblacion	

Taula 7. Clasificación y ejemplificación de las capas incluidas en el mapa interactivo

Todas las capas mencionadas se han elaborado a partir de datos procedentes de diversas fuentes tanto públicas como internas o generadas específicamente por este proyecto a través de colaboraciones con entidades especializadas. La lista de las fuentes de datos con las que se han desarrollado las capas del mapa se puede consultar en el anexo II.

Por último, se han añadido determinadas características funcionales específicas, en concreto, unos conectores que permiten diferentes acciones sobre el mapa, como hacer zoom, activar la ubicación del usuario o zonas de operación mediante la medida de distancias en línea recta o bien mediante la delimitación de áreas (polígonos, cuadrados, círculos o puntos), definidas a partir de una distancia máxima de operación desde diferentes puntos. Estas utilidades se pueden utilizar en casos reales de simulación de rutas para conocer las distancias entre puntos de interés, seleccionar los tipos de drones que se pueden utilizar en cada caso, definir las distancias aproximadas entre los distintos puntos de las rutas y mostrar en el mapa la superficie que pueden cubrir varios tipos de drones. La funcionalidad del zoom permite aprovechar las funciones responsivas de los mapas base para ver detalles geográficos o administrativos relevantes que muestran estas capas y tenerlos en cuenta cuando se calcula el trazado de una ruta.

Para facilitar la visualización de las zonas de interés en los mapas se ha aplicado un filtro blanco que desenfoca o atenúa las áreas que no quieren resaltarse. Se han creado varios filtros, cada uno pensado para responder a las necesidades específicas de este informe. Por tanto, se pueden crear un número ilimitado de filtros siguiendo la metodología de creación de los filtros ya creados. El mapa se ha programado en Python 3.13 y con las librerías Pandas y Folium 0.20.0. Esta última librería es la que permite generar un archivo HTML con el mapa para que sea dinámico, responsivo e interactivo. Algunas funcionalidades, como la presencia del logotipo de la Fundació TIC Salut i Social o la ventana de filtros, han sido programadas en Javascript directamente por las limitaciones de la librería Folium.

En el área de ADP el mapa se está utilizando habitualmente para identificar y comprobar la viabilidad de casos de uso de drones en el ámbito de la salud, medir distancias entre centros y planificar rutas en futuros proyectos.

4.

Resultados

Este apartado presenta los resultados del análisis del sistema asistencial, el territorio y el riesgo operativo de los hospitales del SISCAT, con el objetivo de identificar la distribución poblacional, la orografía y las restricciones operativas de Cataluña para determinar qué centros y zonas ofrecen mayor potencial operativo.

4.1 Asistencial: estructura territorial sanitaria (SISCAT)

La distribución de centros de salud en Cataluña muestra patrones territoriales diferenciados según la tipología de centro y la densidad poblacional. Los hospitales (figura 5a) están distribuidos de forma bastante uniforme excepto en las zonas del Prepirineo y los Pirineos occidentales, donde la orografía accidentada limita la cobertura sanitaria, y en el área metropolitana de Barcelona y poblaciones circundantes, donde existe una alta densidad, incluidos los principales centros de referencia.

En zonas más alejadas de los hospitales hay centros sanitarios de atención primaria

que contribuyen a garantizar una cobertura asistencial, aunque sea a menor escala.

Analizando los CAP, la mayor concentración se encuentra en el área de Barcelona y sus alrededores, el Vallés Occidental y el Vallés Oriental, Girona, Manresa, la costa del Garraf y el Camp de Tarragona. El resto de CAP están distribuidos de forma bastante uniforme en la mitad oriental de Cataluña, siguiendo la línea sur-norte que marca la C-16 (figura 5b).

En la vertiente suroeste de Cataluña (comarcas de la Ribera d'Ebre, el Priorat, la Conca de Barberà y Les Garrigues) y en las regiones de Lleida, el Alt Pirineu i Aran, los CAP solo se encuentran en los principales núcleos de población.

En cuanto a la distribución de los CL, la principal concentración se encuentra en cinco áreas: el Empordà, la Plana d'Urgell, el Alt Penedès, la zona del norte de Tarragona y el Priorat. También hay concentración de centros en la plana de Vic (figura 5c). En conjunto, estos datos muestran que, a pesar de la concentración de hospitales en grandes núcleos, la atención primaria contribuye a garantizar una cobertura territorial más homogénea, especialmente en áreas periféricas.

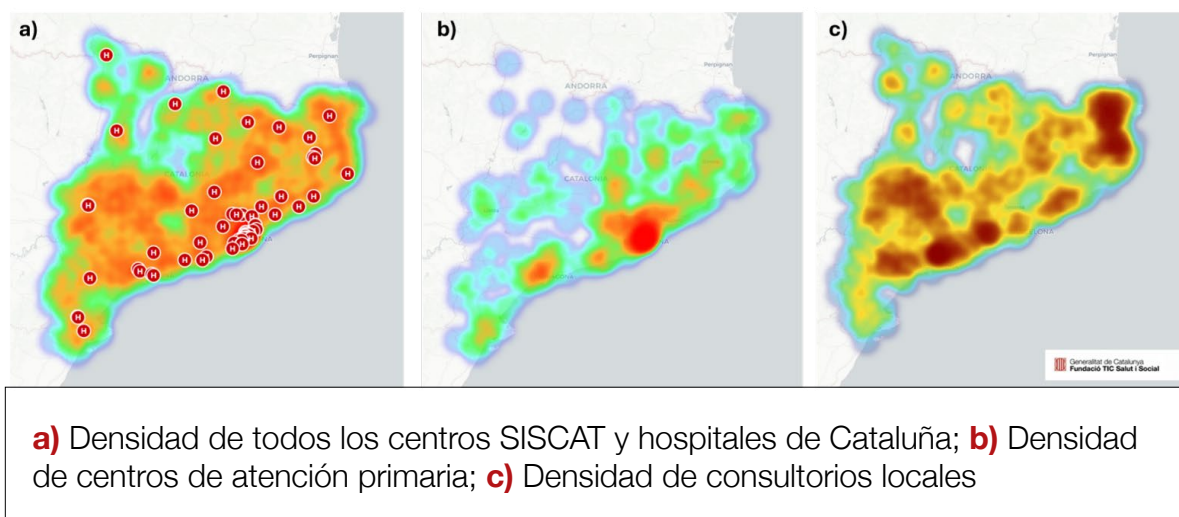


Figura 5. Densidad y distribución de los centros de salud en Cataluña

Por otra parte, la distribución de las bases del SEM se concentra principalmente en los grandes hospitales de referencia de Barcelona, Mataró, Reus, Tarragona, Girona, así como en algunos comarcas como los de Móra d'Ebre, Tortosa o Tremp. También existen bases en puntos fuera

de los hospitales, como en el caso de la base de Vilaller. Esta configuración evidencia que el territorio cuenta con una buena cobertura operativa del SEM, especialmente en las Terres de l'Ebre, en la zona del Pallars y la Ribagorça, en el Camp de Tarragona y en la zona de Girona (figura 6).

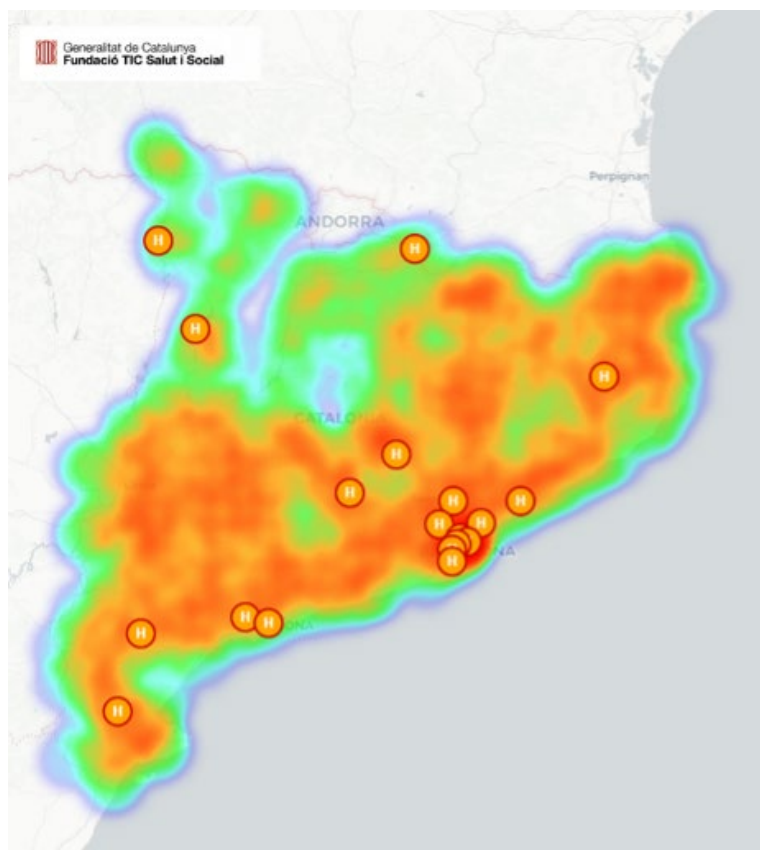


Figura 6. Distribución de las bases del SEM

El mapa de la figura 4 muestra la red actual de helipuertos del SEM. Se espera que en los próximos años la red crezca gracias al acuerdo de Gobierno GOV/126/2025, de 13 de mayo, por el que se aprueba la estrategia de helipuertos de emergencias H24 de la Generalitat de Catalunya. Esta estrategia tiene como objetivo principal establecer y desarrollar una red de helipuertos de emergencia capaces de operar las 24 horas del día (H24) en todo el territorio catalán con el fin de reforzar la capacidad operativa aérea del Gobierno de Cataluña. La implementación de esta red pretende mejorar significativamente la accesibilidad y el tiempo de respuesta de los servicios de emergencias, especialmente los sanitarios y de protección civil, garantizando la máxima eficiencia en el traslado y la atención a las personas. Estos nuevos helipuertos territoriales se establecerán en las siguientes áreas:

La Alta Ribagorça, el Pallars Sobirà, el Pallars Jussà, el Alt Urgell, la Cerdanya, el Ripollès, la Garrotxa, el Alt Empordà, la Selva, el Berguedà, el Solsonès, el Moianès, la Noguera, la Segarra, Les Garrigues, la Conca de Barberà, la Anoia,

el Baix Camp, la Ribera d'Ebre, la Terra Alta, el Baix Ebre y el Montsià.

4.2. Territorio

Los resultados se muestran en el mapa interactivo, en el que se pueden visualizar los diferentes indicadores territoriales que permiten analizar las zonas y regiones en las que las operaciones son más viables y el transporte aéreo supone una ventaja respecto al transporte rodado. Esta representación facilita la identificación de zonas óptimas para el vuelo, garantizando la seguridad y la eficiencia de las misiones.

4.2.1 Densitat de població

El mapa de densidad de población de Cataluña muestra una gran densidad de población y, por tanto, una concentración de núcleos urbanos, en el área metropolitana de Barcelona, el Empordà, las áreas de Tarragona-Reus y el Baix Penedès. Estas zonas tienen una prioridad menor porque las rutas implicarían un mayor riesgo operativo.

En toda la plana de Urgell y la Cataluña Central se observa una distribución bastante uniforme de la población. En esta zona destaca una concentración de población en la comarca de Osona. Por último, se aprecia una baja

densidad de población en la zona del Prepirineo y el Pirineo occidental. En estas áreas la población se concentra en las zonas de los Pallars, Alt Urgell y Vall d'Aran (figura 7).

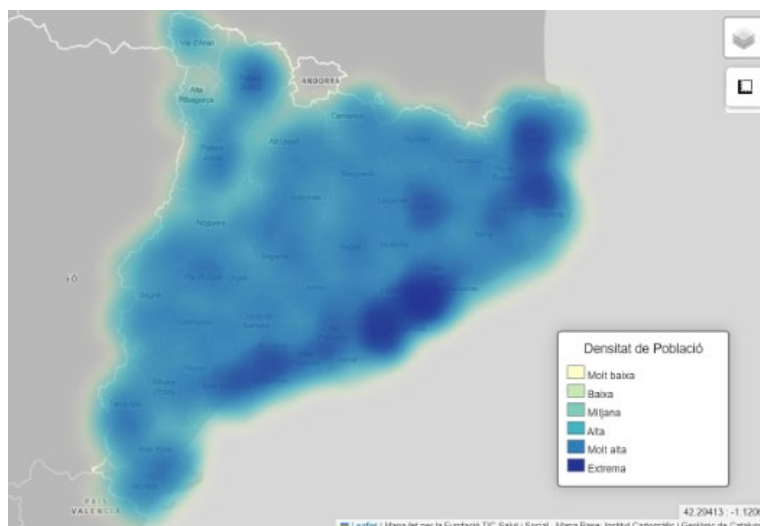


Figura 7. Mapa de densidad de población en Cataluña

4.2.2 Orografía y características del terreno

La variedad de paisajes y actividades que conviven en Cataluña, que incluye desde zonas urbanas de alta densidad hasta áreas rurales o naturales, condiciona la idoneidad de cada territorio para el uso de drones. El territorio catalán queda segmentado por los principales sistemas montañosos que cruzan el territorio: los Pirineos, el Prepirineo, la cordillera Prelitoral y la cordillera Litoral.

En primer lugar, es interesante centrar el análisis en estos dos últimos sistemas montañosos. Los principales núcleos urbanos de Cataluña están en el litoral y en el espacio que hay entre la cordillera Litoral y la Prelitoral.

En la zona más al sur del litoral se abre la llanura en torno a los núcleos de Tortosa, Amposta y el delta del Ebro. Se trata de una zona llana con un relieve poco accidentado y, por tanto, con interés operativo.

Por encima de la cordillera Prelitoral se encuentran las principales zonas llanas de Cataluña. La llanura de poniente al oeste, las mesetas centrales (zona de Manresa) y la plana de Vic. Son zonas con un relieve más suave

y, por tanto, con operativas que permiten generar un volumen de rutas más alto. Al este de la plana de Vic, y separada por la cordillera Transversal, se abre la plana del Empordà al norte y el área de Girona al sur.

Al norte de las llanuras comienza toda el área que cubre el Prepirineo y las áreas con un relieve más accidentado y, por tanto, en el que el uso de un medio aéreo supone una ventaja, ya que permite salvar los desniveles de forma más suave y evitando curvas. El Prepirineo oriental, al este del valle del Segre y por encima de las mesetas centrales y la plana de Vic, lo forman las comarcas del Solsonès, el Berguedà, el Ripollès y la Garrotxa, que se extienden hasta las vertientes más altas de los Pirineos orientales.

La vertiente occidental del Prepirineo está constituida por el Pallars, el Alt Urgell y la Alta Ribagorça, las regiones que quedan entre la cordillera del Montsec y los Pirineos axiales. Por último, las dos zonas más septentrionales de Cataluña son el valle de la Cerdanya, situado al sudeste de Andorra y que se extiende hacia Francia, y la Vall d'Aran, el único territorio que queda en el norte de los Pirineos axiales y que, por ello, tiene el acceso más complicado de Cataluña.

En síntesis, el análisis de la orografía y la densidad de población nos permite priorizar dos zonas: en primer lugar, la llanura de poniente (Lleida), la plana de Vic y las Terres de l'Ebre (de Tortosa al delta del Ebro), que son zonas llanas en las que se pueden definir un volumen elevado de rutas; en

segundo lugar, las zonas que están atravesadas por la cordillera del Prepirineo (de la Alta Ribagorça como zona más occidental hasta la Garrotxa como zona más oriental), que son zonas en las que el transporte aéreo permitiría interconectar los valles y los núcleos de montaña dispersos (figura 8).

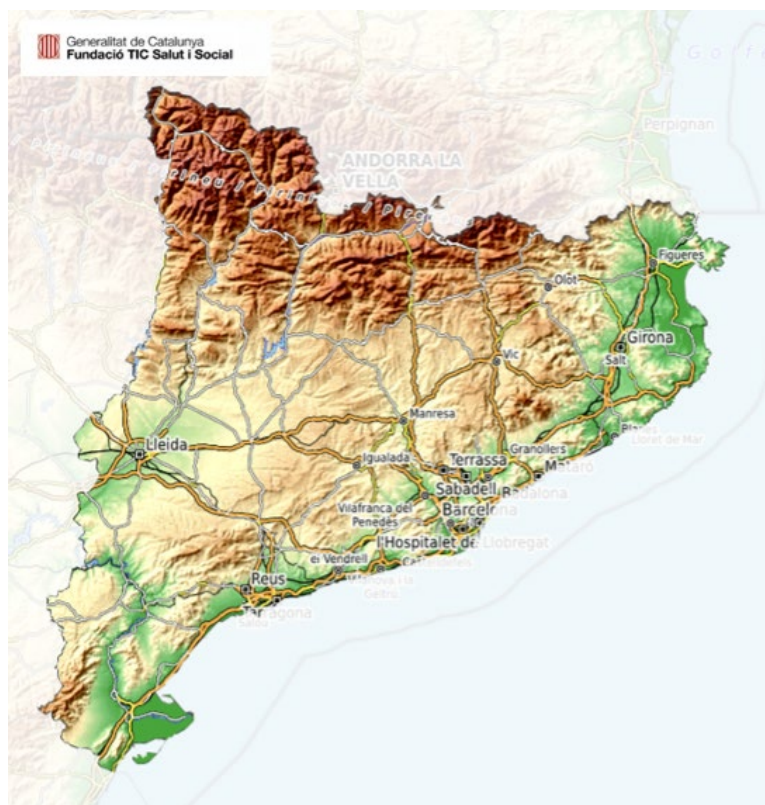


Figura 8. Orografía de Cataluña

4.2.3 Infraestructuras

Para determinar la viabilidad operativa de las rutas con drones, se ha analizado todo un conjunto de infraestructuras de Cataluña: infraestructuras fluviales (ríos y rieras), infraestructuras terrestres (carreteras) e infraestructuras portuarias, aeroportuarias y aeronáuticas (helipuertos, aeródromos y puertos). En todos los casos, la prioridad es evitar zonas con presencia de personas o vehículos para favorecer a corredores seguros y de baja interacción con terceros.

i) Infraestructuras fluviales

Els rius i canals de Catalunya presenten, Los ríos y canales de Cataluña presentan, por lo general, un tráfico muy bajo o inexistente de embarcaciones, exceptuando el tramo final del Ebro y zonas con actividades acuáticas

puntuales. Esto convierte a los recursos fluviales en buenos corredores operativos, ya que garantizan vuelos sobre zonas sin circulación habitual de personas (figura 9a).

La red fluvial de Cataluña se divide en:

- **Cuencas internas:** cubren la zona Llobregat-Cardener (eje norte-sur), el sistema del Ter y afluentes que atraviesan Osona, Girona y el Baix Empordà.
- **Cuencas externas:** Noguera Ribagorçana, Noguera Pallaresa y Segre, que desembocan en el Ebro, y el propio río Ebro en el sur de Cataluña.

ii) Infraestructuras terrestres

El análisis de la distribución del tráfico en Cataluña permite comprobar los principales puntos de concentración de tráfico y, por tanto,

las zonas en las que la presencia de carreteras con alto IMD complicaría la operativa. El indicador clave para evaluar rutas seguras es la intensidad media diaria (IMD): cuanto menor es la IMD, menor es la probabilidad de sobrevolar vehículos y, por tanto, personas (figura 9b).

Los principales puntos con alta intensidad de tráfico y que, por tanto, hay que evitar son:

- Área metropolitana de Barcelona y las principales vías de acceso
- AP-7, que recorre el prelitoral de norte a sur y concentra los valores más altos de IMD
- Nudos de Manresa, Vic y Girona-Figueras
- Carretera del Maresme (Barcelona-Blanes) y
- A-2 entre Barcelona y Lleida
- AP-2 y los enlaces con el Vendrell y el Tarragonès

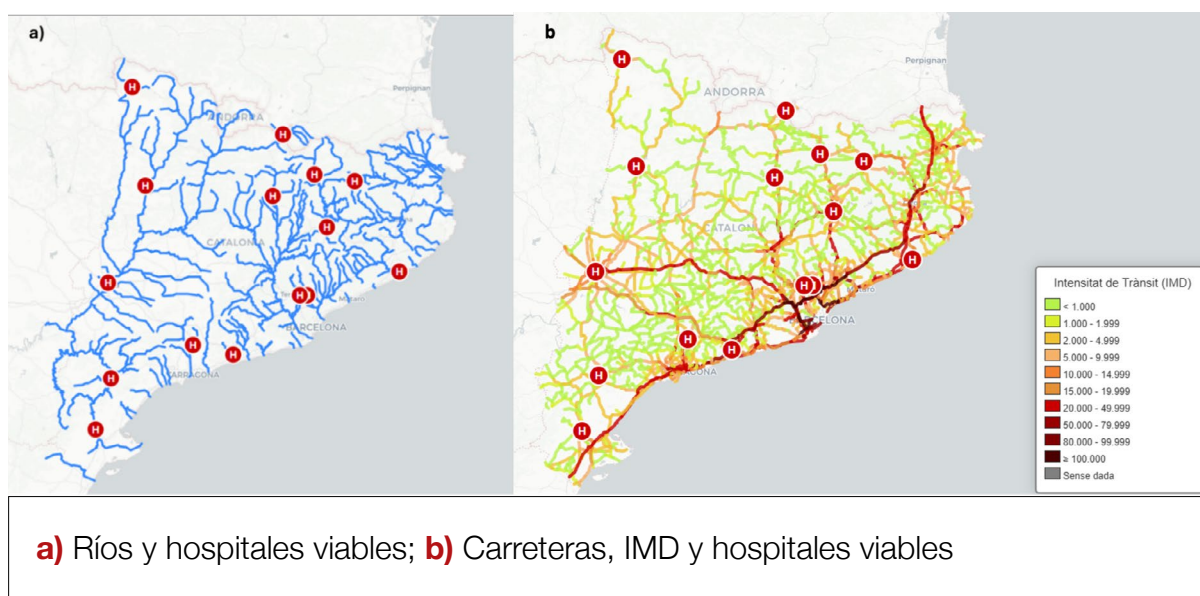


Figura 9. Mapa de las infraestructuras fluviales y terrestres de Cataluña

ii) Infraestructuras portuarias, aeroportuarias y aeronáuticas

Esta red incluye puertos comerciales y deportivos, aeródromos y aeropuertos, helipuertos del SEM y helipuertos eventuales (bomberos, estaciones de esquí). Los puertos se encuentran distribuidos de forma continua a lo largo de toda la costa y en el tramo final del Ebro. Esta distribución permite plantear operativas logísticas en las que se realice parte de la ruta por tierra y parte por agua. También permite plantear la interconexión de los centros con los puertos.

Los aeropuertos y los aeródromos proporcionan zonas de tráfico aéreo controlado (excepto las instalaciones bajo CTR estricta) y reducen el riesgo de conflicto con aeronaves no controladas. Están distribuidos por todo el territorio excepto en el Alt Pirineu, con presencia destacada solo en la Seu d'Urgell y en la Cerdanya.

Los helipuertos se presentan en una alta concentración en el área metropolitana de Barcelona, en la zona de Reus-Tarragona, en Girona y en los principales núcleos del río Ebro (Móra d'Ebre, Tortosa, Amposta). En el resto del territorio, especialmente en el Prepirineo y en el Pirineo, destacan los helipuertos eventuales vinculados a estaciones de esquí. También hay puntos relevantes en Lleida y en la Costa Brava.

*Las zonas de CTR se representan con áreas azules

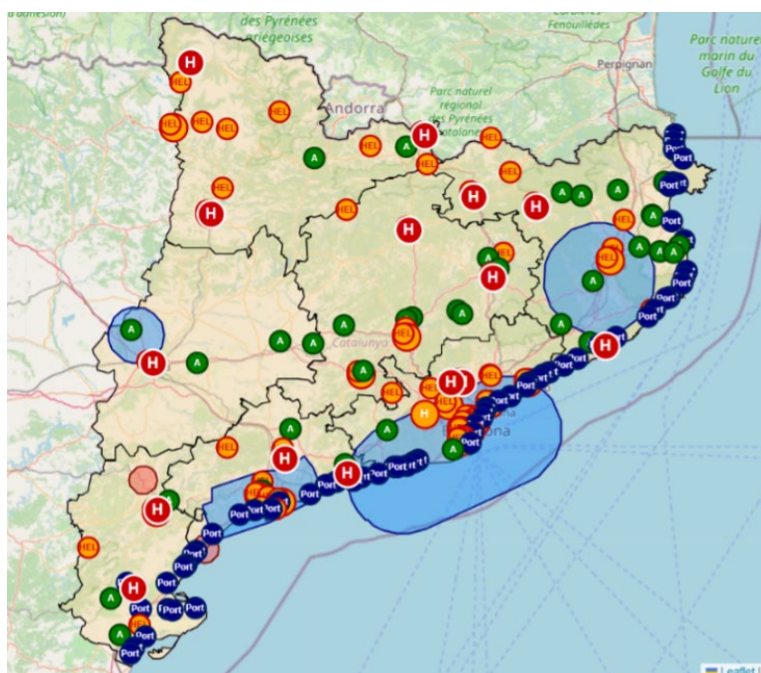


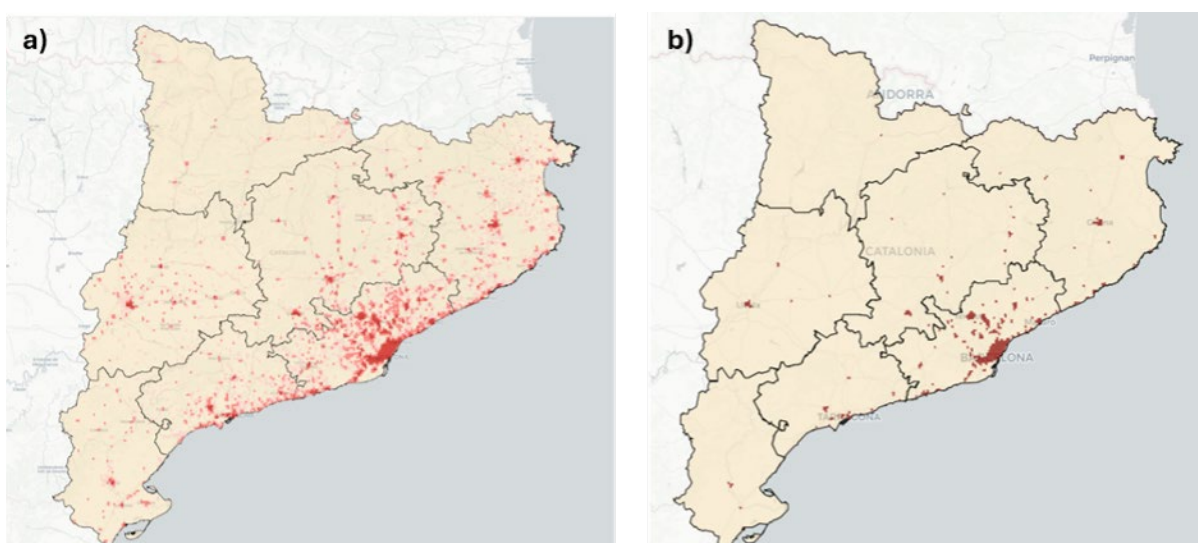
Figura 10. Infraestructuras portuarias, aeroportuarias y aeronáuticas de Cataluña

4.3. Indicadores de riesgo operativo

4.3.1 Riesgo en tierra (GRC)

Para visualizar la viabilidad operativa y territorial de las operaciones de drones, se han generado

dos representaciones del riesgo en tierra en Cataluña. La primera muestra la distribución del riesgo en tierra (la densidad de población en sectores de un km²) e indica las regiones sanitarias y los hospitales existentes. La segunda imagen muestra las áreas en las que la densidad poblacional es superior a 5.000 hab./km² (figuras 11a y 11b, respectivamente).



a) Riesgo en tierra en Cataluña (sectores de habitantes/km²); **b)** Riesgo en tierra (sectores con > 5.000 hab./km²)

Figura 11. Riesgo en tierra en Cataluña y zonas con una densidad de población superior a 5.000 hab./km²

En la primera imagen (figura 11a) se puede observar cómo las áreas con sectores de alta densidad de población se concentran en las principales poblaciones. En este mapa se puede observar cómo los sectores con una densidad de población superior a 5.000 hab./km² se concentran en las poblaciones que forman parte del área metropolitana de Barcelona, gran parte de la costa y las capitales provinciales y regionales. En el segundo mapa (figura 11b), en el que se destacan las zonas restringidas operativamente, se muestra que solo queda fuera del escenario operativo planteado el área de alrededor de Barcelona, así como los centros de las principales poblaciones de Cataluña.

4.3.2 Viabilidad de los hospitales

La viabilidad operativa de los hospitales de Cataluña se ha evaluado combinando varios factores clave: el riesgo en tierra (GRC), la proximidad a zonas CTR (control del tráfico aéreo) y la infraestructura hospitalaria disponible para el despegue y el aterrizaje de drones.

En una primera fase se ha analizado el riesgo en tierra de cada hospital y se ha identificado a los hospitales que cumplen los criterios generales de seguridad para operar sin superar un nivel de riesgo elevado. En total, 28 hospitales cumplen las condiciones mínimas de viabilidad en lo que se refiere al riesgo en tierra.

Posteriormente se han aplicado criterios aéreos relacionados con las zonas CTR (espacios aéreos controlados), que limitan o impiden determinadas operaciones con drones (figura 12).

- Región sanitaria de Barcelona: la presencia de la CTR de Barcelona excluye a la mayor parte de los hospitales de la región; solo Sabadell y Terrassa se mantienen como viables.
- Región sanitaria de Tarragona: la CTR de Reus afecta a los hospitales Joan XXIII, Sant Joan de Reus y Sant Camil; se mantienen Valls y El Vendrell como opciones operativas.
- Región sanitaria de Girona: la CTR de Girona excluye a los hospitales Dr. Josep Trueta e ICO Girona.

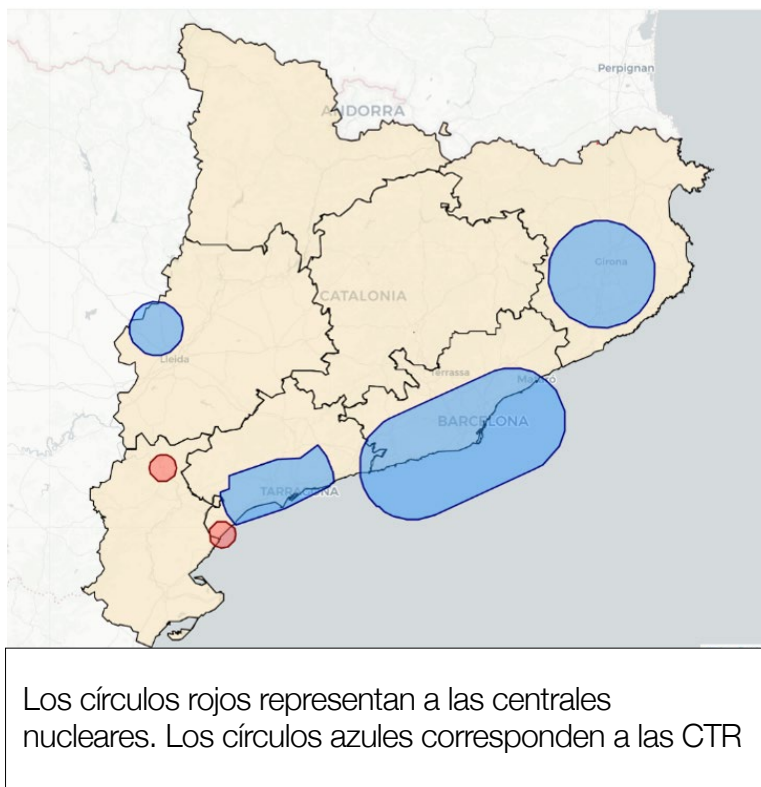


Figura 12. CTR y centrales nucleares

Por último, se han valorado los entornos inmediatos de los hospitales, considerando sus características físicas y de infraestructura. En este punto, por ejemplo, la Seu d'Urgell queda descartada debido a las limitaciones de su entorno urbanístico y topográfico.

Una vez aplicados todos estos criterios —riesgo en tierra, CTR e infraestructura— se obtiene un total de 15 hospitales viables en los que la operativa planteada en los puntos de despegue y aterrizaje no supera un SAIL III (figura 13).

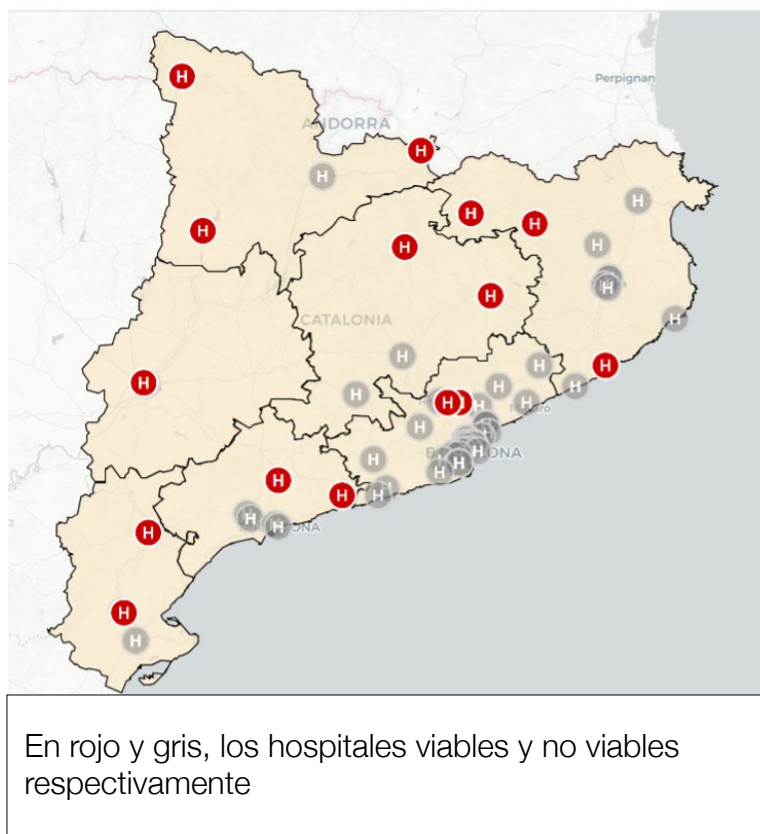
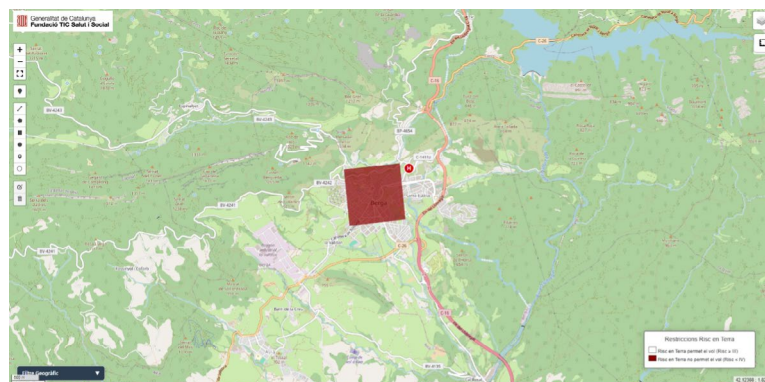


Figura 13. Hospitales viables y no viables en toda Cataluña después de la aplicación de los criterios correspondientes

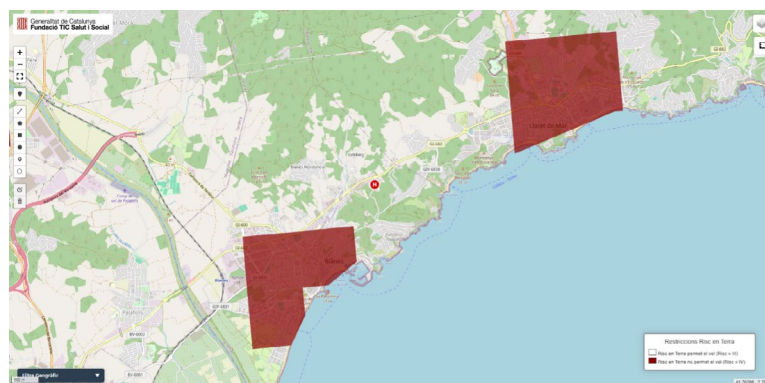
En la figura 14 se puede observar el entorno de los 15 hospitales viables y se muestran los sectores con más de 5.000 hab./km² que deberían evitarse en las rutas que se definan con origen y destino en los centros porque son los sectores en los que la operación con drones superaría un SAIL III.

Es necesario destacar que, en el caso particular del Hospital Verge de la Cinta de Tortosa (figura

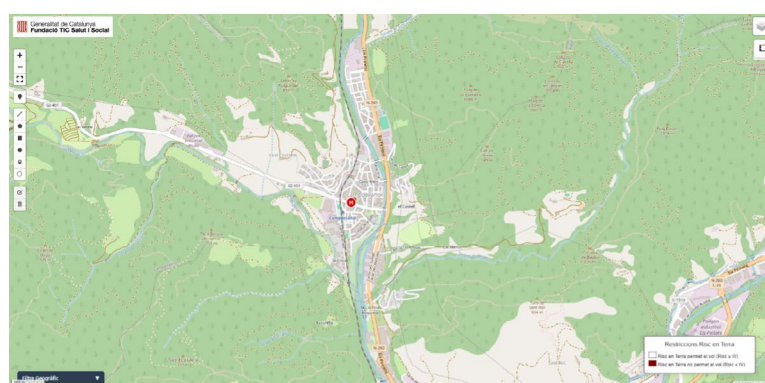
14i), la densidad del sector es de 5.009 hab./km². Aunque se encuentra por encima del límite marcado de 5.000 hab./km² aparece en la parte del sector con menor población, y la metodología SORA 2.5 permite definir sectores de dimensiones más reducidas (> 400 m² en alturas máximas de 305 m AGL y > 200 m² en alturas máximas de 152 m²).



a) Hospital Comarcal Sant Bernabé (Berga)

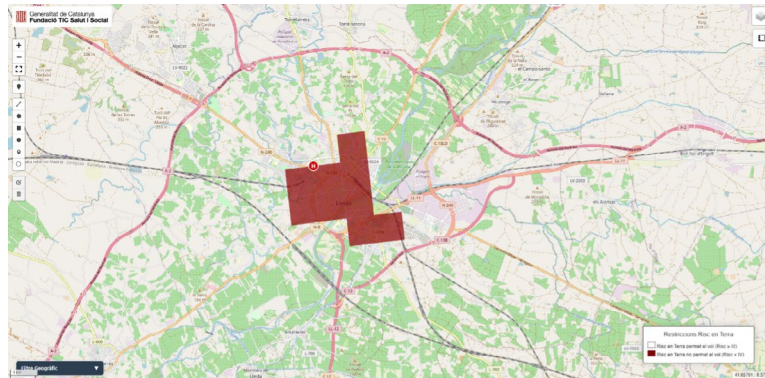


b) Hospital Comarcal de Blanes (Blanes)

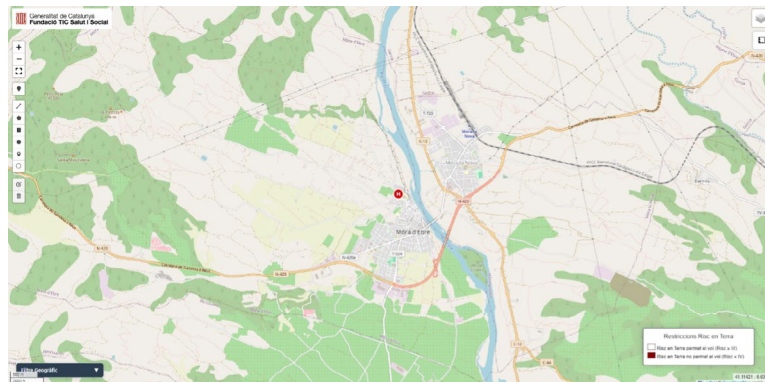


c) Hospital de Campdevàrol (Campdevàrol)

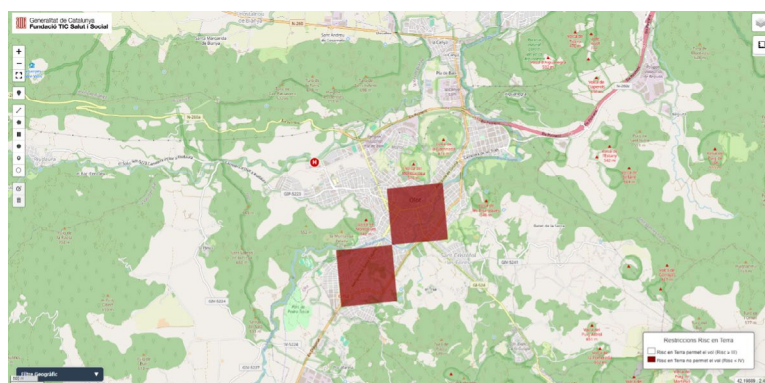
Figura 14. Visión detallada de los hospitales viables en Cataluña



d) Hospital Arnau de Vilanova (Lleida)

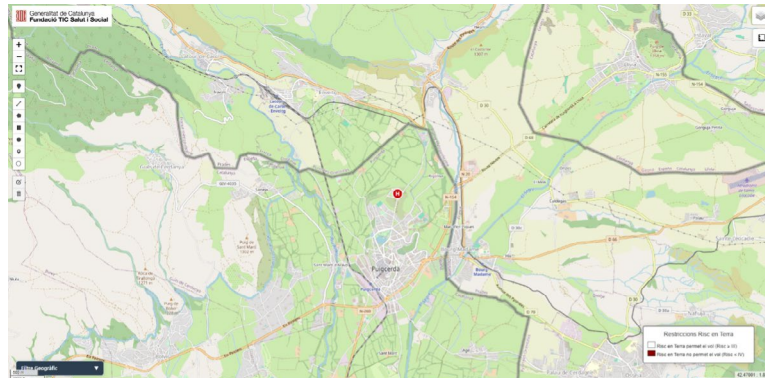


e) Hospital Comarcal de Móra d'Ebre (Móra d'Ebre)

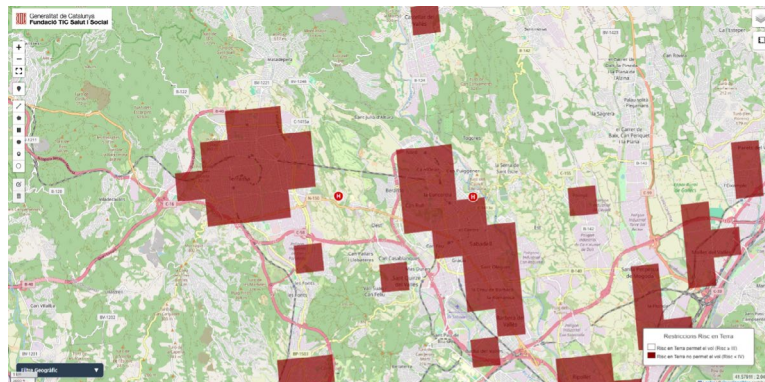


f) Hospital d'Olot i Comarcal de la Garrotxa (Olot)

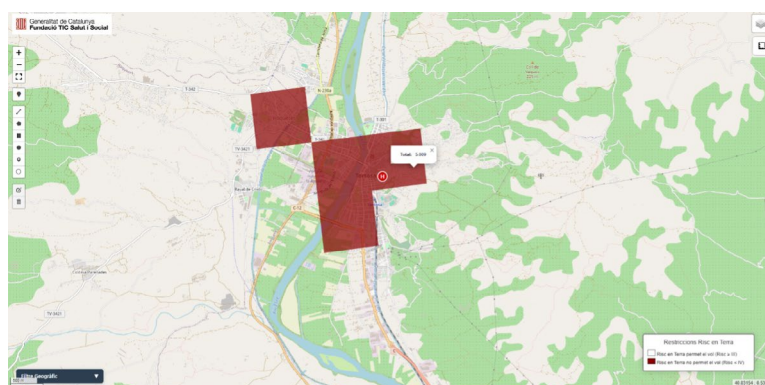
Figura 14. Visión detallada de los hospitales viables en Cataluña



g) Hospital transfronterer de la Cerdanya (Puigcerdà)

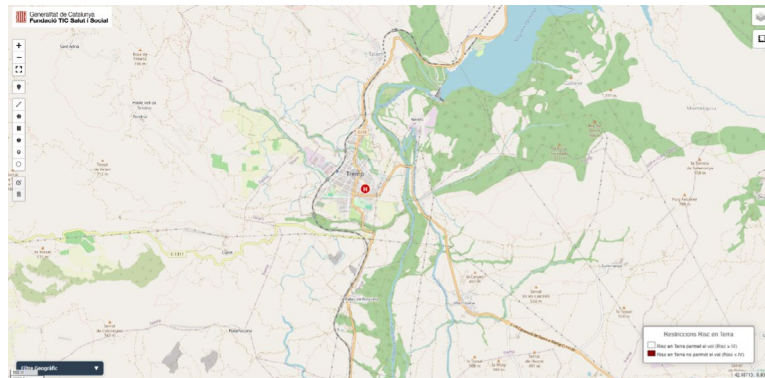


h) Hospital de Terrassa (esquerra) i Hospital de Sabadell (dreta)

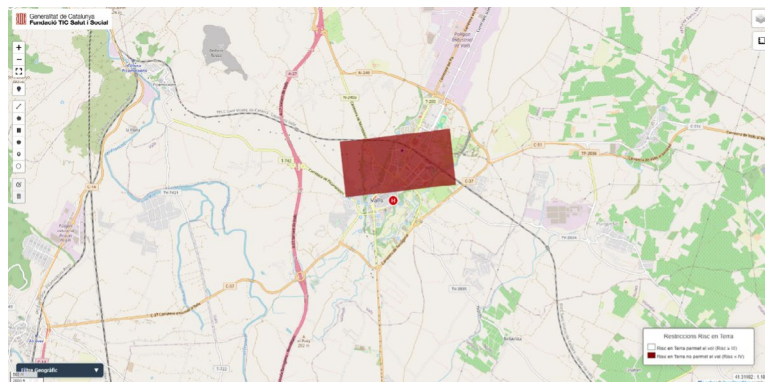


i) Hospital Verge de la Cinta (Tortosa)

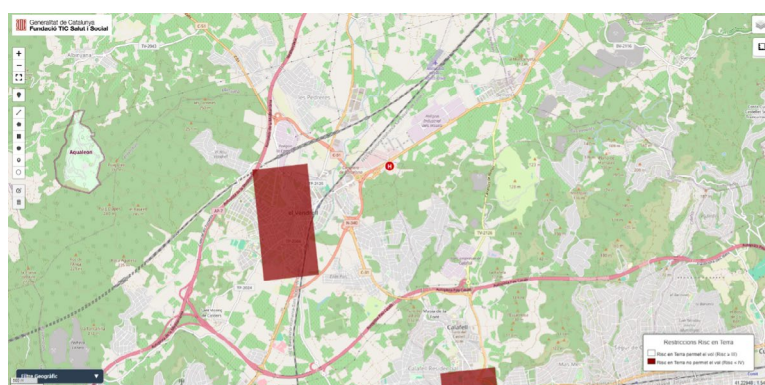
Figura 14. Visión detallada de los hospitales viables en Cataluña



j) Hospital Comarcal del Pallars (Trep)

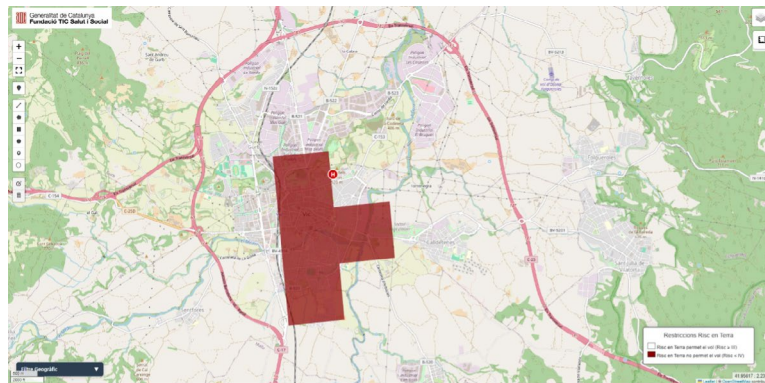


k) PIUS Hospital de Valls (Valls)

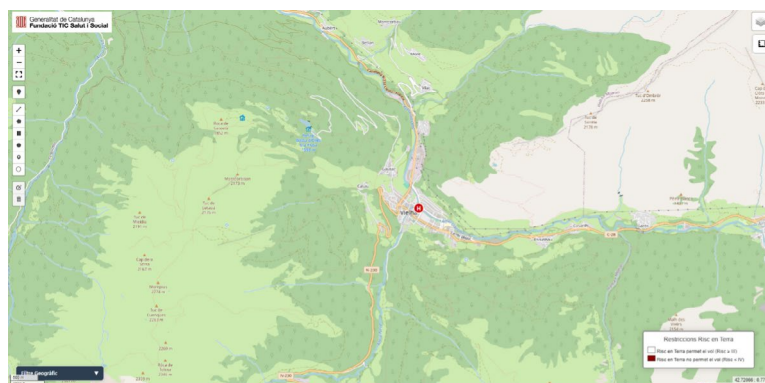


l) Hospital del Vendrell (Vendrell)

Figura 14. Visión detallada de los hospitales viables en Cataluña



m) Hospital de Vic (Vic)



n) Espitau de la Val d'Aran (Vielha)

Figura 14. Visión detallada de los hospitales viables en Cataluña

5.

Zonas Candidatas

Analizadas las dimensiones asistencial, territorial y de riesgo operativo, se han identificado los hospitales de las zonas candidatas con mejores condiciones para el despliegue de rutas con drones en el ámbito de la salud. Estos territorios combinan entornos asistenciales diversos con contextos geográficos y operativos favorables, lo que los convierte en opciones sólidas para iniciar pruebas piloto.

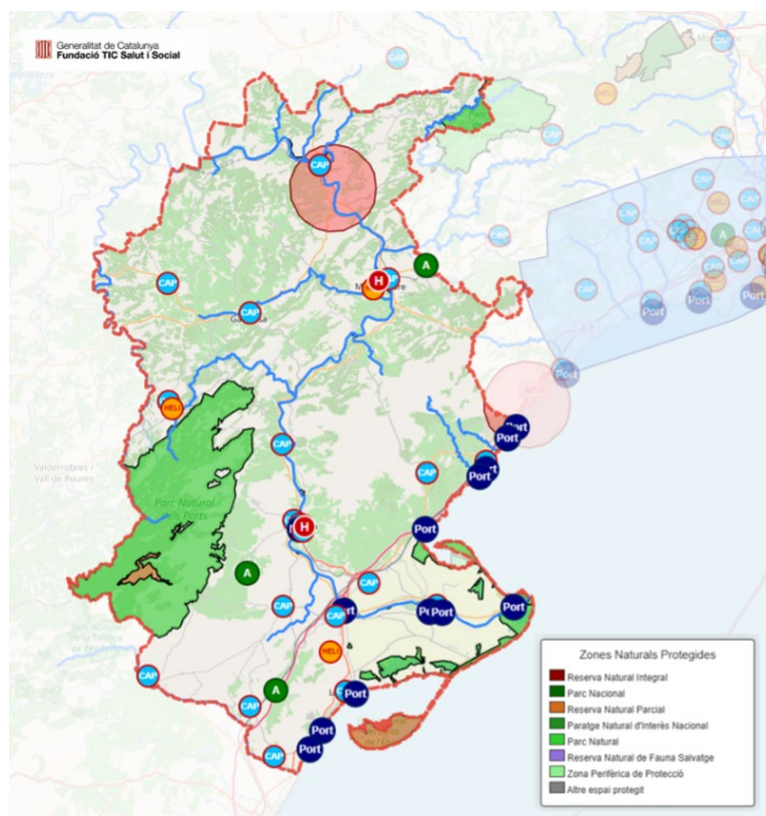
Además, en un futuro estas zonas podrían convertirse en escenarios para la implantación de rutas estables que den respuesta a necesidades específicas del territorio, aprovechando la tecnología de los drones de forma adaptada a las particularidades de cada área (figura 15).



Figura 15. Solo helipuertos y hospitales (viables)

A continuación, para cada una de las regiones candidatas, se detalla la localización geográfica y los principales elementos territoriales asociados a la operativa de vuelos con drones, como por ejemplo los hospitales viables operativamente, las infraestructuras terrestres y

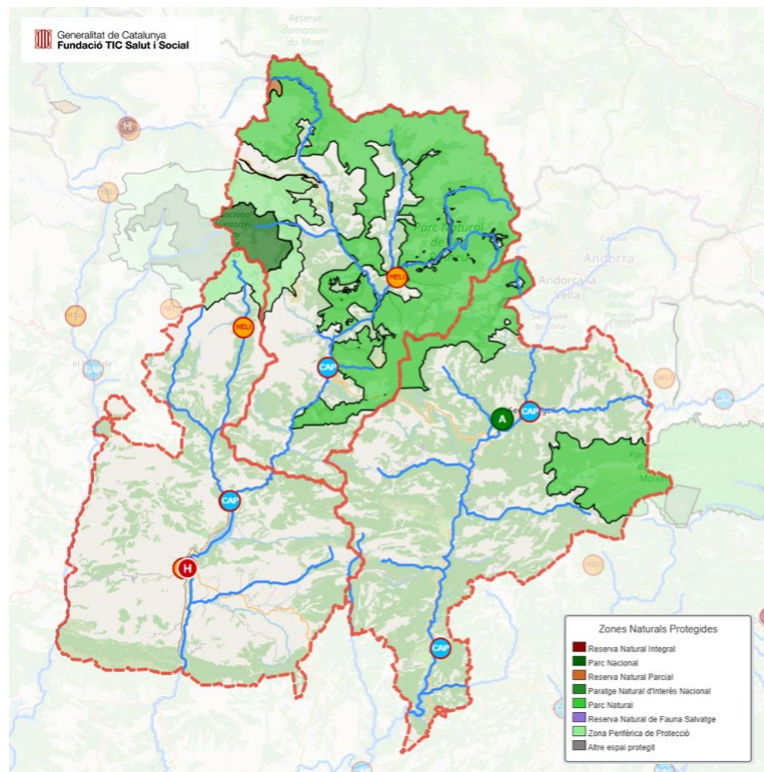
aeroportuarias y las zonas naturales protegidas. Se podrá operar en estas últimas, siempre que la operativa planteada no provoque perturbaciones en la flora y en la fauna protegida del entorno.



Esta zona se caracteriza por la dispersión de los centros sanitarios y por territorios fuera de los principales núcleos que se encuentran a lo largo del curso del río Ebro. A pesar de esta dispersión, el río actúa como eje vertebrador que facilita la conexión con drones de los hospitales, siempre y cuando no haya perturbaciones en la flora y la fauna protegida del entorno. A partir de Tortosa, el río cuenta con puertos y, por tanto, con más volumen de personas no participantes. Esta zona coincide con el área más llana de la región, por lo que no sería tan necesario contar con el río para definir a los corredores de vuelo.

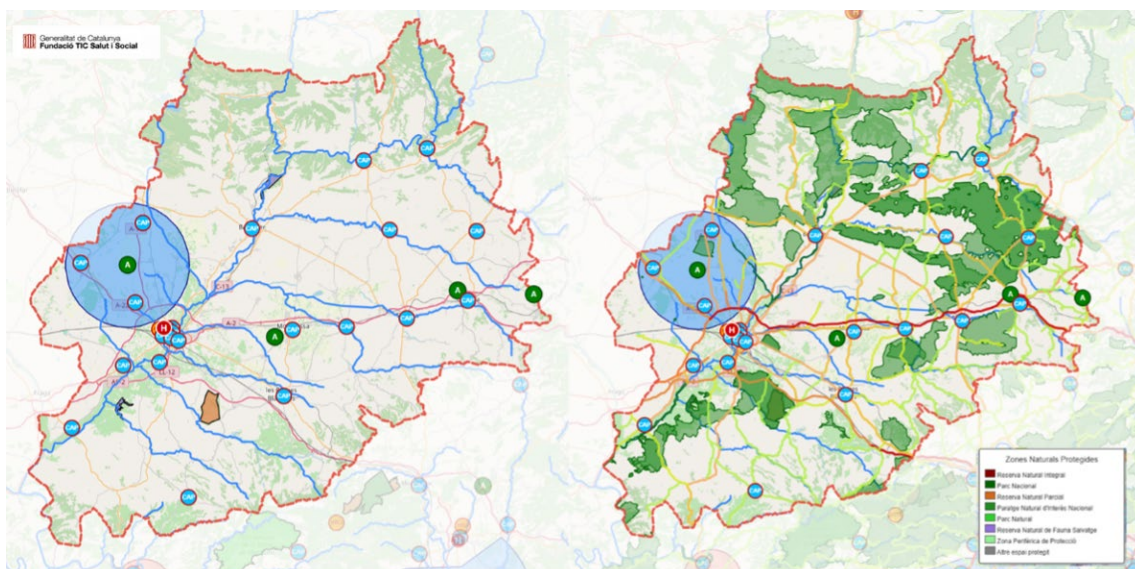
Asimismo, la zona cuenta con una buena red de helipuertos, y con el uso de drones se podría reforzar la conectividad entre los principales centros de salud situados cerca del río y ofrecer bases operativas para abastecer de forma eficiente a las zonas más remotas de la región.

Figura 16. Zona de las Terres de l'Ebre



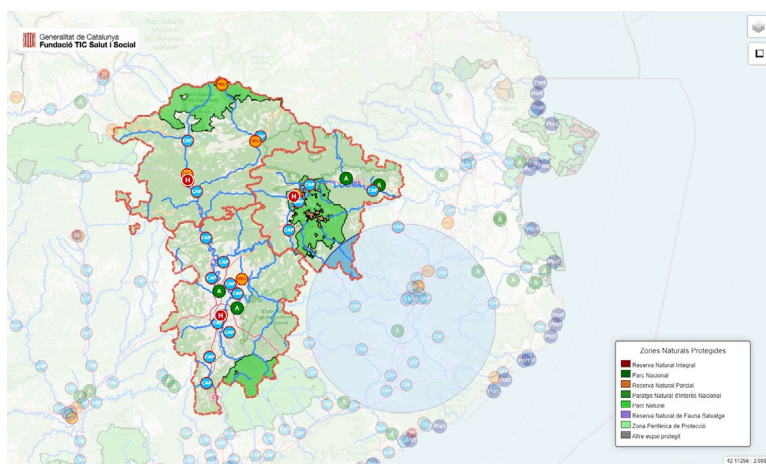
Territorio de relieve complejo y accesibilidad limitada, con dos zonas marcadas, el valle de la Noguera Pallaresa y el Alt Segre. En este territorio la población y los centros se concentran en torno a los ríos, donde el relieve es más suave. El uso de drones permitiría salvar el relieve de estas áreas de forma más suave que las carreteras. También ofrece un entorno para desplegar rutas en periodos invernales y, por tanto, ofrece un escenario ideal para comprobar si el transporte aéreo es eficiente en zonas de montaña. En los valles más al norte de la Noguera Pallaresa encontramos el Parque Nacional de Aigüestortes y Estany de Sant Maurici y el Parque Nacional del Alt Pirineu, dos grandes espacios naturales protegidos, en los que las operaciones deberán coexistir con la fauna local y, por ello, es importante evitar la perturbación de la fauna protegida que habita en estas áreas.

Figura 17. Zona del Alt Pirineu



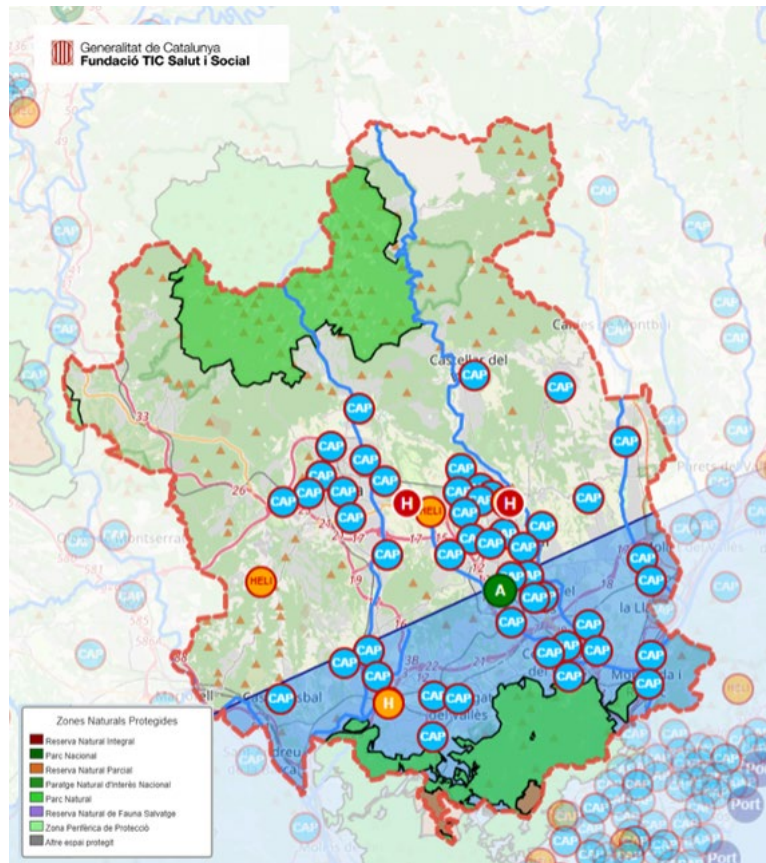
La zona de la plana de Lleida y la plana de Urgell ofrece una zona llana y con núcleos dispersos en los que se pueden desplegar de forma progresiva un volumen importante de rutas. Además, la situación particular del Hospital de Lleida permite probar la operativa en una zona con mayor población. Encontramos diversas zonas naturales a tener en cuenta para diseñar operativas que eviten generar un impacto en la fauna y la flora local.

Figura 18. Lleida



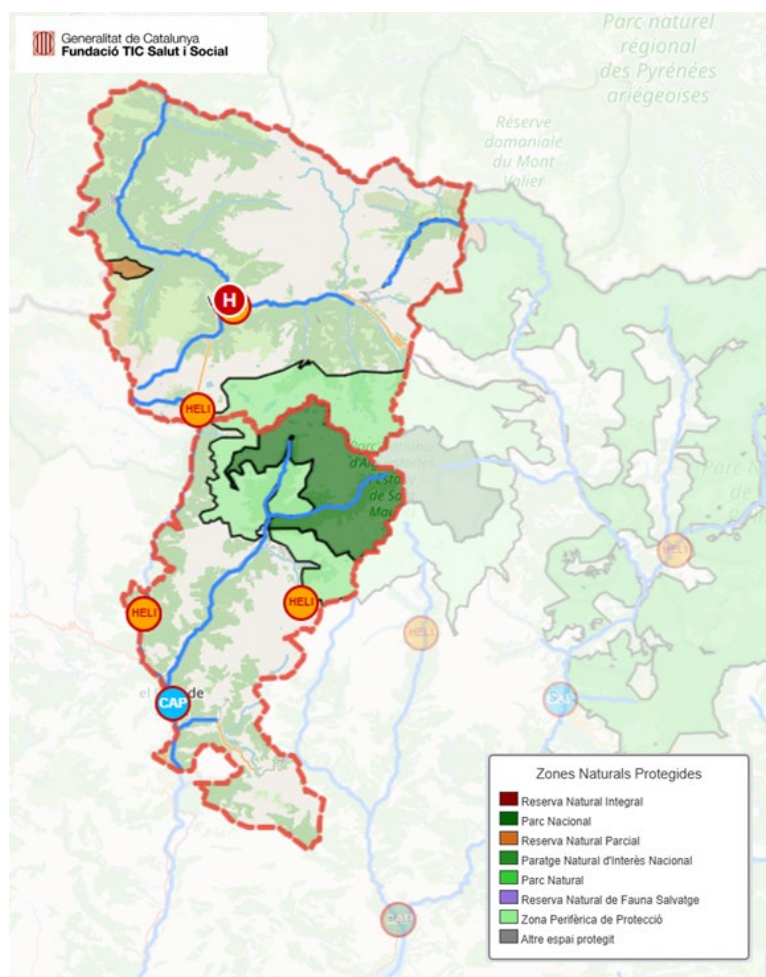
Área con una estructura asistencial interconectada y un tejido de carreteras secundarias. Esta zona representa un entorno que combina zonas rurales, como las de la Garrotxa y el Ripollès, con un nudo importante de comunicaciones, como la zona de Vic. Resulta un entorno idóneo para pruebas de coordinación interhospitalaria que conecten dos valles de montaña y una llanura. En esta zona será importante que la operativa planteada respete la flora y la fauna de la zona, especialmente en el Parque Natural de la Zona Volcánica de La Garrotxa y de las Capçaleres del Ter y del Freser.

Figura 19. Prepirineo oriental y plana de Vic (Olot, Campdevàrol y Vic)



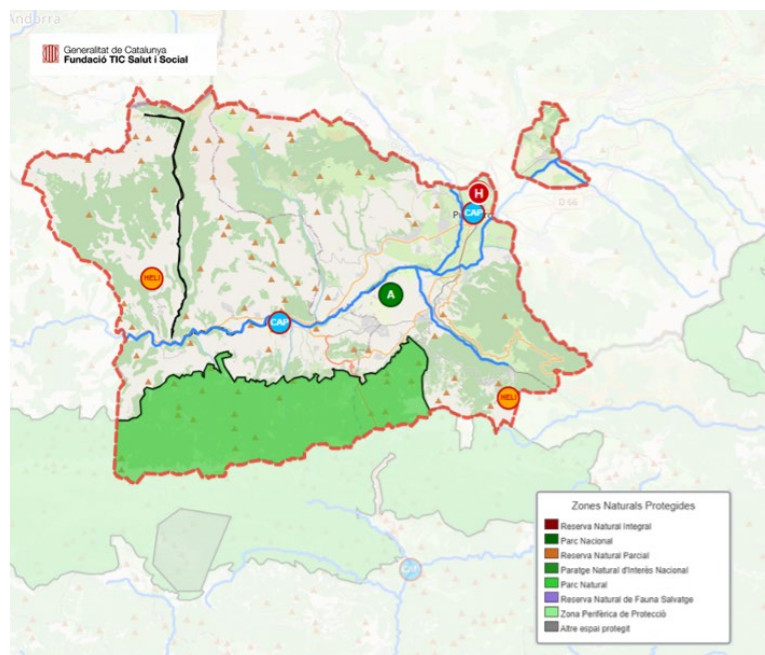
La conexi3n de estos dos centros hospitalarios y, especialmente, la situaci3n privilegiada del Hospital de Terrassa son un caso de uso que permitiría empezar a operar entre dos de los núcleos más importantes del área metropolitana de Barcelona. Esta zona, además, podría permitir trabajar en un caso de uso a nivel aeronáutico por la coordinaci3n operativa con el aer3dromo de Sabadell y el complejo central de los Mossos d'Esquadra y su helipuerto.

Figura 21. Terrassa-Sabadell



Estas dos áreas son las zonas más remotas y de más difícil acceso de Cataluña. Por la esquina occidental solo son accesibles desde la carretera nacional que, a través de Aragón, conecta con Lleida; además, la Vall d'Aran solo es accesible por túnel. Por otro lado, por el este ambas zonas solo son accesibles cruzando puertos de montaña. En posibles operativas en los CL próximos al Parque Nacional de Aigüestortes se tendrán que compatibilizar las operativas con la no perturbación de la fauna y flora local.

Figura 22. La Vall d'Aran-Pont de Suert



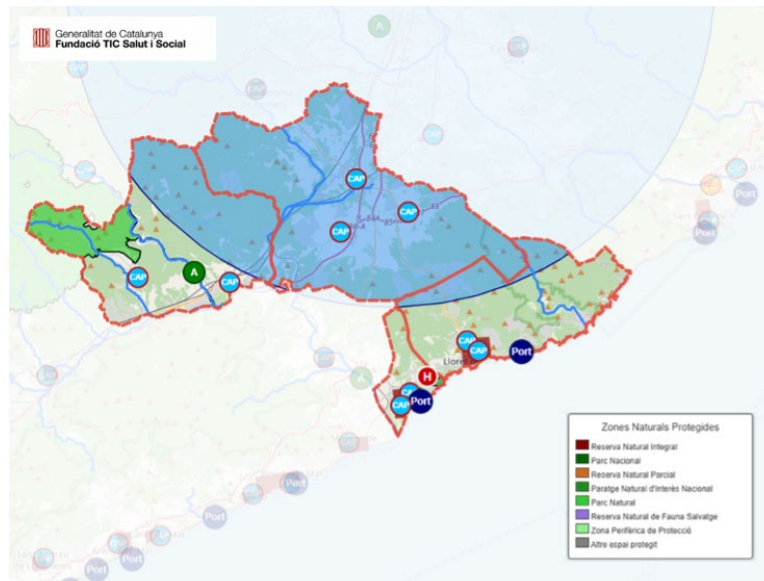
El valle de la Cerdanya constituye un valle de montaña más amplio que, además, tiene un hospital con buenas condiciones operativas. Además, operativamente sería una zona candidata para explorar operativas transfronterizas hacia la Cerdanya francesa o enlazar con otras zonas más al sur. También permitiría explorar operativas en condiciones climatológicas de montaña. En este punto es importante tener en cuenta la presencia del aeródromo de la Cerdanya en la coordinación de las operaciones.

Figura 23. La Cerdanya



La zona del Berguedà es una zona del Prepirineo que cuenta con bastantes núcleos y CAP que podrían enlazarse operando por encima del río. También es importante garantizar que se perturbe lo menos posible la flora y la fauna locales, especialmente si se opera cerca del Parque Natural del Cadí-Moixeró.

Figura 24. Berga



La zona de Blanes, siendo un área operativa reducida, podría ser la oportunidad de explorar operativas mixtas o de realizar una prueba piloto en una zona reducida. Aunque los CAP de las ABS de la zona están situados en zonas con una alta densidad de población, en un futuro se podrían plantear operativas hacia los centros situados en el área de influencia de la CTR de Girona-Costa Brava.

Figura 25. Blanes

5.1 Indicadores asistenciales en las zonas candidatas

Aunque se han identificado diez áreas viables, por motivos de análisis y claridad en este informe se ejemplifican tres, las cuales, además, podrían permitir establecer conexiones entre sí. Estas zonas se definen como zona de Terres de l'Ebre, zona de Lleida y zona del Alt Pirineu.

La estructura asistencial de Cataluña está formada por una red territorial extensa e interconectada que incluye hospitales, centros de atención primaria (CAP) y consultorios locales. En el marco de este informe, el análisis se ha centrado en los centros hospitalarios de referencia y los centros dependientes asociados (CAP, CUAP y consultorios), ya que representan los puntos clave desde donde se generan y transportan la mayor parte de las muestras biológicas.

En Cataluña, el Instituto Catalán de la Salud (ICS) gestiona actualmente una red de hospitales públicos distribuidos estratégicamente por todo el territorio, a los que se añaden otros centros concertados y equipamientos de apoyo que contribuyen a la cobertura asistencial global. Estos hospitales

funcionan como principales nodos logísticos dentro de la red sanitaria, con múltiples centros dependientes asociados que canalizan un volumen considerable de peticiones diarias de muestras. De las zonas objetivo, los hospitales Arnau de Vilanova de Lleida y Verge de la Cinta de Tortosa son los que disponen de laboratorios de análisis completos y, por tanto, son los centros de destino del transporte de algunas tipologías de muestras desde otros hospitales.

Para identificar las áreas con mayor potencial de implantación de vuelos con drones, se ha realizado un análisis de los principales indicadores asistenciales para las zonas candidatas derivadas del análisis operativo y territorial.

En los siguientes apartados se analizarán los indicadores logísticos, asistenciales y de coordinación operativa específicos para cada una de estas tres áreas. Este enfoque permite profundizar en casos representativos que reflejan la diversidad territorial y los diferentes escenarios de uso de los drones en el ámbito de la salud en Cataluña.

5.2.1 Distribución territorial de hospitales, CAP y consultorios locales

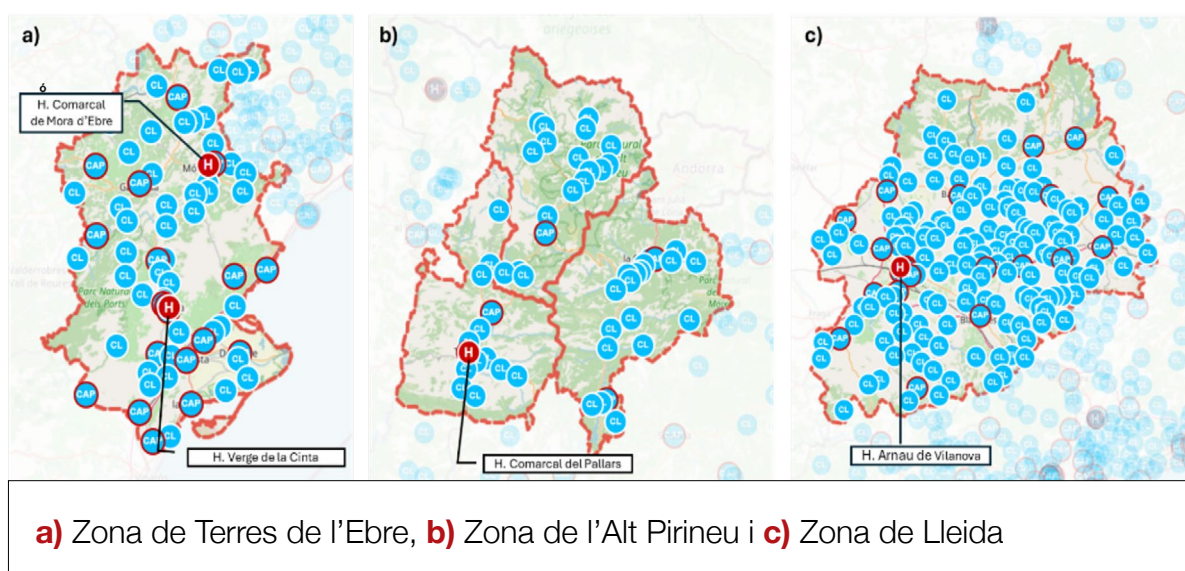


Figura 26. Distribución territorial de los hospitales (H), centros de atención primaria (CAP) y consultorios locales (CL) en las tres zonas candidatas

En la tabla 8 se presenta una síntesis de los principales indicadores por hospital de referencia en las zonas candidatas (número de centros dependientes por hospital, volumen estimado de peticiones de muestras biológicas y centros intermedios de centrifugación).

En la siguiente tabla se muestra la distribución de centros de atención primaria que dependen de los hospitales de las zonas objetivos y el número de peticiones que llegan a los hospitales.

Se incluyen también los centros de atención primaria que dependen asistencialmente del Sant Hospital de la Seu d’Urgell, aunque este hospital no es un centro categorizado como viable operativamente, ya que permiten ilustrar el actual flujo logístico.

Hospital	CUAP	CAP	CL	ABS
Hospital Verge de la Cinta (Tortosa)	0	17	33	9
Hospital Comarcal de Móra d’Ebre	0	3	13	2
Hospital Arnau de Vilanova (Lleida)	1	24	146	24
Hospital Comarcal del Pallars (Tremp)	0	3	30	3
Sant Hospital de la Seu d’Urgell (La Seu d’Urgell)	0	2	21	2

***CUAP** = Centros de urgencias de atención primaria; **CAP** = Centros de atención primaria; **CL** = Consultorios locales; **ABS** = Áreas básicas de salud

Tabla 8. Principales indicadores por hospital de referencia

5.2.2 Volumen de transporte y circuitos logísticos

En la logística sanitaria se pueden distinguir dos circuitos diferenciados de transporte: el circuito de la atención primaria en los hospitales de referencia y el circuito entre los hospitales de referencia y los hospitales con laboratorios clínicos.

En la tabla 9 se muestran los circuitos logísticos entre los hospitales de las zonas objetivo y los dos hospitales que disponen de laboratorios clínicos territoriales: el Hospital Verge de la Cinta de Tortosa, que cuenta con el laboratorio territorial de Terres de l’Ebre, y el Hospital Arnau de Vilanova, que cuenta con el laboratorio clínico territorial de Lleida.

Hospital con laboratorio clínico	Hospitales de origen	Tipus de muestra biológica	Media mensual
Hospital Verge de la Cinta (Tortosa)	Hospital d'Amposta	Pruebas de laboratorio	21
		Estudios de AP	54
	Hospital Comarcal de Móra d'Ebre	Pruebas de laboratorio	2
		Estudios de AP	313
	Clínica Terres de l'Ebre (Tortosa)	Pruebas de laboratorio	8
		Estudios de AP	10
	Hospital de la Santa Creu - Internament (Jesús)	Pruebas de laboratorio	130
		Pruebas de laboratorio de diálisis	149
Hospital Arnau de Vilanova (Lleida)	Hospital Comarcal del Pallars	Muestras de sangre y orgina	589
		Muestras de AP	5-7
	Sant Hospital de la Seu d'Urgell	Muestras de AP ordinario	20
		Otras muestras ordinario	27

*AP = Anatomía patológica

Tabla 9. Circuitos logísticos entre los hospitales objetivo y los hospitales con laboratorio clínico

En el caso de la zona de Terres de l'Ebre, el laboratorio clínico del Hospital Verge de la Cinta recibe muestras y estudios de anatomía patológica de todos los hospitales de la zona y, aunque entre los hospitales se transportan algunas peticiones de muestras, el volumen principal de transporte interhospitalario es el transporte de los estudios de anatomía patológica.

En el caso de las zonas de Lleida y Alt Pirineu, el Arnau de Vilanova tiene el laboratorio clínico

de las dos zonas y es el centro de análisis de referencia de los hospitales de Tremp y La Seu d'Urgell de diferentes tipos de muestras, más allá de la recogida de muestras de sangre, heces y orina.

En la tabla 10 se muestran los datos de la media del número de peticiones diarias que se recibieron en los laboratorios clínicos del ICS a lo largo de mayo de 2025. Estos datos nos permiten dimensionar el número de peticiones que se generan en las distintas zonas.

Laboratorios clínicos	Nº. peticiones/día
Laboratori Clínic Metropolitana Nord (H. Germans Trias)	3.110
Laboratori Clínic Territorial Girona (Parc Sanitari Martí Julià)	2.187
Laboratori Clínic Territorial Lleida (H. Arnau Vilanova)	1.630
Laboratori Clínic Territorial Metropolitana Sud (H. Bellvitge)	3.209
Laboratoris Clínic Camp de Tarragona-Terres de l'Ebre (H. Joan XXIII)	1.194
Laboratoris Clínic Camp de Tarragona- Terres de l'Ebre (H. Verge de la Cinta)	610
Laboratoris Clínic Vall d'Hebron	3.213
Total	15.153

Tabla 10. Listado de laboratorios clínicos del ICS

En cuanto a los circuitos logísticos entre los centros de atención primaria (por ejemplo, CAP y CUAP) y los hospitales se analiza por separado cada una de las zonas, ya que cada una tiene un modelo logístico diferente. En cada circuito se analizan las peticiones de pruebas que vienen de la atención primaria y el número de contenedores que se recogen.

Zona de Lleida

El Hospital Arnau de Vilanova de Lleida es el hospital con laboratorio clínico que recibe las peticiones de todas las áreas básicas de salud (ABS) de la región sanitaria de Lleida. Como se ha comentado, esta región tiene un número muy elevado de centros (171 centros entre CAP, CUAP y CL), los centros más lejanos se encuentran a distancias de hasta 80 km del hospital y con tiempos de trayecto cercanos a una hora. Dado que muchas de las muestras que se extraen de los centros de AP pueden mantenerse estables hasta alrededor de dos

horas, las rutas de recogida de las ABS más lejanas a Lleida se complican. Estas dos horas son el margen de tiempo que una muestra extraída puede mantenerse estable sin sufrir degradación en parámetros de calidad de la muestra que alteren los valores originales de variables clínicas (por ejemplo, potasio, glucosa o grado de hemólisis).

Para poder resolver este problema logístico se optó por instalar **centrifugadoras** en los CAP de las ABS rurales, fuera de los equipos de atención primaria urbanos de Lleida, así como en los CAP de las ABS de Lleida rural sur y norte que están muy próximos a Lleida. La tabla 11 refleja el volumen de muestras diario en mayo de 2025 y el número de centrifugadoras de los EAP que poseen el Hospital Arnau de Vilanova de Lleida como laboratorio de referencia.

Hospital de destino	Equipo de Atención Primaria (EAP)	Media peticiones/día	Centrifugadoras
H. Arnau Vilanova	EAP Agramunt	32	1
	EAP Alcarràs	72	1
	EAP Alfarràs - Almenar	71	2
	EAP Almacelles	50	1
	EAP Artesa de Segre	19	1
	EAP Balaguer	127	2
	EAP Bellpuig	26	1
	EAP Cervera	56	2
	EAP Guissona - La Segarra	42	1
	EAP La Granadella	14	1
	EAP Les Borges Blanques	77	1
	EAP Lleida 1- Centre Històric - R. Ferran*	79	0
	EAP Lleida 2 - Primer de Maig*	103	0
	EAP Lleida 3 - Eixample*	99	0
	EAP Lleida 4 - Balàfia - Pardinyes*	116	0
	EAP Lleida 5 - Cappellet*	73	0
	EAP Lleida 6 - Bordeta - Magraners*	114	0
	EAP Lleida 7 - Onze de Setembre*	73	0
	EAP Lleida Rural 2 - Sud	37	0
	EAP Pla d'Urgell (Mollerussa)	196	1
	EAP Ponts	20	1
	EAP Seròs	27	1
	EAP Tàrraga	89	3
	EAPT Lleida 1	19	0
Total		1.629	20

*EAP urbanos de Lleida

Tabla 11. Volumen de muestras diario en mayo de 2025 y número de centrifugadoras de los EAP

Zona del Alt Pirineu

En el caso de la zona del Alt Pirineu es importante destacar que, debido a las peculiaridades orográficas de la zona, se

ha separado esta región en las tres zonas diferenciadas que forman los tres valles del Prepirineo occidental, cada uno con un hospital de referencia:

Zona Geográfica	Hospital de destino	ABS
Alta Ribagorça	Espitau de la Val d'Aran	Alta Ribagorça
Pallars	Hospital Comarcal del Pallars	Pallars Sobirà, la Pobla, Tremp
Alt Urgell	Sant Hospital	La Seu d'Urgell i Alt Urgell sud

Tabla 12. Título de la tabla 12

En el caso de los centros y EAP del Alt Pirineu hay que destacar una casuística. Debido a la poca población de algunas de las áreas y la gran dispersión de los centros, algunos de los CL realizan envío de muestras en volúmenes muy bajos. Por tanto, se detalla el transporte de los CAP y CL que envían regularmente muestras y, por tanto, generan peticiones que se envían a sus centros de referencia.

Envíos al Hospital Comarcal del Pallars

En el caso del Pallars, en los principales centros de recogida se realizó el transporte de los siguientes volúmenes de contenedores:

Centro	ABS	Núm. muestras/mes	Núm. transportes/set.	Media muestras/día*
CL Esterri	Pallars Sobirà	270	3	22
CL Llavorsí		207	3	17
Cap Sort		919	3	76
CAP Pobla	La Pobla	795	3	66
CAP Tremp	Tremp	1.307	5	65

*Media de muestras por cada día de transporte

Tabla 13. Volumen de contenedores

Envíos al Sant Hospital de La Seu d'Urgell

enviaron al Sant Hospital a lo largo de 2024.

En cuanto a la zona del Alt Urgell se detallan en la tabla 14 las extracciones primarias de sangre y orina que se realizan en los centros y se

Centro	ABS	Tubos de muestras 2024	Media tubos
CAP La Seu d'Urgell	La Seu d'Urgell	24.782	2.065
CL Martinet		1.181	98
CL Tuixent		133	11
CAP Oliana	Alt Urgell sud	4.018	334
CAP Organyà		1.614	134
CL Coll de Nargó		987	82

Tabla 14. Extracciones primarias de sangre y orina enviadas a Sant Hospital

Zonas de Terres de l'Ebre

En el caso de la zona de Terres de l'Ebre, el Hospital Verge de la Cinta recoge las peticiones y muestras de 8 de las 11 ABS de la región

sanitaria de Terres de l'Ebre. El volumen de peticiones generadas se muestra en la tabla que hay a continuación.

Hospital de destino	Equipo de Atención Primaria (EAP)	Núm. pruebas (en-set)	Media mensual
H. Verge de la Cinta	EAP L'Aldea - Camarles - L'Ampolla	8.084	898
	EAP L'Ametlla de Mar - El Perelló	5.470	608
	EAP Amposta	15.046	1.672
	EAP Deltebre	8.835	982
	EAP Sant Carles de la Ràpita	15.059	1.673
	EAP Ulldecona	6.327	703
	EAP Tortosa 1 Este - El Temple	9.874	1.097
	EAP Tortosa 2 Oeste	13.149	1.461

Tabla 15. Peticiones recogidas por el Hospital Verge de la Cinta

5.2 Indicadores logísticos de las zonas candidatas

Una vez definidas las zonas prioritarias, se han analizado los indicadores logísticos clave para evaluar el potencial de eficiencia del transporte con drones en comparación con el transporte rodado convencional.

Para contextualizar este análisis, se ha elaborado una capa en el mapa interactivo en la que se integra información sobre carreteras principales, secundarias y comarcales. En la figura 27 puede verse una imagen de las principales autopistas y carreteras nacionales.

*H = Hospitales



Figura 27. Mapa de carreteras principales de Cataluña

Esta capa cartográfica, disponible en el mapa interactivo del proyecto, permite identificar los tramos con mayor complejidad de desplazamiento terrestre y, por tanto, aquellos en los que el uso de drones puede aportar un mayor beneficio operativo. En la figura 28 se

muestran las tres zonas objetivo en las que aparecen las principales carreteras que pasan por los hospitales viables y que, por tanto, serían el destino de las rutas de recogida de muestras biológicas.

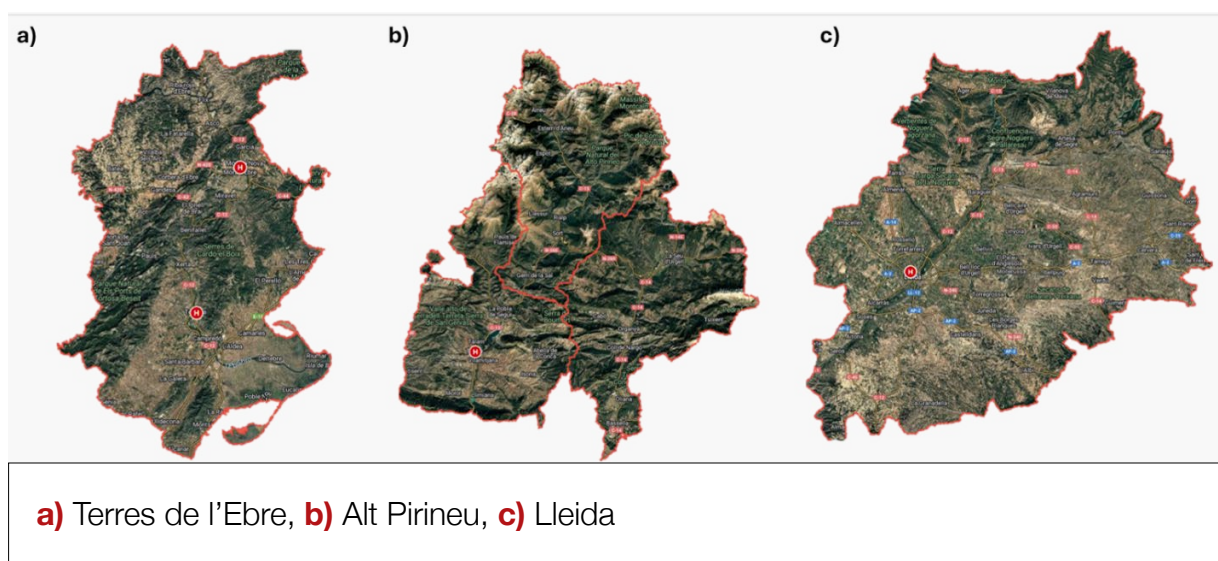


Figura 28. Zonas candidatas carreteras principales

Zona de Terres de l'Ebre

En esta zona, las principales vías nacionales y comarcales son la C-12, la N-420 y la E-15. La principal vía analizada es la C-12, puesto que conecta las poblaciones con los hospitales y los CAP de la Ribera d'Ebre. Se ha estudiado el trayecto entre el CAP de Flix, el CAP más al norte de la zona, pasando por el Hospital de Móra la Nova hasta el CAP de Amposta, donde la C-12 enlaza con la E-15 (figura 26a).

De la E-15 se ha considerado el tramo entre Amposta y Ulldecona, donde se encuentra el último CAP antes de entrar en la Comunidad Valenciana.

Por otra parte, la N-230 cruza el territorio de oeste a este. En este caso se ha considerado el tramo que une el CL de Caseres, al oeste del EAP de la Terra Alta, con el CAP de Gandesa y hasta Móra la Nova y Móra la Vella.

Por último, se han considerado dos tramos de carreteras comarcales:

- La T-703/C-333 entre el CAP de Flix y el CL de Margalef, por representar la red comarcal de la parte alta de la Ribera d'Ebre, que acaba conectando con Les Garrigues
- La TV-7231 entre el CAP Gandesa y el CL de La Pobla de Massaluca para considerar las carreteras locales de la Terra Alta, la zona de Terres de l'Ebre con el relieve más irregular

Zona del Alt Pirineu

En esta zona es relevante analizar las dos carreteras que conectan los hospitales de Tremp y la Seu d'Urgell con Lleida, donde se encuentra el laboratorio de referencia: la C-12 y la C-14.

Además, se ha considerado la ruta entre Tremp y Senet que recorre un tramo de la C-13 hasta la Pobla de Segur, el eje pirenaico (N-260) y la N-230 como ejemplo de ruta por carreteras de montaña. Pese a ser vías nacionales, salvan relieves irregulares y puertos de montaña (puerto de Perves) en la ruta hacia Pont de Suert y hasta el CL de Senet, el último

consultorio antes del túnel de Vielha. También se ha incluido el tramo de Tremp-Sort de la N-260, ya que es la carretera que une los CAP del Pallars.

Zona de Lleida

En esta zona, la vía principal es la autovía A-2, que conecta Lleida con los principales núcleos de Urgell y Segarra, todos ellos con CAP. Por este motivo, se ha considerado el tramo hasta el CAP de Cervera.

En segundo lugar, se ha considerado un tramo de la N-240 entre Lleida y el CL de Vinaixa. Esta es la carretera nacional que conecta Lleida con el CAP de les Borges Blanques y hasta llegar al CL más lejano de esta carretera. Desde esta vía salen carreteras que circulan hacia la zona norte de Les Garrigues.

En cuanto a las carreteras comarcales, se ha analizado el tramo superior de la C-12, entre Lleida y Maials, dado que conecta los consultorios de la zona sur del Segrià. También se ha incluido la C-242 que enlaza con el CAP La Granadella y la zona sur de Les Garrigues. Por último, se ha considerado la C-233 entre Bovera y Juncosa como ejemplo representativo de carretera comarcal en una zona marcadamente rural (figura 26c).

Los tramos expuestos en las tres zonas constituyen las principales conexiones entre hospitales y centros dependientes dentro de las zonas candidatas y son la base del análisis siguiente.

5.2.1 Distancia y tiempo medio

En este apartado se comparan las gráficas de los tiempos por trayecto de las distintas carreteras, así como la diferencia porcentual entre el tiempo registrado por el dron y el correspondiente a la furgoneta. Este enfoque permite identificar no solo las variaciones absolutas, sino también la magnitud relativa de la ganancia de tiempo de transporte en cada uno de los territorios y la media de las tres zonas:

43,63%

Reducción
Lleida

49,21%

Reducción
Alt Pirineu

54,94%

Reducción
Terres de l'Ebre

49,04%

Reducción
Media

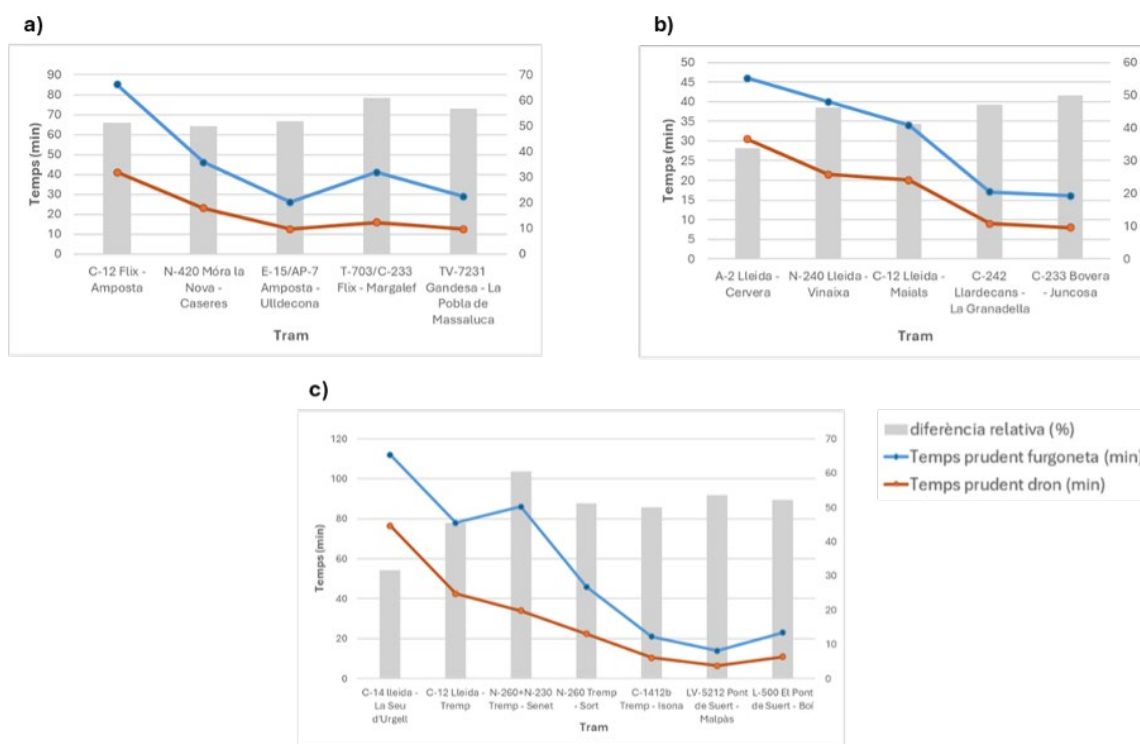
Si se analizan los tiempos de trayecto de todas las zonas, los valores más altos corresponden a la zona del Pirineo, sobre todo en las rutas que conectan Lleida con las poblaciones que tienen centros hospitalarios (Trempe y la Seu) por un lado, y las rutas entre Trempe y los CL más lejanos del Hospital Comarcal del Pallars por el otro.

Estas distancias elevadas son indicativas de la dispersión de los centros de salud en el Alt Pirineu (figura 29c).

También es interesante comentar que en el caso de Lleida no existe mucha diferencia en las reducciones de tiempo entre las carreteras

comarcales principales y secundarias (figura 29b).

En cambio, en la zona de Terres de l'Ebre hay más diferencia entre las carreteras comarcales y nacionales principales y las comarcales secundarias. También se puede observar que en el caso de las autopistas es interesante la diferencia que existe entre la A-2, una autovía que conecta Lleida con Barcelona y circula hacia Aragón, donde la diferencia con los drones es la más reducida, y la AP-7, que recorre la costa y donde la densidad de tráfico es mucho más elevada y la ganancia es similar a otras carreteras nacionales y comarcales (figura 29b y figura 29a, respectivamente).



a) Zona de Terres de l'Ebre, **b)** Zona de Lleida, **c)** Zona de l'Alt Pirineu

Figura 29. Gráficas de la diferencia de tiempo entre una furgoneta y un dron

5.2.2 Emisiones de CO₂ del servicio (comparación entre una furgoneta y un dron)

El análisis comparativo de emisiones de CO₂ entre el transporte rodado (furgonetas diésel) y los drones de reparto —alimentados por diferentes fuentes de electricidad (carbón, gas natural y renovables)— muestra diferencias muy significativas en la huella de carbono. Actualmente las furgonetas diésel utilizadas para el transporte sanitario de proximidad emiten

entre 120 y 220 g de CO₂ por kilómetro (g/km), dependiendo de la velocidad y las condiciones de circulación.

Sin embargo, un dron eléctrico presenta emisiones mucho más bajas, incluso cuando la electricidad proviene de fuentes fósiles. Según el origen de la producción eléctrica las reducciones en las emisiones serían las siguientes:

92%-96%

Producción
con carbón

95,5%-97,6%

Producción
con gas natural

49,04%

Producción
con energías renovables

La comparación de emisiones de CO² entre la furgoneta diésel y los diferentes drones se

puede observar en la figura 30.

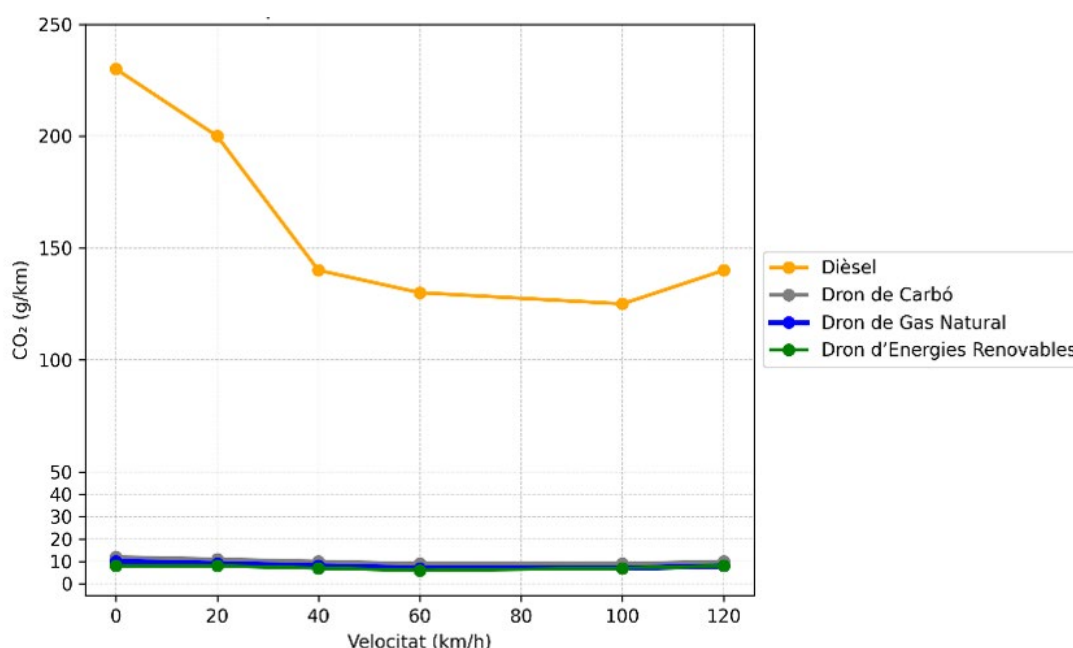


Figura 30. Comparación de emisiones CO²

5.2.3 Cadena de frío y temperatura de transporte

Para garantizar la calidad de las muestras biológicas durante el transporte, es esencial asegurar el mantenimiento de la cadena de frío. En este sentido, los ensayos realizados con embalaje, con una capacidad aproximada de 600 g de muestra, han demostrado una alta estabilidad térmica en condiciones reales de transporte con dron.

Con una temperatura exterior media de 20 °C, el embalaje ha mantenido la temperatura interior en el intervalo de 2 - 8 °C durante aproximadamente 26 horas. La distribución temporal por intervalos ha sido:

- 2 °C – 3,5 °C: 2 horas
- 3,5 °C – 5 °C: 4 horas
- 5 °C – 6,5 °C: 17 horas

Estos resultados pueden observarse en la figura 31, que muestra la estabilidad del sistema de embalaje a lo largo del tiempo. En esta gráfica podemos ver que el embalaje nos permite mantener la temperatura de las muestras dentro del rango de tiempo establecido en los pliegos técnicos y podría mantener los rangos de temperatura de muestras a temperatura ambiente (8 - 21 °C) y refrigeradas (2 - 8 °C).

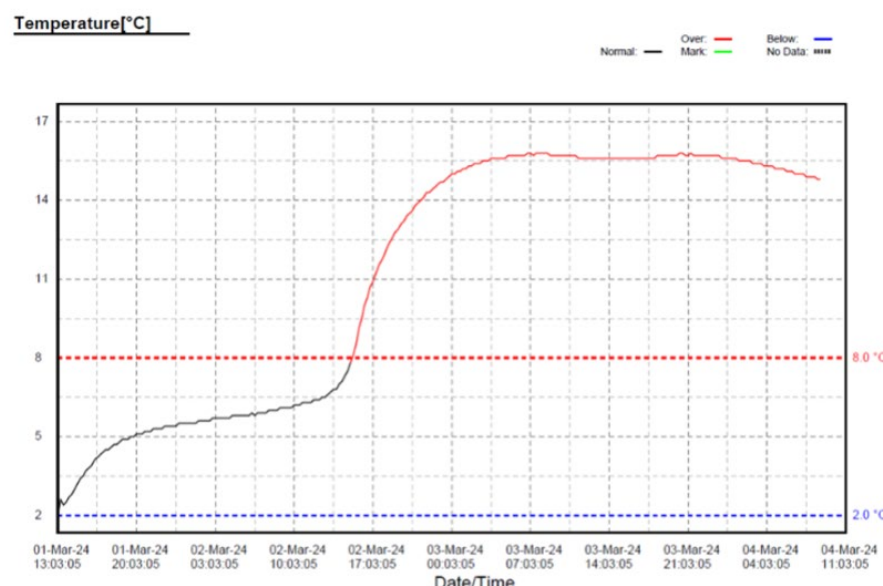


Figura 31. Análisis de la temperatura

5.3 Acciones de coordinación y autorización operacional

Con el fin de garantizar la seguridad y la integración ordenada de las operaciones UAS en el espacio aéreo designado, es necesario realizar una serie de trámites administrativos (comunicaciones, declaraciones, coordinaciones) para asegurar que la operativa de vuelo propuesta se ejecuta de acuerdo con la regulación, de la forma en que se ha solicitado y, sobre todo, de forma segura. En este sentido, es importante diferenciar las acciones relativas a la autorización formal del vuelo previas al inicio de las operaciones de vuelo de las acciones de coordinación operativa que se ejecutan durante la operativa en tiempo real.

Para mostrar a los agentes que intervienen en estos dos procesos se muestran las capturas del mapa interactivo de la Fundació TIC Salut i Social de las zonas objetivos de los agentes que intervienen en la solicitud y autorización operativa y la coordinación operativa. Esta visualización facilita la identificación de los agentes principales de las zonas o sectores en los que se encuentran las rutas planteadas, que tendrán que estar informados y/o notificados de la operación. Asimismo, permite detectar posibles conflictos en el espacio aéreo, restricciones y entidades con las que es necesaria la coordinación. Y hay que tener en cuenta que en el momento de la coordinación

deben valorarse las particularidades de cada operativa que pueden no estar representadas. A continuación, se analizan los agentes y las zonas en las que se debe pedir autorización y los agentes y las zonas en las que debe realizarse coordinación de la operativa.

5.3.1 Solicitud y autorización operativa

En el escenario operativo actual se trabaja con autorizaciones operacionales que segregan el espacio aéreo que formará la geografía de vuelo del dron y el volumen de contingencia marcados para la operativa. Esta incluye todos aquellos elementos del territorio en los que la operación de drones está restringida o condicionada por normas de seguridad, protección ambiental o regulación aeronáutica. Estos elementos se han representado combinados con los sectores de más de 5.000 hab./km² correspondientes de cada zona candidata. Los factores analizados han sido:

- Parques, zonas y espacios naturales protegidos.
- Bases e infraestructuras policiales (Mossos d'Esquadra, policías locales, Guardia Civil, Policía Nacional).
- Otras áreas en las que la operativa está regulada y requiere comunicación y/o autorización previa, tales como entornos urbanos, zonas de protección de las infraestructuras ferroviarias, portuarias, espacios naturales protegidos, etc.

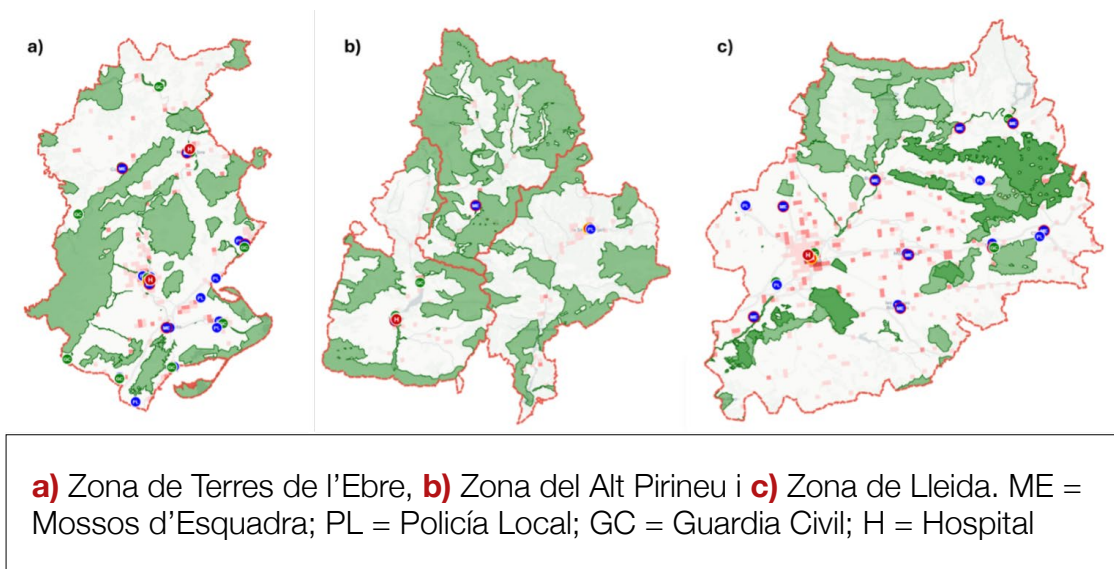


Figura 32. Mapa de infraestructuras y zonas naturales que necesitan autorización operativa

5.3.2 Coordinación operativa

Incluye infraestructuras que, a pesar de no requerir permiso formal, necesitan coordinación previa para evitar interferencias operativas con servicios críticos. En este caso, los factores analizados han sido:

- Puertos comerciales y deportivos
- Espacios aéreos controlados (CTR)
- Las zonas de seguridad de aeródromos y helipuertos, incluidas las bases y helipuertos del SEM

Esta información es esencial para establecer la viabilidad operativa real de cada una de las zonas candidatas y para definir las rutas y protocolos de vuelo que minimicen los riesgos y garanticen la integración con los servicios existentes.

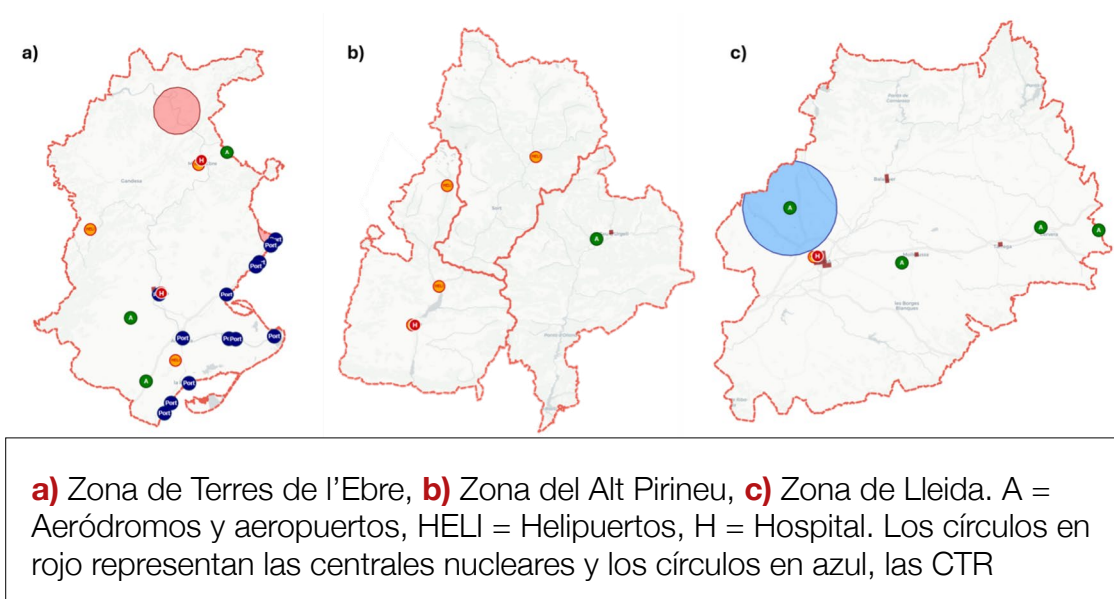


Figura 33. Infraestructuras que requieren coordinación operativa

6.

Discusión

En este informe se ha analizado la viabilidad de integrar el uso de drones en las operaciones de logística sanitaria dentro del sistema sanitario catalán (SISCAT). El estudio ha combinado información demográfica, geográfica, aeronáutica y asistencial con el objetivo de caracterizar el riesgo, identificar los hospitales potencialmente operativos y determinar las zonas con mayor viabilidad e impacto para el despliegue de rutas en dron. De este modo, se ha buscado establecer hasta qué punto la infraestructura existente, la distribución del riesgo en tierra y las restricciones del espacio aéreo permiten desarrollar una operativa segura y eficiente, al tiempo que se han identificado los principales retos territoriales y logísticos a tener en cuenta en futuras fases de diseño y despliegue.

El análisis territorial del SISCAT muestra una gran heterogeneidad entre regiones. Cataluña cuenta con diez regiones sanitarias que presentan densidades de población, estructuras urbanas y condiciones aeronáuticas muy dispares, lo que condiciona fuertemente la viabilidad de los vuelos con drones. Las tres regiones más densamente pobladas —Barcelona ciudad, Metropolitana Norte y Metropolitana Sur— concentran los principales obstáculos: alta densidad urbana y presencia extensa de la CTR del aeropuerto de El Prat. Sin embargo, existen excepciones puntuales, como el Hospital de Terrassa, ubicado en un área de menor densidad poblacional y con potencial de conexión con Sabadell.

En el caso del Camp de Tarragona, la concentración urbana en el entorno de Tarragona y Reus y la influencia de la CTR del aeropuerto de Reus limitan considerablemente la operatividad, mientras que las zonas más interiores, especialmente en torno a Valls y su hospital, aparecen como viables. Situaciones intermedias se encuentran en las regiones sanitarias del Penedès y Girona, que combinan áreas con alta densidad o restricciones aeronáuticas (Alt Penedès, Garraf, Gironès, Pla de l'Estany, parte de la Selva y el Empordà) con espacios operativamente favorables como el Baix Penedès, Blanes, el Ripollès o la Garrotxa.

La Cataluña Central destaca por su buena viabilidad general, exceptuando el área más densamente poblada de Manresa, y permite plantear rutas estables desde hospitales como

Berga o Vic. También la región de las Terres de l'Ebre muestra un contexto favorable: la llanura litoral y el valle del Ebro facilitan corredores operativos desde Tortosa hasta Móra d'Ebre. De forma similar, la región sanitaria de Lleida, a pesar de concentrar población en la capital, dispone de una extensa llanura muy adecuada para rutas BVLOS que conectan un elevado número de centros. Finalmente, la región del Alt Pirineu i Aran, con la menor densidad poblacional de Cataluña, es la que muestra un mayor potencial de beneficio clínico y logístico, ya que la orografía compleja y las largas distancias dificultan especialmente el transporte rodado.

Este conjunto de elementos territoriales tiene implicaciones directas en la logística sanitaria. Las zonas con menor densidad hospitalaria dependen de puntos asistenciales más pequeños y alejados de los laboratorios de referencia, lo que amplifica los tiempos de transporte e incrementa la variabilidad en la respuesta asistencial. El dron resulta especialmente relevante en territorios con orografía compleja, red viaria limitada o dispersión poblacional elevada —como las llanuras interiores o las áreas pirenaicas—, donde puede reducir de forma notable los tiempos de trayecto y mejorar la regularidad del servicio.

La evaluación del riesgo operativo confirma que gran parte del territorio catalán presenta condiciones compatibles con operativas BVLOS. Solo las áreas muy densamente pobladas —principalmente el área metropolitana de Barcelona y algunos núcleos costeros— superan los umbrales de densidad que sitúan las operaciones fuera de un escenario SAIL III. El resto de Cataluña, incluyendo la mayor parte de la Cataluña Central, Girona interior, poniente, el Ebro y gran parte del Camp de Tarragona, es ampliamente favorable a los vuelos seguros con drones.

La integración de estos criterios con la ubicación y las características físicas de los hospitales permite reducir el conjunto de opciones iniciales hasta identificar 15 hospitales realmente viables. Este grupo constituye la base territorial prioritaria para futuros despliegues, ya que asegura aproximaciones y despegues en zonas de menos de 5.000 hab./km² y fuera de las principales restricciones aeronáuticas.

El estudio logístico realizado en las zonas candidatas muestra que la utilización de los drones podría suponer una disminución del tiempo de entre el 20 y el 60 % con una reducción de las emisiones de CO₂ de hasta el 99,8 % en el caso de drones de alimentación eléctrica. Además, es importante contar con embalajes que permitan garantizar la estabilidad de la muestra en el rango de temperatura ambiente (8 - 21 °C) y refrigerado (2 - 8 °C) hasta 2 horas. Esta estabilidad es especialmente relevante para el transporte de muestras sensibles, como las de sangre o anatomía patológica, que requieren un estricto control de la temperatura para mantener su validez diagnóstica.

En conjunto, el análisis realizado en este informe confirma que Cataluña presenta una combinación de territorios en los que la operativa con drones es tanto técnicamente viable como clínicamente relevante, de acuerdo con las necesidades asistenciales del SISCAT, la estructura territorial y el riesgo operativo. El encaje entre demanda clínica, distancias reales, orografía y condiciones de seguridad aeronáutica configura un amplio conjunto de corredores y hospitales candidatos, en los que el transporte con drones podría aportar beneficios tangibles en rapidez, fiabilidad y equidad territorial. Este marco de viabilidad permite avanzar hacia una planificación más detallada y hacia la evaluación específica de las zonas priorizadas, en las que se puede valorar con mayor precisión el impacto potencial del despliegue. Sin embargo, para seguir avanzando es necesario abordar algunos retos estructurales que condicionarán la integración progresiva de los drones en el entorno sanitario. Pese a que la viabilidad técnica y la adopción inicial ya han sido demostradas en varios centros de Cataluña, el despliegue estable y sistemático exige el despliegue de infraestructuras para UAS específicas e integradas en los circuitos logísticos hospitalarios. Las pruebas piloto actuales —limitadas en el tiempo y basadas en elementos temporales de despegue y aterrizaje— han evidenciado la necesidad del despliegue de estas infraestructuras permanentes e integradas con los centros de salud que permitan incorporar el transporte de muestras, medicación y material sanitario dentro del flujo asistencial y logístico habitual. Estas infraestructuras son clave para que los

operadores de UAS puedan prestar los servicios necesarios para mantener la operativa del dron, tales como el mantenimiento, pequeñas reparaciones, intercambios de componentes y efectuar la recarga de baterías o fuentes de alimentación del vehículo.

Además, la tramitación administrativa sigue siendo un freno importante, y habría que avanzar hacia un modelo de ventanilla única que simplifique y acelere los procedimientos asociados a las operaciones con drones en el ámbito de la salud. Asimismo, para garantizar la sostenibilidad del modelo y reducir los costes operativos vinculados al personal, es imprescindible progresar hacia sistemas de asistencia remota y plataformas digitales que permitan automatizar al máximo la gestión logística, manteniendo al mismo tiempo los estándares de seguridad requeridos.

La integración de los drones en el entorno de salud supone la creación de un nuevo modelo logístico y de negocio en el ámbito sanitario, con un alto potencial para mejorar la respuesta en caso de emergencias y para hacer más sostenible y verde el modelo de transporte sanitario actual. Para que las mejoras en la eficiencia y el nivel de costes se conviertan en una realidad, la automatización es uno de los aspectos en los que el sector de la aviación no tripulada seguirá avanzando en los próximos años. La introducción y despliegue de los servicios U-Space, además de otras tecnologías habilitadoras como las telecomunicaciones de alta capacidad y baja latencia, la inteligencia artificial y la ciberseguridad, deben permitir la escalabilidad de las operaciones con drones para gestionar remotamente varias aeronaves a la vez y hacer económicamente más viables los servicios que se han iniciado como pruebas piloto. En este marco, los entornos de experimentación, también conocidos como sandboxes o entornos controlados diseñados para probar nuevas tecnologías y servicios de movilidad aérea urbana antes de su despliegue masivo, deben permitir adaptar y flexibilizar las normativas en función de pruebas empíricas y de la identificación de buenas prácticas.

La aceptación social de esta tecnología y de este nuevo paradigma que se plantea para el transporte necesario es uno de los grandes valores a tener en cuenta. Aunque puede ser percibido como un beneficio social, es posible que al inicio su implantación se encuentre con reticencias por parte de algunos colectivos, debido a las preocupaciones derivadas de la seguridad y la privacidad de las personas y de los bienes. Sin embargo, hay que prever que el despliegue de las operaciones con UAS en el territorio se lleve a cabo en primera instancia en regiones rurales, de montaña o en zonas en las que existan núcleos de población dispersos y de baja densidad. En este sentido, la puesta en marcha de un servicio de transporte con drones como la que se plantea en este estudio puede entenderse como una medida de cohesión territorial y de la mejora de los servicios públicos.

De acuerdo con los puntos mencionados anteriormente, el uso de drones en el ámbito sanitario en Cataluña dispone del potencial necesario para convertirse en un referente a nivel nacional y europeo, siempre y cuando vaya acompañado de políticas públicas que, alineadas con los objetivos de desarrollo tecnológico, digital y sostenible, ayuden a las partes interesadas en conseguir que la visión que se plantea en este estudio acabe convirtiéndose en una realidad.

7.

Conclusiones

El análisis de la viabilidad de desplegar logística sanitaria con drones en función de criterios asistenciales, territoriales, logísticos de riesgo de la operativa y de coordinación ha permitido constatar que:

- El patrón territorial del sistema sanitario catalán hace que la tecnología de drones aporte un valor diferencial, sobre todo, en zonas rurales, de difícil conexión o con distancias asistenciales elevadas.
- El riesgo operativo analizado (GRC, CTR y entornos hospitalarios) permite identificar a un conjunto de zonas y centros potencialmente viables para operativas regulares a corto y medio plazo.
- La comparativa logística muestra que los drones ofrecen ventajas claras en tiempo y eficiencia en trayectos largos, secundarios o con complejidad orográfica, mientras que en corredores urbanos y autopistas los vehículos terrestres pueden mantener una ventaja parcial y se podría optar por un transporte híbrido que incorpore drones y vehículos terrestres.

- Las tres zonas candidatas ejemplificadas en este informe constituyen escenarios adecuados para pruebas piloto, tanto por su viabilidad operativa como por su relevancia asistencial.

- El uso progresivo de drones en el ámbito de la salud en Cataluña es factible y está alineado con los retos de movilidad sanitaria, siempre que se despliegue de forma gradual, coordinada y siguiendo protocolos de seguridad estrictos.

En resumen, se han identificado diez zonas estratégicas con 15 hospitales en las que se considera factible desplegar rutas de logística de muestras biológicas, farmacología y equipamiento médico de pequeñas dimensiones a corto y medio plazo.

8.

Referencias

- Abdón N, Bejarano LD, Llebot B, Gallinat P, Ramos C. *Integració de Drons a l'Entorn de Salut*. Fundació TIC Salut Social [Internet]. En. 2024.
- Abdón N, Llebot B, Gallinat P, Malumbres S, Piedra Á, Peña E. Prova de concepte de transport de mostres biològiques amb dron a la Regió Sanitària Metropolitana Nord. *Fundació TIC Salut i Social* [Internet]. My. 2025. Disponible en: <https://ticsalutsocial.cat/wp-content/uploads/2025/06/Informe-Integracio-de-Drons-a-Entorn-Salut.pdf>
- Departamento de Salud y Generalitat de Catalunya. *Plec de prescripcions tècniques per a la prestació del servei de recollida, transport i lliurament de mostres biològiques, farmàcia, documentació, valisa i subministrament de neveres per el transport de mostres amb traçabilitat integrada per varis àmbits*. s/f.
- Gallinat P, Abdón N, Llebot B. *Prova de concepte de transport de mostres biològiques amb dron a la Garrotxa*. Fundació TIC Salut Social [Internet]. Nov. 2024. Disponible en: <https://ticsalutsocial.cat/wp-content/uploads/2024/11/Informe-Resultats-Olot.pdf>

9.

Anexos

ANEXO I: Categorías de operaciones de drones RE (UE) 2019/947

El Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 de la Comisión, de 24 de mayo de 2019, define las normas y los procedimientos aplicables a la utilización de aeronaves no tripuladas en Europa. El objetivo de este reglamento es proporcionar los requisitos mínimos para garantizar la seguridad de las operaciones con UAS para que puedan operar en el mismo espacio aéreo que las aeronaves tripuladas.

La actual normativa europea se aplica a cualquier aeronave no tripulada, independientemente de su masa y su uso (profesional, recreativo, experimental o especializado), e incluye los aeromodelos utilizados en aeromodelismo. También incluye las operaciones autónomas (sin posibilidad de intervención por parte del piloto) y, según la categoría operacional, se permiten el transporte aéreo con UAS y los enjambres.

Para garantizar la seguridad de las operaciones, el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 establece tres categorías de operación: abierta, específica y certificada. Esta clasificación se define de acuerdo con el riesgo de las operaciones con UAS, que está condicionado en gran medida por el peso y las dimensiones de la aeronave:

- **Categoría abierta:** de bajo riesgo operacional. La categoría abierta tiene tres subcategorías que tienen sus propios requisitos:
 - * A1: se permite sobrevolar personas, pero no una concentración de personas
 - * A2: se permite volar cerca de la gente
 - * A3: se vuela lejos de la gente
- **Categoría específica:** de riesgo operacional medio, como por ejemplo operaciones del tipo:
 - * Vuelos más allá del alcance visual (BVLOS)
 - * Vuelos con drones de más de 25 kg de masa máxima de despegue (MTOM)
 - * Vuelos a más de 120 metros sobre el terreno
 - * Operaciones en las que se deje caer material
 - * Operaciones con drones en un entorno urbano con MTOM superior a 4 kg o sin etiqueta de identificación de clase
- **Categoría certificada:** operaciones de alto riesgo, como por ejemplo los vuelos de drones con pasajeros a bordo. Los estándares de seguridad de esta categoría serán muy equiparables a los de la aviación tripulada.

ANEXO II: Capas del mapa interactivo

● Capas geográficas políticas:

- * Capa de Cataluña: https://raw.githubusercontent.com/codeforgermany/click_that_hood/main/public/data/spain-communities.geojson
- * Capas de la organización sanitaria: <https://github.com/gloriamacia/regions-sanitaries-catalunya/tree/main>
- * Capas administrativas: Sistema de Información Geográfico (SIG) de la Generalitat de Catalunya. <https://sig.gencat.cat/iframeVisorACT/?language=ca&mode=full>

● Capas asistenciales:

- * Capas con las ubicaciones de los centros de salud:
 - Las direcciones de todos los centros de salud del mapa interactivo se han obtenido a través del buscador de centros sanitarios del Servei Català de la Salut (<https://catsalut.gencat.cat/ca/centres-sanitaris/cercador/>).
 - Las coordenadas y metadatos de todas las ubicaciones han sido extraídas por la Fundació TIC Salut i Social del citado repositorio. Estos datos se han convertido en el formato GeoJson compatible con el mapa interactivo.

● Capas para el análisis del riesgo con drones:

- * Capa ARC:
 - Capa desarrollada por la Fundació TIC Salut i Social de acuerdo con la información disponible en https://ec.europa.eu/assets/estat/E/E4/gisco/website/census_2021_grid_map/index.html.
- * Capa GRC:
 - Capa procesada y filtrada por la Fundació TIC Salut i Social de acuerdo con el mapa europeo de GRC. (https://ec.europa.eu/assets/estat/E/E4/gisco/website/census_2021_grid_map/index.html)
- * Capa con los sectores con densidad poblacional > 5.000 hab./km².
- * Capa procesada por la Fundació TIC Salut i Social de acuerdo con la capa GRC.

● Capas de infraestructuras:

- * Capa con las ubicaciones de los helipuertos del Servicio de Emergencias Médicas (acceso restringido, SEM).
- * Capas con las demás infraestructuras extraídas del SIG de la Generalitat de Catalunya (<https://sig.gencat.cat/iframeVisorACT/?language=ca&mode=full>)

- **Capas del territorio:**

- * Todas las capas del apartado de territorio han sido extraídas del SIG de la Generalitat de Catalunya (<https://sig.gencat.cat/iframeVisorACT/?language=ca&mode=full>)

- **Capas de la red de seguridad:**

- * Capa con las comisarías de los Mossos d'Esquadra:

- Las direcciones de todas las comisarías de los Mossos d'Esquadra se han obtenido a través del buscador de direcciones y teléfonos de la Generalitat de Catalunya, concretamente del Departamento de Interior y Seguridad Pública (<https://web.gencat.cat/ca/generalitat/com-ens-organitzem/adreces-i-telefonos?search=>) y del mapa interactivo de datos abiertos de los Mossos d'Esquadra (<https://mossos.gencat.cat/content/home/dadesobertes/comissaries/>).
 - Las coordenadas y metadatos de todas las ubicaciones han sido extraídos por la Fundació TIC Salut i Social del repositorio mencionado. Estos datos se han convertido al formato GeoJSON compatible con el mapa interactivo.

- * Capa con las comisarías de la Policía Local:

- Las direcciones de todas las comisarías de Policía Local se han obtenido a través del buscador de direcciones y teléfonos de la Generalitat de Catalunya, concretamente del Departamento de Interior y Seguridad Pública (<https://web.gencat.cat/ca/generalitat/com-ens-organitzem/adreces-i-telefonos?search=>)
 - Las coordenadas y metadatos de todas las ubicaciones han sido extraídos por la Fundació TIC Salut i Social del repositorio mencionado. Estos datos se han convertido al formato GeoJSON compatible con el mapa interactivo.

- * Capa con las comisarías de la Policía Nacional:

- Las direcciones de todas las comisarías de Policía Nacional se han obtenido a través del buscador “Dependencias Policiales por Provincia” (https://www.policia.es/es/dependencias_localizador_accesible_provincias.php).
 - Las coordenadas y metadatos de todas las ubicaciones han sido extraídos por la Fundació TIC Salut i Social del repositorio mencionado. Estos datos se han convertido al formato GeoJSON compatible con el mapa interactivo.

- * Capa con las comisarías de la Guardia Civil:

- Las direcciones de todas las comisarías de la Guardia Civil se han obtenido a través del directorio “Directorio de Teléfonos y direcciones de las unidades de la Guardia Civil” (https://web.guardiacivil.es/es/colaboracion/atencionciudadano_1/directorio-de-telefonos-y-direcciones/)
 - Las coordenadas y metadatos de todas las ubicaciones han sido extraídos por la Fundació TIC Salut i Social del repositorio mencionado. Estos datos se han convertido al formato GeoJSON compatible con el mapa interactivo.

- * Capas de densidad:

- Todas las capas de densidad han sido programadas por la Fundació TIC Salut i Social a partir de los datos previamente mencionados.



Generalitat de Catalunya
Fundació TIC Salut i Social