



UNICO I+D Project
6G-SORUS-DRONE

SORUS-DRONE-A1.2-E1

Casos de Uso de UAVs

Abstract

The SORUS-DRONES project focuses on the challenges posed by the integration of unmanned aerial vehicles (UAVs, UAS, drones) with virtualized radio access networks (vRAN) and reconfigurable intelligent surfaces (RIS) in the deployment and operation of a B5G network. The design and development of the UAV solution will be carried out in accordance with the needs of the use cases that will validate the developments achieved in the other subprojects (vRAN and RIS), as well as the state-of-the-art technology related to drones, communications, and AI-Edge Computing.

This document presents the principles, parameters, and lines of development in the field of drones to achieve the goals of the project.

Propiedades del documento

Número de documento	SORUS-DRONE-A1.2-E1
Título	Casos de Uso de UAVs
Editor	Miguel Rosa (AEROTOOLS)
Responsable del documento	Miguel Rosa (AEROTOOLS)
Equipo de redacción	Alberto Cristóbal Granda, Pablo Gutierrez Benavides, Jonathan Martínez Díez (AEROTOOLS)
Target dissemination level	
Status of the document	
Version	2.0
Delivery date	30/06/2023
Actual delivery date	30/06/2023

Revisión

--	--

Descargo de Responsabilidad

Este documento ha sido generado en el contexto del 6G-SORUS-XXX. La investigación que ha llevado a estos resultados ha recibido financiación del Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital de España y de la Unión Europea-NextGenerationEU a través del programa UNICO 5G I+D.

Toda la información en este documento se proporciona "tal cual" y no se ofrece ninguna garantía de que la información sea adecuada para algún propósito en particular. El usuario utiliza la información bajo su propio riesgo y responsabilidad.

Contenido

Lista de Gráficos	4
Lista de Abreviaturas y Acrónimos	5
Resumen Ejecutivo	6
1. Introducción	7
2. Estado del Arte.....	9
2.1. Drones/UAS/UAVs.....	9
2.2. Sistemas de alimentación y propulsión.....	12
2.3. Comunicaciones	15
2.4. IA & Edge Computing.....	16
3. Casos de Uso	18
3. Análisis de soluciones potenciales	24
3.1. Plataforma de vuelo.....	24
3.1. Sistemas de alimentación y propulsión.....	26
1.1. Comunicaciones	26
1.1. IA & Edge Computing.....	26
4. Condiciones de contorno	27
5. Soluciones propuestas.....	29
6. Referencias	31

Lista de Gráficos

Figure 1 scenario of a uav-based network with ris and vran.10

Figure 2 General system architecture of the uav-based network 11

Figure 3. Specific UAV architecure components13

Lista de Abreviaturas y Acrónimos

6G	Sixth Generation of Wireless Communication Technology		
B5G	Beyond 5G		
BS	Base Station		
gNB	Next Generation NodeB		
KPIs	Key Performance Indicators		
LoS	Line of Sight		
RIS	Reconfigurable Intelligent Surface		
UAV	Unmanned Aerial Vehicle		
UAS	Unmanned Aerial System		
UE	User Equipment		
vRAN	Virtualized Radio Access Network		

Resumen Ejecutivo

El proyecto SORUS-DRONES se centra en los retos que plantea la integración de vehículos aéreos no tripulados (UAV, UAS, drones) con redes de acceso radioeléctrico virtualizadas (vRAN) y superficies inteligentes reconfigurables (RIS) en el despliegue y funcionamiento de una red B5G.

El diseño y desarrollo de la solución UAV se realizará atendiendo a las necesidades de los casos de uso que permitirán validar los desarrollos alcanzados en los otros subproyectos (vRAN y RIS), así como al estado del arte de la tecnología relacionada con los drones, las comunicaciones y la IA-Edge Computing.

La solución propuesta atenderá las funcionalidades de los diferentes casos de uso con el grado de flexibilidad y adaptabilidad suficientes que permitan su puesta en marcha operativa para las demostraciones.

El presente documento expone los principios, parámetros y líneas de desarrollo en el campo de los drones para la consecución de los objetivos del proyecto.

1. Introducción

El diseño y funcionamiento de una red más allá del 5G (B5G en inglés) sostenible es especialmente relevante, ya que se espera que la 5G sea uno de los principales contribuyentes al aumento general del consumo de energía de los dispositivos móviles. El proyecto coordinado aborda la orquestación de redes B5G utilizando tres de las tecnologías más prometedoras para mejorar su cobertura y sostenibilidad, a saber:

- La virtualización, que está llegando al borde de la red (virtualización de la red de acceso radioeléctrico, vRAN). Gracias a la virtualización, las estaciones base (BS en inglés) pueden convertirse en partes de software que pueden desplegarse en diversas plataformas, como servidores básicos, pequeños dispositivos integrados o nodos móviles. Gracias a este cambio de paradigma, las redes podrán ofrecer flexibilidad de rendimiento, la densificación de la red será más fácil e incluso se reducirán los gastos.
- Superficies inteligentes reconfigurables (RIS). Las RIS ofrecen la posibilidad de configurar sus respuestas electromagnéticas, lo que permite un mayor grado de libertad para mejorar la capacidad y ahorrar energía, siempre que puedan orquestarse a su debido tiempo.
- Vehículos autónomos no tripulados (UAV, UAS, drones). Los UAV, por su parte, pueden dar cobertura temporal o permanente a determinadas zonas con un coste de despliegue mucho menor. La integración de los RIS y los UAV abre nuevas oportunidades para mejorar la cobertura y reducir el consumo de energía.

Este subproyecto se centra en los retos que plantea la integración de vehículos aéreos no tripulados (p.ej., drones) con redes de acceso radioeléctrico virtualizadas (vRAN) y superficies inteligentes reconfigurables (RIS) en el despliegue y funcionamiento de una red B5G. Más concretamente, contribuye al diseño de una arquitectura que integre a la perfección el funcionamiento de torres celulares flotantes con tecnologías vRAN y RIS (incluidas las ampliaciones de los planos de gestión y control), el desarrollo de algoritmos y mecanismos para su orquestación, la elaboración de perfiles detallados del rendimiento de los UAV, vRAN y RIS en diferentes escenarios, y una evaluación del rendimiento que incluya el uso de prototipos reales para validar los desarrollos más relevantes del proyecto.

El subproyecto introducirá tecnologías y mecanismos novedosos para aquellos escenarios de aplicación en los que el uso de UAVs, vRAN y RIS podría ser más adecuado, como casos de emergencia o despliegue remoto, hotspots o zonas poco pobladas. Estas tecnologías mejorarían la eficiencia y la sostenibilidad de los despliegues de red, lo que puede fomentar la adopción de tecnologías en zonas típicamente desatendidas. De este modo, los avances tecnológicos pertenecen al sector de las telecomunicaciones, las tecnologías de la información y los drones/industria, pero su impacto se extiende a toda la sociedad.

El diseño y desarrollo de la solución UAV se realizará atendiendo a las necesidades de los casos de uso que permitirán validar los desarrollos alcanzados en los otros subproyectos (vRAN y RIS), así como al estado del arte de la tecnología relacionada con los drones, las comunicaciones y la IA-

Edge Computing.

La solución propuesta atenderá las funcionalidades de los diferentes casos de uso con el grado de flexibilidad y adaptabilidad suficientes que permitan su puesta en marcha operativa para las demostraciones.

2. Estado del Arte

En esta sección se recogen apuntes sobre el estado del arte de la tecnología relacionada con todos aquellos elementos implicados en el UAS y que tienen un impacto relevante en los desarrollos que se llevarán a cabo en el proyecto.

El documento se estructura según los apartados o elementos que intervienen en lo que se considera plataforma de vuelo y sus sistemas asociados.

2.1. Drones/UAS/UAVs

El establecimiento de una clasificación entre los diferentes tipos de aeronaves se puede llevar a cabo teniendo en cuenta diferentes enfoques. Una clasificación muy frecuente se basa en las distintas formas en las que la aeronave consigue la sustentación en el aire, atendiendo al tipo de despegue. En el siguiente esquema se recogen los diferentes tipos de UAS en función de estas dos características:

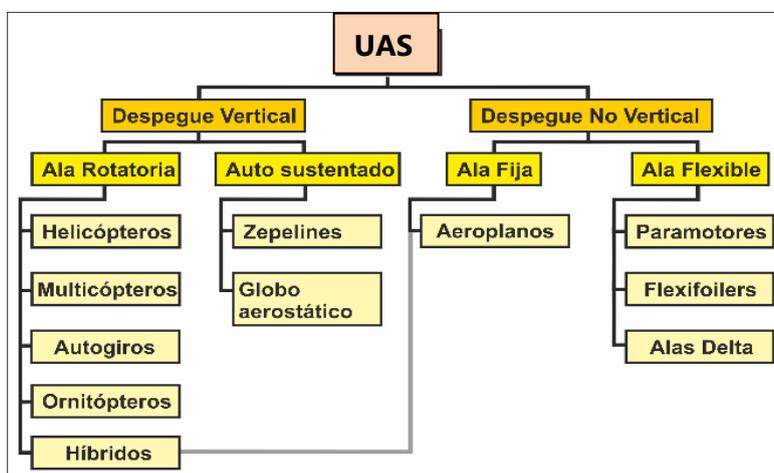


Figura 1. Clasificación de los UAS.

En el caso de los multirrotores las principales ventajas que ofrece su utilización son:

- Despegue y aterrizaje vertical, lo que reduce las necesidades del espacio requerido en tierra para su operación.
- Posibilidad de realizar vuelos estacionarios o a muy baja velocidad.
- Mayor maniobrabilidad y precisión en el vuelo.
- Su diseño les permite en general embarcar cargas de peso más voluminosas en relación con su propio tamaño.

Los multirrotores se pueden clasificar a su vez en función de su número de rotores:

- Bicópteros: con dos rotores. Suelen tener la particularidad de tener paso variable en sus rotores para poder maniobrar
- Tricópteros: tres brazos con un motor en cada extremo. En este caso el rotor de cola lleva una mecánica añadida para cambiar la posición de su eje y contrarrestar el efecto de par rotor.
- Cuadricópteros: cuatro brazos con uno o dos motores en cada extremo.
- Hexacóptero: seis brazos con un motor en cada extremo.
- Octocóptero: ocho brazos con un motor en cada extremo.
- Existen multirrotores de 10, 12 y hasta 18 motores, casi todos estos modelos son producto de pruebas y casi ninguno ha llegado a ser producido de forma comercial.



Figura 2. Cuadricóptero.



Figura 3. Octocóptero.

En el caso de los sistemas de ala fija:

- Son mucho más eficientes en vuelo que los multirrotores debido a su diseño aerodinámico, lo cual les permite, a igualdad de tamaño, alcanzar una mayor autonomía.
- Pueden volar a mayores velocidades, lo que, combinado con una mayor autonomía, los hace más adecuados para trabajos en los que se requiera cubrir áreas o distancias de mayor entidad.
- Tienen una huella sonora menor.
- Tienen un mayor rango climático operacional en cuanto a condiciones de temperatura, viento y lluvia.



Figura 4. Sistema RPAS de ala fija

Por último, una plataforma que ha alcanzado un gran desarrollo en los últimos tiempos, son los sistemas VTOL, de ala fija con despegue vertical:

- Presentan la autonomía de vuelo de un ala fija y la capacidad de despegar y aterrizar en muy poco espacio como los equipos de despegue vertical (especialmente los multirrotores).
- Pueden volar a altas velocidades, como las alas fija normales.
- La posibilidad de despegar y aterrizar en muy poco espacio de terreno, les convierte en sistemas perfectos para realizar trabajos que necesiten cubrir zonas de mediana superficie, pero que tengan una orografía compleja, en donde resulte complicado la realización de despegues y aterrizajes que requieran de pista de aterrizaje.



Figura 5. Ala fija de despegue vertical (VTOL).

En la actualidad, se desarrollan sistemas VTOL con diferentes enfoques:

- Equipos con la unión física de un ala fija y un multirrotores de 4 motores. Suelen tener una estructura añadida a las alas para poder sujetar los motores. Llevan doble sistema de propulsión el propio del ala fija y el del multirrotores
- Equipos con un solo sistema propulsor, que suele ser el del multirrotores (4 motores con sus ejes alineados al eje de vuelo del ala fija), y que cambia de modo de vuelo de multirrotores a ala fija con una maniobra combinada de mando de superficies de control y potencia de motores.
- En otros casos, se encuentran equipos que, con ayuda de sistemas mecánicos, cambian la posición de los ejes de los motores, para pasar de una posición con los ejes perpendiculares a suelo para realizar un despegue vertical, estando el dron en su posición de vuelo horizontal, a la posición con los ejes de los motores alineados con el eje de vuelo, y así poder realizar grandes desplazamientos con la sustentación de los planos principales del ala fija.

2.2. Sistemas de alimentación y propulsión

Dadas las características del proyecto, este apartado adquiere una gran importancia por la versatilidad exigida a las soluciones en estudio. Partiendo de un tipo de propulsión basada en motores eléctricos, el desarrollo de la tecnología actual permite el uso combinado de diversas formas de alimentación para la generación de la energía eléctrica requerida, lo que aporta la versatilidad buscada.

Desde el uso exclusivo de baterías intercambiables, pasando por la generación embarcada en el UAS a partir de motores de combustión con combustible fósiles, hasta los últimos desarrollos con celdas y generación de hidrógeno en plantas embarcadas.

El peso y el tamaño de las baterías son uno de los condicionantes más relevantes, por lo que se tiende al uso de baterías que posean una alta densidad energética (mayor capacidad con menor masa).

Los parámetros fundamentales que definen una batería son:

- Voltaje
- Capacidad
- Velocidad o intensidad de carga y descarga (factor C), un parámetro de especial importancia para entender las configuraciones buscadas.

Las baterías de polímero de litio (Li-Po) son, por el momento las más extendidas en su uso por su elevada densidad energética.



Figura 6. Batería LiPo.

Otras alternativas reseñables frente al polímero de litio son:

- Litio ión (Li-On): generan problemas de estabilidad con la miniaturización.
- Baterías con base de azufre: que poseen una velocidad de recarga muy rápida y un número de ciclos de carga alto, pero que por el contrario no mejoran a las Li-Po en voltaje y amperaje.
- Baterías con base de titanio
- Baterías con base de zinc (campo de la nanotecnología)
- Baterías de metal-aire: la transferencia de electrones se efectúa por el aire, con lo que se reduce el peso. Si bien ya tienen un recorrido en la esfera militar, el hecho de que hasta ahora no fuesen recargables y que su manipulación fuese delicada, ha evitado su desarrollo en el ámbito civil.

Los motores de combustión proporcionan mayor autonomía, aunque añaden un peso muerto considerable por la necesidad de almacenar el combustible, lo que penaliza las prestaciones del UAS. La configuración más desarrollada apuesta por un sistema híbrido, compuesto por un motor de combustión interna con generador eléctrico que alimenta los motores eléctricos que sustentan el equipo. Presentan el hándicap medioambiental por el uso de combustibles fósiles.

Una alternativa más ecológica es el uso de pilas de hidrógeno, que usan hidrógeno en estado líquido o sólido y transformando su energía interna en electricidad. Se trata de una tecnología que ha alcanzado un gran desarrollo en los últimos tiempos, aportando un aumento considerable en autonomía, pero sin embargo suponiendo un aumento de peso destacable.



Por último, una opción interesante para ciertas aplicaciones es el uso de un cable de alimentación conectado a un generador eléctrico en tierra. Una solución comercializada en diferentes versiones y que ofrece operación continua durante varias horas aunque tiene como contrapartida la restricción a la movilidad del dron, lo que limita su uso a aplicaciones específicas.



2.3. Comunicaciones

El apartado de las comunicaciones es actualmente uno de los cuellos de botella dentro de la tecnología de los drones, que limita su uso en aplicaciones de gran interés. La dependencia de la línea de vista en las comunicaciones por radio entre equipo en vuelo y estación de tierra, y la reducida capacidad de transmisión de datos que requieran de velocidad y ancho de banda, son limitaciones que debe ser superadas de forma consistente con el desarrollo actual de las comunicaciones móviles.

La integración de las redes móviles en drones está siendo una de las áreas con mayor peso en el desarrollo tecnológico de los últimos años. Los objetivos son ambiciosos y, al mismo tiempo, difíciles de alcanzar, como se puede comprobar por las dificultades en encontrar soluciones comerciales integrables en drones. En el caso de tecnología 4G, su despliegue generalizado y sus prestaciones en cuanto a ancho de banda y velocidad de transferencia, podrían ser factores suficientes para que se hubiese desarrollado más su uso en drones, pero existen barreras importantes que lo impiden, como es el alcanzar conexiones estables o el que los operadores faciliten IP fijas que contribuyan a establecer comunicaciones confiables y mantenibles en el tiempo con un equipo en vuelo.

Actualmente existen muy pocas propuestas de integración de redes móviles 3G/4G en el sistema de comunicación de los drones, y principalmente destinadas a la transferencia de datos e imágenes más que a la señal de control C2. Esto es debido a las limitaciones mencionadas y a la imposibilidad de garantizar una conexión constante entre el dron y el operador, como exige la legislación.

El desarrollo del 5G y su integración en los drones supone una evolución relevante en las comunicaciones móviles. Su oferta de velocidades de datos ultrarrápidas, baja latencia y capacidad para conectar una gran cantidad de dispositivos, además de otras funciones que aportan seguridad, como es el caso del Slicing, lo convierten en la herramienta ideal para las comunicaciones C2 y de datos e imágenes que requieren los drones. Pero aun con estas prestaciones prometedoras, el retraso tanto en alcanzar un nivel de consolidación adecuado para usos comerciales como en su despliegue generalizado está dificultando su adopción.

En cualquier caso, son muchos los proyectos de I+D que se centran en esta tecnología, en el desarrollo de nuevas funcionalidades que se apalancan en esas mejores prestaciones y en casos prácticos que aceleren su adopción. Y varios de esos proyectos se enfocan en la mejora de las funcionalidades para los drones. El conocimiento generado por estos proyectos se aprovechará en el proyecto SORUS y en el desarrollo de las nuevas tecnologías B5G y 6G, objeto de este proyecto.

Ejemplos de estos proyectos de I+D son los siguientes:

5G!DRONES: proyecto H2020 ya finalizado, ha probado varios casos de uso de UAV que cubren servicios 5G de eMBB, URLLC y mMTC, con el objetivo de validar los KPIs de 5G para respaldar esos exigentes casos de uso. El proyecto ha dado un impulso a los sectores verticales de UAV y redes 5G, así como a su integración.

AI@EDGE: Este proyecto H2020, todavía en curso, tiene como objetivo desarrollar tecnologías y entornos de trabajo para impulsar la implementación de IA apalancada en computación distribuida para la mejora de la gestión de redes 5G. Buscando mejorar el rendimiento, la eficiencia y la seguridad de los servicios de IA en entornos de distribuidos, presenta un caso de uso en el que se integra la plataforma AI@EDGE en drones para la aplicación industrial de sus funcionalidades avanzadas, que se apoyan en herramientas IA y Edge Computing.

5G-DIVE: proyecto H2020 ya finalizado, ha realizado pruebas E2E con conectividad 5G con el fin de demostrar los méritos técnicos y la propuesta de valor empresarial de las tecnologías 5G en dos pilotos verticales, Industria 4.0 y Drones Autónomos para inspección. Estas pruebas se han centrado en habilitar una infraestructura 5G completa y personalizada, integrando capacidades avanzadas de red, como redes de transporte de alta capacidad, edge computing y slicing de red.

2.4. IA & Edge Computing

El desarrollo alcanzado por la inteligencia artificial y su uso en redes 5G aporta mejoras en la optimización y capacidades que resultan relevantes para la su aplicación en entonos como los del proyecto SORUS.

En cuanto a la gestión de red y su optimización, los algoritmos de IA pueden analizar grandes volúmenes de datos en tiempo real, identificar patrones y tendencias, y tomar decisiones automatizadas para optimizar el uso de recursos, asignar ancho de banda de manera eficiente y gestionar la congestión de la red.

La combinación de la IA y las redes 5G permite la automatización de diversas tareas de gestión de red, como automatizar la configuración y el despliegue de redes, su monitorización o la resolución de problemas. Además, permite predecir y anticipar la demanda de tráfico, así como las necesidades de recursos en tiempo real.

En cuanto a la seguridad de la red, permite detectar y mitigar amenazas de seguridad en tiempo real, dando soporte a una respuesta rápida y automática para contrarrestar las amenazas y garantizar la integridad y la confidencialidad de los datos transmitidos.

Por su parte, el Edge Computing permite el procesamiento y almacenamiento de datos más cerca de los usuarios finales y las aplicaciones, lo que contribuye a reducir la latencia, al colocar recursos de computación en nodos de la red distribuidos por la infraestructura, evitando así el envío de datos

a la nube para su procesamiento, lo que reduce significativamente el tiempo de respuesta.

También permite el almacenamiento y procesamiento de datos localmente en nodos distribuidos por la red 5G, reduciendo la carga de transferencia y liberando ancho de banda.

En resumen, la posibilidad de usar de forma combinada la IA y el Edge Computing en redes 5G aporta mejoras importantes en la optimización de la red, la automatización de tareas de gestión, la mejora del rendimiento, la seguridad mejorada, y permite la reducción de la latencia, el procesamiento y almacenamiento de datos en el borde, la ejecución de aplicaciones de baja latencia, el análisis de datos en tiempo real y la mejora de la privacidad y la seguridad en la red.

Son muchos los desarrollos y proyectos que trabajan en la aplicación de la IA y el Edge Computing en redes 5G, B5G y 6G, generando un valioso conocimiento que será tenido en cuenta a lo largo del proyecto SORUS.

A continuación, se relacionan varios de estos proyectos:

5G-CLARITY: proyecto H2020 recientemente finalizado, se enfoca en la convergencia de 5G, IA y Edge Computing para permitir aplicaciones de realidad aumentada y virtual, así como servicios de transmisión de video de alta calidad. Busca mejorar la calidad de la experiencia del usuario y la eficiencia de la red mediante la optimización de los recursos de computación distribuida.

DAEMON: proyecto H2020 en curso, que pretende demostrar que el éxito de los sistemas más allá del 5G (B5G) dependerá en gran medida de la calidad de la Inteligencia de Red (NI) que automatizará por completo la gestión de la red. Los modelos de Inteligencia Artificial (IA) se consideran la pieza fundamental para el diseño de las NI.

5G-EVE: proyecto H2020 ya finalizado, con el objetivo principal de establecer una plataforma de validación y experimentación para tecnologías 5G, permitiendo a los investigadores y desarrolladores probar y validar nuevas soluciones y servicios.

5G-VINNI: proyecto H2020 ya finalizado, se trata de una plataforma de infraestructura virtualizada para la validación y verificación de tecnologías 5G. Proporciona entornos de prueba realistas y permite a los investigadores y desarrolladores evaluar el rendimiento y la viabilidad de nuevas soluciones 5G.

3. Casos de Uso

El estudio y análisis del estado del arte de las tecnologías, que se valoran para su aplicación al presente proyecto, permite realizar el necesario ejercicio de conceptualización y definición de requisitos y prestaciones que deben cumplir dichas tecnologías para que resulten de provecho, según los objetivos del proyecto. Esta labor de análisis y valoración debe concretarse en torno a espacios definidos que faciliten el posterior desarrollo tecnológico y ofrezcan una referencia continua a lo largo del proyecto.

Estos espacios son los CASOS DE USO, en los que se define un escenario para el que se aportan soluciones con arreglo a los desarrollos buscados en el proyecto y que deben cumplir una serie de parámetros medibles para valorar su conformidad con los objetivos del proyecto, los KPIs.

Dado el ámbito de innovación en que se enmarca el proyecto, es importante tener en cuenta que estos Casos de Uso sufrirán una revisión permanente y estarán sujetos a cambios y ajustes que permitan, desde incorporar nuevas tecnologías que surjan o se consoliden durante los desarrollos hasta modificar aspectos que puedan suponer un freno a los objetivos del proyecto.

Para el presente proyecto se han definido una serie de posibles Casos de Uso que funcionarán como demostradores de los desarrollos en curso.

1. Extensión Dinámica de Cobertura de Red B5G/6G en áreas extensas.
2. Extensión estática de cobertura de red B5G/6G en zonas de emergencia.
3. Soporte de cobertura y orquestación a enjambre de drones colaborativos operando en un mismo escenario.
4. Monitorización y levantamiento de mapas de cobertura para la generación de cartografía de red B5G/6G que permita la gestión avanzada y la respuesta temprana a situaciones que demanden extensión de cobertura.
5. Gestión avanzada de inspecciones de activos con drones para el procesamiento de datos acelerado y la obtención de resultados casi en tiempo real.

Para la descripción de los casos de uso se ha diseñado una TABLA DE CARACTERIZACIÓN, que se utilizará como marco de referencia para los desarrollos.

Caso de Uso #1	Extensión Dinámica de Cobertura de Red B5G/6G en áreas extensas.
Escenario:	<p>Zona geográfica extensa con cobertura de red limitada por características de la orografía o por la existencia de construcciones en altura, donde se realizan operaciones con drones de forma repetida y frecuente, y se presenta una alta demanda de servicios.</p> <p>Ejemplos: la prestación de servicios en ciudades o la prestación de servicios en zonas de montaña.</p>
Requisitos:	<p>Proporcionar cobertura de red en la zona de referencia con dispositivos que tengan movilidad y puedan adaptarse a escenarios complejos.</p> <p>Alcance operativo de cierta entidad.</p> <p>Autonomía de vuelo extendida sobre parámetros habituales.</p>
Tecnologías aplicables:	<p>Drones con capacidad de carga, autonomía y alcance extendidos.</p> <p>Navegación avanzada.</p> <p>Comunicación B5G/6G.</p> <p>Sistemas de propulsión híbridos.</p>
Factores relevantes:	<p>Prestaciones del dron para atender requisitos contradictorios entre sí.</p> <p>Comunicaciones.</p> <p>Flexibilidad y agilidad operativa para el despliegue.</p>
Limitaciones:	<p>Autonomía de vuelo.</p> <p>Alcance de comunicaciones.</p> <p>Capacidad de carga.</p>

Caso de Uso #2	Extensión estática de cobertura de red B5G/6G en zonas de emergencia.
Escenario:	<p>Escenario localizado en situación de emergencia, donde la cobertura de red está limitada por averías o se produce saturación por concentración de un alto número de usuarios.</p> <p>Se demandan servicios de comunicación que garanticen cobertura de red con estabilidad de conexión, ausencia de interferencias o continuidad de servicio.</p> <p>Ejemplos: zonas en situación catastrófica como incendios, inundaciones o accidentes; eventos multitudinarios.</p>
Requisitos:	<p>Proporcionar cobertura de red en un área específica con alta demanda en periodos concretos y radio de acción reducido.</p> <p>Agilidad operativa.</p> <p>Operación continua.</p>
Tecnologías aplicables:	<p>Drones con alimentación de energía continua y capacidad de carga.</p> <p>Comunicación B5G/6G.</p> <p>Alimentación por cable.</p>
Factores relevantes:	<p>Prestaciones del dron en funcionamiento continuo.</p> <p>Flexibilidad y agilidad operativa para el despliegue.</p>
Limitaciones:	<p>Alcance limitado de comunicaciones.</p> <p>Agilidad operativa presenta alta demanda de recursos y activos.</p> <p>Capacidad de carga.</p>

Caso de Uso #3	Soporte de cobertura y orquestación a enjambre de drones colaborativos operando en un mismo escenario.
Escenario:	<p>Escenario localizado donde operan un grupo de drones de forma coordinada.</p> <p>Navegación avanzada de los drones para operar en escenario U-Space complejo.</p> <p>Funciones avanzadas de red, IA y computación.</p> <p>Ejemplos: operaciones UAM en entorno urbano.</p>
Requisitos:	<p>Proporcionar cobertura de red en la zona de referencia con dispositivos que tengan movilidad y puedan adaptarse a escenarios complejos.</p> <p>Alcance operativo de cierta entidad.</p> <p>Autonomía de vuelo extendida sobre parámetros habituales.</p> <p>Se requiere de coordinación centralizada.</p>
Tecnologías aplicables:	<p>Drones con capacidad de carga, autonomía y alcance extendidos.</p> <p>Navegación avanzada.</p> <p>Comunicación B5G/6G.</p> <p>IA, Edge Computing.</p>
Factores relevantes:	<p>Prestaciones del dron para atender requisitos contradictorios entre sí.</p> <p>Comunicaciones.</p> <p>Integración de sistemas complejos y computación distribuida.</p> <p>Flexibilidad y agilidad operativa para el despliegue.</p>
Limitaciones:	<p>Autonomía de vuelo.</p> <p>Alcance de comunicaciones.</p> <p>Capacidad de carga.</p> <p>Despliegue de funcionalidades.</p>

Caso de Uso #4	Monitorización y levantamiento de mapas de cobertura para la generación de cartografía de red B5G/6G que permita la gestión avanzada y la respuesta temprana a situaciones que demanden extensión de cobertura
Escenario:	<p>Escenario localizado en situación de emergencia, donde la cobertura de red está limitada por averías o se produce saturación por concentración de un alto número de usuarios.</p> <p>Se busca un conocimiento de detallado de la distribución de la cobertura de red para la toma rápida de decisiones en situaciones concretas.</p> <p>Ejemplos: zonas en situación catastrófica como incendios, inundaciones o accidentes.</p>
Requisitos:	<p>Proporcionar cobertura de red en un área específica con alta demanda en periodos concretos y radio de acción reducido.</p> <p>Agilidad operativa.</p> <p>Funciones avanzadas de red, IA y computación.</p>
Tecnologías aplicables:	<p>Drones con capacidad de carga, autonomía y alcance extendidos.</p> <p>Navegación avanzada.</p> <p>Comunicación B5G/6G.</p> <p>IA, Edge Computing, GIS.</p>
Factores relevantes:	<p>Prestaciones del dron para atender requisitos contradictorios entre sí.</p> <p>Flexibilidad y agilidad operativa para el despliegue.</p> <p>Procesamiento basado en IA.</p>
Limitaciones:	<p>Autonomía de vuelo.</p> <p>Alcance de comunicaciones.</p> <p>Capacidad de carga.</p> <p>Despliegue de funcionalidades.</p>

Caso de Uso #5	Gestión avanzada de inspecciones de activos con drones para el procesamiento de datos acelerado y la obtención de resultados casi en tiempo real.
Escenario:	<p>Escenario localizado de activo a inspeccionar con generación de una elevada cantidad de datos complejos (imágenes, localización...).</p> <p>Se busca un procesamiento acelerado de los datos para la obtención de resultados casi en tiempo real.</p> <p>Ejemplos: activos industriales como entornos portuarios, grandes industrias, plantas fotovoltaicas de gran tamaño.</p>
Requisitos:	<p>Proporcionar cobertura de red en un área específica con alta demanda de transferencia de datos y radio de acción variable.</p> <p>Alcance operativo de cierta entidad.</p> <p>Funciones avanzadas de red, IA y computación.</p>
Tecnologías aplicables:	<p>Drones con capacidad de carga, autonomía y alcance extendidos.</p> <p>Navegación avanzada.</p> <p>Comunicación B5G/6G.</p> <p>IA, Edge Computing, GIS.</p>
Factores relevantes:	<p>Prestaciones del dron para atender requisitos contradictorios entre sí.</p> <p>Flexibilidad y agilidad operativa para el despliegue.</p> <p>Procesamiento basado en IA.</p>
Limitaciones:	<p>Autonomía de vuelo.</p> <p>Alcance de comunicaciones.</p> <p>Capacidad de carga.</p> <p>Despliegue de funcionalidades.</p>

4. Análisis de soluciones potenciales

En esta sección se realiza un análisis de las posibles soluciones a aplicar, repasando la tecnología relacionada con todos aquellos elementos implicados en el vuelo del propio equipo aéreo, como paso necesario para dimensionar de forma correcta el estado del arte alcanzado en el momento presente. El repaso se estructura según los apartados o elementos que intervienen en lo que se considera plataforma de vuelo y sus sistemas asociados.

4.1. Plataforma de vuelo

El proceso de dimensionamiento de un UAS debe iniciarse teniendo en cuenta el tipo de uso que se le va a dar en operación, ya que es el que va a generar los condicionantes que limitarán y darán forma a las características finales. La carga de pago a embarcar, en peso, volumen y prestaciones o limitaciones específicas podría ser el punto de partida, integrando a continuación las condiciones de contorno que establece la operación, en cuanto a autonomía, alcance, medio en que se va a desarrollar, meteorología, orografía y otros. El proceso de iteración continuará al introducir variables más específicas, como pueden ser la legislación en vigor, la estandarización de suministros o el uso de materiales innovadores, por ejemplo.

En términos generales, el peso del conjunto es el factor más determinante, independientemente del tipo de UAS de que se trate (Multirroto, Ala Fija o VTOL), y las baterías o sistemas de alimentación como el componente que más influencia tiene en los valores finales. La miniaturización de los componentes electrónicos, de las cámaras y el desarrollo en nuevos materiales está permitiendo rebajar el peso de estos apartados de forma interesante, pero el ahorro en estas áreas se suele invertir en incrementar la capacidad energética de las baterías y su peso, con objeto de aumentar la autonomía de vuelo en lo posible.

En estado actual de la tecnología, se pueden ver UAS cada vez más pequeños y ligeros, pero también se empiezan a ver aeronaves más grandes de lo habitual en su segmento, buscando llevar mayor carga de pago o alcanzar más autonomía.

La introducción de la Legislación que regula el uso de drones, desde 2014, y su armonización reciente con las leyes y Reglamentos europeos en vigor, establece la categorización por peso como uno de los parámetros relevantes, lo que está generando también tendencias en el dimensionamiento de los UAS. Con una cierta abstracción, se empieza a ver una cierta distribución discreta de los RPAS en torno a los límites establecidos por las legislaciones:

- El límite de 2 kg para vuelos BVLOS sin limitaciones, empuja los diseños hacia equipos pequeños, por debajo de ese valor, que se ha consolidado en torno a 1 kg MTOW.

- Por arriba, el límite de 25 kg para poder operar sin obligarse a certificaciones aeronáuticas, funciona como un tope que algunos están explorando con equipos grandes, sobre todo multirrotores, para cargas de pago grandes.
- Entre ambos valores, aunque siempre se tiende a rebajar peso en lo posible, no existe tanta presión, encontrándose mayor número de equipos entre los 5 y los 10 kg de peso.

En cuanto al tamaño, normalmente las dimensiones en el plano horizontal son las que más influyen, tendiendo a buscarse cuanto más tamaño mejor, hasta que aparecen las restricciones operativas, como son la logística de transporte, la necesidad de volar en entornos confinados o con obstáculos o condicionantes estructurales. En el apartado de multirrotores, cuanto mayor sea el diámetro, mayor eficiencia se podrá obtener de las hélices (al incrementarse su tamaño) y con ello se mejorará la autonomía o la capacidad de carga. No existe una tendencia clara, y se polarizan los equipos profesionales entre los 330-350 mm de distancia entre ejes hasta los 1300 mm aproximadamente en multirrotores más grandes.

En cuanto a Aviones o Ala Fija, mayor tamaño proporcionará mayor capacidad de sustentación, que si se equilibra bien con el peso de la estructura proporcionará mayor autonomía de vuelo. La tendencia es clara en este tipo de RPAS con la mejora de materiales y reducción de pesos, hacia envergaduras cada vez mayores, aunque siempre limitadas por las cuestiones operativas (transporte, despegue, aterrizaje...). Aunque menos, también influye la legislación: si se quiere alcanzar un MTOW menor de 2 kg, es difícil llegar a una envergadura de 2 m que ya proporciona prestaciones interesantes; y por encima de ese límite entre 3 y 4 m de envergadura es un valor frecuente en el mercado.

Atendiendo a las características que define los casos de uso de este proyecto, donde la capacidad de carga y una autonomía exigentes son parámetros determinantes, la opción del Ala Fija se descarta por sus importantes limitaciones en estos apartados.

Entre las dos opciones restantes, el Multirrotor o el VTOL, se dispone de prestaciones interesantes para cubrir las necesidades de los Casos de Uso: capacidad de carga, cierta autonomía o flexibilidad operativa. Aunque se constata que cada una de ellas parámetros específicos a su configuración que debe mejorarse sensiblemente para hacerlas operativas. Como ejemplo:

- La opción Multirrotor debe mejorar su autonomía;
- La opción VTOL necesita mejorar su capacidad de carga.

4.2. Sistemas de alimentación y propulsión

En este apartado, se centrarán los trabajos durante el proyecto en aumentar la autonomía de la plataforma elegida aplicando una combinación de tecnologías, que mantengan la flexibilidad operativa requerida (habrá casos de uso que requieran de un sistema y otros no lo necesiten) como eje fundamental del desarrollo para la consecución de los objetivos del proyecto.

La propulsión eléctrica es el punto de partida, mientras que para la alimentación se procurará analizar el comportamiento de los diferentes sistemas híbridos (baterías + motor de combustión o baterías + celda de hidrógeno), así como de los sistema de alimentación por cable, con la intención de optimizar al máximo este apartado tan relevante sin condicionar los desarrollos del proyecto.

4.3. Comunicaciones

Para el tema de las comunicaciones se trabajará en dos líneas separadas:

- Por un lado, desde el punto de vista de Carga de Pago para los casos de uso que tiene que ver con Extensión de Cobertura de Red, se requiere embarcar antenas RIS o equipo relacionado con la transmisión de señal. Habrá que analizar dimensiones, interferencias, consumo de energía y una serie de factores condicionantes .
- Desde el punto de vista de las comunicaciones entre el dron y el operador o la estación de tierra, la integración consistente con redes móviles de la tecnología que esté disponible en cada momento, es una obligación y supondrá una innovación relevante en el caso de las redes B5G /6G.

Con objeto de atender los requerimientos del variado rango de casos de uso, de escenarios y de tecnologías disponibles, el enfoque debe centrarse en habilitar una configuración base que pueda ser adaptable a los diferentes escenarios.

4.4. IA & Edge Computing

Este apartado está íntimamente relacionado con la integración con redes móviles de última generación, por lo que es un aspecto también muy importante. El uso de IA en sus diferentes acepciones (Machine Learning, Computer Vision...) se encontrará siempre presente, así como el concepto de Edge Computing como tractor del traslado de procesos de computación cuanto más cerca del punto final, del equipo del usuario (UE), sea cual sea, es también una obligación constante. Dispositivos de Edge Computing avanzados como tarjetas gráficas NVIDIA Jetson Nano o tarjetas Raspberry Pi ya han sido integrados por el equipo de proyecto en drones que funcionan de forma integrada con redes 5G, por lo que se seguirá trabajando en este línea.

5. Condiciones de contorno

Por condiciones de contorno se entiende aquellos factores que van a limitar o condicionar las soluciones que se adopten para la consecución de los objetivos del proyecto, y que es necesario tener en cuenta desde el principio y a lo largo de todo el proyecto la evolución adecuada del mismo. Por el hecho de elegir tecnología o escenarios de operación, aparecen estas condiciones de contorno.

La principal podría ser la Legislación que regula el uso de drones. Afortunadamente, al evolución en los últimos años de la actividad legislativa y reguladora por parte de las administraciones ha ido dirigida a facilitar las operaciones dentro de un marco de seguridad aeronáutica. En estos momentos la Normativa europea consolidada, que será la de aplicación durante el proyecto, se recoge en los siguientes:

- Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 consolidado que incluye los cambios del Reglamento de Ejecución (UE) 2020/639, Reglamento de Ejecución (UE) 2020/746, Reglamento de Ejecución 2021/1166 y Reglamento de Ejecución (UE) 2022/425.
- Reglamento Delegado (UE) 2019/945 consolidado que incluye los cambios del Reglamento Delegado (UE) 2020/1058.

Para su transposición a la normativa española y con objeto de establecer obligados peiordos de transición, es necesario tener en cuenta a su vez la:

- Resolución de la dirección de AESA por la que se aprueban escenarios estándar nacionales (STS-ES) para operaciones de UAS en la categoría «específica» al amparo de una declaración operacional de conformidad con el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947.

Adicionalmente a esta Legislación, es importante tener en cuenta el desarrollo del U-Space en el entorno actual de la Movilidad Urbana Avanzada, un concepto transformador que está recibiendo un empuje considerable en términos de recursos desde la Comisión Europea.

El U-Space se refiere a un concepto y conjunto de tecnologías y procedimientos para habilitar la gestión y operación segura de drones en el espacio aéreo de baja altitud, alcanzando altos grados de coordinación la aviación tripulada y otros usuarios del espacio aéreo.

El objetivo del U-Space es permitir una operación segura y eficiente de drones en espacios compartidos con otros usuarios del espacio aéreo, como aviones tripulados, helicópteros y otras aeronaves. Para lograr esto, el U-Space incluye una serie de elementos, como sistemas de gestión del tráfico de drones, sistemas de comunicación y navegación, así como sistemas de detección y prevención de colisiones. Se pretende diseñar su infraestructura para habilitar la planificación y coordinación de vuelos de drones, el intercambio de información en tiempo real entre diferentes actores, como operadores de drones, autoridades de aviación y controladores de tráfico aéreo, y la implementación de medidas de seguridad, como la identificación y registro de drones y el seguimiento de vuelos. Aspectos, todos ellos, que son de interés para las nuevas redes móviles B5G/6G.

El equipo de desarrollo del proyecto participa en proyectos relacionados con el U-Space, como es el caso del H2020 U-ELCOM, que se extiende hasta finales de 2025, por lo que se tendrá un conocimiento detallado de la evolución de este entorno y como puede afectar al proyecto SORUS.

Otras condiciones de contorno a tener en cuenta en el proyecto tienen que ver con la evolución de las tecnologías en uso y su influencia en la consecución de los objetivos, por lo que habrá que hacer un seguimiento continuo de las tecnologías de alimentación y comunicaciones.

6. Soluciones propuestas

En base a las disquisiciones expuestas en los apartados anteriores, a la experiencia del equipo de desarrollo y los objetivos del proyecto, se han determinado las soluciones a desarrollar, probar y demostrar para los casos de uso definidos.

A continuación, se exponen los principios que definen las soluciones propuestas:

- Adaptabilidad del equipo (plataforma de vuelo, sistemas embarcados) a los diferentes casos de uso.
- Flexibilidad para integrar diferentes sistemas.
- Diseño orientado al desarrollo e integración.
- Integración en entorno U-Space.
- Desarrollo innovador en las áreas de comunicación y computación.

Se define el nuevo dispositivo SORUS BOX como la plataforma que integrará los diferentes dispositivos de computación, comunicación y desarrollos avanzados, la cual se integrará en el dron y se usará a conveniencia del caso de uso. Ejemplo de dispositivos que se incluirán en esta SORUS BOX son tarjetas NVIDIA Jetson Nano o similar, tarjeta Raspberry Pi y otros equipos que permitirá el uso avanzado para las tareas que lo requieran. Detalles de esta BOX se proporcionarán en próximos Entregables.

Caso de Uso	Solución propuesta
<p>#1</p> <p>Extensión Dinámica de Cobertura de Red B5G/6G en áreas extensas.</p>	<p>Multirrotores con alta capacidad de carga.</p> <p>Sistema de alimentación híbrido que le dote autonomía extendida.</p> <p>Integración de SORUS BOX como paquete de comunicación y computación avanzada.</p> <p>Antenas RIS embarcadas e integradas</p>
<p>#2</p> <p>Extensión estática de cobertura de red B5G/6G en zonas de emergencia.</p>	<p>Multirrotores con alta capacidad de carga.</p> <p>Sistema de alimentación por cable que le dote autonomía para operación continua.</p> <p>Integración de SORUS BOX como paquete de comunicación y computación avanzada.</p> <p>Antenas RIS embarcadas e integradas</p>

Caso de Uso	Solución propuesta
<p style="text-align: center;">#3</p> <p>Soporte de cobertura y orquestación a enjambre de drones colaborativos operando en un mismo escenario.</p>	<p>Multirrotores con alta capacidad de carga.</p> <p>Sistema de alimentación híbrido que le dote autonomía extendida.</p> <p>Integración de SORUS BOX como paquete de comunicación y computación avanzada y orquestación de drones en operación colaborativa.</p> <p>Antenas RIS embarcadas e integradas</p>
<p style="text-align: center;">#4</p> <p>Monitorización y levantamiento de mapas de cobertura para la generación de cartografía de red B5G/6G que permita la gestión avanzada y la respuesta temprana a situaciones que demanden extensión de cobertura.</p>	<p>Multirrotores con alta capacidad de carga.</p> <p>Sistema de alimentación híbrido que le dote autonomía extendida.</p> <p>Integración de SORUS BOX como paquete de comunicación y computación avanzada.</p> <p>Antenas RIS embarcadas e integradas</p> <p>Computación IA embarcadas para procesamiento avanzado.</p>
<p style="text-align: center;">#5</p> <p>Gestión avanzada de inspecciones de activos con drones para el procesamiento de datos acelerado y la obtención de resultados casi en tiempo real.</p>	<p>Multirrotores con alta capacidad de carga.</p> <p>Sistema de alimentación híbrido que le dote autonomía extendida.</p> <p>Integración de SORUS BOX como paquete de comunicación y computación avanzada.</p> <p>Sensórica con computación IA embarcadas para procesamiento avanzado.</p>

7. Referencias
